

УДК 622:65.011.56

**С.С. Серый, В.А. Дунаев, А.В. Герасимов,
С.Н. Жилин, В.И. Григорьев**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА
В ОАО "ЛЕБЕДИНСКИЙ ГОК"**

Семинар № 1

Безопасность и экономическая эффективность горного производства во многом определяется качеством его обеспечения геологической и маркшейдерской информацией. Основные критерии качества такого обеспечения – своевременность, полнота, достоверность и оперативность обработки информации. Одно из главных направлений повышения качества информационного обеспечения горных работ – автоматизация этого процесса на базе многофункциональных геоинформационных систем (ГИС) в виде интегрированного программного пакета и связанного в локальную вычислительную сеть технологического комплекса АРМов.

В ОАО "Лебединский ГОК" эксплуатируется ГИС ГЕОМИКС, разработанная отделом геологии и геоинформатики ФГУП ВИОГЕМ. Базовая версия системы внедрена на комбинате в 2002 г. Этому предшествовала большая работа по формированию баз данных геологоразведочной, геолого-эксплуатационной и маркшейдерской информации, созданию цифровой геологической модели Лебединского месторождения и маркшейдерской модели действующего карьера, подготовке адаптированного к ус-

ловиям эксплуатации Лебединского месторождения руководства пользователя системой, комплектации связанных в единую сеть АРМов специалистов, обучению работников геологической и маркшейдерской служб комбината.

В дальнейшем роль разработчика системы (ФГУП ВИОГЕМ) заключалась в консультационном ее сопровождении и развитии (расширении функций) в соответствии с запросами специалистов комбината, которые возникали по мере освоения ими уже действующих компьютерных технологий. В настоящее время на предприятии функционирует практически "безбумажная" технология информационного геолого-маркшейдерского обеспечения горного производства. Только итоговые документы, требующие согласования или утверждения, делаются на бумажном носителе.

Система ГИС ГЕОМИКС представляет собой совокупность двух функциональных модулей (геологического и маркшейдерского), каждый из которых включает одинаковое для всех ядро и программный компонент, характерный для конкретного модуля. Программный компонент – набор специальных программ, создающих интерфейс ядра с пользователем и

реализующих алгоритмы решения определенных задач. Программные компоненты выполняют запрос к ядру, обрабатывают, полученную информацию (решают задачи), осуществляют взаимодействие между функциональными модулями на уровне обмена данными.

Программное ядро системы обеспечивает единый формат данных, их пространственно-координатную привязку, стандарт интерфейсов пользователя, сохранение и отображение трехмерной картографической, цифровой и текстовой информации, в том числе как результат решения задачи в программном компоненте функционального модуля. Программное ядро может играть роль и самостоятельного функционального модуля, предназначенного для моделирования геометрических объектов и ведения пространственно распределенных баз данных. В его программной среде без привлечения САД-программ формируются, редактируются и подготавливаются к печати любые текстово-графические и картографические документы. При необходимости на базе ядра системы могут быть созданы дополнительные к упомянутым выше функциональные модули. Для этого достаточно разработать программные компоненты новых модулей. Ядро системы включает в себя четыре программных модуля: СУБД NetBase, электронную таблицу NetCalc, растровый редактор Elastic и векторный графический редактор MapProj.

Геологический модуль системы предназначен для формирования и ведения баз данных геологоразведочной и геолого-эксплуатационной информации (геологических колонок по скважинам, результатов опробования полезного ископаемого, карт, геологических и геолого-технологических

разрезов и планов, слоевых качественных планов и т.п.), моделирования месторождения и отдельных его участков, подсчета запасов методом вертикальных сечений и пересчета запасов по горизонтальным слоям, построения геологических планов и разрезов, планов в изолиниях содержания компонентов, регламентирующих качество руд; подсчета запасов в эксплуатационных блоках, годового и оперативного планирования добычи руд.

Реализованная в системе ГЕОМИКС технология моделирования месторождения представляет собой последовательную трансформацию исходной скважинной модели в картографическую, а картографической – в каркасно-объемную модель.

Скважинная модель отражает пространственное распределение первичных задокументированных данных о месторождении. Построение скважинной модели заключается в позиционировании пространственного положения стволов скважин по координатам их устья и данным инклинометрии, расчета координат начала и конца интервалов, представленных определенным типом горной породы (руды) и секционными пробами. В принятых условных знаках по стволу скважины отображается геологическая колонка, т.е. смена с глубиной различных типов пород.

По стволу скважины может быть представлена и любая другая информация, полученная при изучении керна или проведении в скважине геофизических и гидрогеологических исследований. Скважинная модель служит не только фактографической основой более сложных геологических моделей месторождения, но имеет и самостоятельное значение. В частности, по этой модели можно делать полойные выборки и определять изме-

нение с глубиной содержания компонентов руд, распространенности того или иного типа руды, а также строить погоризонтные планы в изолиниях содержания компонентов руд.

Картографическая модель отображает геологическое строение месторождения системой параллельных сечений (вертикальных – разрезов и горизонтальных – планов). На планах и разрезах, кроме собственно геологического, могут быть отображены любые другие тематические слои (например, блокировка рудных тел по степени разведанности, геометризация по геолого-технологическим сортам руд и т.п.). Базовая цифровая картографическая модель создана по материалам геологоразведочных работ, проведенных на Лебединском месторождении, путем сканирования оригиналов (геологических и геолого-технологических разрезов) и последующей векторизации сканерных изображений.

Актуализация и редактирование элементов картографической модели производится в векторном редакторе. Построение геологических разрезов может быть выполнено с использованием скважинной модели интерактивно по визуализированному в проекции на плоскость разреза точечно-линейным элементам и связанными с ними данными опробования.

По картографической модели выполняется автоматизированный подсчет запасов методом вертикальных сечений. Для оценки средневзвешенных содержаний компонентов в рудах разработан и программно реализован алгоритм, позволяющий из скважинной модели в автоматическом режиме формировать список проб, принадлежащих заданному контуру (подсчетному блоку) и производить соответствующие расчеты.

Поскольку разведка месторождения была выполнена системой вертикальных профилей, то и базовая геологическая модель представляла собой серию геологических разрезов, а подсчет запасов, утвержденных ГКЗ, осуществлен методом вертикальных сечений. Однако отработка месторождения ведется горизонтальными слоями, соответственно для планирования горных работ необходима картографическая модель в виде системы погоризонтных геологических планов. Построение погоризонтных планов выполняется в векторном редакторе. Сначала задается отметка горизонта и ширина полосы данных на каждом разрезе, которая путем поворота приводится в плоскость плана. Далее геологический план интерактивно "рисует" на экране монитора путем последовательной увязки данных между смежными разрезами. Подготовленная таким образом система погоризонтных геологических планов позволила проводить послойный подсчет запасов, технология которого предусмотрена в ГИС ГЕОМИКС.

Каркасно-объемная модель представляет месторождение набором объемных геометрических тел, каждое из которых описывается оболочкой (триангулированной поверхностью тела), натянутой на каркас – систему контуров (границ тела в плоскости разведанного сечения). Каркасно-объемная модель месторождения наиболее наглядно отображает особенности его геологического строения и закономерности распределения полезного компонента вдоль напластования горных пород. В отличие от блочной модели она позволяет более эффективно прогнозировать качественные и технологические параметры геолого-минералогических типов железистых кварцитов в их субвертикально залегающих толщах на участ-

ках месторождения, недостаточно изученных неравномерной сетью геологоразведочных скважин, которые неизбежны при проведении разведки этих объектов методом вертикальных разрезов.

На базе геологического модуля разработана компьютерная технология подсчета запасов в заданных контурах в пределах эксплуатационного слоя, уступа и взрывного блока. При этом учитываются все геологоразведочные и геолого-эксплуатационные данные, в том числе данные опробования взрывных скважин. Указанная технология используется геологами рудника в процессе текущего и оперативного планирования добычи руд. Взрывные скважины опробуются с помощью разработанной ФГУП ВИОГЕМ станции Карьер-2. Результаты геофизического опробования автоматически импортируются в базу данных.

В рамках геологического модуля с целью расширения функций АРМа гидрогеолога разработан шаблон базы данных измерений уровня воды в скважинах. Кроме структуры хранения данных, шаблон содержит ряд подпрограмм, обеспечивающих выборку данных из базы по заданному временному интервалу, графическое отображение этих данных и автоматизированное построение карты месторождения в гидроизогипсах по состоянию на любую дату

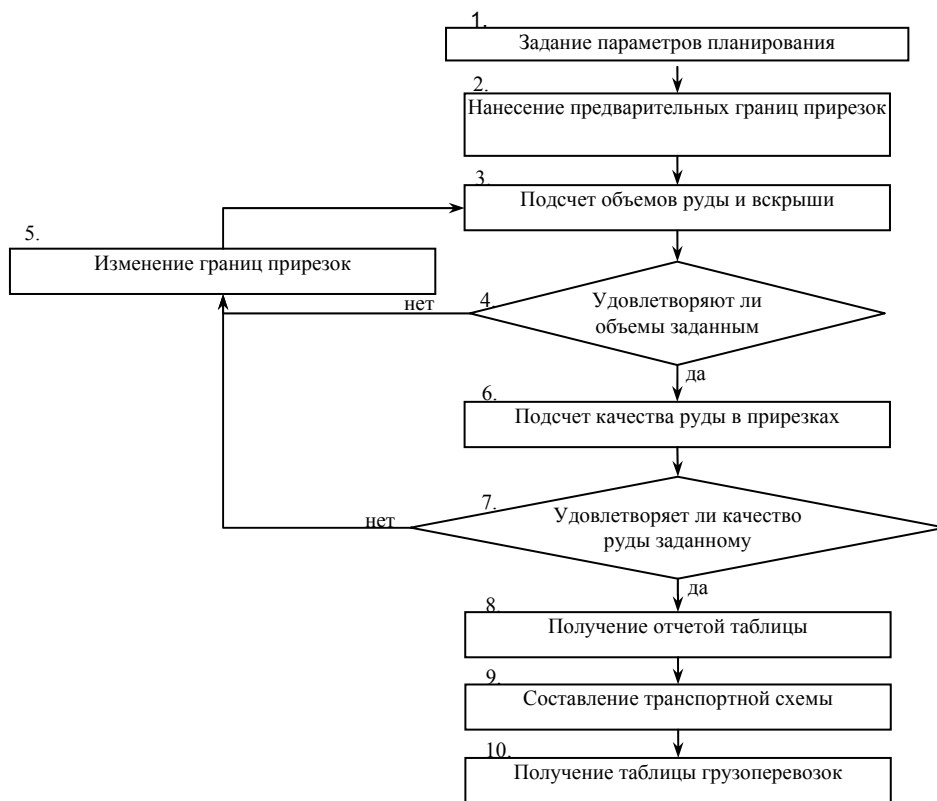
Маркшейдерский модуль служит для автоматизированной обработки журналов маркшейдерской съемки и решения всего комплекса связанных с этим задач (прямая и обратная засечки, обратная геодезическая задача, расчет высотной отметки, расчет и уравнивание тахеометрического и нивелирного ходов и других). Кроме того, маркшейдерский модуль обеспечивает ведение погориз-

зонтных маркшейдерских планов, сводного плана горных работ, моделирование поверхности карьера на любую дату, построение профилей, подсчет объемов методом вертикальных сечений, проектирование буровзрывных работ в карьере. С помощью маркшейдерского модуля осуществляется ведение маркшейдерской модели подземного дренажного комплекса, включающего горные выработки и восстающие дренажные скважины.

Важно отметить, что маркшейдерский модуль системы ГЕОМИКС позволяет обновлять цифровые маркшейдерские планы, как по данным тахеометрической съемки, в том числе выполненной с помощью электронных тахеометров, так и по данным стереофотограмметрии. Такая универсальность модуля обусловлена программной реализацией следующих функций: 1) импорт данных из электронных тахеометров (Trimble, Sokkia, Nikon, Leica); 2) считывание и пересчет "приборных", т.е. полученных путем измерений на стереоавтографе, координат точек поверхности карьера в геодезические координаты с сохранением их в компьютере.

Маркшейдерская информация хранится в компьютере в виде журналов. При переносе данных в компьютер каждой точке (пикету) присваивается в соответствии с принятой легендой код (условный знак – цветовой или в виде символа), обозначающий тип снимаемого объекта (например, пикет по верхней бровке уступа, опора ЛЭП, буровзрывная скважина и т.п.)

Остановимся более подробно на характеристике двух компьютерных технологий: годовое планирование горных работ (основа горно-геологической части годовой производственной программы рудника) и



Блок-схема процесса планирования добычи железистых кварцитов в ОАО "Лебдинский ГОК"

проектирование буровзрывных работ в карьере.

Годовое планирование горных работ осуществляется с учетом заданного техническим проектом направления их развития набором прирезок по каждому добычному участку и подсчетом тоннажа и качества руд раздельно по типам. Алгоритмически процесс планирования показан на схеме (рисунок). В рамках годовых объемов дается их поквартальная разбивка по добычным участкам и карьере в целом.

Заключительным этапом планирования является составление транспортной схемы и подсчет объемов грузоперевозок по всем приемникам

горной массы, которыми являются дробильный комплекс, склады, отвалы, перегрузки. Для решения этой задачи в составе маркшейдерского модуля реализована технология автоматического расчета кратчайших расстояний от точки погрузки горной массы до точки разгрузки на основе моделей транспортной сети и качественного плана прирезок на планируемый период.

В общей схеме геолого-маркшейдерского обеспечения и проектирования буровзрывных работ на карьере с применением компьютерных технологий (в автоматическом режиме или интерактивно) осуществляется два вида, или этапа работ (формирование

проекта бурения и проектирование взрыва блока), разделенные во времени рядом чисто производственных процедур (разбивка в натуре сетки скважин, их бурение, маркшейдерская съемка пробуренных скважин и т.п.).

Формирование проекта бурения начинается с того, что маркшейдер в соответствии с текущим планом горных работ задает контур проектируемого блока (замкнутую область, ограниченную линией отрыва предшествующего взрыва и проектной линией отрыва), на котором показывается последний ряд скважин предшествующего взрыва (с буровзрывного плана горизонта) и положение бровок уступа (с маркшейдерского плана горизонта).

Затем план взрывного блока поступает геологу, который дополняет его на основе цифрового геологического плана горизонта границами минерально-петрографических типов пород, разрывными нарушениями, элементами залегания пород и нарушений, а также присваивает каждому типу пород категорию буримости в соответствии с принятой на предприятии классификацией пород по этому показателю по шкале ЦБНТП. Далее взрывник выполняет на плане блока его разбивку на участки по категориям взрываемости.

После этого автоматически с соблюдением требований типового проекта к параметрам сетки скважин, их типу (вертикальная или наклонная) и глубине в зависимости от категории взрываемости пород, диаметра и конструкции заряда выполняется размещение скважин на плане блока (вначале первого ряда с расчетом сопротивления по подошве, потом - контурного ряда, а затем - внутренних рядов скважин), каждой скважине присваивается проектный номер, рас-

считываются координаты устьев скважин (x,y,z) и проектные параметры (глубина и перебур).

Готовый проект бурения (план взрывного блока, на котором показаны его номер, фактическое положение бровок уступа, последний ряд скважин предшествующего взрыва, границы участков пород разных категорий буримости и взрываемости, скважины, их проектные номера и глубины, объем взрывного блока) распечатывается и после соответствующего утверждения передается для исполнения.

В соответствии с проектом бурения маркшейдер выносит на местность скважины первого ряда (иногда и контурного ряда тоже) и границы категорий взрываемости, а буровой мастер с помощью рулетки разбивает на блоке сеть взрывных скважин. По мере обустройства блока осуществляется съемка скважин с присвоением им окончательного номера, измеряется фактическая глубина и обводненная часть скважин, проводится их опробование (химическое по шламу или геофизическое путем каротажа стенок скважин).

Формирование проекта взрыва блока осуществляется следующим образом. Данные съемки скважин и измерений их параметров вводятся с полевого журнала в компьютер, после чего автоматически рассчитываются координаты устьев скважин и формируются составляющие проекта взрыва блока: план расположения скважин и табличные материалы – технический (в целом по блоку) и корректировочный (по каждой скважине) расчет параметров взрывания, зарядные карты, в которых указываются номер и глубина скважины, длина забойки и масса заряда. Расчет массы заряда выполняется по схеме, предусмотренной типовым проектом.

По результатам зарядания скважин в зарядных картах указывается длина и масса заряда, длина забойки. Эти данные вводятся в компьютер и автоматически пополняются по факту таблицы показателей технического и корректировочного расчетов. Для формирования базы данных эксплуатационного опробования готовится текстовый файл с номерами и координатами взрывных скважин.

Автоматизация информационно-обеспечения горного производст-

ва на базе ГИС ГЕОМИКС создала условия для оперативного анализа горно-геологической ситуации в карьере и принятия оптимальных технологических решений и плановых показателей при составлении годовой производственной программы, способствовала улучшению взрывной подготовки горной массы и стабилизации качества руды, подаваемой на дробильно-обога- тельный комплекс. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Серый С.С. – зам. директора по научной работе, кандидат технических наук,
Дунаев В.А. – зав. отделом, профессор, доктор геолого-минералогических наук,
Герасимов А.В. – зав. лабораторией, кандидат технических наук, ФГУП ВИОГЕМ,
Жилин С.Н. – начальник технического управления,
Григорьев В.И. – главный геолог, кандидат геолого-минералогических наук, ОАО "Лебединский ГОК".

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 1 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. *А.М. Гальперин*.



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО ИНЖЕНЕРНЫМ ИЗЫСКАНИЯМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ			
ГРИГОРЯН Ерванд Юрьевич	Исследование свойств лессовых грунтов методами зондирования (на примере Северного Кавказа)	25.00.08	к.т.н.