

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Горный институт
Кафедра маркшейдерского дела и геологии

Юрий Михайлович Игнатов

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

Методические материалы к лабораторным работам

Рекомендовано учебно-методической комиссией
направления подготовки (специальности) 21.05.04 Горное дело,
специализации «Маркшейдерское дело»
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2024

Рецензенты: Михайлова Т.В. – канд. техн. наук, зав. кафедрой маркшейдерского дела и геологии.

Игнатов Юрий Михайлович

Геоинформационные технологии в горном деле: методические материалы к лабораторным работам для обучающихся направления подготовки (специальности) 21.05.04 Горное дело специализации «Маркшейдерское дело» всех форм обучения / сост. Ю.М. Игнатов; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2024. – Текст: электронный.

Приведено содержание лабораторных работ, порядок их оформления, а также материал, необходимый для успешного изучения дисциплины.

Назначение издания – помощь обучающимся в получении знаний по дисциплине «Геоинформационные технологии в горном деле» и организация лабораторных работ.

© Кузбасский государственный
технический университет
имени Т. Ф. Горбачева, 2024
© Игнатов Ю.М.,
составление, 2024

Оглавление

ВЕДЕНИЕ	4
Лабораторная работа №1 Изучение цифровой модели плана горных выработок шахты	6
Лабораторная работа № 2 Решение задач по цифровому плану горных выработок в среде ГИС	10
Лабораторная работа № 3 Создание базы данных на основе цифрового плана горных выработок	13
Лабораторная работа № 4 Статистический и геостатистический анализ базы данных в ГИС-пакетах	18
Лабораторная работа №5 Атрибутивные данные ГИС и SQL-запросы.....	20
Лабораторная работа №6 Построение изолиний по цифровым планам горных выработок	22
Лабораторная работа № 7 Построение прогнозных планов	24
Лабораторная работа № 8 Построение 3Д модели в ГИС	27
Лабораторная работа №9 Проектирование горных работ с использованием цифровой модели плана в ГИС-пакетах»	40
ЛИТЕРАТУРА	42

ВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины «Геоинформационные технологии в горном деле» (ГИС) является формирование знаний о необходимости, принципах и значении цифрового геоинформационного моделирования месторождений полезных ископаемых.

Сегодня для многих работ, выполняемых с использованием карт и планов, актуально решать задачи путем ввода базы данных в ГИС–оболочки: ArcView, MapInfo, ArcInfo, Atlas GIS, WinGis, Geograph и для горных предприятий имеются ГГИС: GeoMix, MineFrame, Micromine, K-mine и другие. Обычный набор функций интегрированной системы включает в себя:

1. управление базами данных;
2. интерактивная 3-х мерная графика и картирование;
3. статистическая и геостатистическая обработка информации;
4. трехмерное моделирование геологических объектов и поверхностей;
5. проектирование открытых и подземных горных работ;
6. планирование развития рудников и календарное планирование;
7. маркшейдерские расчеты.

ГИС – технология является интегрированной информационной системой, объединяющей концептуально, структурно и методически информационные системы, АСУ, САПР, информационно-справочные системы, базы данных, системы документационного обеспечения. ГИС включает в себя пять главных компонентов: аппаратные средства, программное обеспечение, данные, исполнителей и методы. Геоданные – это многослойные электронные (цифровые) карты (картографическая составляющая) и базы данных (БД) (атрибутивная составляющая), между которыми существует строгая и неразрывная связь. ГИС содержит инструменты позволяющие манипулировать числовыми параметрами объектов баз данных, и программно-аналитические средства для проведения их целевой обработки. Все ГИС представляют собой пакеты программ и включают обязательный набор базовой картографической

информации и объем тематической атрибутивной информации, необходимый для решения конкретных прикладных и научных задач.

Для обеспечения эффективности применения ГИС необходимо использовать в качестве ядра системы созданное стандартное программное обеспечение. Поэтому порядок работы в ГИС выглядит следующим образом:

- выбор программного продукта, который будет использоваться в качестве программного ядра ГИС;
- описание структуры и создание графической БД;
- описание структуры и создание тематической, табличной БД;
- использование разработанных методов решения задач для включения их в разрабатываемую ГИС.

В результате выполнения лабораторных работ студент должен получить практические навыки использования ГИС для геоинформационного моделирования месторождений полезных ископаемых.

Лабораторные работы выполняются индивидуально каждым студентом по исходным данным, выбранным в соответствии с номером варианта, который назначается студенту преподавателем на весь цикл лабораторных работ. Перед началом каждого занятия студент обязан, используя рекомендуемую литературу и конспекты лекций, изучить существующие методы решения задач и условия их применения, знать достоинства и недостатки.

Каждая выполненная работа сдается преподавателю. При защите работы студент должен ответить на контрольные вопросы.

Лабораторная работа №1

Изучение цифровой модели плана горных выработок шахты

1. Цель работы: Описание структуры и создание графической БД. Изучение структуры и содержания цифровой модели плана горных выработок в информационной среде ГИС. Создание дежурного цифрового плана.

2. Исходные данные: Преподаватель выдает каждому студенту отдельный цифровой маркшейдерский план горных выработок действующих шахт. Выбор слоев, их классификацию и описание выполняет студент.

3. Содержание работы: Содержание карты можно хранить в БД, превратив объекты карты в цифровые представления дискретных объектов. Нужно учитывать особенности объектов, например, горизонтالي в природе не существуют, а горные выработки и целики – это реальные объекты. Пространственные объекты, моделируемые с помощью карты, или ГИС, имеют три формы представления:

- объект в действительности;
- объект, представленный в БД;
- знак, который используется для отображения объекта на карте.

Объект в ГИС это цифровое представление всего реального объекта или его части. Сходные реальные объекты, информация о которых хранится в БД, делятся на разные типы. Типом объектов считается любая группа сходных явлений, которые должны иметь одинаковую форму хранения и представления, например, дороги, реки, высоты, растительность.

Для цифрового представления типов реальных объектов необходимо выбрать подходящую форму объектов, являющихся представителями первых (кодами) в БД. Они могут быть объединены в классы, например, множество объектов-точек – для представления множества реальных объектов – сеть маркшейдерских пунктов.

Пространственные типы объектов БД могут группироваться в слои, именуемые также покрытиями или темами. Один слой представляет один тип объектов или группу взаимосвязанных типов объектов. Например, слой может включать только горные выработки, или же разведочные скважины и др. Возможны самые разные варианты системы слоев, как и модели данных.

Технология создания и ведения цифровой графической документации основана на векторизации сети горных выработок и последующем создании и использовании компьютерных моделей месторождения. Нормативные документы поддержки цифрового картографирования в России разрабатываются по линии **Роскартографии** [1]. Такие ГОСТы, являющиеся базовыми при создании цифровых карт и геоинформационных проектов, применимы и для горных предприятий. Для горнодобывающих предприятий, при составлении и ведении маркшейдерских планов горных работ, требуется постоянное прогнозирование геологических условий и актуализация данных о напряженно-деформированном состоянии горного массива поэтому, состав и содержание горной графической документации регламентируется **Ростехнадзором** [2-4], и эти требования необходимо учитывать при создании цифровой горной документации.

Цифровой план горных выработок шахты – это многослойное, математически определенное, уменьшенное, изображение поверхности угольного пласта, показывающее расположенные на ней объекты в принятой системе условных знаков, которое представлено в виде набора файлов, и которая может быть визуализирована на экране ПК или в виде твердой копии. Цифровой план горных выработок шахты составляется в системе государственной топографо-геодезической службы по строгим инструкциям на основе съемки в шахте.

Для цифрового геоинформационного моделирования месторождений полезных ископаемых делается экспорт векторных данных цифрового плана из формата САД в формат выбранной ГИС.

Векторные модели геообъектов называют также «объектами ГИС» или «ГИС-объектами». Точечные ГИС-объекты

моделируют маркшейдерские точки, скважины на маркшейдерских планах горных выработок и т. п. Линейные объекты могут служить в ГИС векторной основой для хранения характеристик коммуникационных систем (например, осевые линии горных выработок, кабели электропередач). Площадные объекты моделируют в ГИС различные районы: очистные выработки, опасные зоны и др. Рациональная организация информации в ГИС подразумевает минимальное создание новых векторных слоев и максимальное использование существующих слоев.

3.1. Для заданного варианта цифровой модели плана горных выработок выбрать наиболее подходящий программный продукт, который будет использоваться в качестве программного ядра ГИС.

3.2. Сделать описание структуры цифровых моделей планов горных выработок. Все слои цифрового плана разделить на три части и сделать их описание в трех таблицах и трех рисунках.

4. Оформление работы

Отчет о работе должен содержать графические материалы и описание структуры цифровых моделей согласно пункта 3.2 (см. выше).

4.1. Пример графического оформления работы №1

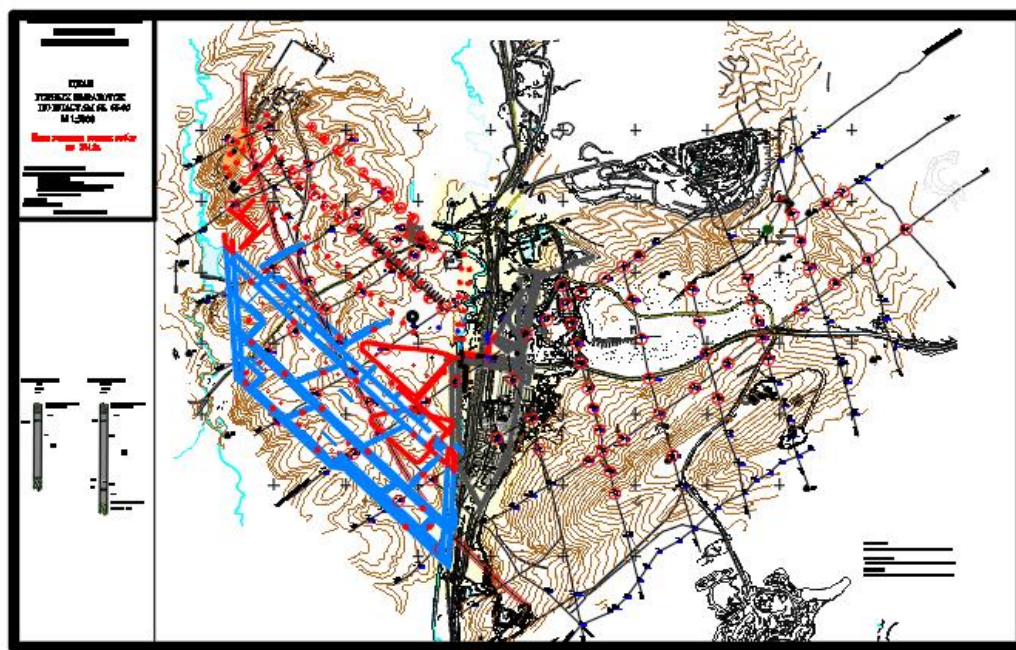


Рис. 1. План шахты «Талдинская-Западная»

На рис. 1 изображен план шахты «Талдинская-Западная». Включены 40 слоев, которые содержат данные, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Список слоев, отображенных на чертеже участка шахты

Имя слоя	Какие объекты содержит данный слой	Кол-во объектов
Опасные зоны	Границы опасных зон	12
Перемычки	Перемычки	8
Пикеты	Пикеты	109
Рамка	Рамка	1
Угол падения	Подписи угла падения	12
Целик	Границы целика с заливкой	4
И еще 34 слоя		

Лабораторная работа № 2

Решение задач по цифровому плану горных выработок в среде ГИС

1. Цель работы: Решение задач по цифровому плану горных выработок в среде ГИС с использованием прикладных модулей «GEO», «Восемь задач по цифровым моделям планов горных работ». Формирование ГИС-отчета на основе геоинформационной 2D модели горных выработок угледобывающего предприятия.

2. Исходные данные: Студент продолжает работать с вариантом, выданным преподавателем для первой работы. В соответствии с заданным вариантом устанавливается цифровой маркшейдерский план горных выработок действующих шахт. Студент делает выбор ГИС-оболочки для выполнения данной работы, а порядок решения задач прописан в руководстве выбранной программы. Делается экспорт векторных данных цифрового плана из формата CAD в обменный формат DXF, а затем импорт векторных данных из обменного формата DXF в формат выбранной ГИС.

3. Содержание работы: Выполнить опробование программно-аналитических средств для целевой обработки графической базы данных путем решения простых задач.

Геоинформационные технологии предназначены для широкого внедрения в практику методов и средств работы с пространственными данными, представляемыми в виде системы электронных карт, и предметно-ориентированных сред обработки разнородной информации. Основным классом данных геоинформационных систем являются координатные данные, содержащие геометрическую информацию и отражающие пространственный аспект. Геометрическое описание и структура цифровых моделей планов горных выработок являются исходными данными для ГИС, обеспечивающих решение задач эффективной работы предприятия. ГИС предполагают наличие:

- графических БД;

- реляционные базы данных БД;
- связи между графическими и тематическими БД;
- методов обработки, реализующих специфику области применения.

3.1. В соответствии с заданным вариантом с использованием программно-аналитических средств ГИС произвести решение восьми задач с использованием прикладного модуля.

4. Пример оформления работы №2

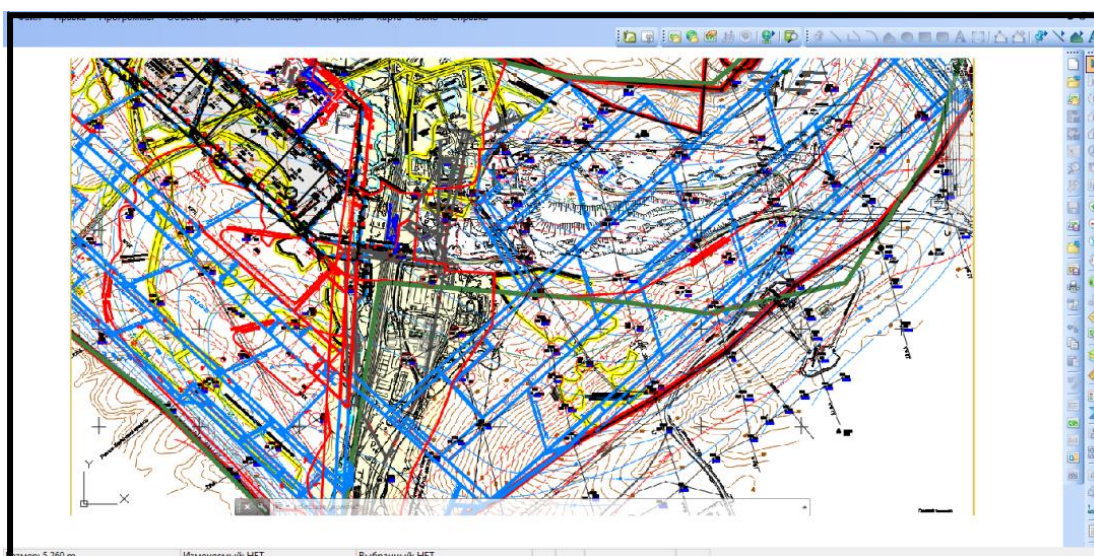


Рис. 2. Задача 1. Привязка плана горных выработок

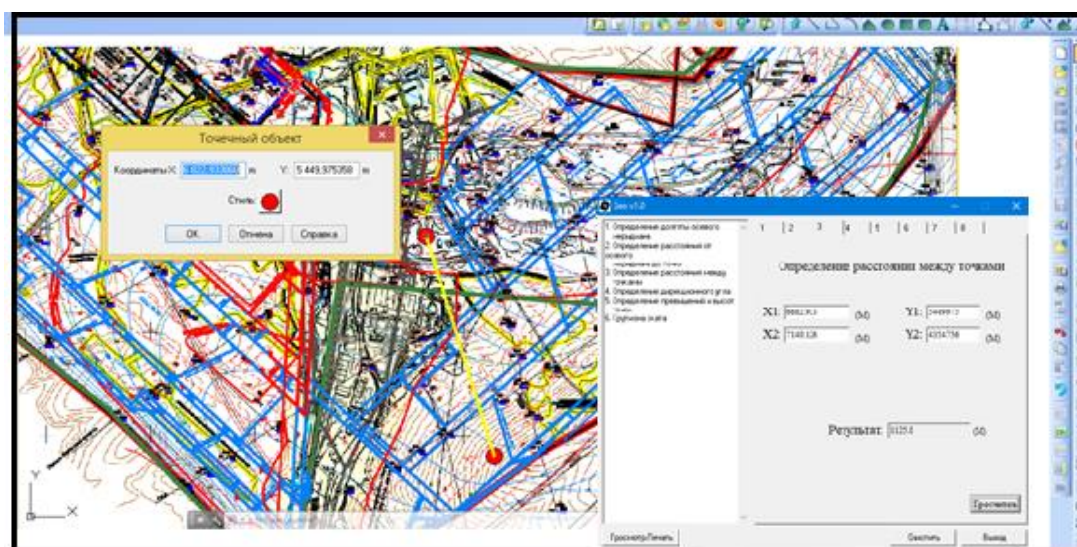


Рис. 3. Задача 2. Определение расстояния между двумя точками

Контрольные вопросы

1. Какую модель данных называют векторной и почему?
2. Почему векторную модель называют объектной?
3. Чем отличается топологическая векторная модель данных от нетопологической?
4. Какие признаки характеризуют объектную модель геоданных?
5. Почему в ГИС выделяется понятие «векторная карта»?
6. Что называют векторной картой?
7. Что называют векторным слоем?
8. Что такое векторный объект?
9. Какие типы векторных объектов Вы знаете?
10. Какие пространственные параметры характеризуют векторные объекты каждого типа?
11. Сколько файлов используется для хранения во внешней
12. В файлах с каким расширением хранятся графические данные MapInfo / ArcView ?
13. Для чего в формате данных MapInfo используется текстовый файл с расширением TAB?
14. В чем заключается генерализация векторного изображения и для чего она используется в ГИС?
15. Каким образом классификатор объектов ГИС связан со структурой ее слоев?
16. Какую систему координат принято использовать в ГИС для небольших территорий?
17. Векторные объекты какого типа используются в ГИС для представления горизонталей рельефа?
18. Что называют ГИС-проектом?
19. Какие слои и в каком количестве входят в состав изученных Вами в практической работе ГИС-проектов?
20. Графические объекты какого типа и в какой системе координат содержат векторные слои изученных ГИС?
21. Для решения каких задач предназначены ГИС?
22. Перечислите основные картографические методы анализа геоданных, используемые в ГИС.

23. Почему методы картометрии и морфометрии нашли столь успешное применение в ГИС проектах.

Лабораторная работа № 3

Создание базы данных на основе цифрового плана горных выработок

1. Цель работы: Формирование базы данных представленных в цифровой модели плана горных работ в электронные таблицы. Конвертирование данных в ГИС.

2. Исходные данные: Открыть заданный цифровой план и внести в таблицу данные каждой скважины. Технология заполнения базы данных информацией об объектах предметной области и конвертирование данных определяется правилами выбранной ГИС.

3. Содержание работы: Пространственные данные традиционно подразделяются на две взаимосвязанные составляющие: позиционную и непозиционную. Позиционная составляющая БД характеризует положение географических объектов в координатах двух или трехмерного пространства. Непозиционная составляющая БД включает качественную характеристику пространственных объектов (семантику) и статистику. Эта информация называется атрибутивной и представляется в виде текстовых или числовых параметров.

Реальные параметры и характеристики пространственных объектов во всех современных ГИС хранятся в атрибутивных таблицах и называются базами данных (БД). В качестве БД могут использоваться таблицы, паспорта, иллюстрации и т. п. Такие таблицы предложены в конце 1968 года доктором Э.Ф.Коддом из фирмы IBM и названы реляционными (от слова «relation» - отношение). Все ГИС «работают» именно с реляционными таблицами.

В атрибутивных реляционных таблицах ГИС записаны атрибуты (т.е. параметры = свойства = характеристики) графических объектов электронных слоев. Эти данные всегда могут быть показаны пользователю в понятном для него «табличном» виде

(столбцами) и строками (записями). Столбцы и строки должны иметь определенные свойства:

- каждый столбец имеет уникальное для данной таблицы имя;
- столбцы таблицы при выводе данных на монитор упорядочиваются слева направо, т.е. столбец 1, столбец 2, ..., столбец n.
- строки таблицы не упорядочены (их последовательность определяется лишь последовательностью ввода в таблицу);
- в поле на пересечении строки и столбца любой таблицы всегда имеется только одно значение данных (значение атрибута = значение поля) и никогда не должно быть множества значений;
- всем строкам таблицы соответствует одно и то же множество столбцов, хотя в определенных столбцах любая строка может содержать пустые значения;
- все строки таблицы обязательно отличаются друг от друга хотя бы единственным значением, что позволяет однозначно идентифицировать любую строку такой таблицы.

Используемые в ГИС типы атрибутивных данных (значений атрибутов = значений полей): символьное, целое, короткое целое, вещественное, десятичное, дата и логическое. В зависимости от того, какие типы атрибутивных данных содержат поля таблицы (столбцы) их называют числовыми, строковыми и т.п. Числовые поля могут содержать только цифры, а также символы «минус», десятичную точку и обозначение экспоненты (запись «7.E-04» означает «семь умножить на 10 в минус четвертой степени»). Совокупность используемых типов данных со всеми вышеперечисленными их свойствами называется структурой атрибутивной таблицы векторного слоя ГИС (используют сокращение «структура таблицы»).

Простейшие операции, которые можно выполнять в ГИС с атрибутивными таблицами:

- создание и просмотр таблицы (формирование ее структуры);
- редактирование структуры атрибутивной таблицы;
- добавление и удаление из таблицы отдельных (пустых) записей;
- упаковка записей.

Простейшие операции, которые можно выполнять в ГИС с атрибутивными данными:

- ввод данных и просмотр записей в атрибутивной таблице;
- редактирование значений атрибутов;
- выбор данных по запросу;
- классификация данных с использованием математических методов;
- объединение и связывание данных двух и более таблиц.

Поскольку в ГИС существует неразрывная связь между графическими и атрибутивными данными, выполняя операции с атрибутивными данными, пользователь одновременно применяет их к графическим объектам ГИС.

3.1. Сформировать структуру и создать атрибутивную таблицу. Таблице присвоить имя «Данные разведочного бурения», после чего внести в нее данные с цифрового плана горных работ.

Таблица 2

Данные разведочного бурения

Номер скважины	Координата X, м	Координата Y, м	Высотная отметка рельефа (Z), м	Высотная отметка встречи с пластом (H), м	Мощность пласта (m), м
1	2	3	4	5	6
13748	4708,69	6927,14	290,3	199,96	5,16
13967	4960,07	7029,5	311,4	203,8	5,65

4. Пример оформления работы №3

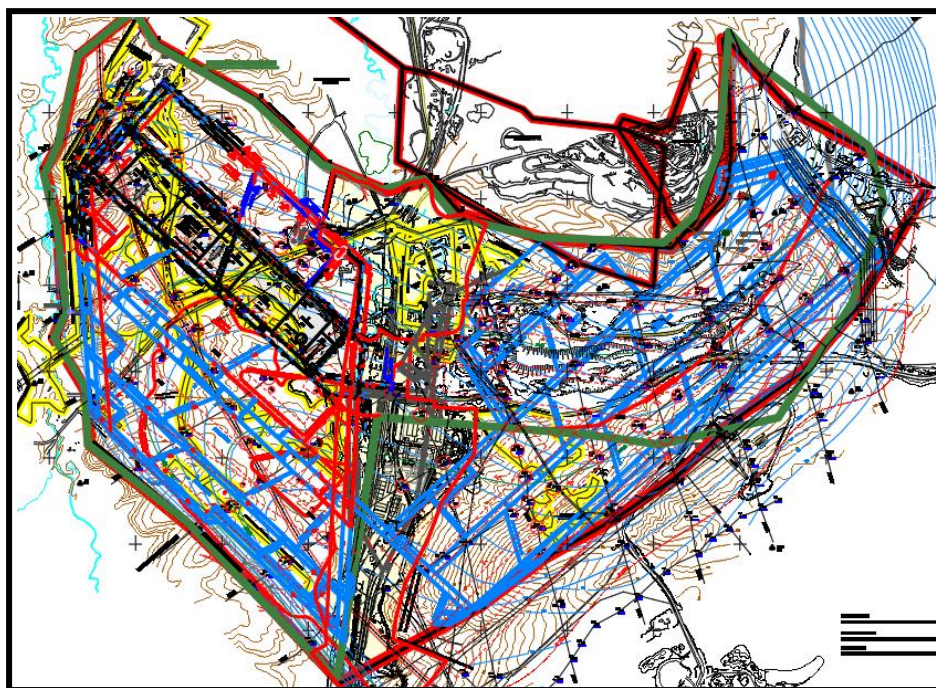


Рис. 4. Цифровая модель плана горных выработок

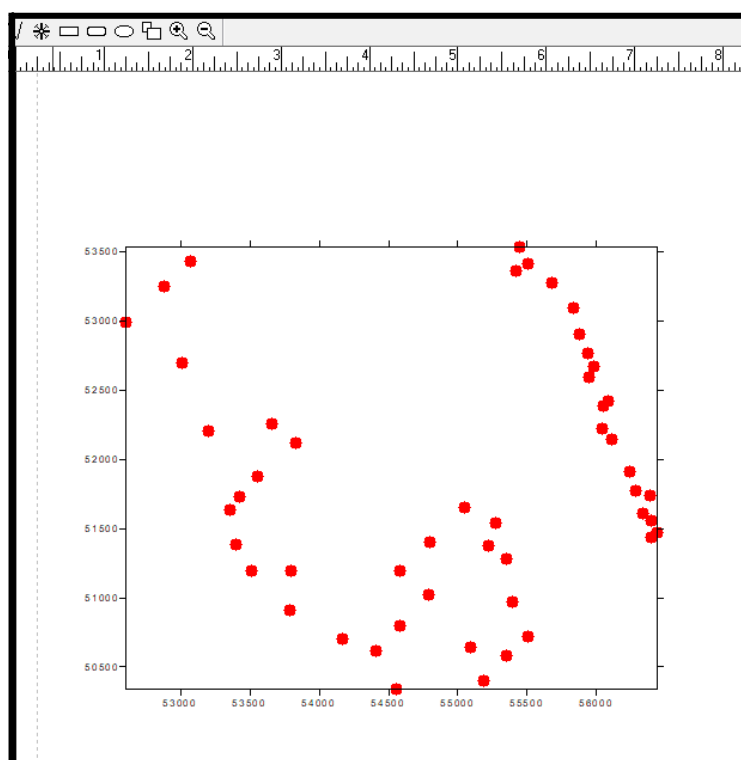


Рис. 5. Разведочные скважины

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия «атрибутивные данные ГИС».
2. Где хранятся атрибутивные данные векторного слоя ГИС?
3. Какой тип атрибутивных таблиц используют ГИС?
4. Какие атрибуты передают в ГИС пространственные свойства следующих объектов: «дороги грунтовые», «реки и ручьи», «геодезические пункты», «зоны подтопления»?
5. Назовите основные структурные элементы любой атрибутивной таблицы.
6. Синоним понятия «строка атрибутивной таблицы» ...
7. Какой атрибут векторного объекта ГИС используется для связи его позиционных и атрибутивных свойств?
8. Может ли атрибут «Номер строки атрибутивной таблицы векторного слоя» использоваться для организации связей между объектами разных слоев ГИС?
9. Может ли схема классификации объектов ГИС содержать более одной структурной иерархии объектов?
10. Если в атрибутивную таблицу добавить новую пустую запись, появится ли при этом в соответствующем векторном слое новый векторный объект?
11. Для чего в формате данных MapInfo используются файлы*.dat ?
12. Каким образом осуществляется редактирование атрибутивных данных в MapInfo 6.5?
13. Что выводится в окно списка MapInfo?
14. Наименование типа атрибутивных данных для хранения в ГИС MapInfo целых чисел ...
15. Наименование типа атрибутивных данных для хранения в ГИС MapInfo вещественных чисел ...
16. Имя атрибута, который используется в ГИС MapInfo для нумерации строк атрибутивной таблицы ...
17. Какие типы удаленных БД поддерживает MapInfo?

Лабораторная работа № 4

Статистический и геостатистический анализ базы данных в ГИС-пакетах

1. Цель работы: Статистический и геостатистический анализы в ГИС-пакетах базы данных, созданной в работе №3.

2. Исходные данные: Студент использует свой, ранее выданный ему, вариант цифрового плана и выполняет работу №4, используя базу данных созданную им в работе №3. в выбранной ГИС-оболочке для выполнения данной работы. Порядок решения задач прописан в справочнике выбранной ГИС программы и в [5].

3. Содержание работы: Каждая ГИС имеет программные средства для выполнения пространственного анализа, решения инженерных и прикладных задач. Геоанализ, с использованием существующей базы данных, позволяет получить новую информацию при решении ряда задач:

- поиск закономерностей в структуре;
- выявление наличия и вида взаимосвязей;
- запрос на получение информации с определёнными свойствами;
- классификацию;
- производить объединение, удаление объектов;
- поиск тенденции развития явлений в пространстве и во времени.

Количественные атрибуты создаются в соответствии с номинальными, порядковыми, интервальными или пропорциональными шкалами измерений. Важно знать, какие шкалы измерений использованы для данных, поскольку это определяет характер возможных математических операций с ними.

3.1. Для выполнения работы №5, необходимо построить 30 диаграмм для статистического анализа и 30 вариограмм для геостатистического анализа, используя программы выбранной ГИС, сделать выводы.

4. Пример оформления работы № 4

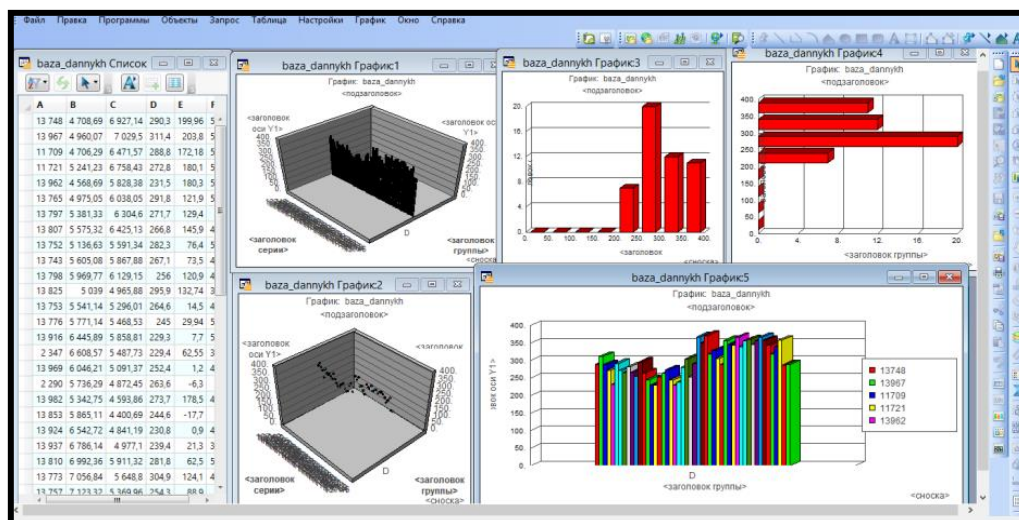


Рис. 6. Статистический анализ по отметкам земной поверхности

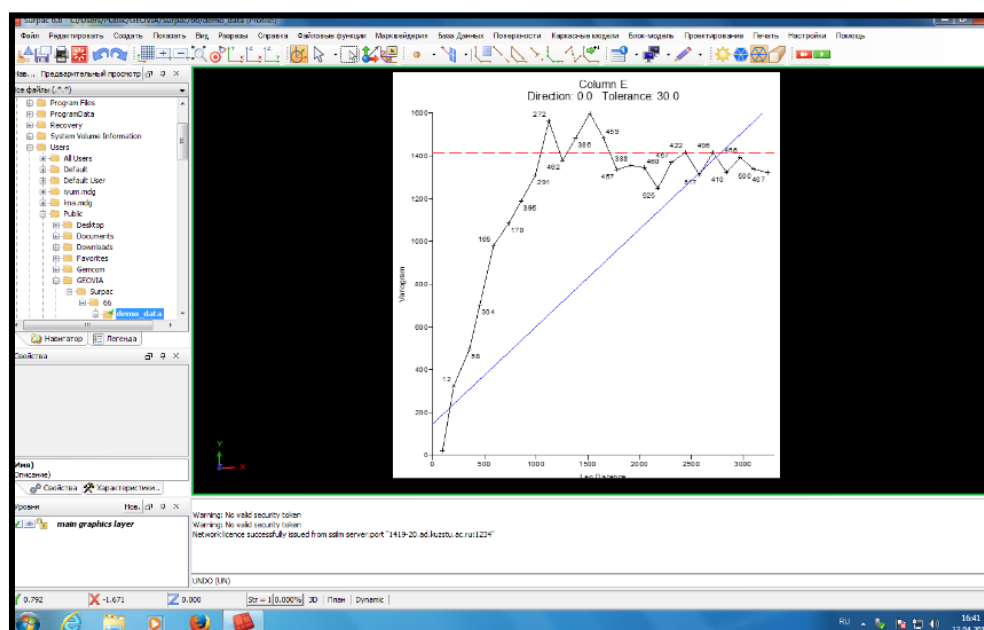


Рис. 7. Геоestatистический анализ по отметкам земной поверхности при дирекционном угле 0°

Лабораторная работа №5

Атрибутивные данные ГИС и SQL-запросы

1. Цель работы: составление атрибутивных таблиц, их структуры и создание базы данных ГИС. Использование запросов для анализа и редактирования атрибутивных данных в модуле «Десять задач использования SQL-запросов по цифровым моделям планов горных работ» в справочнике выбранной ГИС программы и в [6].

2. Исходные данные: Преподаватель выдает цифровой план поверхности с созданной базой данных. Студент делает регистрацию своего цифрового плана и добавляет базу данных, созданную им в работе №3 и выполняет работу №5. Необходимо решить десять SQL-запросов в рамках выбранной ГИС. Порядок решения задач прописан в руководстве выбранной ГИС программы.

3. Содержание работы: Система управления базами данных (СУБД) представляет собой пакет прикладных программ и совокупность языковых средств, предназначенных для создания, сопровождения и использования БД. СУБД представляет собой три компоненты:

- 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).

Для работы с БД используются специальные языки, называемые языками БД. Стандартным языком наиболее распространенных в настоящее время реляционных СУБД является язык SQL (Structured Query Language), который позволяет определять схему реляционной БД и манипулировать данными.

SQL-запросом называется набор предложений, с помощью которого формируется выборка информации из БД. С помощью SQL-запросов можно фильтровать, сортировать и группировать

данные, вычислять суммы, минимальные, максимальные и средние значения и т. п.

ГИС состоит из графических и атрибутивных таблиц, жестко связанных между собой. Поэтому выборка по SQL-запросу всегда содержит набор графических объектов с их атрибутами. Выбранные по SQL-запросу графические объекты в окне карты показываются «как выбранные» и отмечаются как «выбранные записи» в исходной таблице.

4. Пример оформления работы №5

Задание 1. Выполнить простой SQL-запрос. Выбрать «Здания» все жилые дома, в которых последний ремонт производился более 5-ти лет назад

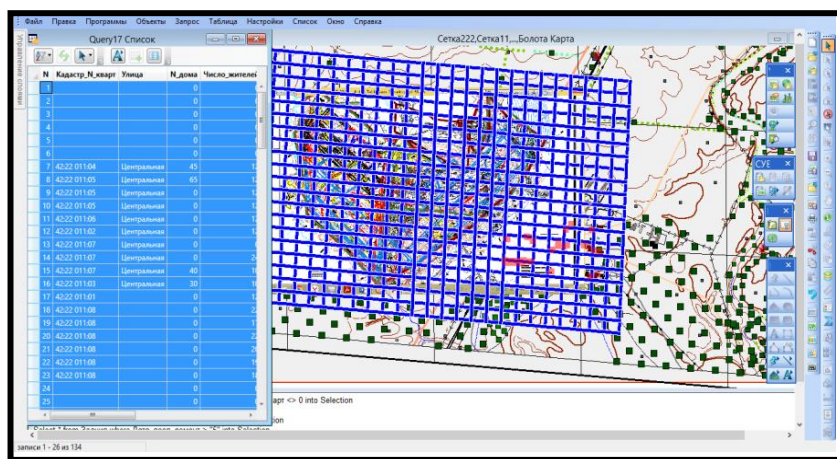


Рис. 8. Результаты выполнения задания, SQL-запрос

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия «SQL-запрос».
2. Какую роль выполняют SQL-запросы в обработке векторных данных ГИС?
3. Чем различаются конструкции простого и сложного запросов.
4. Каким образом SQL-запрос можно применить для редактирования значений атрибутов векторных объектов? Приведите примеры.
5. В чем заключается удобство использования SQL-запросов в приложениях MapBasic?
6. Можно ли использовать SQL-запросы для связывания векторных слоев ГИС и их атрибутивных таблиц? Приведите примеры.

Лабораторная работа №6

Построение изолиний по цифровым планам горных выработок

1. Цель работы: Построение изолиний рельефа в ГИС. Использование прикладного модуля «Построение 3Д-моделей по цифровым планам горных работ».

2. Исходные данные: Студенту использует ранее выданный цифровой маркшейдерский план горных выработок действующих шахт, производит выбор параметров интерполяции и схемы генерации координатно-привязанных данных по дискретным точкам скважин в непрерывные поля геомеханических характеристик и выполняет работу с использованием пакета программ выбранной ГИС.

3. Содержание работы: Пространственные данные – цифровые данные о пространственных объектах, включающие сведения об их местоположении и свойствах, пространственных и непространственных атрибутах. Обычно состоят из двух взаимосвязанных частей: позиционной и непозиционной составляющей. Полное описание пространственных данных складывается из взаимосвязанных описаний топологии, геометрии и атрибутики объектов. Пространственные данные вместе с их семантическим окружением составляют основу информационного обеспечения ГИС.

Для горных предприятий используются четыре основных источника пространственных данных: данные с бумажных карт и планов, данные разведочного бурения в цифровом виде, наземные и подземные съемки, данные дистанционного зондирования (ДДЗ).

3.1. По координатам устьев скважин и отметкам подсечения лежащего бока (почвы) пласта скважинами построить изогипсы почвы пласта. Высоту сечения изогипс принять 10м.

4. Пример оформления работы № 6

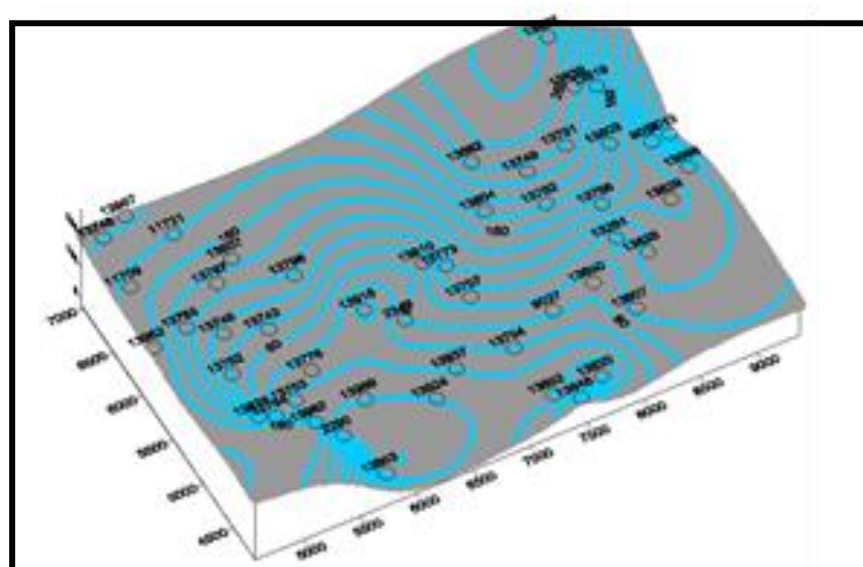
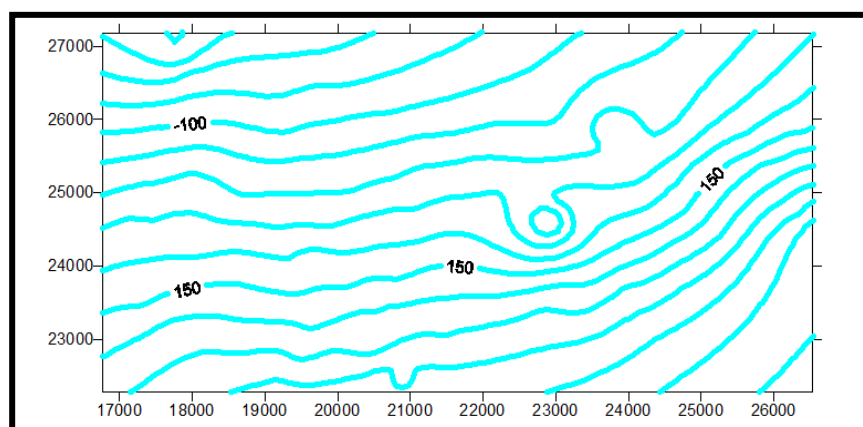


Рис. 9. Изогипсы и 3Д – модель почвы пласта

Лабораторная работа № 7

Построение прогнозных планов

1. Цель работы: построение прогнозных планов характеристик массива горных пород. Использование встроенного прикладного модуля «Создание сетки-матрицы цифровой модели плана горных работ».

2. Исходные данные: Студент использует ранее выданный цифровой маркшейдерский план горных выработок, выполняет работу с использованием пакета программ ГИС. Порядок решения задач прописан в руководстве выбранной ГИС программы.

3. Содержание работы: Прогнозирование и решение инженерных задач осуществляется путем создания реализуемых функций в виде соответствующих алгоритмов в прикладных модулях в ГИС-технологиях. В ГИС базы данных соединены с модельными и расчетными функциями для манипулирования ими и преобразования их в пространственную картографическую информацию, и это позволяет создавать прогнозные планы с использованием разнородной информации. Прогноз горно-геологических условий разработки угольных пластов представляет собой комплекс информации о геологическом строении и свойствах массива горных пород с оценкой их влияния на разработку угольных пластов. Прогноз предназначен для обеспечения технологической службы шахты надежными геологическими данными, необходимыми при проектировании горных работ, выборе горного оборудования, организации безопасной, устойчивой и высокопроизводительной работы очистных забоев, а также при планировании ремонтно-технологических мероприятий и мероприятий по охране недр.

Для построения прогнозных планов создается цифровая модель горного массива, в которой в качестве моделируемых показателей выступают значения характеристик массива всех точек рассматриваемой области. На прогнозных планах детально отображают тематические параметры, свойства, характеристики среды (распределение температуры, горных пород и т. д.)

Цифровое моделирование горного массива обладает рядом преимуществ перед другими способами моделирования:

- позволяет вскрыть внутреннюю структуру объекта или процесса, с количественных позиций подойти к объяснению геомеханических особенностей массива;

- дает в руки исследователя методы для совокупного анализа основных свойств размещения или отдельного их изучения в зависимости от практических требований;

- дает возможность повысить сложность модели, резко увеличить скорость и объемы перерабатываемой информации, позволяет апробировать большое число вариантов модели, выбрать из них оптимальные;

- позволяет оценить закономерную составляющую каждого из пространственных полей показателей, уровень случайной составляющей (дисперсии) в размещении показателей.

Для использования этих преимуществ необходимо, чтобы метод построения цифровой модели позволял:

- строить математические модели разной размерности;
- объективно выбирать аргументы и вид математической модели;

- переходить к графическому изображению математической модели;

- оценивать точность значений показателей и самого метода.

Используемые для геоинформационного моделирования пространственные данные имеют пространственную привязку к опорной маркшейдерской сети (это геоданные) и поэтому с известной точностью могут быть представлены в цифровой модели в определенной системе координат.

Прогнозные цифровые планы в ГИС выступают как производные векторные тематические слои, которые создаются, автоматизировано с помощью математической/статистической обработки пространственных и/или атрибутивных данных других (наиболее часто, базовых) векторных слоев ГИС.

Деление территории на зоны осуществляется в ГИС автоматизировано так называемыми локально-детерминированными методами. Зонирование площади имеет

своей целью распространение (распределение) по плоскости известных в некоторых точках этой плоскости значений одного признака или комплекса признаков (обобщенного показателя).

Тематической переменной может быть один атрибут или арифметическое выражение, включающее один или более атрибутов, стандартные математические функции и знаки математических операций.

При создании тематического слоя ГИС, нужно изначально представлять, какой обобщенный параметр он должен включать, и каким математическим/статистическим методом этот параметр можно получить из имеющихся геоданных, т. е. тематический слой ГИС нужно «планировать». Так, для формирования тематического слоя в MapInfo, нужно выбрать последовательно:

- тип тематического шаблона,
- тематические переменные из списка наименований атрибутов объектов;
- метод обобщения тематических данных;
- представление тематического слоя на экране компьютера, задав стили оформления его объектов.

4. Пример оформления работы №7

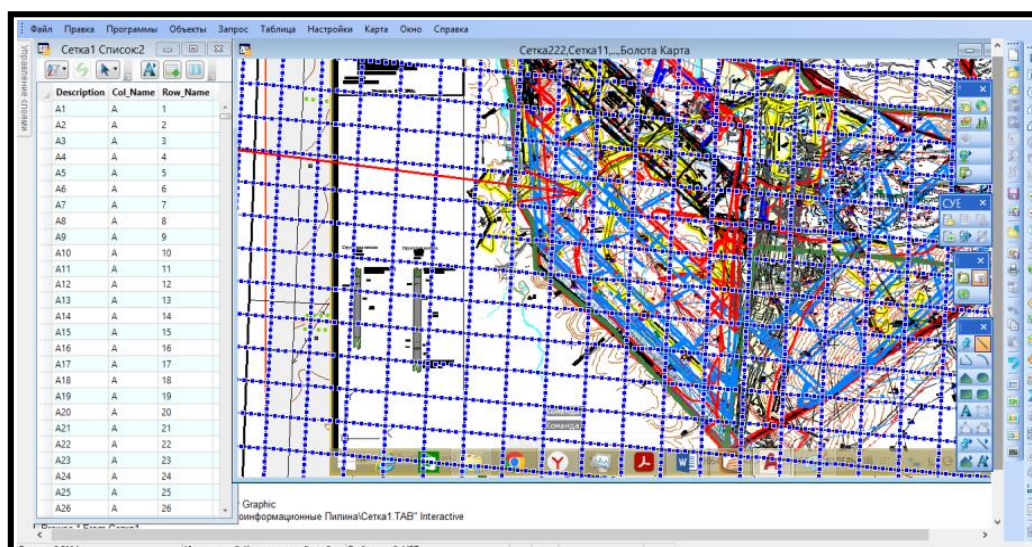


Рис. 10. Создание сетки-матрицы

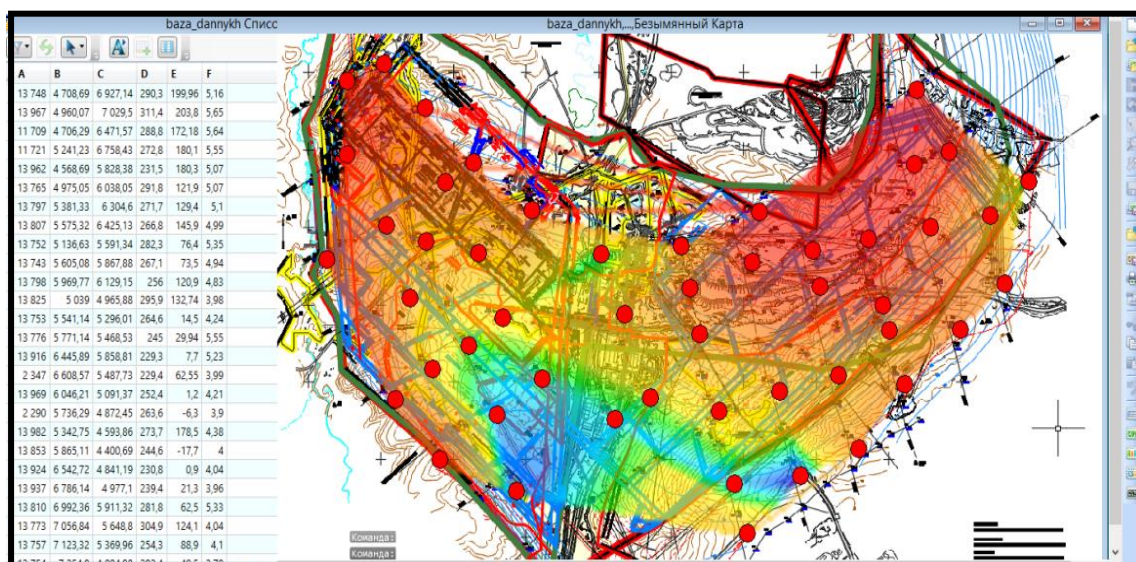


Рис. 11. Создание цифрового прогнозного плана

Лабораторная работа № 8

Построение 3Д модели в ГИС

1. Цель работы: построение физических поверхностей, создание 3Д модели и каркасных моделей с применением аналитических и моделирующих функций в программах ГИС.

2. Исходные данные: Студент использует ранее выданный цифровой маркшейдерский план горных выработок, выполняет работу в рамках выбранной ГИС. Порядок решения задач прописан в руководстве ГИС программы.

3. Содержание работы: Цифровая форма представления поверхностей используется для построения карт изолиний, проекций поверхностей на плоскость, различных подсчетов в прикладных программах (например, подсчет объема земляных работ, вычисление площадей, объемов, построение поперечных сечений рельефа).

Для анализа геополей на основе цифровых моделей необходимо находить значение показателя в произвольной точке области определения. Область определения разбивается на множество прямоугольных или треугольных ячеек, что позволяет

восстанавливать значения высот в произвольной точке путем интерполяции. Самой распространенной упорядоченной формой представления поверхности является цифровая модель, заданная высотами в узлах прямоугольной координатной сети.

Таким образом, совокупность измеренных значений показателя, установленных в произвольно расположенных точках, трансформируется в систему значений в узлах треугольной, квадратной или прямоугольной сетки. Такая трансформация осуществляется поэтапно:

- преобразование координат точек с известными значениями показателя;
- фиксация точек пересечения контура с линиями квадратной сетки;
- поиск точек, близлежащих к узлам сетки;
- установление интерполированных значений показателя в узлах сетки.

Преобразование координат осуществляется путем поворота координатной сетки до положения вдоль основных размеров объекта. На преобразованной координатной сетке фиксируется контур объекта, и отыскиваются точки с измеренными значениями показателя, близлежащими к узлам новой преобразованной сети координат.

В данной работе рекомендуется за упорядоченную форму хранения и представления информации принять регулярно-ячейный принцип организации данных. Для описания данных за минимальную единицу площади принимается ячейка правильной геометрической формы, а пространственно-распределенные признаки объектов хранятся в узлах регулярной сетки из ячеек. Значения показателя из точки замера с помощью интерполирования передаются в узлы сетки. Сетка представлена набором квадратных ячеек с перечнем значений показателей в узлах и для ее построения составлена программа. Графическим результатом программы является план с квадратной координатной сетью со стороной h . Начало координат совпадает с одним из углов сетки, а направления совпадают с направлениями прямых, образующих сетку. Сетка делит план на NX вертикальных и NY горизонтальных полос. Общее

количество узлов равно $(NX+1)*(NY+1)$. Координаты левого нижнего узла устанавливаются пользователем ($X1, Y1$).

Каждому узлу сети поставлена в соответствие строка из матрицы показателей. Такое регулярное представление данных позволяет сформировать долговременную и стабильную информационную основу.

Для перехода от поверхности, заданной произвольно расположенными точками, к поверхности, заданной значениями в узлах квадратной координатной сети необходимо поверхность аппроксимировать или усреднить. Значение каждого блока сеток вычисляется по настроенным пользователем интерполяционным алгоритмам. В ГИС реализованы такие способы построения:

- аппроксимация степенными полиномами.
- интерполяция по структурным функциям.
- интерполяция по усредненной поверхности и др.

Интерполированные значения показателя определяются для каждого узла сетки в контуре объекта.

Построение каркасных и блочных моделей.

Главное меню Micromine: Файл – Импорт – Microsoft Excel. В разделе Источник необходимо задать Файл и Лист. В разделе Вывод указать имя Файла на выходе и его Тип. В таблице Поле выбрать из исходного файла поля для импорта. Нажать Импорт.

Проверка данных.

В исходных данных, к сожалению, бывает довольно много ошибок. Часть их можно найти, используя Micromine:

Главное Меню Micromine: Скважины – Проверить – Скважины. В окне Проверка скважин \ задать: проверяемые файлы (двойным нажатием левой кнопкой мыши по полю Файл – выбрать из списка), типы файлов (ДАННЫЕ), обязательные к заполнению поля для каждого файла (двойным нажатием левой кнопкой мыши), имя файла отчета (ввести вручную). Файлы Интервалов – это файлы с результатами опробования, геологическим описанием и тому подобное. Если в базе данных есть несколько файлов интервалов, то проверки делают отдельно

с каждым. Проверять на отсутствующие скважины, затем нажать ОК.

Программа сообщит, что обнаружены ошибки и откроет файл отчета в самом низу экрана. Файл отчета можно открыть и обычным способом: Главное меню Micromine: Файл – Открыть – выбрать тип ОТЧЕТ (.RPT) – выбрать соответствующий файл. Просмотреть файл отчета и устранить ошибки, последовательно редактируя все файлы, в которых они были выявлены. Если в файле отчета дважды нажать левой кнопкой мыши по строке с ошибкой, то откроется необходимый файл на строке с этой ошибкой. Исправлять ошибки рекомендуется с последней строки.

Скважина	ЗАПИСЬ	Hole_ID	From_Depth	To_Depth	СОСТОЯНИЕ	ОШИБКИ
D:\Users\korzhnevskiy\Documents\Кремлевский А.Е. ГИС-17\ГЛП №3 Кремлевский А.Е. ГЛП №4 Кремлевский А.Е. Инклинометрия.DAT	1240	12			Ошибка	Асимптотический
D:\Users\korzhnevskiy\Documents\Кремлевский А.Е. ГИС-17\ГЛП №3 Кремлевский А.Е. ГЛП №4 Кремлевский А.Е. Опробование.DAT	4	1-001	7.500	7.500	Ошибка	Файл не открыт
D:\Users\korzhnevskiy\Documents\Кремлевский А.Е. ГИС-17\ГЛП №3 Кремлевский А.Е. ГЛП №4 Кремлевский А.Е. Опробование.DAT	45	1-002	7.600	8.000	Ошибка	Файл не открыт
D:\Users\korzhnevskiy\Documents\Кремлевский А.Е. ГИС-17\ГЛП №3 Кремлевский А.Е. ГЛП №4 Кремлевский А.Е. Опробование.DAT	115	1-003	90.800	94.800	Ошибка	Перекрывающиеся
D:\Users\korzhnevskiy\Documents\Кремлевский А.Е. ГИС-17\ГЛП №3 Кремлевский А.Е. ГЛП №4 Кремлевский А.Е. Опробование.DAT	239	1-003	65.700	67.500	Ошибка	Перекрывающиеся
D:\Users\korzhnevskiy\Documents\Кремлевский А.Е. ГИС-17\ГЛП №3 Кремлевский А.Е. ГЛП №4 Кремлевский А.Е. Опробование.DAT	352	1-003	66.400	67.500	Ошибка	От - До
D:\Users\korzhnevskiy\Documents\Кремлевский А.Е. ГИС-17\ГЛП №3 Кремлевский А.Е. ГЛП №4 Кремлевский А.Е. Опробование.DAT	436	1-007	110.000	110.700	Ошибка	Перекрывающиеся
D:\Users\korzhnevskiy\Documents\Кремлевский А.Е. ГИС-17\ГЛП №3 Кремлевский А.Е. ГЛП №4 Кремлевский А.Е. Опробование.DAT	438	1-007	111.000	112.500	Ошибка	Перекрывающиеся

Рис. 12. Экран с файлом отчета

Исправление ошибок.

При обнаружении ошибки необходимо обращаться к исходным материалам разведки.

Перечень ошибок:

1. Скважина не задана – скважина отсутствует в данном файле. Если это файл опробования, то это просто неопробованная скважина, исправлять не надо. Если это файл устьев, скважину придется удалить; если файл инклинометрии, будем считать вертикальной. Когда проверены все неопределенные скважины, можно снять галочку (Проверять на отсутствующие скважины), чтобы в отчет не выводились эти ошибки.

2. $OT \geq DO$ и Перекрывающиеся интервалы – начало интервала больше, чем конец. Считаем опечаткой, исправляем

так, чтобы интервалы шли последовательно по возрастанию и не перекрывались.

3. Файл не отсортирован по полю скважина – одна и та же скважина встречается в разных местах таблицы. Отсортировать файл по полю скважины или переставить строку на место.

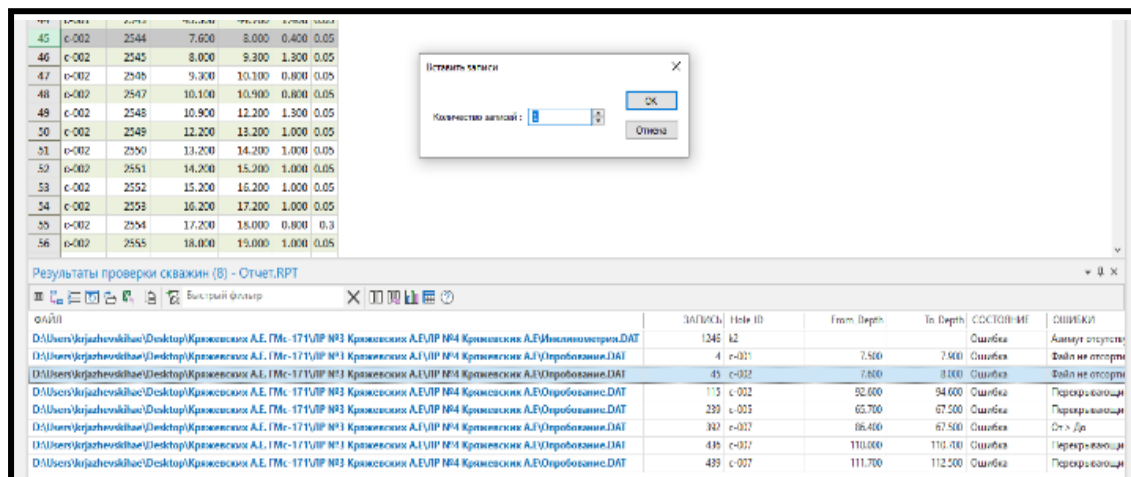


Рис. 13. Перестановка строки на место

4. Дубликат записи – строка повторяется полностью. Удалить лишнюю запись.

5. Угол / Азимут неверный или отсутствует – проверить и исправить: вписать, как в предыдущей или следующей записи.

6. Нет записи инклинометрии – на нулевой отметке нет записи инклинометрии. Добавить строку с глубиной замера 0, вписать инклинометрию, как у следующего замера.

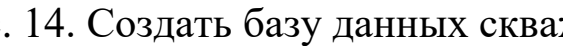
После исправлений – повторная проверка, пока не будут исправлены все ошибки.

Кроме данной проверки, следует просмотреть минимальные и максимальные значения во всех полях всех файлов для выявления явно нереальных значений.

Создание базы данных для визуализации и моделирования.

Просмотр данных и моделирование проводятся в среде Визекс. Для этого необходимо создать специальную базу данных:

42 $\Delta = \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^n$



База данных скважины на вкладке

Загрузка в Визекс всех данных и объектов

В окне Трассировка на вкладке Данные ввода: База данных –

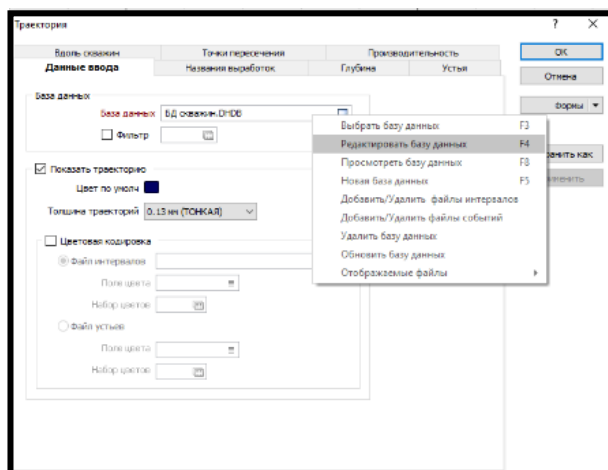


Рис. 15. Окно Траектория (вкладка Данные ввода)

На вкладке Название выработок выбрать опцию Показывать название выработок, затем задать Цвет по умолчанию, Расположение в разделе Верхняя метка (выбрать авто).

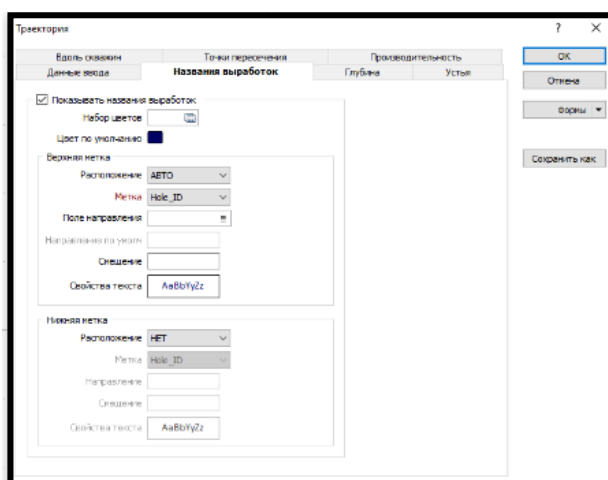


Рис. 16. Окно Траектория (вкладка Названия выработок)

На вкладке Глубина выбрать опцию Показывать глубину выработок, затем задать Цвет глубины (удобно задать цвет, отличающийся от цвета названия выработок), можно поставить Суффикс метки (например, «м» – метры), задать Длину рисок (например, 4).

На вкладке Устья выбрать опцию Показать устья, затем задать Цвет по умолчанию. Чтобы задать Символ по умолчанию,

дважды нажать левой кнопкой мыши, чтобы открыть окно выбора символов.

Сохранить Форму (форме дать понятное название, например, скважины или выработки) и нажать ОК.

В окне Визекс появится изображение выработок, а в окне Просмотра – слой траекторий с названием формы.

Следует внимательно рассмотреть отображенные в Визексе скважины, вращая их с помощью Инструмента вращения. Если обнаружены ошибки (например, скважина направлена явно не в ту сторону) надо исправить исходные данные в файлах и обновить базу данных.

Для обновления базы данных в окне Просмотр нажать правой кнопкой мыши по слою Траектории и выбрать Обновить базу данных скважин (или главное меню Скважины – База данных – Обновить).

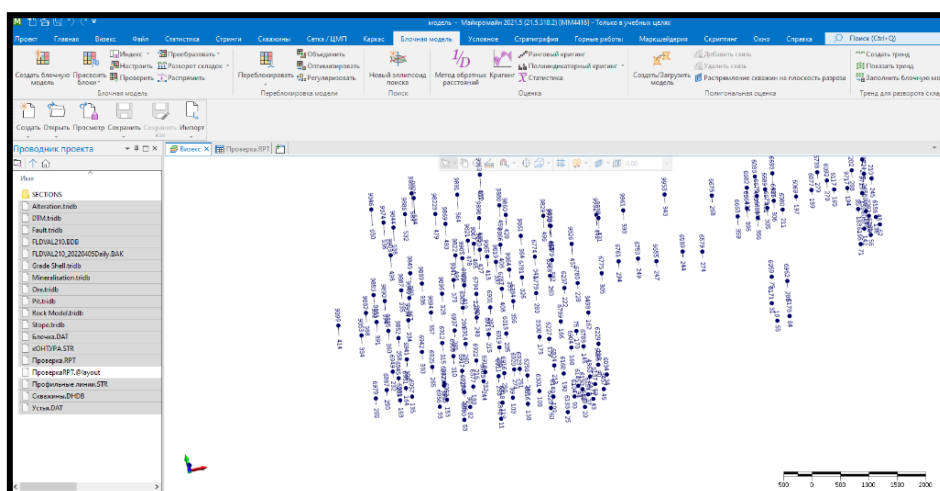


Рис. 17. Импортированные и вынесенные скважины (и их траектории)

Построение разведочных линий.

Для удобства построения разрезов на план следует нанести разведочные линии (новый файл стрингов). Линии проводят в соответствии с существующими на месторождении

разведочными линиями или в соответствии с разведочной сетью. Каждой линии дается имя (номер), который вписывается либо в поле STRING, либо в специально добавленное поле (изменить структуру файла).

При проведении параллельных регулярных линий удобно пользоваться функцией Копировать/Переместить строки, задав перемещение по азимуту, расстоянию и наклону и включив опцию Дублировать (указать, сколько раз).

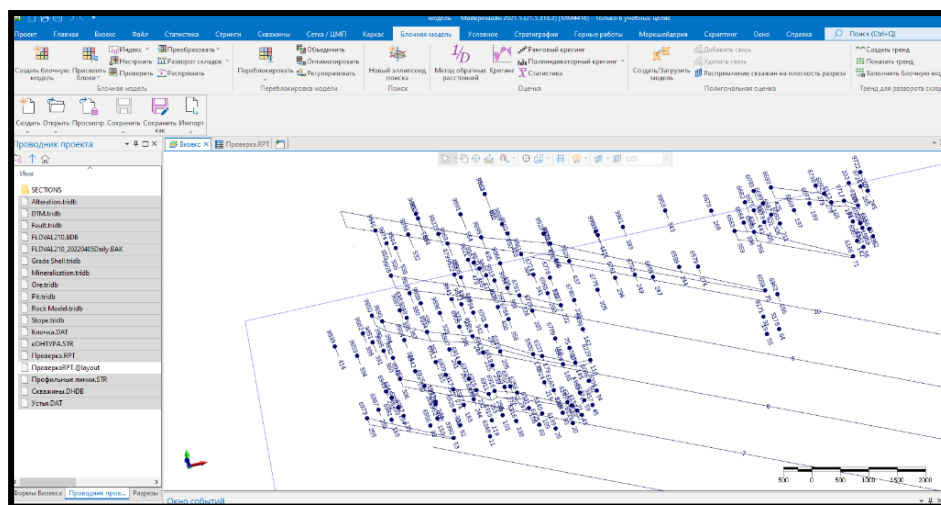


Рис. 18. Созданные линии разреза

Контрольный файл разрезов.

Можно создать разрезы из файла стрингов. Единственное условие – каждая отдельная линия в файле должна состоять ровно из двух точек. Можно воспользоваться ранее созданными разведочными линиями. Стринги – Контрольный файл разрезов – Создать из файла стрингов.

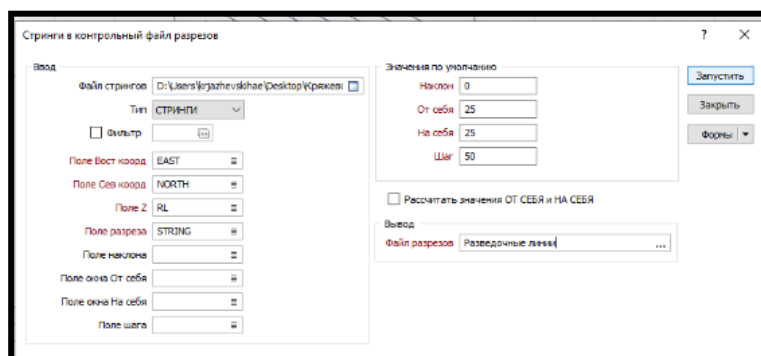


Рис. 19. Окно Стринги в контрольный файл разрезов

В появившемся окне указываете файл стрингов, по которым будут построены разрезы, заполняются обязательные поля (Поле разреза должно содержать номер профиля, записанное, например, в поле STRING;). Ставятся значения по умолчанию: Наклон – 0 – вертикальный разрез, 90 – горизонтальный, От себя, На себя – параметры аналогичные разрезам, построенным с помощью Инструмента разреза, Шаг – расстояние, в метрах, на которое будет смещаться осевая линия разреза при нажатии клавиш.

Оконтуривание толщи пород.

Создать новый файл стрингов для контуров толщи пород.

Для оконтуривания последовательно нажимать по нужным точкам. Лучше оконтуривать в одном направлении (например, по часовой стрелке), что в дальнейшем облегчит работу по построению каркасных моделей. Если рудное тело выходит на поверхность, то верхнюю часть контура надо выносить выше топоповерхности.

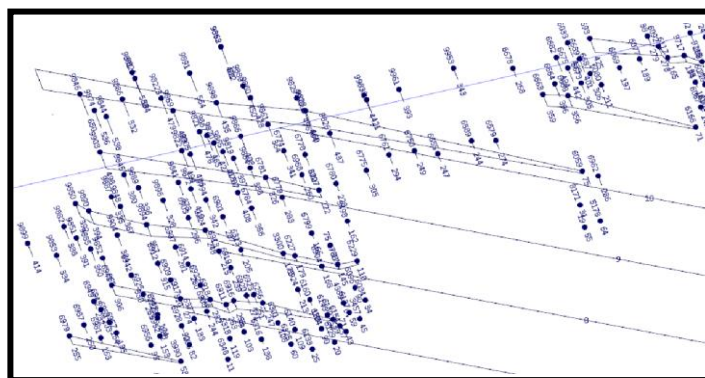


Рис. 20. Построенные контуры толщи пород на разрезах

После завершения одного стринга надо снова выбрать инструмент Новый стринг (клавиша N) и построить новый контур. Новый контур записывают в тот же файл.

Построение замкнутой каркасной модели.

Каркасная модель строится по созданным контурам толщи пород. Файл стрингов с контурами рудных тел должен быть загружен в Визекс. Остальные слои Визекса следует отключить (убрать галочки в окне Просмотр). Каждое рудное тело должно сохраняться в отдельный каркас.

Выбрать инструмент Построить каркас.

При первом выборе инструмента Построить каркас появляется окно Выбрать Активный Слой, где надо выбрать [Новый] Каркас...

Нажать на первый контур, затем на следующий (построится часть каркаса). Необходимо обращать внимания на то, чтобы при построении был выделен нужный контур.

После построения каждого фрагмента каркаса необходимо проводить проверку, выбрав инструмент Проверить каркас и настроив опции Проверки каркаса. Будет выведен результат проверки.

Если в результате проверки обнаружены ошибки (пересечения линий или треугольников), их необходимо исправить.

По окончании построения каркасной модели выделяют любой треугольник каркаса и пользуются инструментом Заккрыть незамкнутые срезы.

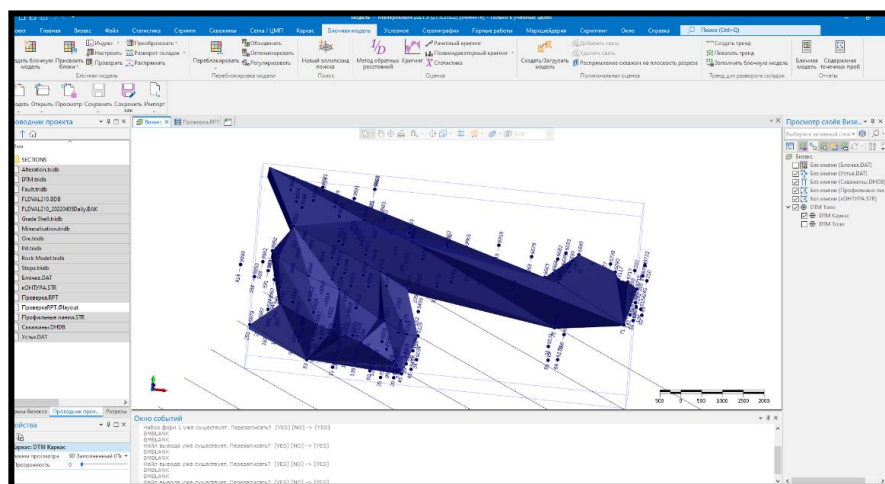


Рис. 21. Построенный каркас по контурам толщи пород

Построение блочной модели.

Когда определен размер элементарного блока, можно приступать к созданию пустой блочной модели. Она называется пустой, так как не содержит значений содержаний полезного компонента.

Главное меню Micromine: Моделирование – Инструменты для работы с блочной моделью – Создать пустую.

В окне Создать пустую блочную модель: в поле Вывод – задать имя Файла (например, Пустая блочная модель) – Тип (ДАННЫЕ) – имена полей координат (заполняются автоматически).

В разделе Ограничения – опция Ограничить пустую модель – выбрать Каркасами (если ограничиваем поверхностью, то ЦМП) – нажать Далее....

В окне Ограничить каркасной моделью: выбрать Один или Набор каркасов.

Для определения области построения блочной модели надо определить минимальные и максимальные координаты каркасной модели толщи пород или его части, не нарушенной разрывными нарушениями. Эти параметры записаны в свойствах каркасов.

Сохранить Форму окна Создать пустую блочную модель. Запустить.

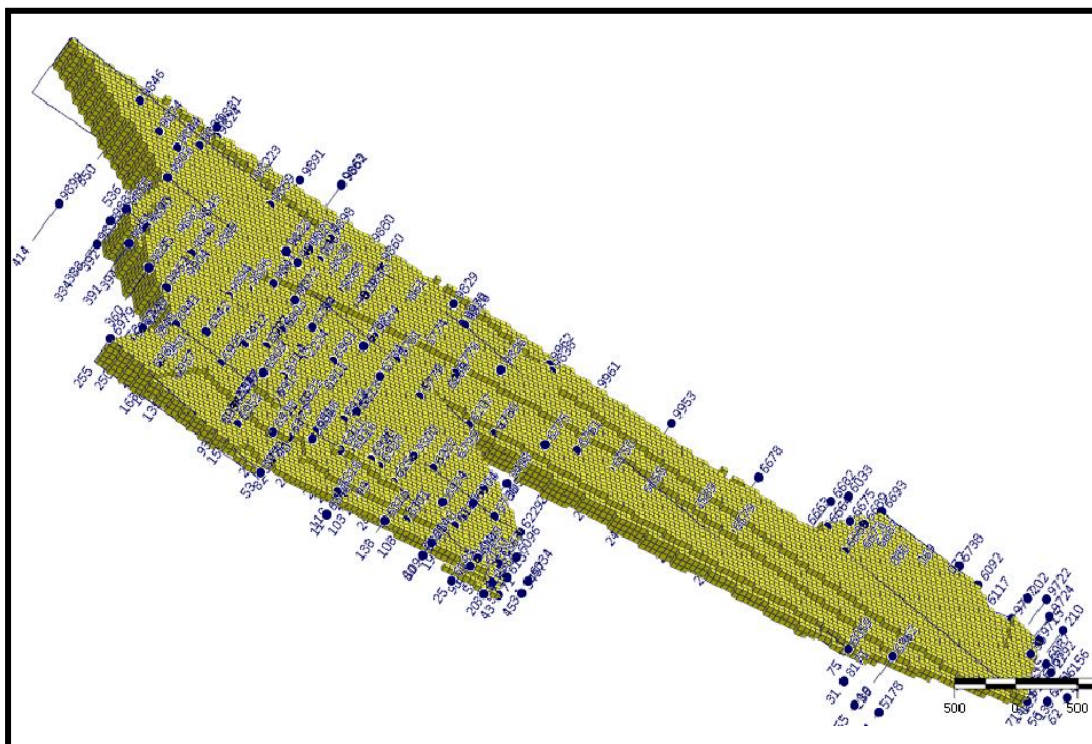


Рис.22. Созданная блочная модель

4. Пример оформления работы № 8

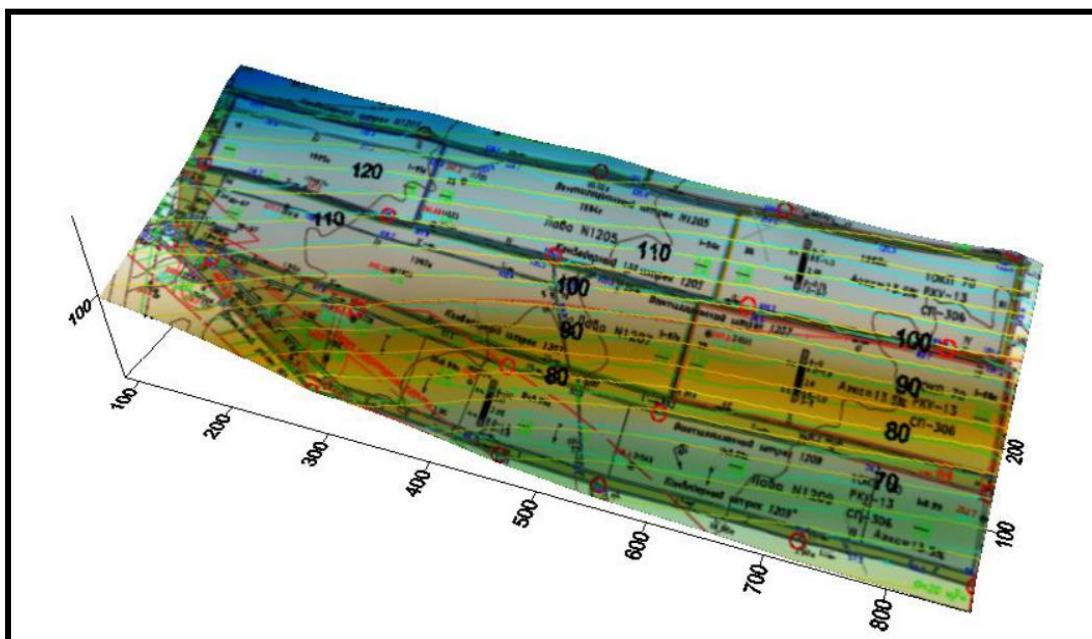


Рис. 23. 3D- модель почвы пласта по данным горных работ

Лабораторная работа №9

Проектирование горных работ с использованием цифровой модели плана в ГИС-пакетах»

1. Цель работы: проектирование горных работ с использованием цифровой модели плана в ГИС-пакетах.

2. Исходные данные: Студент использует ранее выданный цифровой маркшейдерский план горных выработок, как растровую основу, создает проект развития горных работ на следующий год. Порядок решения задач прописан в руководстве выбранной ГИС программы и в работе [7].

3. Содержание работы: Создать растровую копию фрагмента цифрового плана и импортировать в ГИС, как графический файл. Создать базу данных выбранного выемочного поля. Включить на цифровом плане слои, на которых изображены: контуры угольного пласта, углы его падения, технические границы по проекту и другие объекты, установленные в «Инструкции по согласованию годовых планов развития горных работ».

Затем сделать растровую копию и открыть ее для проектирования в ГИС. Выполнить компьютерное прогнозирование устойчивости кровли пласта для технологической карты прогноза. Вычислить величину вторичного шага осадки основной кровли и по его параметрам произвести зонирование выемочного столба и определить коэффициент технологичности для каждой зоны. Произвести последующее проектирование и календарное планирование развития горных работ с учетом прогнозируемых геологических условий на год в выбранной программе ГИС.

Устанавливать проектную добычу угля за месяц следует с учетом прогнозных планов построенных в лабораторной работе № 7. В зависимости от коэффициента технологичности (показать цветом) проектная добыча за месяц составит 400, 300 и 200 тыс. тонн угля.

4. Пример оформления работы № 9

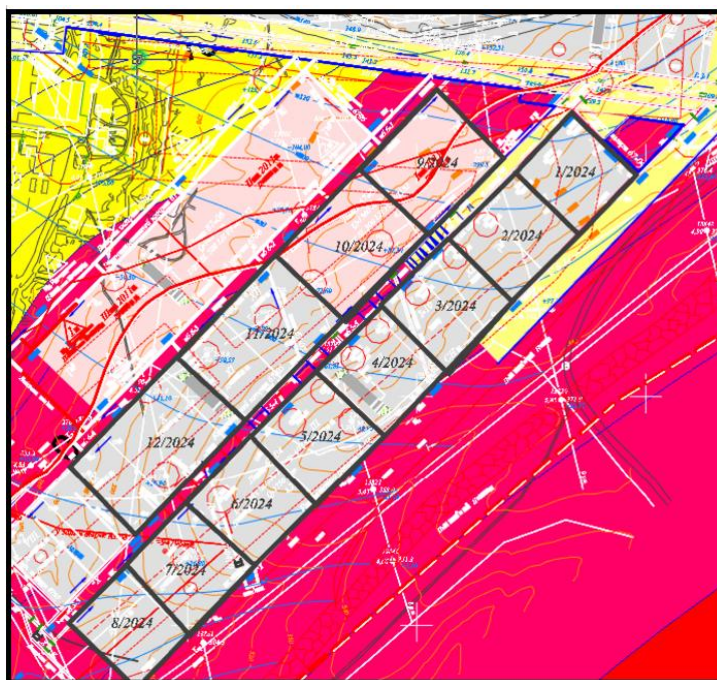


Рис. 24. Создание проекта горных работ

Таблица 3

Проект горных работ на 2024год

Месяц	Длина лавы, м	Проектное подвигание, м	Мощность пласта, м	Объемный вес	Объем добычи, т
Январь	128	484	2,7	1,3	217451,52
Февраль	128	431	2,7	1,3	193639,68

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ маркшейдерских цифровых планов для последующего включения их в геоинформационную систему /А.А. Гагарин, Ю.М. Игнатов, Г.Н. Роут, М.М. Латагуз. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. – № 1. – С. 45–52.
2. ГОСТ 2.852-75. Горная графическая документация. Изображение элементов горных объектов (введ. 01.01.1980; переизд. 01.06.2002). М.: ВНИИНМАШ, 1980. 15 с.
3. Маркшейдерская документация при разработке месторождений твердых полезных ископаемых Приказ Ростехнадзора от 19.05.2023 N 186 «Об утверждении Правил осуществления маркшейдерской деятельности». (Зарегистрировано в Минюсте России 31.05.2023 N 73638) -76 с.
4. Инструкция по геологическим работам на угольных месторождениях Российской Федерации. – СПб, 1993. – 147 с.
5. Бушуев Я.Ю., Федотов Г.С. Компьютерные технологии подсчета запасов.: метод. указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 21.05.02 / Санкт-Петербургский горный университет. – Санкт-Петербург, 2018. - 99 с.
6. Опыт использования цифровой графической документации для решения инженерных задач с использованием геоинформационных технологий /Ю.М. Игнатов, А.А. Гагарин, Г.Н. Роут, М.Ю. Игнатов. // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2020. № 4. С. 56–67.
7. Анализ результатов оценки устойчивости кровли пласта для совершенствования методики горно-геологического прогноза выемочного участка /Ю.М. Игнатов, С.И. Калинин, Г.Н. Роут, А.А. Гагарин, // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2022. № 2. С. 30–40.