

відбуваються постійні зсуви поверхні і неможливо закріпити надійну точку, використовувати GNSS технології для визначення координат станцій.

Можливість здійснення робіт однією людиною завдяки автоматизованим технологіям не є універсальною. Більшість роботів-тахеометрів не спроможні на дистанційне керування на відстані більше 200-300 м, тому чинник виконання робіт за межами зазначених відстаней і частота виконання таких робіт повинен бути врахований при побудові моделі маркшейдерського забезпечення управління технологічними процесами, що безпосередньо буде впливати на кількість необхідного персоналу, доступний час для здійснення поставлених задач не завдаючи шкоди оперативності отримання даних, обробці результатів, вибору оптимального комплексу обладнання для усіх маркшейдерських служб та відділів підприємства.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Рівень оснащення, кількість та тип обладнання, яке передбачається для здійснення маркшейдерського забезпечення буде впливати на кількість спеціалістів, які потрібні для ефективного функціонування системи управління технологічними процесами, а вибір і комбіноване використання приладів потребує створення математичної моделі функціонування такої системи, що дозволить обрати найбільш доцільну конфігурацію яка буде складатися з оптимальної кількості та типу приладів, програмного забезпечення до них, можливості залучення служб диспетчеризації для спостереження за процесами небезпечних зсувів гірничих робіт та відповідної кількості персоналу яка необхідна для ефективного функціонування маркшейдерського забезпечення. Таке забезпечення базується на більш глибокому вивченні впливу рівня його автоматизації, впливу цього рівня на якість і оперативність, що приведе до створення моделі функціонування, яка буде враховувати усі описані параметри.

#### *Список літератури*

1. zakon2.rada.gov.ua [Електронний ресурс] : Інтернет-портал. Закон України. - К. : Верховна рада України, 1991-2014. Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1127-14>. - Назва з екрану.
2. Инструкция по производству маркшейдерских работ. М.: Недра, 1987. 240с.
3. Долгих Л.В., Долгих О.В. Перспективный напрям автоматизації робіт маркшейдерського забезпечення кар'єру. Сборник научных трудов 2005-2006 г.г., „Научное обеспечение развития горнорудных предприятий на современном этапе”, - Кривий Ріг: ГП НИГРИ, 2006. с. 149-157.
4. Інтернет ресурс:<http://www.ostenrieder.de/media/file/Articles/Terrestrial%20Laser%20Scanning%20for%20Applications%20in%20Surfac%20Mining%20.pdf>
5. Інтернет ресурс: <http://lagf.org/2012/proceeding/Werner.pdf>

Рукопис подано до редакції

УДК 622.1: 622.216

П.И. ФЕДОРЕНКО, д-р техн. наук, проф., А.В. ПЕРЕМЕТЧИК, канд. техн. наук, доц.,  
Т.А. ПОДОЙНИЦЫНА, старший преподаватель, Криворожский технический университет

### **ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И ПЛАНИРОВАНИЕ ДОБЫЧИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Рассмотрена проблема перспективного и текущего планирования добычи железных руд на основе разработанного горно-геометрического метода прогнозирования качественных показателей железорудных месторождений. В качестве математического обоснования принимается система уравнений многомерного случайного геохимического поля, реализованная в виде многомерного эвристического алгоритма прогнозирования.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** В период эксплуатации месторождения производят перспективное и текущее планирование горных работ. Основой их, как и на этапе проектирования горного предприятия, является комплекс горно-геометрических графиков.

Перспективное планирование добычи полезного ископаемого используется, как правило, при составлении прогнозных планов развития добычных работ на квартал, полугодие, год, три, пять и более лет. От правильно запланированного развития горных работ, учитывающего размещение качества и сортность руды в недрах, зависит рациональная разработка месторождения с минимальными потерями и разубоживанием полезного ископаемого. Обогажительные, агло-

мерационные, окомковательные фабрики и доменные печи приспособлены к переработке однородного сырья и не приспособлены к частому изменению режима работы. Поэтому необходимо как можно более длительно подавать однородное сырье, а это всецело зависит от правильно запланированной программы развития горных работ.

Качество и технологические показатели полезного ископаемого не остаются постоянными на площади распространения месторождения. Они меняются по числу и степени проявления. Правильный учет этих факторов, установление зон и участков проявления каждого из них имеет исключительно большое практическое значение для перспективного планирования.

Ежегодно на горнорудных предприятиях составляются годовые программы горных работ, на основании которых утверждаются плановые показатели деятельности предприятия.

Одним из важнейших элементов программы горных работ является установление не только средних значений, но и размещение их в пространстве залежи, в данном случае в контурах годовой отработки.

Это необходимо не только для правильного определения количества руды и концентрата с заданным качеством, но и для правильного планирования развития горных работ в целях равномерного снабжения перерабатывающих цехов рудой определенного состава, в целях выбора наиболее выгодных схем развития очистных работ, транспортных схем и т. д., в целях сокращения потерь и снижения разубоживания. Для перспективного планирования на год, полугодие, квартал используются как прогнозные технологические планы типов руд, так и качественные горно-геометрические планы в изолиниях средних содержаний. В контурах годовой отработки геологической службой рудника оконтуриваются блоки примерно равного среднего значения по скважинам и пробам, входящим в контур блока того или иного показателя.

Далее определяют среднее значение показателя в каждом блоке и среднее из всех блоков, слагающих годовую контур.

Планирование годовой программы добычных работ осуществляют по данным эксплуатационной разведки, без заполняющих ее и в большинстве опробуемых взрывных скважин. При интенсивной отработке месторождения не всегда удается выдержать принятые параметры разведочной сети. Поэтому остаются участки, которые либо вовсе не имеют разведочных скважин, либо имеют их, но недостаточно. В таких случаях на эти участки составляется прогноз размещения качественных показателей.

Текущее планирование добычи с заданным содержанием компонента исходит из перспективного, является его уточнением, конкретизацией на месте. При этом по наличию более детальной информации о месторождении исправляют неточности, допущенные при долгосрочном планировании. Основой его является составление месячных, недельных и ежесуточных шихтовочных планов, которые составляются геологической службой горного предприятия по данным геологических качественных планов, массового опробования и непосредственного осмотра рудного забоя. В плане работ на месяц детально определяют блоки для добычи, их качественную характеристику и экскаваторы, которые должны работать в этих блоках.

**Анализ исследований и публикаций.** В качестве примера приведем методику управления качеством отгружаемых руд на обогатительные фабрики ОАО «ЮГОК». Она включает в себя следующие, приведенные ниже основные виды работ и организационно-технические мероприятия.

Получение исходных данных по качеству руд: опробование взорванной горной массы и забоев карьера для текущего планирования. Годовой объем опробования 400-500 проб. Этому виду опробования предшествует выделение, привязка (оконтуривание) и документация технологических разновидностей руд по всему фронту работ экскаваторов. Этот вид работ выполняет геологическая служба рудника; опробование сливов классификаторов. Отбор проб по секциям выполняет через 2 часа ОТК комбината. Периодическое контрольное опробование сливов классификаторов геологическими службами рудника и управления комбината.

Планирование качественных показателей: составление годовых программ развития горных работ с учетом обеспечения фабрик рудой планового качества, а также усреднения руд по технологическим типам, обоснованное математической статистикой. Выполняет технический отдел комбината, рудника, геологическая и маркшейдерская службы; планирование объемов и качества добываемой руды на месяц согласно годовой программы. Этот вид работ выполняет технический отдел, геологическая и маркшейдерская службы рудника; составление недельно-

суточных графиков работы экскаваторов до данным эксплуатационной разведки и опробования взорванной массы. Поскольку фактическое суточное и сменной продвижение экскаваторов расходится с плановым, составляются также сменные заявки, которые корректируют недельно-суточный график на основе положения экскаваторов и качественной характеристики их забоев на начало каждой смены. Выполняют производственный и геологический отделы рудника.

Анализ выполнения качественных показателей, подразделяющиеся на: ежемесячные и ежеквартальные анализы работы предприятия на совещаниях при генеральном директоре (главном инженере) комбината; анализ выполнения плановых показателей добычи руды на ежедневных освещенных проводимых главным инженером (директором) комбината.

Оперативный контроль качества отгружаемой руды, состоящий из: контроля выполнения недельно-суточных графиков подачи руды на фабрики. Этот вид работ осуществляет производственный отдел и геологическая служба комбината; контрольного опробования фабрик и забоев карьера, выполняющегося совместно геологической службой и ОТК комбината; контроля работы экскаваторов в сложных забоях (геологическая служба рудника).

**Постановка задачи.** Видно, что основой для полноценного управления качеством руды, отгружаемой на РОФ, для рационального освоения месторождения, является знание характера размещения качественных показателей месторождения. Эксплуатационная разведка ведется только на основе опробования взорванной массы, и, следовательно, не способна уточнить данные детальной разведки с целью выявления характера размещения качественных показателей на еще не отработанных участках. Все это требует использования специальной методики прогнозирования.

**Изложение материала и результаты.** Предложенный по результатам исследований горно-геометрический метод прогнозирования качественных показателей железорудных месторождений был проведен с последующим его использованием на карьере ОАО «ЮГОК».

Эксперимент проводился в пределах осей 80 – 108 по простиранию и 89 – 109 в крест простирания горизонтов – 165 – 180 м, – 180 – 195 м и – 195 – 210 м, что соответствует геологическому участку 1. Геологический участок 1 расположен в северо-восточной части месторождения, его южной границей является зона окисления пород. В структурном отношении он представляет собой восточное крыло синклинали структуры залежи. 1-й участок ограничен с востока Тарапаковским разломом, а западная его граница совпадает с границей месторождения.

Участок характеризуется выдержанным залеганием пород, слабым развитием складчатых нарушений. Породы падают в северо-северо-восточном направлении под углом 10-30°, т.е. согласно с общим погружением структуры месторождения.

В южной части участка, т.е. при переходе кварцитов четвертого железистого горизонта в сланцы четвертого сланцевого горизонта проявляется ряд открытых складок, размеры и положение кою отчетливо проявляется на карте месторождения чередующихся выходов сланцев (антиклинали) и кварцитов (синклинали).

Исходная геологическая информация была получена с погоризонтных планов горных работ масштаба 1:1000. Эксплуатационная разведка велась по опробованию взорванной массы. При этом использовались участки опробования неправильной формы и различных размеров. Размеры участков в поперечнике колебались от 20 до 50 метров. В качестве аргументов используемых для прогнозирования по методике многомерного эвристического алгоритма прогнозирования (МЭАП) [1] были взяты содержания железа общего и железа, связанного с магнетитом по скважинам детальной разведки, а также планово-высотные координаты центров участков опробования. Скважины детальной разведки также пробурены по нерегулярной сети опробования. Межскважинные расстояния составляют от 50 до 200 метров. С помощью крайгинга были построены изолинии содержаний  $Fe_{общ}$  и  $Fe_{mt}$  в межскважинном пространстве. Методы крайгинга детально реализованы в электронном пакете SURFER. В данном случае использовался пакет SURFER 7.04. В этом же вычислительном пакете в центре каждого участка опробования по взорванной массе было определено значение  $Fe_{общ}$  и  $Fe_{mt}$ , исходя из имеющейся электронной модели изолиний. Все полученные значения были сведены в электронные таблицы, что стало основой для построения прогнозной функции по методике МЭАП. При этом на каждом этапе построения прогнозной функции степень доверия вычисленным по ней результатам была пропорциональна обратному расстоянию от центра участка опробования по взорванной массе до ближайшей скважины детальной разведки, так как чем больше это расстояние, тем больше

ошибка интерполирования. Таким образом, результаты построения функции, имеющие большую точность, имели больший приоритет при оценивании качества построенной прогнозной функции.

На базовой совокупности исходных данных были определены зависимости содержания  $Fe_{mt}$  во взорванной массе от содержаний  $Fe_{общ}$  и  $Fe_{mt}$ , определенных по скважинам детальной разведки, и от планово-высотных координат точек. Затем по методике МЭАП были получены уравнения прогнозных функций.

Как видно из найденных зависимостей, имеет место зависимость содержания железа, связанного с магнетитом во взорванной массе от содержания железа, связанного с магнетитом по данным опробования скважин детальной разведки, так как из всех аргументов, участвовавших в процедуре МЭАП, значимые числовые коэффициенты были определены только для этой величины. Наличие двух функциональных зависимостей говорит о том, что в процессе вычислений на рассмотренном участке были выделены два типа руд, имеющих различные свойства.

Нахождение и группировка участков, соответствующих по своим свойствам этим зависимостям на моделируемой совокупности данных были произведены по процедуре МЭАП. При этом данные содержаний по скважинам детальной разведки были проинтерполированы на узлы квадратной сетки  $50 \times 50$  м. Интерполирование производилось в электронном пакете SURFER по процедуре крайгинга. По процедуре МЭАП в узлах квадратной сетки были найдены прогнозные значения содержаний железа, связанного с магнетитом во взорванной массе. В пакете SURFER по процедуре крайгинга эти значения были проинтерполированы, что явилось основой для перспективного планирования. На основе интерполирования были построены планы изолиний прогнозного содержания магнетитового железа в масштабе 1:2000. Высота сечения была принята исходя из масштаба плана, сложности гипсометрии, изменчивости показателя, требований технологии и составила 0,5% содержания. Получение прогнозных данных для текущего планирования производилось методом уточнения полученной электронной модели согласно данных эксплуатационной разведки в точках, пространственное положение которых определялось, исходя из производственных нужд, и имело нерегулярный характер.

Относительная погрешность прогноза значения содержаний железа, связанного с магнетитом во взорванной массе по разработанному способу для нужд перспективного планирования не превышает 6,8%.

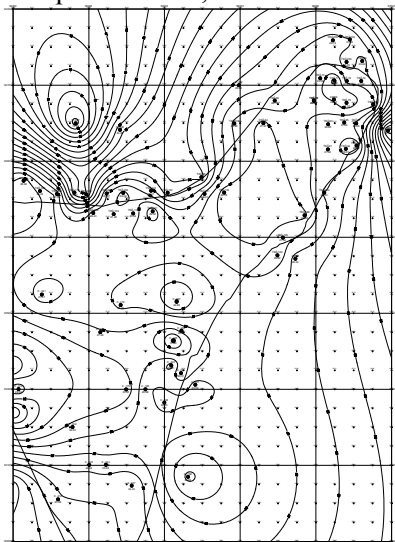


Рис. 1. План изолиний прогнозного содержания магнетитового железа гор. – 180 – 195 м карьера ЮГОКа

Положительные результаты прогноза на рассмотренном участке послужили основой для использования разработанных методов на других участках карьера ОАО «ЮГОК».

Технико-экономической оценкой установлено, что, в результате повышения точности прогнозов, необходимых для перспективного и текущего планирования, коэффициент потерь руды на рассматриваемых участках месторождения в среднем снизился на 0,03%. Также коэффициент засорения руды в среднем снизился на 0,03.

**Выводы и направление дальнейших исследований.** На основании разработанных теоретических принципов многомерной геометризаци доказана возможность улучшения эффективности прогнозирования качественных показателей железорудных месторождений, и рационализации их освоения.

Высокая эффективность прогнозирования может быть обеспечена использованием в качестве модели месторождения многомерного случайного геохимического поля, математически реализованной с помощью многомерного эвристического алгоритма прогнозирования.

#### Список литературы

1. **Переметчик А.В.** Разработка эвристического алгоритма прогнозирования геологических показателей месторождений полезных ископаемых // Разработка рудных месторождений: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – Кривой Рог: КТУ. – 2004. – Вып. 85 – С. 194 – 200.
2. **Букринский В.А.** Геометрия недр: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. Рукопись поступила в редакцию 14.03.14