

УДК 553.3/4:003.1

АНАЛИЗ РЕШЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ БОРТОВЫХ СОДЕРЖАНИЙ

Е.В.МОРОЗОВА

Объектом расчетов в описываемой задаче является группа месторождений, обеспечивающих рудой комбинаты «Печенганикель» и «Североникель». Постановка задачи по определению оптимальных бортовых содержаний при разработке проекта кондиций имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционной схемой. В силу инструктивных положений кондиции на руды, в том числе главный оконтуривающий параметр — бортовое содержание, обосновываются специально разрабатываемым проектом, содержание и методика составления которого регламентированы инструкцией ГКЗ СССР. Проект проходит установленную процедуру согласования с геологическими организациями и Минцветметом СССР, и кондиции утверждаются ГКЗ СССР.

Разработка проекта кондиций является трудоемкой и дорогостоящей: подготовка геологической информации, расчеты и согласование, утверждение кондиций требует около года. Поэтому пересмотры кондиций выполняются не чаще, чем один раз в несколько лет, а в ряде случаев они не пересматриваются в течение всего срока отработки месторождения. Кондиции разрабатываются для отдельного месторождения, и лишь в редких случаях проект охватывает два или более месторождений, являющихся сырьевой базой единого комбината.

В силу изложенного выше порядка разработки и утверждения кондиций рудная база не только подотрасли, но и отдельных комбинатов представлена месторождениями, запасы которых оконтурены по бортовым содержаниям, определенных в разное время локальными проектами кондиций. За время, прошедшее с момента утверждения кондиций, запасы на разведанных участках уточняются, вырабатываются, выявляются новые участки с иными горно-техническими условиями, разведываются новые месторождения, совершенствуется технология, изменяются масштабы производства и т.д. Все это требует периодического пересчета кондиций. Преимущество системного подхода к этой работе перед локальными обоснованиями бортовых содержаний для рассматриваемых независимо друг от друга месторождений не нуждается в специальных доказательствах^х.

Объектом моделирования выбран производственный комплекс предприятий по добыче и переработке сульфидных медно-никелевых руд, организационно входящих в комбинаты «Печенганикель» и «Североникель». Комплекс, в который входит шесть рудников, достаточно репрезентативен и удовлетворяет желаемым

^х Астахов А.С. Экономическая оценка запасов полезных ископаемых. М., Недра, 1981.

условиям. Оптимизационная задача позволяет получить согласованный план работы комбинатов, в котором определены следующие параметры:

- 1) варианты бортовых содержаний;
- 2) распределение общего плана обеспечения сырья выпуска металла между месторождениями (рудниками);
- 3) распределение рядовой руды между обогащательными фабриками;
- 4) распределение богатой руды между обогащательными фабриками и металлургическими заводами;
- 5) распределение окатышей между заводами;
- 6) минимальное содержание никеля в богатой руде.

Эти параметры должны обеспечить максимизацию эффекта использования запасов при соблюдении ограничений по выпуску никеля, капитальным вложениям, мощностям по добыче руды и ее обогащению, пропускной способности головных переделов заводов и мощностям по выпуску никеля. Таким образом, рекомендуемые решением значения бортовых содержаний наилучшим способом обеспечивают выполнение плана и корреспондируют между собой.

Модельная постановка позволяет, в принципе, решать не только строго прикладную задачу; с ее помощью может быть определено влияние на бортовые содержания изменений условий задачи: заданий по выпуску никеля, лимита капитальных вложений, себестоимости отдельных переделов и т.д.

Задача относится к классу нелинейных. Все целочисленные переменные, от которых зависят технико-экономические показатели добычи и переработки руд, собраны в вектор, имеющий вид:

$$S = (S_1; S_2; \dots; S_{10}),$$

где $S_1 - S_6$ - коды бортовых содержаний металлов на карьерах и рудниках; S_7 - код среднего содержания металла в богатых рудах; S_8 - код строительства нового рудника (яруса); S_9 - код расширения обогащательной фабрики; S_{10} - код варианта плана выпуска металла.

Все эти целочисленные переменные могут принимать несколько значений. Общее число их сочетаний (видов целочисленного вектора) превышает 15 тысяч. Для каждого сочетания может быть определен план работы предприятий. Так как все множество допустимых планов не нужно для дальнейшей работы, автоматически отбирается по значению критерия оптимальности заданное число лучших.

Для проверки возможности использования модели при проектировании задача решалась при следующих условиях:

1. При двух различных вариантах входных данных, соответствующих разным проектам развития комбинатов, предложенных институтом «Гипроникель»: с постройкой второго яруса рудника «Северный» и без ввода новых мощностей на этом руднике.
2. При разных схемах переработки руды «Северного»: с обогащением всех руд, без обогащения и со свободным выбором технологической цепочки.
3. При двух видах критерия оптимальности (прибыль, приведенные затраты).

В процессе работы найдены 200 допустимых планов при различных целочисленных векторах. Для анализа выбраны 15 оптимальных планов, имеющих лучшие значения критериев оптимальности или представляющих интерес близостью к утвержденным кондициям. Сравнение рассматриваемых вариантов планов позволяет сделать следующие выводы:

1. На Хдановском месторождении, разрабатываемом открытым способом, повышение бортовых содержаний нецелесообразно. Мощности карьеров "Центральный" и "Западный", отрабатывающих его, используются во всех вариантах планов полностью, а по "Западному" предусматривается увеличение мощности по руде. Это объясняется тем, что балансовые руды залегают внутри контура карьера и их выемка не требует дополнительных затрат. Себестоимость добычи открытым способом ниже, чем подземным, а обоганительная фабрика может переработать весь объем добычи, идущий в контурах, определяемых действующими бортовыми содержаниями. Варианты с дальнейшим понижением бортовых содержаний на карьерах не рассматривались. Модель четко улавливает преимущество открытой разработки месторождений.

2. Замыкающим объектом в пределах данной группы месторождений является рудник "Восток". Бортовое содержание на нем повышать не рекомендуется, причем во всех проектах плана для него определяется минимально допустимая добыча руды. Рудник "Восток" при среднем для месторождений группы выходе металлов из руды имеет себестоимость добычи в пять раз выше, а стоимость перевозки руды в три раза выше средней по комбинату. Устойчивость выбора замыкающего объекта подтверждает вывод о том, что на основе оптимизационных расчетов могут быть определены замыкающие затраты на металл (в данном случае - на никель).

3. Проверка устойчивости решений при изменении технологических условий показала, что в основном план работы комбинатов сохраняется. При схеме с обогащением руд "Северного" объем добычи на нем увеличивается с одновременным понижением бортового содержания. При изменении схемы происходит перераспределение объема добычи между рудниками "Северный" и "Семилетка" вследствие того, что при обогащении выход никеля из руд первого в два раза выше.

4. При обогащении руд затраты на получение металлов ниже, чем при их прямой переработке в плавке, хотя выпуск их снижается. При решении задачи с критерием прибыль лучшие варианты отличаются тем, что при двухступенчатой переработке руд "Северного" выпуск никеля уменьшается на 2 % в год, а прибыль увеличивается на 20,6 %.

При решении задачи с критерием, включающем приведенные затраты, выбирается одинаковое значение целочисленного вектора. Но вариант с обогащением руд "Северного" дает эффект на 14 % больше (прибыль на 21,5 % выше).

5. Расчет проекта плана с автоматическим выбором технологической цепочки показал, что лучшим является вариант с обогащением руд. Это определяется выбором экономического критерия. Если бы задача решалась на максимум выпуска металла, предпочтение отдавалось бы вариантам с прямой плавкой руд.

6. Оптимизация плана при утвержденных в кондициях бортовых содержаниях дает выход никеля на 3 %, а прибыль на 24 % ниже, чем при рассчитанных бортовых содержаниях, которые повышены для „Семилетки“ и „Котсельваары“.

При статической постановке задачи не оцениваются и не учитываются потери металла в недрах и не рассчитывается суммарный эффект от эксплуатации месторождений за весь срок службы. Тем не менее, оптимизация плана на основе предлагаемой модели даже при утвержденных бортовых содержаниях дает увеличение прибыли примерно на 4 %. При пересмотре кондиций эффективность решений увеличивается в пять раз.

Следует отметить, что традиционная статическая постановка задачи дает приближенное решение по эффективности эксплуатации сырьевых ресурсов. Более полно потенциальный экономический эффект использования оконтуренных при найденном бортовом содержании запасов в принципе может быть выявлен при постановке динамической задачи, охватывающей 15–20 лет и рассматривающей все эксплуатируемые и подлежащие освоению месторождения данного металла (группы металлов).