УДК 681.3.06:(550.8+622.271.3)

П.А. ГРИГОРЧЕНКО
Воркутинский филиал Санкт-Петербургского государственного горного института (технического университета)

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗВЕДКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (на примере Воркутского района)

Компьютерная система накопления и обработки разведочной информации разработана и для угольных месторождений. Она состоит из базы данных (в среде Access 2000) и интерфейса, посредством которого используются программы Excel 2000, Word 2000 и Surfer 7.02 (выполнение графических построений). Функционирование системы рассмотрено на примере подсчета запасов угля, включающего шесть стадий: подготовка первичных данных, усреднение параметров по пластопересечениям, построение схем корреляции разрезов скважин и структурных колонок угольных пластов, построение геологических разрезов и планов подсчета запасов, оконтуривание подсчетных блоков и собственно подсчет запасов. Основные показатели качества углей – зольность (A^d), естественная влажность (W^a), толщина пластического слоя (Y), выход летучих компонентов (V^{daf}) и содержание серы (S^d_t); возможен ввод и других, дополнительных показателей. Формируемые системой текстовые и графические материалы по содержанию и оформлению полностью соответствуют инструкциям ГКЗ. Запасы угля, подсчитанные по этой технологии, были рассмотрены государственной экспертизой, методика не вызвала замечаний.

Computer system to accumulate and analyze the exploratory information has been designed for coalfields, too. It consists of a database (formed in envelope of Access-2000) and an interface providing connection with programs of Excel-2000, Word-2000 and Surfer 7.02 (graphic plotting). Operation of the system is reviewed for calculating of coal reserves, which includes 6 stages: opening-up of a database, averaging arguments on coal seam cross-sections, correlation between cross-sections of exploratory drillholes and structural columns of coal seams, constructing of geological sections and plans to evaluate the coal reserves, contouring of the evaluation blocks, and the mere calculation of coal reserves. Basic indices of the coal quality include the following ones: ash content (A^d), natural dampness (W^a), thickness of a plastic stratum (Y), content of volatiles (V^{daf}) and sulfur contents (S^d_t); input of any other, supplementing indices is possible there too. The text and plot materials formed by the system correspond completely to instructions of the State expertise: the reserves of coal calculated through this system, were accepted by the State expertise service without reclamations on its applicability.

В последние годы геологические организации интенсивно оснащались компьютерной техникой, однако эффективность ее использования оставалась низкой из-за отсутствия специального информационно-программного обеспечения. По этой причине автором была разработана и внедрена в практику информационная система накопления и обработки углеразведочной информации. Система состоит из двух частей: базы данных и интерфейса.

Структура базы данных и интерфейс разработаны в среде Access 2000 с использованием языка программирования Visual Basic for Applications (VBA). Посредством интерфейса в системе используются также следующие программы: Surfer 7.02, Excel 2000 и Word 2000. Наряду с Access 2000, ключевой программой в системе является Surfer 7.02 – с ее помощью выполняются графические построения (рис.1).

Основные возможности системы:

- ведение сетевой базы данных;
- формирование основных текстовых приложений к геолого-разведочному отчету;
- построение схем сопоставления разрезов скважин и структурных колонок угольных пластов;

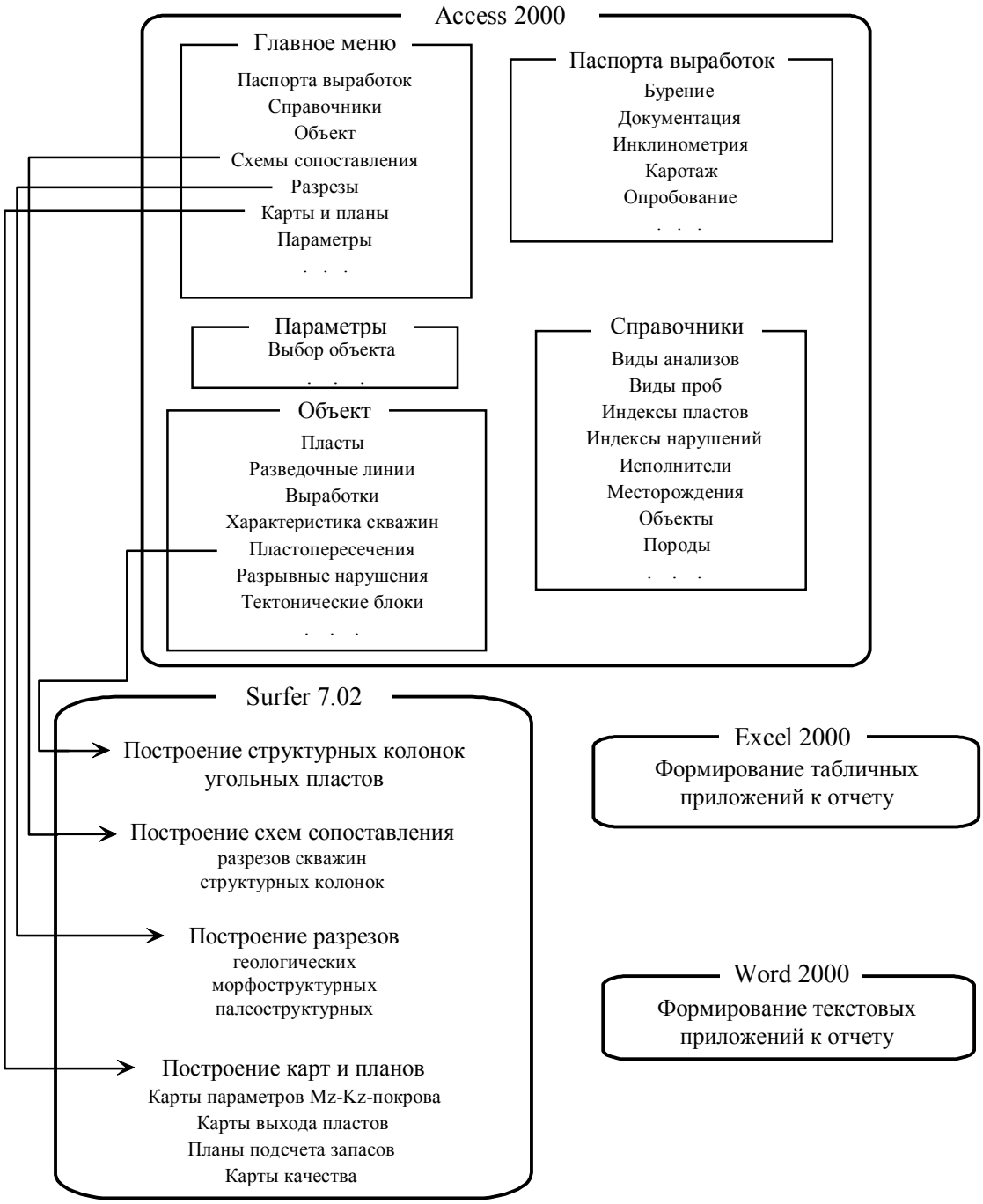


Рис.1. Структура информационной системы

• построение геологических, морфоструктурных и палеоструктурных разрезов;

• построение карт мезокайнозойского покрова, карт выходов угольных пластов на поверхность палеозойского фундамента, планов подсчета запасов и карт качества угля;

• автоматизированный подсчет запасов угля.

Система является многоцелевой, направлена на решение широкого круга задач, но подсчет запасов угля – ключевая ее задача. Кроме подсчета запасов генеральная информационная система предназначена для формирования базы данных по всему Воркутскому геолого-промышленному району, а в перспективе и по всему Печорскому бас-

сейну. Подразумевается, что база данных включает и графическую часть, т.е. предполагает и формирование пакета карт для района и для бассейна.

Функционирование системы рассмотрим на примере подсчета запасов угля: при этом полностью раскрывается и структура базы данных, и структура системы в целом. Решение этой задачи включает следующие стадии:

– подготовка первичных данных;

– подготовка данных по пластопересечениям (вторичных данных);

– построение схем сопоставления разрезов скважин и структурных колонок угольных пластов;

– построение геологических разрезов;

– построение планов подсчета запасов;

– выделение блоков и собственно подсчет запасов.

Под *первичными данными* понимают четыре основных массива первичной информации, получаемой непосредственно в выработках и, главным образом, по разведочным скважинам: данные геологической документации, инклинометрии стволов, результаты интерпретации каротажных диаграмм и данные опробования. Результаты опробования включают, в свою очередь, три взаимосвязанных блока данных: рядовые пробы, объединенные (пластово-промышленные) пробы и анализ концентрата. За основные показатели качества углей приняты зольность (A^d), естественная влажность (W^a), толщина пластического слоя (Y), выход летучих компонентов (V^{daf}) и содержание серы (S_t^d). Кроме этого стандартного набора система позволяет вводить и любые дополнительные показатели.

Параметры пластопересечений являются производными от первичных данных. Система предусматривает их автоматическое формирование и возможность последующей корректировки. Возможен и непосредственный ввод данных о пластопересечениях с частичным или полным исключением операций первой стадии. Доступ к информации о пластопересечениях осуществляется посредством диалоговых окон (рис.2).

В диалоговом окне ведется подготовка таких параметров: глубина почвы угольного пласта, его строение, мощность угольных интервалов и породных прослоев, угол падения, выход керна, зольность угольной массы и внутрипластовых породных прослоев, выход летучих компонентов, содержание серы и толщина пластического слоя. Кроме того, вычисляют еще ряд параметров, важнейшими из которых являются координаты пластопересечений. Совокупность этих данных по пластопересечениям является основой для построения планов подсчета запасов.

Схемы корреляции разрезов можно составлять сопоставлением колонок (разрезов) по скважинам и по отдельным угольным пластам (по структурным колонкам пластов). В первом случае построение выполняется с помощью соответствующего диалогового окна (рис.3). Кроме ключевых полей (горизонтального и вертикального масштабов и масштаба вывода) возможно и задание ограниченного диапазона: выделение части разреза с несколькими угольными пластами, для которой будет выполнено построение. Возможно также выравнивание разрезов в скважинах по кровле или почве какого-либо угольного пласта.

Построение схем сопоставления структурных колонок – операция весьма важная в практическом плане, поскольку по этим схемам анализируется характер строения угольных пластов и степень их изменчивости.

Построение геологических разрезов включает следующие операции:

– построение каркаса разреза;

– построение линии рельефа;

– построение подошвы мезокайнозойских отложений;

– построение проекций скважин;

– вынос засечек разрывных нарушений и построение швов сместителей;

– вынос отметок почвы и, если необходимо, кровли угольных пластов с информацией о глубине залегания, а также мощности угольной и горной массы, построение почвы и, если необходимо, кровли угольных пластов;

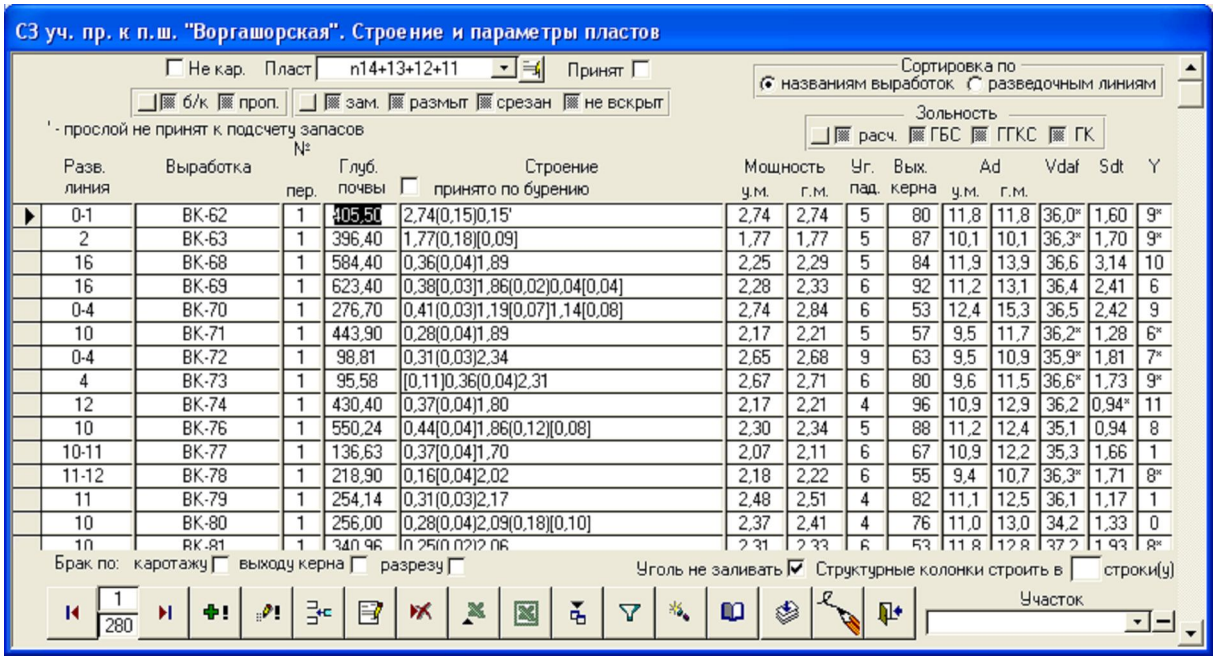


Рис.2. Диалоговое окно для подготовки данных по пластопересечениям

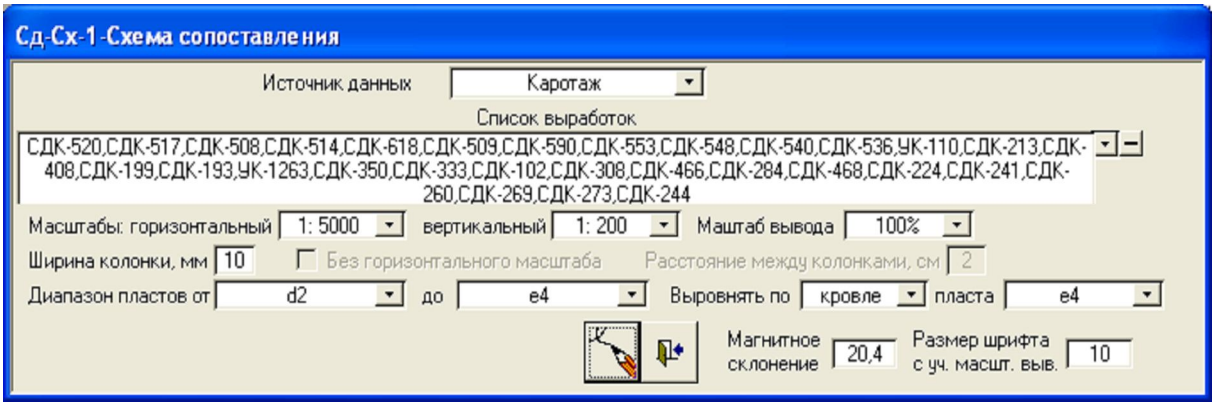


Рис.3 Диалоговое окно для построения схем сопоставления разрезов скважин

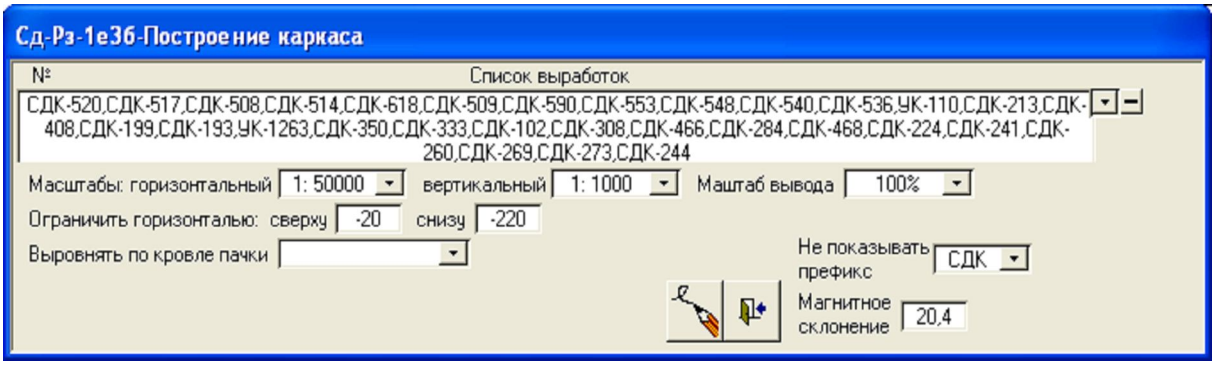


Рис.4. Диалоговое окно для построения каркаса разреза

– построение литологических колонок скважин;

– завершение построения и оформление разреза «вручную».

Каркас разреза включает следующие графические объекты: рамка, шкалы вертикального масштаба с горизонталями между ними, шкала расстояний между скважинами. Построение каркаса выполняется с помощью специального диалогового окна (рис.4).

Ключевыми здесь являются поля, содержащие список выработок, установки горизонтального и вертикального масштабов, значения магнитного склонения и масштаб вывода. Остальные поля могут оставаться незаполненными; в таком случае каркас формируется в соответствии с расстояниями между скважинами и диапазоном абсолютных отметок их устьев и забоев. Построение разреза может быть ограничено как сверху, так и снизу уровнями горизонталей, указанных в соответствующих полях.

Возможность задать выравнивание разреза по одной из угольных пачек (рис.4) позволяет отстраивать так называемые морфоструктурные разрезы, отражающие состояние структуры угленосной толщи во время формирования этой пачки. Такие разрезы позволяют изучать закономерности строения и формы угольных залежей, выявлять факторы, определявшие изменчивость мощности угольных пластов и междупластий, уточнять положение складчатых и разрывных структур, проявлявших свою динамику во время формирования угленосной толщи и определявших режим угленакопления.

Перечисленные выше операции построения разрезов завершаются следующими действиями: редактирование и сглаживание тектонических, литологических и стратиграфических границ; построение замкнутых контуров и заполнение их цветом или крапом. Геологические границы как объекты компьютерной графики представляют собой ломаные линии, или «полилинии» в терминологии Surfer. Их редактирование включает изменение конфигурации, типа, толщины и цвета и осуществляется средствами Surfer.

Сглаживание геологических границ – придание им плавной формы, реализуется добавлением узлов, т.е. увеличением числа точек проведения ломаной линии. Для решения этой задачи в рассматриваемой системе разработана подпрограмма на основе алгоритма сплайн-аппроксимации, интерполяции и экстраполяции данных [1].

Замкнутые контуры отображают границы литологических и стратиграфических тел. Их можно отстраивать как вручную, с использованием возможностей Surfer, так и «собирать» из уже сформированных «полилиний», для чего разработан специальный набор подпрограмм. В любом случае замкнутые контуры как графические объекты представляют собой полигоны, для заполнения которых предусмотрены разновидности литологического крапа, соответствующие системе условных обозначений, принятой в угольной геологии.

После завершения построения разреза предусмотрена операция сохранения в базе данных разного рода засечек, под которыми понимаются точки, принадлежащие тем или иным линиям и поверхностям и определяющие их построение. К засечкам относятся: 1) точки выходов угольных пластов и тектонических нарушений под чехол мезокайнозойских отложений; 2) точки установленных абсолютных отметок почвы угольных пластов; 3) точки срезания почвы и кровли угольных пластов тектоническими нарушениями.

На основе засечек первого вида (точек выхода) строят выходы угольных пластов на различных картах и планах, в том числе на планах подсчета запасов. Их учитывают и при построении изогипс кровли угленосной толщи – карт «древнего рельефа». Засечки второго вида учитывают при построении изогипс почвы угольных пластов – графической основы планов подсчета запасов; засечки третьего вида необходимы для построения линий тектонических нарушений на планах подсчета запасов (висячих и лежачих крыльев), которые являются неотъемлемой частью гипсометрии угольных пластов.

Построение планов подсчета запасов включает следующие основные операции:

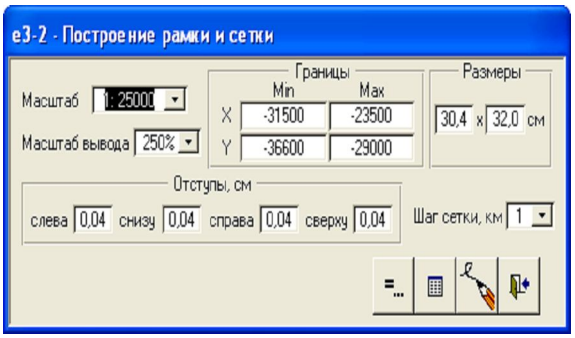


Рис.5. Диалоговое окно для построения рамки и координатной сетки плана подсчета запасов

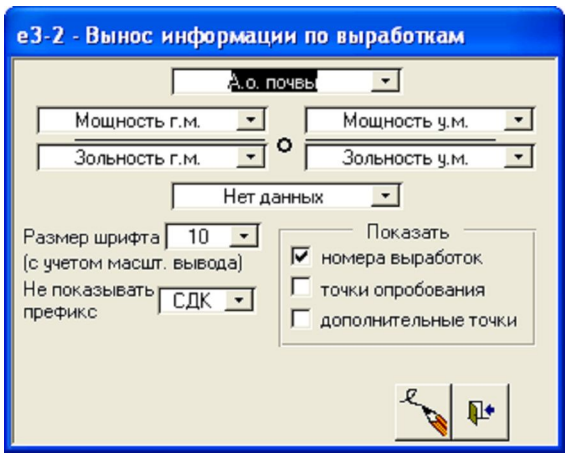


Рис.6. Диалоговое окно для выноса информации по скважинам

– построение рамки плана и координатной сетки для его площади;

– построение горизонтальных проекций скважин;

– вынос информации по скважинам;

– построение линий тектонических нарушений;

– построение линий расщепления угольных пластов;

– построение выходов угольных пластов под мезокайнозойскими отложениями;

– построение изогипс почвы угольных пластов;

– построение структурных колонок угольных пластов.

Построение рамки и координатной сетки выполняется с помощью соответствующего диалогового окна (рис.5).

Назначение полей и кнопок этого диалогового окна не требует пояснений. С помощью крайней левой кнопки автоматически определяются граничные координаты устьев скважин в базе данных, затем, при необходимости, их можно откорректировать.

Горизонтальные проекции скважин строятся по данным инклинометрии, если информация об искривлении скважин есть в базе данных. В этом случае на плане автоматически показывается часть горизонтальной проекции скважины до точки пересечения почвы пласта и сама точка пересечения.

Информация о разрезах по скважинам выносится с помощью соответствующего диалогового окна (рис.6). Оно имеет шесть полей, расположенных вокруг символа, обозначающего устье скважины. Содержание этих полей (рис.6) соответствует данным, выносимым на план подсчета запасов.

Линии разрывных нарушений отстраивают с помощью панели инструментов на основе засечек, полученных с разрезов. Если позволяет масштаб и имеется достаточная информация о нарушении, его изображают в виде двух линий (пересечений в висячем и лежачем крыльях), как принято в угольной геологии. Возможно также изображение нарушения в виде линии с бергштрихами по падению сместителя или без них, если достоверная информация о направлении падения сместителя отсутствует.

Важная особенность морфологии угольных пластов – фактор их расщепления. Система предусматривает отображение на плане подсчета запасов информации по нескольким угольным пластам с аналогичным характером расщепления. Разделяющие их породные прослои отстраиваются в изолиниях мощности междупластий.

Построение выхода угольного пласта под чехлом мезозойских и кайнозойских отложений, так же как и построение разрывных нарушений, выполняется с помощью соответствующей панели инструментов на основе засечек, полученных с разрезов. Выход пласта может быть показан в масштабе и вне масштаба; во втором случае отображается только линия выхода почвы пласта.

Построение изогипс почвы пласта проводится по данным таблицы пластопересе-

чений и засечек, полученных с разрезов. При наличии разрывных нарушений изогипсы отстраиваются в пределах тектонических блоков. Границы блоков задаются на плане в виде полигонов, которые могут быть построены с использованием имеющихся на плане линий, а координаты их вершин сохраняются в базе данных.

Если тектонические нарушения представляют собой взбросы или надвиги, то в плане происходит частичное перекрытие угольных пластов. В таком случае предусмотрена возможность прямого отнесения пластопересечения к тому или иному тектоническому блоку. Если рисовка изогипс не устраивает оператора, то предусмотрена возможность ввода дополнительных точек в интерактивном режиме, с их сохранением в базе данных. Такая необходимость возникает, в основном, в краевых частях блоков, вблизи их тектонических границ.

Если дополнительными точками не достигается необходимая конфигурация изогипс, то у оператора есть возможность редактирования отдельных изогипс «вручную». В целом, изогипсы представляются на плане в виде объекта типа «карта», который не допускает корректировки «вручную». Но при необходимости можно преобразовать объект «карта» в набор полилиний, и такая операция в системе предусмотрена.

На планах подсчета запасов угольных пластов принято показывать их структурные колонки, и такая возможность предусмотрена рассматриваемой системой. Структурные колонки могут быть показаны как возле каждой скважины, при сложном строении пласта, так и выборочно, у некоторых скважин, при простом его строении.

Собственно *подсчет запасов* угля выполняется методом геологических блоков. Границами блоков могут служить линии, соединяющие точки пересечения почвы пласта, изолинии (изогипсы, изопахиты, изозольности и др.), линии разрывных нарушений (висячее или лежачее крыло), линии расщепления угольных пластов, линии выклинивания пласта или одной из слагающих его пачек, средние линии между выходом почвы и кровли пласта под мезокайнозойские отложения. Подсчет запасов с использованием рассматриваемой системы выполняется в интерактивном режиме и включает две основные операции: оконтуривание подсчетного блока; вычисление для блока средневзвешенных параметров.

Подсчетный блок как графический объект – это полигон, построение которого представляет собой его «собирание» из линий, проходящих через точки, где выработки (скважины) пересекают почву пласта, и перечисленных выше линий, которые служат границами блока. После оконтуривания блока площадь его горизонтальной проекции определяется автоматически, и таким образом исключается трудоемкая операция планиметрирования.

Для определения площади подсчетного блока на горизонтальной проекции используется известная формула определения площади многоугольника по координатам угловых точек [3]

$$S_{\text{г}} = 0{,}5\Sigma(Y_{k+1} - Y_{k-1})X_k,$$

где X, Y – плановые координаты угловых точек блока; k – порядковый номер угловой точки.

При этом используется тот факт, что любой блок, в том числе и ограниченный кривыми линиями, как графический объект представляет собой полигон. Можно отметить, что несколько десятилетий тому назад К.В.Миронов писал: «Этот способ дает высокую точность определения площадей, но затраты времени на его производство значительно больше, чем при других способах. Развитие вычислительной техники может привести к более широкому его распространению» [3]. Видимо, так и получилось.

Для практических целей важно, что система предусматривает деление блока на подблоки с различными значениями геолого-промышленных параметров: по марочному составу, зольности, мощности и глубине залегания (горизонту). Эта операция осуществляется в интерактивном режиме, если на плане подсчета запасов есть соответствующие изолинии. При этом запасы подсчитываются для блока в целом, а для подблоков измеряется их площадь и запасы

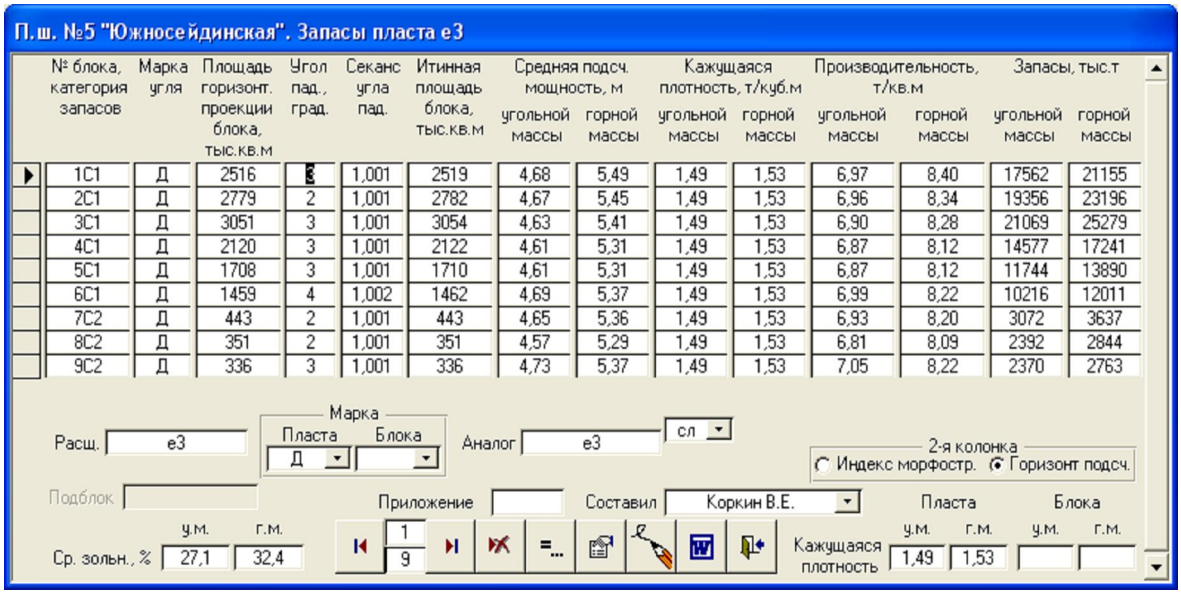


Рис.7. Таблица подсчета запасов угольного пласта

определяются как часть общих запасов блока, пропорциональная площади.

Вычисление средних параметров по блоку сводится к формированию выборки скважин и выработок, данные по которым будут при этом использованы. В значительной степени выборка формируется автоматически: в нее включаются все скважины, находящиеся внутри блока, и те, через которые проходит его граничный контур. Для сформированной таким образом выборки определяются средние значения мощности угольных пластов и породных прослоев и соответствующая зольность угля. Запасы угля и горной массы в подсчетном блоке определяются по формуле [2]

$$Q = S_{\text{г}} \sec\alpha m d_{\text{к}},$$

где α – среднее значение угла падения почвы пласта в блоке; m – средневзвешенная мощность угольных пластов или горной массы в блоке; $d_{\text{к}}$ – кажущаяся плотность угольной или горной массы в блоке.

Кажущаяся плотность определяется на основе зольности по формуле

$$d_{\text{к}} = (d_{\text{орг}} + 0{,}01A^d)n,$$

где $d_{\text{орг}}$ – действительная плотность органической массы угля; A^d – средневзвешенная зольность угольной или горной массы в блоке; n – пористость угля.

Результаты представляются на экране в виде таблицы подсчета запасов (рис.7) и могут быть выведены в файл Microsoft Word. При этом осуществляется суммирование по маркам, категориям и другим параметрам в соответствии с требованиями инструкций.

Следует отметить, что формируемые рассмотренной информационной системой текстовые и графические материалы по содержанию и оформлению полностью соответствуют требованиям ГКЗ и ее инструкций. Эти материалы уже представлялись в ГКЗ и не вызвали никаких замечаний с точки зрения применимости компьютерной технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дьяконов В.П.* Справочник по алгоритмам и программам на языке «Бейсик» для персональных ЭВМ: Справочник. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. 240 с.

2. Методика поисков и разведки угольных месторождений Печорского бассейна / М-во геол. СССР. Полярно-Урал. произв. геол. объединение; Под ред. И.И.Молчанова. М.: Недра, 1981. 260 с.

3. *Миронов К.В.* Разведка и геолого-промышленная оценка угольных месторождений. М.: Недра, 1977. 253 с.