

DOI: 10.26730/1999-4125-2018-1-84-92

УДК 622.1:744:004.92

**ЦИФРОВОЕ ОПИСАНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДЛЯ
АНАЛИЗА, ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НА
МАРКШЕЙДЕРСКИХ ЦИФРОВЫХ ПЛАНАХ**

**DIGITAL DESCRIPTION OF THE MINING AND GEOLOGICAL CONDITIONS
FOR ANALYSIS, FORECASTING AND VISUALIZATION OF RESULTS IN
SURVEYOR DIGITAL PLANS**

Гагарин Андрей Анатольевич,
главный маркшейдер, e-mail: gagarinaa@suek.ru
Gagarin Andrei A., chief surveyor
Игнатов Юрий Михайлович,
доцент, к. т. н., e-mail: mnoc@mail.ru
Ignatov Yuri M., Associate Professor, Ph.D.
Роут Геннадий Николаевич,
доцент, к. т. н., e-mail: rgn23.12.47@gmail.com
Rout Gennady N., Associate Professor, Ph.D.,
Латагуз Марина Михайловна,
старший преподаватель, e-mail: mmm.mdg@kuzstu.ru
Lataguz Marina M., Senior Lecturer

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия,
г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Rus-
sian Federation

Аннотация: Для повышения точности горной графической документации по отображению строения горного массива и оптимальности технологических проектов и паспортов для ведения горных работ требуется повысить точность прогнозирования горно-геологических условий за счет внедрения современных компьютерных технологий.

Для решения этой задачи разработан метод цифрового описания горно-геологических условий и визуализации результатов на маркшейдерских цифровых планах с применением современных геоинформационных систем (ГИС). По итогам анализа существующей нормативно-технической документации и обзора научно-методической литературы установлен перечень показателей горно-геологических условий, входящих в базу данных. Разработана методика совмещения разнородных пространственных результатов измерений на предприятиях в единой геоинформационной среде с возможностями ГИС управлять базами данных.

Пространственный анализ полученных результатов производится на основе таблиц выборки с соединенными графическими объектами с помощью стандартных средств ГИС. Выбранные по SQL-запросу графические объекты в окне карты показываются «как выбранные» и отмечаются как «выбранные записи» в исходной таблице. Разработан метод нахождения на плане аномальных зон, деления площади пласта на однородные блоки по геологическим условиям и определение значения показателя в любой точке плана по любому направлению с помощью SQL-запроса.

Получены рекомендации в методику компьютерного прогнозирования горно-геологических условий, определены требования к создаваемой базе данных с цифровым описанием геополей, разработаны методы геоанализа и прогноза горно-геологических условий с использованием средств ГИС.

Abstract: To improve the accuracy of mining graphic documentation on mapping the structure of the mountain range and optimal technological projects and passports for mining operations is required to improve the accuracy of forecasting of geological conditions through the introduction of modern computer technology.

To solve this problem, a method of digital descriptions of the geological conditions and visualization of results on digital survey plans using modern geographic information systems (GIS). The results of the analysis of the existing normative-technical documentation and review of scientific and methodological literature includes a

list of indicators of the geological conditions included in the database. The technique of combining heterogeneous spatial measurements on the enterprise in a single GIS environment with the capabilities of GIS to manage databases.

Spatial analysis of the obtained results is based on tables set with attached graphic objects using standard GIS tools. Selected SQL query graphic objects in the map window are displayed "as selected" and are marked as "selected records" in the source table. Developed a method of finding the plan of anomalous zones, dividing the area of the reservoir into homogeneous blocks according to the geological conditions and determining the value of at any point of the plan in any direction using an SQL query.

Recommendations in methodology of computer forecasting of geological conditions, defined the requirements to the created database with a digital description geopoly developed methods geoanalysis and forecast of mining-geological conditions with the use of GIS tools.

Ключевые слова: *маркшейдерские цифровые планы, базы горно-геологических данных, геоинформационные системы.*

Key words: *surveying digital plans, databases geological data, geographic information systems.*

Для горнодобывающего предприятия вся эксплуатационно-технологическая документация (проекты и паспорта) разрабатывается на основе горной графической документации созданной геолого-маркшейдерской службой. Основным документом является план горных выработок, который создается и пополняется в виде бумажного рабочего планшета и электронного плана. Электронный план используется в визуализированном виде на экране монитора и в распечатанном виде на бумаге, далее будем его называть цифровой маркшейдерский план (ЦМП) горных выработок. Создание электронного плана начальный этап компьютерного моделирования пластовых месторождений, на базе которого далее производится создание банка условий и машинная обработка исходной горно-геологической информации.

Для отечественных горнодобывающих предприятий нет нормативных и методических документов, регламентирующих изготовление, содержание, структуру маркшейдерских планов в цифровом формате [1, 13]. Применение зарубежных методических указаний, реализованных в компьютерных программах неприемлемо, так как алгоритмы решения задач и формулы "закрыты" для пользователя [2] и не учитывают утвержденные нормативные документы? обязательные для горнодобывающих предприятий России. Результаты анализа созданных 15 цифровых планов горных выработок на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» в программе AutoCAD и полученные выводы опубликованы нами в статьях [1,6].

Поэтому компьютерное моделирование для шахт, создание комплекта информационных моделей горных выработок и моделей геополей для размещения горно-геометрических данных в цифровые маркшейдерские планы и решения задач анализа горно-геологических условий являются актуальными.

Для построения и анализа геополей горного массива целесообразно использовать методы отечественной горно-геометрической школы, основоположниками которых считаются М. В. Ломоносов, В. И. Бауман, П. М. Леонтовский, П. К.Соболевский. Совершенствованию методики

количественной оценки горно-геологических условий и методам решения прогнозных задач посвящены работы П. П. Бастана, В. А. Букринского, Г. И. Вилесова, В. М. Гудкова, П. А. Рыжова, И. Н. Ушакова, И. В. Францко и других.

Персональные компьютеры и геоинформационные технологии позволяют выйти на качественно новый уровень использования цифрового маркшейдерского плана горных выработок для информационного моделирования, построения и анализа геополей горного массива.

Объектом информационного моделирования в ГИС является пространственный объект. Он определяется как цифровое представление (модель горных выработок), содержащее его координаты и набор свойств (характеристик, атрибутов). Множество цифровых данных о пространственных объектах состоят из двух составляющих позиционной и непозиционной (атрибутивной), которые, образуют описание пространственного положения и тематического содержания данных. Цифровые планы, выполненные с определенными требованиями, могут анализироваться и редактироваться с использованием программного обеспечения ГИС. ГИС имеют встроенную систему управления базами данных (СУБД), которая определяется как комплекс программных и языковых средств создания, выделения и использования атрибутивных данных.

Нами разработана методика компьютерного моделирования пластовых месторождений, которая содержит правила создания векторного слоя горных выработок в ГИС, требования к создаваемой базе данных с цифровым описанием геополей, геоанализ и прогноз горно-геологических условий. Методика базируется на использование цифрового маркшейдерского плана горных выработок и может быть реализована с применением выбранной ГИС-технологии (MicroMine, Surpac, MapInfo). В методике разработаны алгоритмы и результаты применения их для решения задач прогнозирования. В данной статье из разрабатываемой методики приведены решения трех задач:

1) создание векторного слоя горных выработок в ГИС;

2) создание базы данных с цифровым описанием геополей;

3) геоанализ и прогнозирование с размещением результатов в ЦМП.

1. Создание векторного слоя горных выработок в ГИС.

Для создания векторного слоя горных выработок выполняется конвертирование векторных данных из AutoCAD в ГИС. При создании векторных моделей в ГИС используются принципы стандартизации:

- слоевая структура разнотипных векторных данных;
- построение векторной модели на основе типовых графических примитивов;
- использование СУБД для хранения и обработки атрибутивных свойств;
- жесткая связь графической модели с набором ее атрибутивных свойств;
- использование специальных графических стилей.

Очистные и подготовительные горные выработки как предмет информационного моделирования (цифрового описания) в ГИС классифицируются соответственно характеру пространственной локализации отображаемых ими объектов. Базовыми типами объектов, для моделирования сети горных выработок являются:

- точка (точечный объект) – 0-мерный объект, характеризуемый плановыми координатами;
- линия (линейный объект, полилиния) – 1-мерный объект, образованный последовательностью не менее двух точек с известными плановыми координатами;
- область (полигон) – 2-мерный (площадной) объект внутренней области, ограниченная последовательностью линий и идентифицируемая внутренней точкой (меткой);

Конвертирование включает преобразование векторной модели данных, формата данных, системы координат, графических стилей векторных объектов, атрибутивных данных, шрифтов. Преобразование проекции включает выбор пользователем той или иной целевой системы координат. Во всех ГИС есть конвертеры, которые могут выполнять преобразование атрибутивных данных из САПР в ГИС, но пока на шахтах такие атрибутивные таблицы не создаются.

При конвертировании данных из AutoCAD в ГИС делаем экспорт векторных данных из формата AutoCAD в обменный формат DXF. Воспользуемся средствами меню: «Файл», «Сохранить как...», в списке «Filesoftype» выбрать «AutoCADR12/LT2 DXF (*.dxf)» и нажать кнопку «Save». После этого нужно выгрузить AutoCAD из оперативной памяти компьютера.

Импорт векторных данных из обменного формата DXF в формат ГИС осуществляется через меню: «Таблица», «Импорт». Затем указать файл *.dxf, нажать кнопку «Открыть». В окне «Управ-

ление DXF-импортом» отметить флажком: «Перенести атрибуты». Включить кнопку «Проекция» и в открывшемся окне «Выбор проекции» указать тип проекции или систему координат. В окне «Отразить образ» нажать кнопку «Отмена» и включить «Далее». В окне «Перенести в DXF-таблицы» выбрать режим перезаписи уже существующих таблиц и включить «ОК».

Во внешней памяти указанные векторные слои будут сохранены программой-конвертором в той же папке, в которой находился чертеж векторного плана в формате AutoCAD.

2. Создание базы данных с цифровых описанием горно-геологических условий.

Преимущество ГИС перед САД-системами заключается в полнофункциональном управлении БД с последующим интегрированием их в единую информационную среду для решения прикладных задач. Цифровое описание информации о горном массиве в БД позволяет свести все сведения о геологических особенностях месторождения: тектонику, условия залегания угольных пластов, трещиноватость и другие параметры в единые таблицы и форматы и затем использовать их для анализа, поиска закономерностей и прогнозирования с помощью программ ГИС и прикладных модулей.

В разработанной нами методике компьютерного моделирования пластовых месторождений создание БД с цифровым описанием горно-геологических условий является важным этапом. Далее приводим основные требования к таким БД.

Реляционная база данных представляет собой множество взаимосвязанных двумерных таблиц. Структура реляционной таблицы определяется составом и последовательностью полей, соответствующих ее столбцам, с указанием типа элементарного данного, размещаемого в поле. Каждое поле отражает определенную характеристику показателя, а соответствующий столбец содержит данные одного типа. Каждая строка таблицы содержит данные о конкретном значении показателя и является записью. Размещение сведений о значении показателя в отдельной таблице и связывание таблиц позволяет избежать повторения данных в разных таблицах и совершенствует процесс их обновления и поиска в базе. БД должна быть полной, достоверной, иметь послойный принцип и специализированный иерархический классификатор объектов. Все объекты на ЦП отображаются с помощью условных знаков, которые соотносятся с конкретными векторными объектами через значение классификационного кода. Образуется связка «объекты» – «система классификации» – «система условных знаков». На основе утвержденной системы условных знаков создаются цифровые классификаторы объектов, которые включаются в структуру БД. В своей работе [1] мы используем положение, что за основу классификатора необходимо принимать утвержденные ГОСТы для графической горной бумажной документации.

Таблица

№	Наименование показателей геополей	Обозначение	Идентификатор
1	Мощность пласта, м	M	π1
2	Угол падения, град	L	π2
3	Высотная отметка почвы пласта, м	H	π3
4	Нарушенность массива, м ⁻²	N	π4
5	Гипсометрия пласта, м ⁻¹	Гп	π5
6	Мощность непосредственной кровли, м	Мк	π6
7	Конфигурация зон аномалий	K (A)	π7
8	Предел прочности при сжатии, МПа	P	π8
9	Устойчивость непосредственной кровли,	T	π9
10	Обрушаемость основной кровли,	Sd	π10
11	Литологический код горной породы	Li	π11
12	Деформированность массива	D	π12
13	Коэффициент напряженности	Kn	π13

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		Неразвед. линии № скважин	X	Y									
2	1	15	15877	20	752	92,95	95	3,79		p 3-4	-18,76	A3	-2,46
3	2	15	15875	54	786	136		4		p 3-4+a2	-20,17	A3	-2,88
4	3	15	15858	88	824	188,8	81	3	83	p 2 -3	-15,52	A3	-2,91
5	4	14	16638	-8	586	-40	59	3	86	p 2 -3+pa1	-22,57	A2A3+A3	-2,81
6	5	14	17042	23	625	-12	27	3	84	p 3-4	-18,74	A3	-2,27
7	6	14	15993	90	710	67	49	3	84	p 3-4	-19,99	A3	-1,06
8	7	14	15994	116	743	101	72	3	79	p 3-4+a2	-17,13	A3	-2,71
9	8	14	15992		772	141	45	3	74	p 2 -3	-15,85	A3	-0,79
10	9	14	15991	170	801	183	51	3	9	p 3-4	-20,71	A3	-1,58
11	10	13	17015	3	7	-82	28	3,75		A2+pa1	-20,25	pa1	-9

Рис. 1. Информация в БД помещается в виде таблиц, в Microsoft Excel
 Fig. 1. Information in the database is placed in tables in Microsoft Excel

При построении БД свойств массива горных пород необходимо выполнять следующие этапы:

- установить каталог исходных параметров и сформировать из них столбцы БД;
- определить численное значение показателей для каждой строки БД;
- создать связи между матрицами геополей и цифровыми планами горных выработок.

В результате анализа нормативных документов, регламентирующих работу горных предприятий [3,4] нами выбран перечень факторов, влияющих на безопасность и производительность работ в подготовительных и очистных забоях. К ним относятся: мощность пласта, мощность непосредственной кровли, гипсометрия пласта состав и свойства пород ложной, непосредственной, основной кровли и почвы пластов и др. (см. таблицу). Такие исходные значения факторов отражают геометрию пласта, строение толщи горных пород, минеральный состав и часть из них изображена на маркшейдерских и геологических планах и разрезах, а часть хранится в табличном виде. Массивы горных пород отличаются особенностями залегания и степенью нарушенности (трещиноватостью

и блочностью) слагающих горных пород, минералогическим составом, текстурой и пористостью, наличием газообразных (метан и др.) включений. При этом используются такие показатели как вектор напряженного состояния горного массива [5], тектоника [6], трещиноватость и др., которые размещены в виде геополей и оказывают большое влияние на физические свойства пород.

При описании горно-геологических условий используются комплексные показатели, утвержденные отраслевой инструкцией [3] (показатель устойчивости непосредственной кровли). Составленный перечень показателей горно-геологических условий следует пополнять в зависимости от решаемых задач.

Информация в БД помещается по мере ее поступления в виде связанных таблиц, которые могут быть экспортированы в известные форматы данных, в том числе, Microsoft Excel, dBASE, Paradox и другие (рис.1).

Создаем таблицу, в которой первый столбец А – номер позиции, второй В – номер разведочной линии, следом идут столбцы указывающие номера скважин, плановые координаты скважин, высот-

ная отметка встречи с пластом, мощность пласта и другие показатели. В данной таблице строки – это значение показателя для каждой скважины, а для создания таблиц-матриц необходимо значения показателя в скважинах интерполировать в ячейки.

Для создания связи между матрицами горно-геологических условий и цифровыми планами горных выработок геополь должны быть изображены на цифровом плане. В разработанной методике базовым типом объектов, для изображения геополь являются ячейка (регулярная ячейка) – 2-мерный объект, элемент разбиения поверхности линиями регулярной сетки. За упорядоченную форму хранения и представления информации принят регулярно-ячеистый принцип организации данных. Разработаны схемы генерации координатно-привязанных данных по дискретным точкам скважин в непрерывные поля геологических характеристик. Значения показателя из точки замера с помощью интерполирования передаются в узлы квадратной сетки и хранятся в виде матриц, образуя модели типа GRID [6].

Таким образом, вся информация будет формализована и собрана в базах горно-геологических данных, входящих в состав геоинформационной системы. Последнее будет способствовать максимальному использованию самых современных методов и программных средств обработки и анализа, пространственных горно-геологических данных.

3. Геоанализ и прогнозирование с размещением результатов в ЦМП.

Для решения задач геоанализа и прогнозирования геологических условий производятся исследования «пространственных полей», для которых независимыми переменными являются координаты, а зависимыми служат отдельные значения анализируемых показателей. Массивы горных пород характеризуются объектами геологических условий (форма, строение угольного пласта, нарушенность пласта, устойчивость и обрушаемость вмещающих пород) и показателями геомеханического состояния (действующие силы, напряжения и деформации гравитационного, тектонического и техногенного происхождения). Особенностью массива горных пород, как среды действия прикладываемых сил, является его неоднородность и изменчивость, поэтому точное значение показателя определяется только в точке замера в скважинах, а для межскважинного пространства выполняется прогноз горно-геологических условий.

На горнодобывающих предприятиях ведется работа по составлению сводной геологической документации прогнозированию горно-геологических условий. В нормативном документе «Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр. РД 07-408-01» утвержденном постанов-

лением Госгортехнадзора России от 22.05.01 № 18 геолого-маркшейдерским службам необходимо выполнять задачи по определению и своевременному нанесению на горно-графическую документацию опасных зон, зон повышенного горного давления и ряд других задач, связанных с прогнозированием. Прогноз горно-геологических условий разработки угольных пластов представляет собой комплекс информации о геологическом строении и свойствах массива горных пород [3]. Фактическую в местах замеров в скважинах и прогнозную в межскважинном пространстве геологическую информацию по выемочному столбу и прилегающим площадям наносят на план горных работ для каждой лавы [7]. Установление технологических параметров и границ однородных блоков по геологическим условиям решают приближенно с использованием изолиний отдельных показателей. В настоящее время отсутствуют действующие нормативные документы, позволяющие учитывать изменчивость горно-геологических параметров горного массива при разработке проектной документации.

Геоинформационные технологии позволяют выйти на качественно новый уровень использования исходной информации в цифровом виде для анализа и прогнозирования геологических условий горного массива [8-10]. Собранные БД обрабатываются программными средствами ГИС-технологий, и производится определение наличия и вид взаимосвязей отдельных характеристик объектов, поиск особенностей и закономерностей распределения показателей в пространстве.

На основе БД с присоединенными графическими объектами в виде плана горных выработок и сетки ячеек геологических показателей создаются прогнозные планы геологических условий, где площадные объекты выделены графическими средствами в зависимости от сопоставленных им значений. К графическим средствам относятся: раскраска, штриховка, виды символов и такие методы представления как графики и диаграммы.

При прогнозировании горно-геологических условий с использованием ГИС-технологий решаются три задачи:

- 1) нахождение на плане аномальных зон;
- 2) деление площади пласта на однородные блоки по каждому показателю;
- 3) определение значения показателя в любой точке плана или по любому направлению.

Пространственный анализ полученных результатов производится на основе таблиц выборки с присоединенными графическими объектами с помощью стандартных средств ГИС. Выборка формируется с помощью языка запросов SQL (Structured Query Language), встроенного в систему управления БД (СУБД). СУБД – комплекс программ и языковых средств, предназначенных для создания, ведения и использования баз данных. Данные выборки могут быть обобщены, объеди-

нены, агрегированы, комбинированы, группированы на этапе формирования. Выбранные по SQL-запросу графические объекты в окне карты называются как «выбранные» и отмечаются как «выбранные записи» в исходной таблице [11].

Тематические векторные слои создаются в ГИС для выбранной тематической переменной с помощью анализа, классификации и обработки конкретных атрибутов векторных объектов [12,13]. Тематической переменной может быть один атрибут или арифметическое выражение, включающее один или более атрибутов, стандарт-

– равный разброс значений во всех диапазонах;

– равно интервальная классификация - разделение совокупности всех значений атрибута или обобщенного показателя на равные по размеру диапазоны значений;

– равновеликая классификация - равное число записей (объектов) во всех заданных диапазонах;

– разделение записей на диапазоны вручную.

В данной статье далее приводим пример нахождения аномальных зон с использованием ГИС-технологии по пласту 50 АО Шахта «Котин-

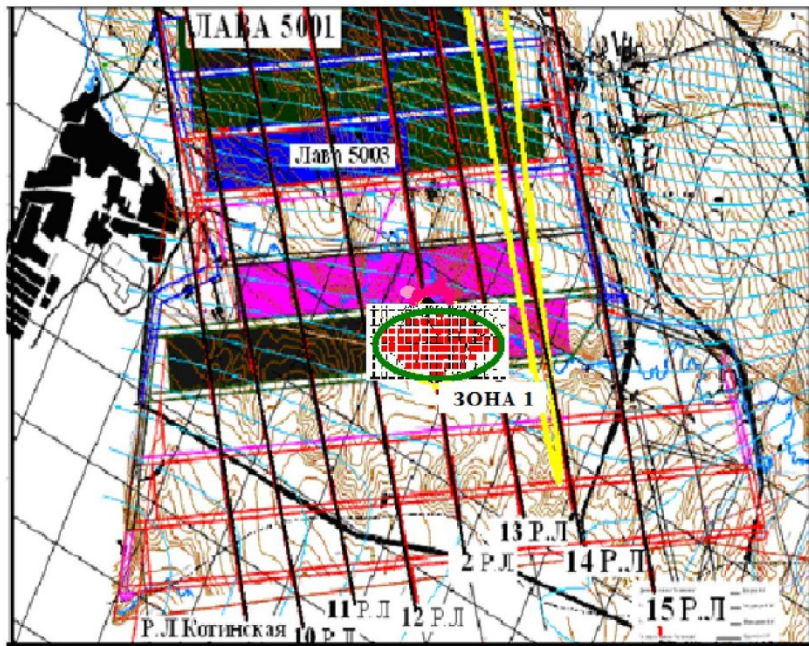


Рис. 2. Прогнозируемая зона аномалии (ЗОНА 1) по пласту 50
Fig. 2. The projected area of the anomaly (ZONE 1) along the layer 50

ные математические функции и знаки математических операций. Тематический слой может быть создан также с использованием двух и более тематических переменных. В ГИС MapInfo, напр., можно использовать около 20 тематических переменных одновременно [14-15]. Можно использовать и несколько слоев, совместно анализируя при этом большое количество различных характеристик геообъектов.

Для формирования тематического слоя в ГИС, нужно выбрать последовательно:

- тип тематического шаблона;
- тематические переменные из списка наименований атрибутов объектов;
- метод обобщения тематических данных.

В ГИС-оболочках можно автоматически вычислить диапазоны значений и, соответственно, делить все записи одного фасета (и ГИС-объекты, поскольку они жестко связаны с записями) на группы, используя методы ранжирования классификаций:

- разделение данных на базе дисперсии;

ская». Произведено конвертирование векторного маркшейдерского плана и связанные с ним БД полей геологических, геометрических и геомеханических характеристик по материалам разведочных скважин в программы ГИС-технологии. Созданы цифровые матрицы с использованием пяти методов интерполяции (линейной, по усредненной поверхности, обратного взвешивания, полиномы, Кригинг).

По материалам геологоразведочных работ определялись устойчивость непосредственной и обрушаемость основной кровли в соответствии с методикой Б.В. Смирнова «Пособие по многофакторному прогнозированию устойчивости углевмещающих пород в очистных выработках шахт Кузбасса». При оценке учитываются наиболее существенные геологические факторы и показатели: литотип пород, прочность пород на сжатие, мощность слоев и сцепление между ними, отношение мощности непосредственной кровли к выемочной мощности, интенсивность трещиноватости, развитой в породе, особенности структурного

положения угольного пласта, угол падения, глубина залегания угольного пласта. Эти факторы устанавливаются геологоразведочными работами, исследованием физико-механических свойств пород и геофизическими методами акустического каротажа.

С использованием результатов тектонофизического анализа разрывных структур определен показатель деформированности массива горных пород. Признаком наличия деформированности массива являются изменения внешней формы пласта. При обработке табличных данных высотных отметок кровли пласта за показатель деформированности массива принята величина расхождения между фактической поверхностью кровли пласта и аналитической поверхностью (квадратичный полином), которая сведена в матрицу как величины деформаций. Вычисление интегральных характеристик поверхностей позволили выявить закономерности совместного изменения гипсометрии, трещиноватости и устойчивости кровли пласта 50 и выявить аномальную зону (ЗОНА 1) по пласту 50. Аномальная зона получена как площадь пласта с ячейками сетки и точками скважин (17017,14014,17033) которые выбраны по SQL-запросу и в окне карты показываются как «выбранные». Полученная зона перенесена на цифровой маркшейдерский план (рис. 2).

Таким образом, применяемые ГИС-технологии содержат возможности использования табличных процессоров, систем управления базами данных – СУБД, прикладного программирования, формирования информационных систем и тиражирования твердых копий цифровых планов. Это позволяет собрать все сведения о горном массиве в графические и тематические базы данных, соединить их с модельными и расчетными функциями для преобразования их в пространственную информацию и визуализировать на маркшейдерском цифровом плане. Такая компьютерная обра-

ботка исходной горно-геологической информации значительно повысит точность прогнозирования горно-геологических условий в подготовительных и очистных забоях.

По результатам исследований в работе обоснованы следующие рекомендации и предложения:

1. Компьютерное моделирование пластовых месторождений с привлечением ГИС содержит этапы:

- создание электронного плана горных выработок;
- создание базы горно-геологических условий;
- компьютерная обработка исходной горно-геологической информации.

2. Построение цифровой горно-геологической модели массива горных пород базируется на том положении, что геометрической основой цифрового моделирования горного массива являются маркшейдерские планы, а формой визуализации площадных геологических объектов – совокупность ячеек из генерированных матриц.

3. Наличие связанных баз атрибутивных данных по горно-геологическим свойствам горных пород с цифровыми планами горных выработок в геоинформационной системе позволяет формировать новые слои тематической информации, характеризующей особенности конкретных показателей, отдельных параметров горных пород, а также создавать прогнозные модели горно-геологических условий.

4. Создание методов прогнозирования горно-геологических условий работы с привлечением ГИС позволяет производить вычисление интегральных характеристик горно-геологических условий, поиск опасных зон, деление площади пласта на однородные блоки по каждому показателю, и определение значения показателя в любой точке плана и по любому направлению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Игнатов, Ю.М. Цыганков С.А. Метод построения цифровой горно-геометрической модели строения горного массива для анализа его структуры с использованием ГИС-технологий. Горный информационно-аналитический бюллетень (журнал). – 2010. - № 4. – С. 91-96.
2. Troubetskoi K. N., Iofis M. A., Klebanov A. F., Navitny A. M. Forecast of Surface Deformation in Underground Mining of Coal Deposits with the Employment of Geoinformation System (GIS) Technologies, //Proceedings X-th International Congress of the International Society for Mine Surveying, Fremantle, Western Australia, 1997 p. 545–551.
3. Инструкция по геологическим работам на угольных месторождениях Российской Федерации, С-Петербург, 1993. – 147 с.
4. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03) / кол. авт. – М.: ФГУП Государственное предприятие НТЦ по безопасности в промышленности ГГТН России, 2004. – 120 с.
5. Батугин А.С. Тектонофизическая модель горно-тектонических ударов с подвижками крыльев

крупных тектонических нарушений. // ГИАБ, «Труды научного симпозиума «Неделя Горняка – 2010». 2010. с. 252-264.

6. Гагарин, А. А. Использование методов компьютерной обработки материалов, содержащихся в цифровых моделях маркшейдерских планов / А. А. Гагарин, Ю. М. Игнатов, М. М. Латагуз // Современные проблемы в горном деле и методы моделирования горно-геологических условий при разработке месторождений полезных ископаемых. / Материалы Всероссийской науч.-практич. конференции с международным участием. 17-19 ноября 2015 г. – Кемерово. – 5 с

7. Межгосударственный стандарт. Горная графическая документация. Изображение элементов горных объектов. – Введ. 01.01.1980. – переизд. 01.06.2002. – М.: ВНИИНМАШ. – 1980.

8. Groshong R. H., Jr. 3D structural geology: a practical guide to surface and subsurface map interpretation // – Berlin: SpringerVerlag. – 1999. – 324 p.

9. Moridi, Mohammad Ali, Youhei Kawamura, Mostafa Sharifzadeh, Emmanuel Knox Chanda, Markus Wagner, Hyongdoo Jang, and Hirokazu Okawa. “[Development of Underground Mine Monitoring and Communication System Integrated Zig Bee and GIS.](#)” // International Journal of Mining Science and Technology 25 (5) 2015. p. 811–818

10. Şalap, Seda, Mahmut Onur Karşloğlu, and Nuray Demirel. “[Development of a GIS-Based Monitoring and Management System for Underground Coal Mining Safety.](#)” // International Journal of Coal Geology 80 (2): 2009. p. 105–112.

11. Гагарин А.А. Совершенствование методики создания цифрового плана горных выработок и методов прогноза горно-геологических условий / А.А. Гагарин, Ю.М. Игнатов, Г.Н. Роут // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Материалы Международной научно-практической конференции Сибресурс-2016. – Кемерово, 2016 – 6 с.

12. Применение современных информационных технологий месторождений твердых полезных ископаемых / А.Л. Былин [и др.]. // Современные проблемы в горном деле и методы моделирования горно-геологических условий при разработке месторождений полезных ископаемых. / Материалы Всероссийской науч.-практич. конференции с международным участием. 17-19 ноября 2015 г. – Кемерово. – 5 с

13. Жуков, Г. П. Создание и ведение маркшейдерской горной графической до-кументации в цифровом формате. // Жуков Г. П., Ишбулатова Л.Р., Иванов И.П. – М.: Издательство «Горное дело». – 2015. – 200 с.: ил., табл.

14. Районирование шахтного поля юэ-дзинь по степени опасности горных ударов на основе метода распознавания образов / Лань Тяньвэй [и др.]. // Современные проблемы в горном деле и методы моделирования горно-геологических условий при разработке месторождений полезных ископаемых. / Материалы Всероссийской науч.-практич. конференции с международным участием. 17-19 ноября 2015 г. – Кемерово. – 6 с.

15. Капутин Ю.Е. Информационные технологии планирования горных работ (для горных инженеров). – Недра, 2014. – 424 с.

REFERENCES

1. Ignatov, M. Y. Tsigankov, S. A. Method of creating digital mining-geometrical model of the structure of the mountain massif to analyze its structure using the GIS technology. Mining information and analytical Bulletin (journal). - 2010. - No. 4. – S. 91-96
2. Troubetskoi K. N., Iofis M. A., Klebanov A. F., A. M. Navitny Forecast of Surface Deformation in Underground Mining of Coal Deposits with the Employment of Geoinformation System (GIS) Technologies //Proceedings of X-th International Congress of the International Society for Mine Surveying, Fremantle, Western Australia, 1997, p. 545-551.
3. Instructions for geological work on coal deposits of the Russian Federation, St. Petersburg, 1993. 147 p.
4. Protection of subsoil and geological-surveying control. Instructions for the production of surveying works (RD 07-603-03). ed. – М.: Federal state unitary enterprise State enterprise center for industrial safety GG TN of Russia, 2004. - 120 p.
5. Batugin A. S. Tectonophysical model of mining-tectonic shocks with wing movements of large tectonic dis-

- turbances. // MINING, "proceedings of the scientific Symposium "Miner's Week – 2010". 2010. p. 252-264.
6. Gagarin, A. A. the Use of methods of computer processing of materials contained in digital models of surveying plans / A. Gagarin, Yu. Ignatov, M. M. Lalagos // Modern problems in mining and modelling techniques the geological conditions in the development of mineral deposits. / Materials of all-Russian science.-practical. conference with international participation. 17-19 November 2015 – Kemerovo. - 5 sec
7. Interstate standard. Mountain graphic documentation. Images of elements of mountain objects. –]. 01.01.1980. - reissued. 01.06.2002. – Moscow: VNIINMASH. - 1980.
8. Grossong R. H., Jr. 3D structural geology: a practical guide to surface and subsurface map interpretation // Berlin: SpringerVerlag. - 1999. - 324 p.
9. Moridi, Mohammad Ali, Youhei Kawamura, Mostafa Sharifzadeh, Emmanuel Knox Panda, Markus Wagner, Hyongdo Jang, and Hirokazu Okawa. "Development of Under-ground Mine Monitoring and Communication System Integrated Zig Beecand GIS." // International Journal of Mining Science and Technology 25 (5) 2015. p. 6. 811-818
10. Şalap, Seda, Mahmut Onur Karşlıoğlu, and Nuray Demirel. "Development of a GIS-Based Monitoring and Management System for Underground Coal Mining Safety."// International Journal of Coal Geology 80 (2): 2009. p. 6. 105-112.
11. Gagarin A. A. Perfection of methods of creating digital map of the mountains-governmental workings and methods of the forecast of geological conditions / A. Gagarin, Yu. Ignatov, N. Routh // Natural and intellectual resources of Siberia. Proceedings of the international scientific and practical conference Sibresurs-2016. - Kemerovo, 2016 -.6 p.
12. The use of modern information technologies of solid mineral deposits / by L. A. Tales [etc.]. // Modern problems in mining and methods of modeling geological conditions in the development of mineral deposits. / Materials of all-Russian science.-practical. conferences with international participation. 17-19 November 2015 – Kemerovo. - 5 sec
13. Zhukov, G. P. creation and management of surveying mountain graphic documentation in digital format. // Zhukov G. P., Ishbulatov, R. L., Ivanov I. P. – M.: Publishing house "Mining". - 2015. - 200 p.: Il., table.
14. Zoning of the Yue-Jin mine field by the degree of mountain hazard based on the method of pattern recognition / LAN Tianwei [etc.]. // Modern problems in mining and methods of modeling geological conditions in the development of mineral deposits. / Materials of all-Russian science.-practical. conferences with international participation. 17-19 November 2015 – Kemerovo. - 6 sec
15. Kaputin Yu. E. information technologies of mining planning (for mining engineers). - Nedra, 2014. - 424 p.

Поступило в редакцию 05.02.2018
Received 05.02.2018