

УДК.622.1:528.06

Ю. М Игнатов, И.В. Махраков, М. Ю Игнатов

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРОГНОЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

Технологии создания цифровых моделей массива горных пород (ЦММГП) за рубежом активно разрабатываются для решения задач по геологии, маркшейдерскому делу, горному планированию и т.д. Такие пакеты программ очень дорогие, приспособлены решать задачи для узкого перечня исходных геологических условий, и вычисления в этих программах выполняются в закрытых от пользователя блоках. Поэтому отечественным научным коллективам необходимо разрабатывать ЦММГП для последующего их использования при решении возникающих задач для местных геологических условий.

Нами разработан метод компьютерного анализа и прогноза геологического строения и геомеханических свойств массива горных пород. В данном методе на первом этапе создается цифровая модель массива горных пород. Затем эта модель встраивается в базу географической информационной системы, которую согласно Тикунова В.С. [1] будем называть (геоинформационной системой, ГИС). В пакете программ ГИС производится анализ модели встроенными средствами, а затем на основании полученных результатов выполняются прогнозы которые с помощью алгоритмов интегрируются в цифровую документацию. Для вычислений по данному методу нами создан прикладной программный модуль «Прогноз геологических условий».

Первым вопросом при создании цифровой модели является выбор факторов, которые следует использовать.

Вторым вопросом является определение типа модели, в которую организуются исходные данные.

Обзор литературных источников позволил установить перечень важнейших природных факторов влияющих на работоспособность подготовительных и очистных забоев. К ним относятся: мощность пласта, мощность непосредственной кровли, гипсометрия пласта, нарушенность массива, трещиноватость и прочность пород, конфигурация горно-геологических аномалий и ряд других [2]. Причем из множества природных факторов выбираются базовые, которые отражают геометрию пласта, минеральный состав и строение толщи горных пород.

Для отображения и анализа пространственных объектов в ГИС используются три типа моделей: регулярно-ячеистые, растровые и векторные.

При разработке ЦММГП для угольных шахт, с целью последующего использования ее в базе данных ГИС, нами за основу принят регулярно-ячеистый принцип организации данных. В регулярно-ячеистых моделях при описании данных за минимальную единицу площади принимается элемент разбиения территории — регулярная пространственная ячейка правильной геометрической формы, а пространственно-распределенные признаки объектов хранятся в узлах получившейся регулярной сетки из ячеек. Значение показателя из точки замера с помощью интерполирования передаются в узлы сетки. Сетка представлена набором ячеек с перечнем характеристик о свойствах массива горных пород с информацией о способах интерполирования поверхностей по таким данным. Нами принята цифровая модель, которая содержит значения показателей в узлах квадратной сети.

Таким образом, ЦММГП состоит из данных помещенных в ячейки и в зарубежной литературе их называют данными, заданными на сетке, или просто сетками (grids). ЦММГП дает возможность определять координаты и значения показателей в любой ячейке.

Следует отметить, что такие наборы ячеек ряд авторов называют матрицами [1] и мы их далее будем так называть. Матрицы могут содержать как результаты обработки информации, так и исходные данные. Прикладной модуль «Прогноз геологических условий» содержит приложения для работы с матрицами в виде программной среды для генерации, редактирования и визуализации сеточных данных, а также средства интерполяции информации в матрицы, используемые при создании моделей. Работа с матрицами состоит из нескольких этапов:

1. Ввод исходной информации в матрицу. Выполняется путем преобразования информации по каждому показателю с интерполяцией разными методами. Используются не только исходные координаты, но и связанные с ними атрибутивные данные. Значение каждого блока матриц вычисляется по выбранным пользователем интерполяционным алгоритмам.

2. Обмен между отдельными матрицами. Перенос из базы данных одного компонента в базу матриц другого. Обмен из GRID-файла в матрицу с аппроксимацией.

3. Визуализация информации, хранящейся в матрицах. Построение поверхностей в аксонометрических проекциях. Построение по

матрице заданных горизонталей.

4. Операции над матрицами. Уменьшение и увеличение разрешения. Сглаживание деталей.

Вырезание из матрицы прямоугольного участка с заданными координатами. Склейивание двух смежных частей в одну матрицу.

Исходные значения показателей для ячеек цифровой модели определяются по горизонталям, по профилям и по заданной нерегулярной сетке замеров. Поэтому, начальную информацию для составления ЦММГП берут из гипсометрических планов, планов горных выработок, вертикальных разрезов, данных опробования по скважинам, зарисовок и т.п. Затем полученные наборы ячеек включаются в реляционную базу данных ГИС.

Средства ГИС представляют собой пакет программ с единой реляционной базой данных (БД). Все ГИС включают обязательный набор геоданных, который состоит из базовой картографической информации и тематической атрибутивной информации. Главной особенностью геоданных ГИС является наличие строгой связи между многослойными электронными картами и БД. Выполняя операции с атрибутивными данными, пользователь ГИС одновременно применяет их и к графическим объектам.

В атрибутивных таблицах ГИС записаны атрибуты графических объектов. Эти данные могут быть показаны пользователю в табличном виде со столбцами и строками. За структуру таблицы принимается совокупность используемых типов данных со всеми их свойствами. Столбцы и строки таблицы имеют определенные свойства: каждый столбец имеет уникальное имя, столбцы упорядочиваются слева направо, строки не упорядочены, в поле на пересечении строки и столбца имеется только одно значение, все строки таблицы обязательно отличаются друг от друга.

В ГИС используются следующие типы атрибутивных данных: символьное, целое, короткое целое, вещественное, десятичное, дата и логическое. В зависимости от того, какие типы атрибутивных данных содержат поля, их называют числовыми, строковыми и т.п. Простейшие операции, которые можно выполнять в ГИС с атрибутивными данными: ввод данных, просмотр записей, редактирование значений атрибутов, выбор данных по запросу и т.п.[3]. Можно преобразовывать и таблицы: объединение данных двух и более таблиц, связывание данных двух и более таблиц и т.п. Тематическая БД для регулярно-ячеистой модели в ГИС имеет табличную структуру, в которой строки соответствуют одной ячейке, а столбцы содержат сведения о характеристиках отдельных факторов. В атрибутивных таблицах ГИС для векторной модели записаны атрибуты графических объектов. Для обработки атрибутивных данных в ГИС используются встроенные системы управления

базами данных. В разработанном модуле «Прогноз геологических условий» предусматривается, что система управления данными дополняется тремя цифровыми моделями, становящимися компонентами базы.

1. Региональная компонента базы. Такая ЦММГП строится по материалам геологоразведки и охватывает площадь всего шахтного поля, а длина каждой из сторон ячейки равна 100 метров

2. Локальная компонента базы. Эта ЦММГП позволяет уточнять оценку свойств массива и формировать прогнозы обстановки по площади посредством объединения полученных результатов прогнозов из региональной составляющей базы и данных полученных при горных работах. По скважинам определяются характеристики внутри контуров отдельных участков. Создается на стадии вскрытия пласта с размером ячейки 40 метров.

3. Оперативная компонента. Строится на основе локальной ЦММГП и позволяет выполнять постоянный ввод и первичную обработку вновь поступающей информации. Создается при подготовке участка к эксплуатации и при ведении очистных работ с размером ячейки 20 метров.

Устанавливаются размеры ячеек для каждой компоненты базы одинаковыми для всех показателей с целью их последующего объединения. Чтобы координаты и значения показателей для узловых точек региональной ЦММГП сохранились для локальной и оперативной компонент базы размеры сетки уменьшаются в кратное количество раз.

Для включения цифровой модели в ГИС необходимо совместить графическую и атрибутивную информации регулярно-ячеистой модели горного массива с векторной моделью цифрового плана горных работ. В прикладном модуле Прогноз геологических условий предусматривается объединение ЦММГП, описывающую свойства горных пород, с векторной моделью данных отражающей содержание плана горных выработок

Сегодня большинство угольных предприятий Кузнецкого бассейна создали векторную модель цифрового плана горных выработок и пополняют ее в программе AutoCAD, а анализ свойств массива горных пород и прогнозы делаются методом аналогии без компьютерных программ.

Элементы цифрового плана горных выработок, встроенные в слои ГИС, представляют собой набор выбранных объектов которые описываются аналитически набором примитивов: «точка», «линия», «полигон» и «поверхность». Применяемые графические изображения объектов воспроизводятся условными знаками, принятыми на бумажных источниках, и соответствуют нормативно закрепленным условным знакам. Классификация и кодирование производятся на основе ряда разработанных классификаторов.

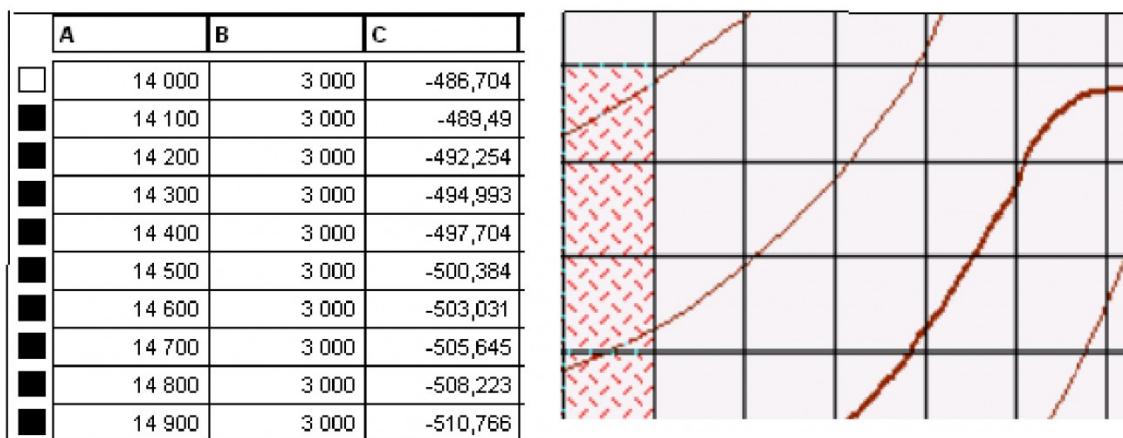


Рис.1. Атрибутивные таблицы и ячейки из регулярно-ячеистой цифровой модели по шахте «Первомайская».

Перечень показателей ЦММГП принимается согласно идентификатора из номенклатуры важнейших природных факторов.

Разработанный метод опробован при прогнозе геологических условий по пласту 27 шахты «Первомайская». На рис. 1 приведена матрица ячеек встроенная в ГИС по пласту. Из рисунка видна связь каждой ячейки со строкой атрибутивной таблицы.

За базовую картографическую информацию принят цифровой план горных выработок шахты «Первомайская», представленный в программе AutoCAD в форме векторной модели. Трансляция его в MapInfo произведена с помощью прикладной программы универсального транслятора. В диалоговом окне универсального транслятора были установлены:

исходный файл, в котором для AutoCAD

указан формат DWG;

система координат - «план-схема, м»;

путь к выходному файлу для MapInfo в формате TAB.

После трансляции в MapInfo, материал преобразован в набор из 4-х файлов: tab (текстовый файл); tar (графика); dat (атрибутивные данные); id (индексы). Атрибутивные таблицы после трансляции сформированы для векторной топологической модели. На рис.2 представлен план горных выработок и диалоговое окно, которое содержит набор векторных слоев после трансляции, каждому из которых соответствует одна таблица в тематической БД

Нами созданы три матрицы регулярно-ячеистой модели горного массива с помощью прикладной программы И-6-1 входящей в модуль

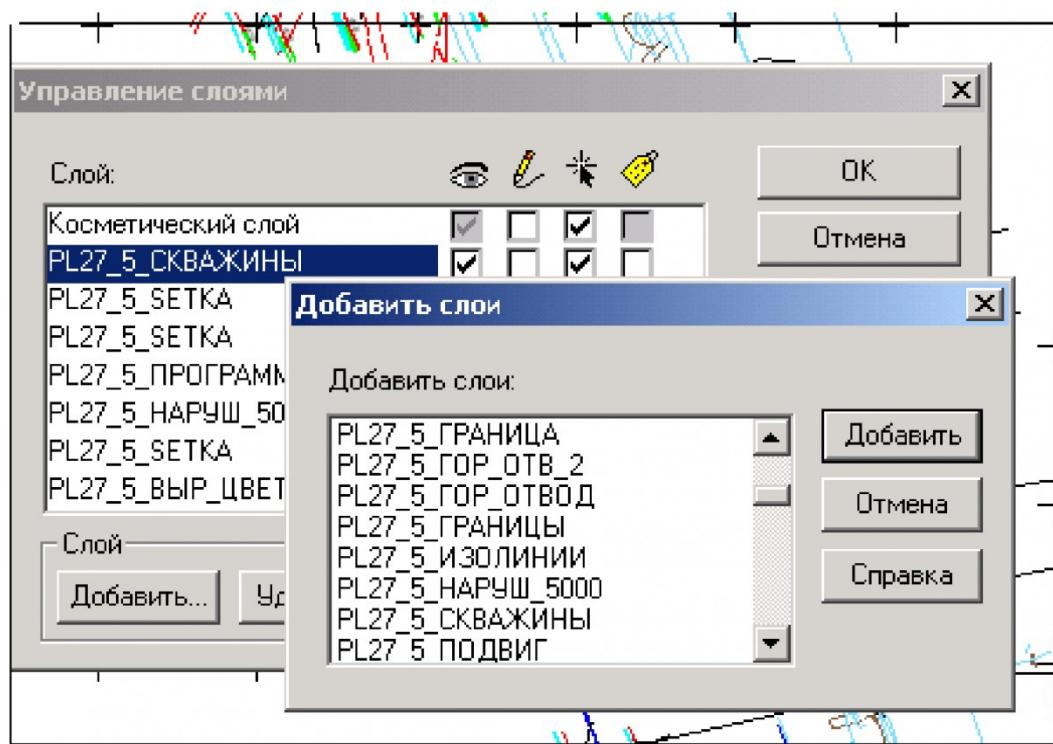


Рис.2 Диалоговое окно с набором векторных графических объектов.

Прогноз геологических условий, а затем они импортированы в MapInfo в виде отдельных слоев с названиями «Матрица-1», «Матрица-2» «Матрица-3».

Эти матрицы соответствуют трем цифровым моделям: региональной с размером ячейки равной 120 метров, локальной с размером ячейки 40 метров и оперативной с размером ячейки 20 метров. Выбирается одна из трех дополнительно конвертированных в MapInfo таблиц «Матрица-3». Выбранная таблица помещается в окне рабочего стола MapInfo в виде карты, к которой добавляется новый слой «Матрица 3». Данный слой характеризуется новой таблицей, ее структурой, именем и полями списковых данных и отражает информацию по оперативной цифровой модели массива горных пород. Следующим шагом является введение соответствующих данных о столбцах в атрибутивную таблицу: «Номер строки» - столбец А; «Координаты» - Х-В; У-С; «Высотная отметка

Далее в таблице «Матрица 3» заполняются строки в таблице каждой из которых соответствует ячейке на плане.

В результате обработки информации по выбранному участку пласта наполняются около 3000 ячеек. В итоге получается объединенная атрибутивная и картографическая информация со всеми ячейками и с данными по векторным объектам см. рис 3. Это означает, что регулярно ячеистая цифровая модель горного массива и векторная модель цифрового плана горных работ встроены в базу ГИС. База матриц может использоваться для прогноза по любому выбранному участку угольного пласта с помощью запросов [3].

Разработанная методика компьютерного анализа и последующего прогноза свойств массива горных пород может быть использована для решения задачи оценки геомеханических свойств массива вдоль трассы проектируемой подготовительной выработки, а также для

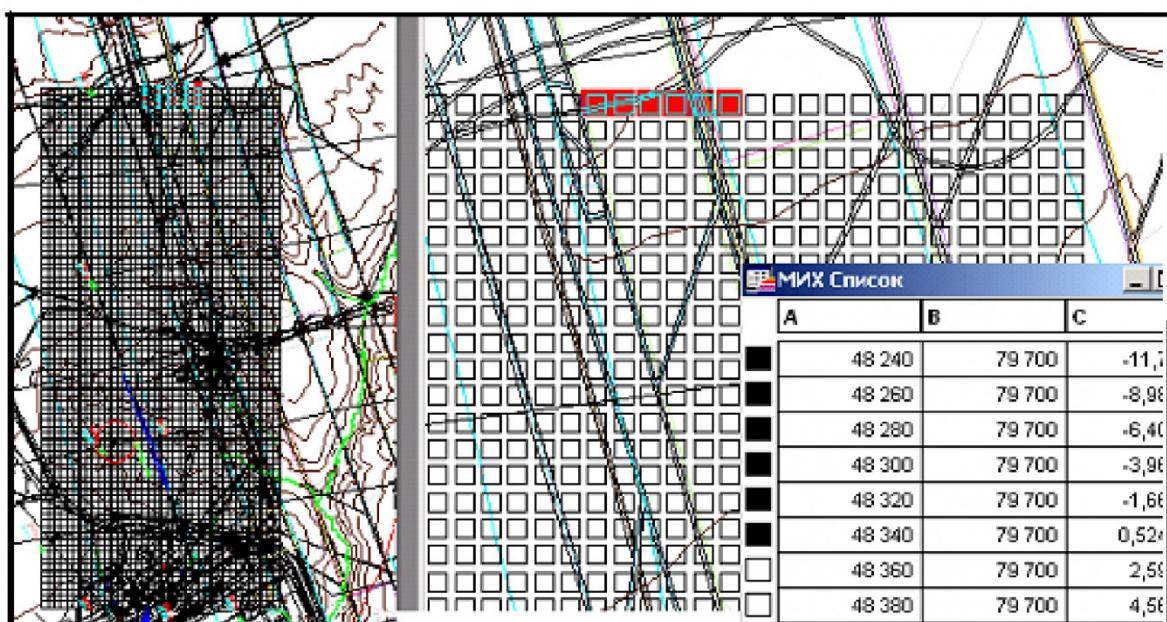


Рис.3 Цифровая модель, встроенная в ГИС по пласту 27 шахты «Первомайская».

кровли» - Д; «Мощность пласта» - Е; определения исходных условий для «Трещиноватость» - F; «Устойчивость» - G; и др.

и др. для проектируемых участков очистной выемки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геоинформатика. / Под ред. В.С. Тикунова.-М.: «Академия», 2005. 477с.
2. Вылегжанин В.Н. Егоров П.В. Мурашев В.И. Структурные модели горного массива в механизме геомеханических процессов.—Новосибирск; Наука.1990.294с,
3. Игнатов Ю.М. Кирильцева Н.А. Анализ тематической информации в ГИС MAPINFO. Кемерово. 2005 .

□ Авторы статьи:

Игнатов
Юрий Михайлович
-канд. техн. наук, доц. каф.
строительства подземных
сооружений и шахт

Махраков
Иван Васильевич
-канд. техн. наук, директор шахты
«Первомайская»

Игнатов
Михаил Юрьевич
– аспирант каф. маркшейдерского
дела и геодезии