

*Б.Н. Лузгин*

### **Эколого-экономические аспекты оценки комплексных руд**

Оценка комплексных руд до настоящего времени проводится почти исключительно с технико-экономических позиций, однако резко возросшее металлическое загрязнение окружающей среды заставляет обратить особое внимание на необходимость разработки приоритетных экологических требований к минеральному сырью.

Экономические требования к качеству руд давно представляются естественными и необходимыми. Они достаточно полно разработаны и в этом отношении являются наиболее обоснованными среди соответствующих экономических оценок других групп естественных природных ресурсов [1]. А.А. Минц, анализируя понятие и сущность оценок природных ресурсов, относительно противопоставлял минерально-сырьевые запасы лесным, земельным и водным как невозобновимые, преимущественно одноразового использования и целенаправленного промышленного назначения. Эта противоположность условна, так как есть, несомненно, справедливое представление В.И. Вернадского о воде как минеральном образовании [2]. Мы знаем, что процесс рудообразования продолжается и в настоящее время, и поэтому руды частично возобновимы. Некоторые металлы, добываемые из руд, имеют многоцелевое использование и не только промышленное. Известно, что любая данная оценка не имманентна ее объекту.

Согласно мнению А.А. Минца, при едином подходе к принципам экономической оценки природных условий и самих естественных ресурсов возможна разработка таких отдельных видов оценок, как поэлементная, оценка различных территориальных сочетаний и оценка природных условий жизни населения. Он предложил следующую последовательность этапов при оценке естественных ресурсов: первый – естественно-историческое изучение; второй – выдвижение технически возможных вариантов освоения; третий – отбор экономически приемлемых вариантов с последующим принятием решения об использовании ресурсов.

Целесообразность эксплуатации полезных ископаемых определяется в настоящее время их кондициями, которые носят исключительно экономический характер [3]. Они учитывают масштабы оруденения,

минимально промышленные содержания полезных компонентов, минимально промышленные мощности рудных тел и максимальные мощности безрудных прослоев, включаемых в контуры запасов. Все это и обуславливает разделение общих запасов руд данного месторождения на балансовые (подлежащие отработке) и забалансовые (не удовлетворяющие данным экономическим требованиям).

Экологические же требования по существу до сих пор практически не учитывались. Отношение к экологии не только в нашем обществе [4], но и в мире [5] было неосознанно пренебрежительным.

При оценке водных ресурсов чрезвычайно важное значение придается их чистоте и, соответственно, загрязненности, и при оценке других естественных минеральных ресурсов к ним должны предъявляться подобные же требования. Плата за воду включает оплату необходимого ее качества, и точно так же оплата за любой другой вид полезного ископаемого должна подразумевать цену именно качественного продукта, такого, который должен соответствовать и экологическому императиву. К сожалению, случаи с антропогенным загрязнением, например, соленосных морских и озерных месторождений становятся для нас обычными. Нарушено нормальное функционирование крупнейшего природного "завода" по промышленному выпуску солей в Карабугазгольском заливе Каспийского моря. Практически почти загублена солевая кладовая Сибири на Алтае, снабжавшая когда-то солью все население региона от Урала до Тихого океана.

Если как наиболее острая фигурирует проблема комплексности использования водных ресурсов (что абсолютно верно), то подобная же проблема с той же очевидностью должна быть определена для всей минеральной базы вообще. Комплексность использования месторождений полезных ископаемых – это "извлечение из недр ... для нужд народного хозяйства не только главных компонентов полезного ископаемого, но и всех сопутствующих ему ценных примесей, а также использование попутно добываемых горных пород, газов, вод, отходов при переработке полезного ископаемого и т.п." [6, с. 346].

Но мы, безусловно, обманываем себя, когда утверждаем, что "комплексное использование ресурсов является основным принципом безотходного производства" [7]. *Во-первых*, объем отходов при извлекаемых количествах целевых металлов в первые, десятые и даже сотые доли процентов от рудной массы слишком велик, чтобы отвечать необходимым для местных производств потребностям. *Во-вторых*, практика их использования буквально изобилует примерами загрязнения цементно-панельных изделий жилищного строительства радиоактивными примесями, значительно превышающими ПДК по радону, и т.п.

Можно бесконечно иллюстрировать случаи загрязнений поселков и дорог при использовании для благоустройства материала отвалов штолен, которые вызывают значительные превышения ПДК по ртути на ртутных рудниках, по меди и ртути на золоторудных производствах, где медь накапливается в хвостохранилищах в качестве неизвлеченного продукта, а ртуть — как вещество, используемое в технологии извлечения золота [8]. Нам представилась возможность показать, что в процессе хранения технологических отходов полиметаллического производства в Рубцовском районе Рудного Алтая происходят значительные перегруппировки тяжелых и токсичных элементов в отвалах, отстойниках и потоках подтопления рудничными водами, с попеременным обогащением подобных продуктов перемещения рудоносных отходов медью, свинцом, цинком, а также высокотоксичным кадмием [9].

Трудно предполагать, что достигнутые "высокие технологии" в горном и обогательном деле приспособлены или могут быть приспособлены для извлечения из руд всех ценных, а также токсикогенных элементов. Экологический анализ современных, в том числе мирных технологий привел Б. Коммонера [10] к выводу о существенной ущербности их с экологических позиций.

Самые разнообразные технологии обогащения и извлечения металлов (гравитационные, флотационные, возгонки, выщелачивания и т.п.) мало приспособлены для безотходного процесса. Так как технологии разрабатываются под определенные задачи и условия, никто и никогда не пытался разработать методы полного извлечения таких широко распространенных элементов, как железо, марганец, алюминий, из руд, содержащих эти компоненты в количестве десятков процентов. Даже разработки идиологов ценностей — золота, платины, серебра и других благородных металлов — чрезвычай-

но далеки от полного извлечения.

Все обогачительно-извлекающие технологии базируются на существенных отличиях в физических и химических свойствах извлекаемых минеральных компонентов; поэтому нет и в принципе не может быть универсальных технологий.

Оценка комплексности руд заключается не столько в определении всех потенциально извлекаемых компонентов, в установлении выхода и извлечения целевых (определяющих тип руд) металлов, выделении побочных полезных продуктов, но и в выявлении комплекса неизвлекаемых примесей, с учетом их химической активности, инертности и токсичности. В этом отношении оценка рудного комплекса в принципе подобна детально разобранным А.А. Минцем [1] проблеме территориального сочетания естественных ресурсов с общим ее направлением — оценкой отдельных элементов в сочетании, оценкой сочетания по сравнительной эффективности использования и оценкой природного потенциала.

Следовательно, комплексные руды могут быть не только ресурсом эффективного и многоцелевого назначения, но и служить источником рассеяния токсичных элементов. Это зависит от набора включаемых в комплекс компонентов, уровня развития соответствующих технологий, совместимости приемов обогащения и извлечения, полноты раскрываемости соответствующих рудных минералов, степени извлечения и объемов выхода концентратов и от ассортимента извлекаемых и неизвлекаемых элементов. Поэтому вместо пропаганды необходимости полного извлечения всех полезных компонентов целесообразно отчетливо и ответственно осознать чрезвычайную сложность использования многих комплексных руд.

В частности, подобные проблемы в очень острой форме возникают при анализе возможности и целесообразности освоения полиметаллических месторождений Юстыдского рудного поля в Юго-Восточном Алтае на хребте Чихачева [11]. Особенно это относится к типоморфным объектам каракульского и озерного типов.

Здесь, в районе Кызылчинского полиметаллического месторождения, В.Н. Трощенко установил совмещение в одних и тех же разломах свинцово-цинковых и ртутных рудопроявлений, связанных с единым гидротермальным процессом [12]. Л.П. Зеликовский на Верхне-ТалдыдюрGUNском ртутном участке, расположенном в зоне глубинного Чаган-Узунского разлома, обнаружил, что проявления арсенопирита, галенита, анти-

монита и киновари локализуются в одних и тех же разломных структурах, отражающих их единые генетические связи [13]. Э.Г. Дистанов и А.А. Тычинский выделяли медно-свинцово-цинковую (с кобальтом и висмутом) рудную формацию как наиболее характерную для Горного Алтая [14]. Л.А. Михалева к типоморфным элементам-примесям этой формации относит Bi, As, Sb, Cr, Ni, Co, Cd, Se, Ag и др. [15]. Р.В. Оболенская считает флюоритовую, свинцово-цинковую и ртутную минерализацию района рядом парагенетически связанных рудных формаций [16]. А.С. Митропольский и Н.А. Кулик выделяют в зонах юной мезозойской активизации Горного Алтая висмут-никель-кобальтовое оруденение [17]. В.А. Кузнецов и другие, анализируя ртутные месторождения района, отмечают присутствие в них значимых количеств сульфосолей серебра, наличие Se и Cd [18]. В.И. Лебедев и В.Г. Тюлькин зафиксировали размещение в общей рудоконтролирующей структуре кобальтовых и ртутных проявлений, обусловленных развитием палеозойско-мезозойской тектономагматической активизации, геохимическая

зональность которых может быть выражена в рядах: Co, As, S-Cu, As, S (Co, Bi, Ag, Ni)-Fe (Co, Cu) S-Hg (Cu, Co, Ni, Pb) S-HgS [19]. А.А. Оболенский вслед за В.А. Кузнецовым развивал идею генетических рядов рудных формаций, которые в интересующем нас районе имеют следующий вид: Ni, Co, As-Pb, Zn-CaF<sub>2</sub>-Ag, Sb, S-Hg [20]. Наконец, Р.В. Оболенская к типоморфным для мезозойской минерализации юго-востока Горного Алтая относит редкие земли цериевой и иттриевой групп, а также Sr, Hf и некоторые другие химические элементы. Таким образом, здесь выявлен обширный спектр разнообразных комплексных рудопроявлений. Причем размещение отдельных элементов в рудной зоне отличается непостоянством и трудно поддается прогнозу.

В этом отношении достаточно показателен пример Каракульского кобальтово-медного месторождения. Границы наиболее детально опробованного здесь одного из основных условных рудных тел не совпадают при его оконтуривании по каждому из четырех ведущих компонентов — Cu, Co, Bi и WO<sub>3</sub> (рис. 1).

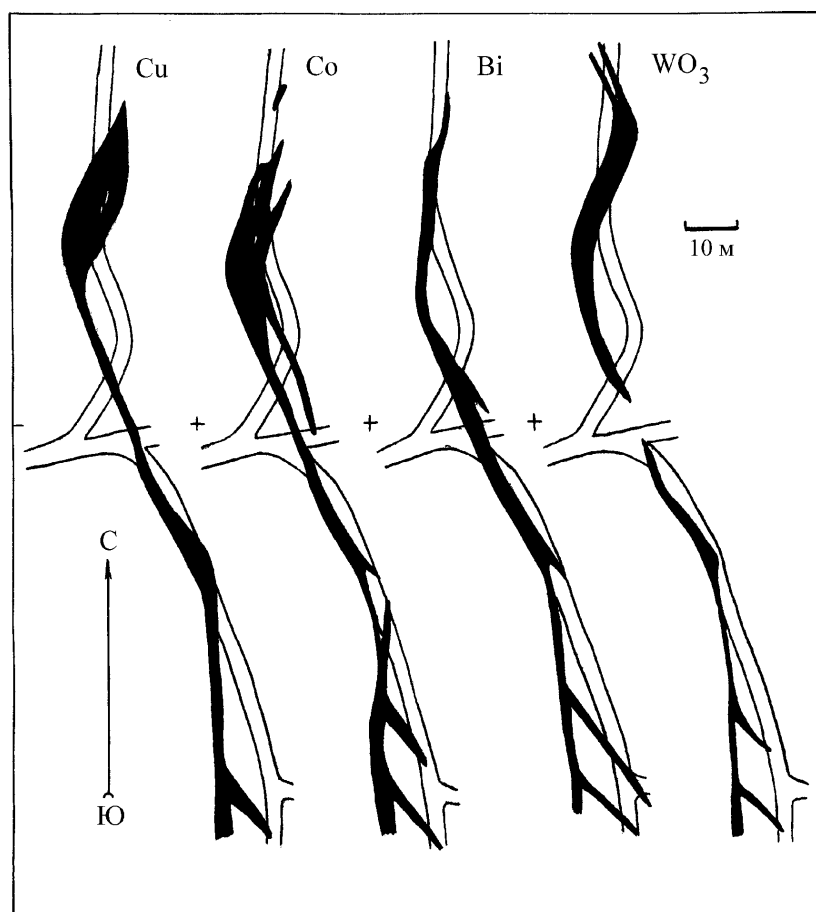


Рис. 1. Контуры медного, кобальтового, висмутового и вольфрамового оруденения по комплексному рудному телу Каракульского месторождения (по данным детального опробования горизонта штольни 1)

На ряде месторождений озерного типа (Асхатинском, Озерном, Коксаирском, Янтауском) при весьма значительных вариациях состава слагающих руды элементов, содержание токсичных компонентов — As, Sb, Hg, Pb, Co, Ni и других — равно или превышает объем ведущих целевых металлов — Ag, Cu, Bi; причем содержание главного элемента этих руд — серебра — уступает сумме содержаний сопровождающих его элементов в 100-200 раз (для Коксаирского рудного поля в 133,6 раза). Сравнение данного комплекса руд серебряно-сурьмяной формации района с токсичными комплексами и уровнями загрязнений, приводимое П.В. Елпатьевским, говорит само

за себя (рис. 2) [21, 22]. Очевидно, в подобных случаях перед освоением этих комплексных месторождений решающими должны быть не только экономико-геологические факторы, не только специально разработанные и совершенные технологические схемы, но прежде всего экологические экспертные оценки. Тем более, что согласно лабораторным исследованиям результаты выхода и извлечения ряда учитываемых металлов должны отвечать значительно более высоким значениям. В экологическом отношении куда целесообразней получать серебро в качестве побочного продукта при эксплуатации полиметаллических руд на месторождениях Рудно-Алтайской провинции.

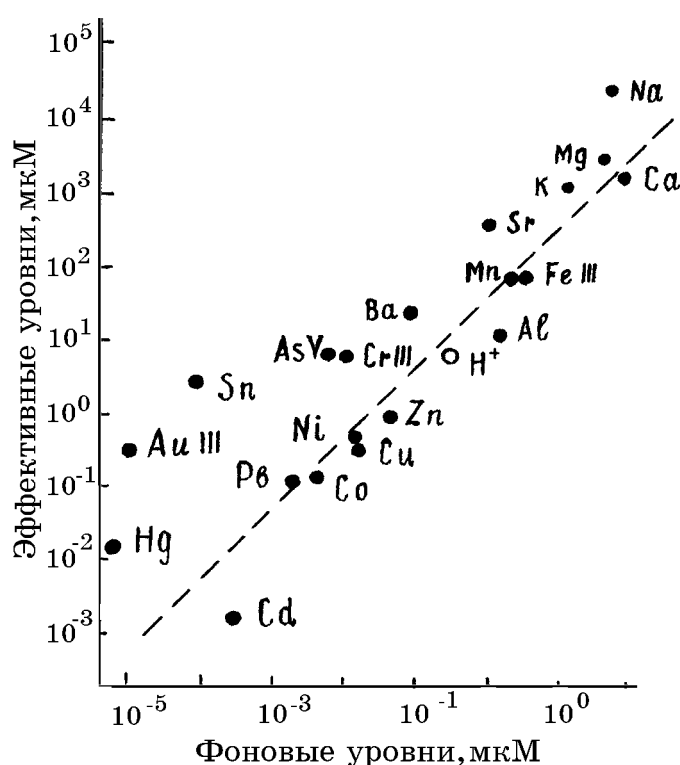


Рис. 2. Зависимость токсичных для *Daphnia magna* уровней металлов и фоновых концентраций для вод олиготрофного озера (приведено по [22])

Учитывая загрязненность тяжелыми и токсичными металлами современного мира, здесь особенно неуместна ориентировка на существующие кондиции рудного сырья. Необходимость экологического подхода к использованию комплексных руд очевидна.

По нашему мнению, последовательность этапов оценки природных ресурсов, предложенная А.А. Минцем [1], должна быть дополнена экологическим анализом и в об-

щем случае будет выглядеть следующим образом:

- 1 — естественно-историческое изучение объекта;
- 2 — оценка экологических аспектов;
- 3 — анализ технических вариантов освоения;
- 4 — отбор экономически рациональных вариантов.

## Литература

1. Мишц А.А. Экономическая оценка естественных ресурсов (Научно-методические проблемы учета географических различий в эффективности использования). М., 1972.
2. Вернадский В.И. Избранные сочинения. Т. 5. М., 1960.
3. Смирнов В.И. Подсчет запасов месторождений полезных ископаемых. М., 1960.
4. Лузгин Б.Н. Перспективы деидеологизации естественных наук (на примере экологии)//Известия Алтайского государственного университета. Барнаул, 1996.
5. Уорд Б., Дюбо Р. Земля только одна. М., 1975.
6. Геологический словарь. Т. 1. М., 1973.
7. Защита окружающей среды от техногенных воздействий/Под ред. Г.В. Невской. М., 1993.
8. Лузгин Б.Н. Экологические проблемы: Земля, Россия, Алтай. Ч. 2. Бийск, 1995.
9. Лузгин Б.Н., Комаров С.А. Антропогенное металлическое загрязнение Рубцовского горнорудного района на Алтае//География и природопользование Сибири. Барнаул, 1997.
10. Коммонер Б. Замыкающийся круг. Природа, человек, технология. Л., 1974.
11. Лузгин Б.Н. Дайковые комплексы и оруденение Юстыдского рудного района Горного Алтая//Геология и геофизика. 1989. N 4.
12. Трощенко В.Н. Некоторые особенности геологии и генезиса ртутных месторождений северной окраины Чуйской степи в Горном Алтае//Геология рудных месторождений. 1962. N 5.
13. Зеликовский Л.П. О соотношении арсенипиритового, галенитового и сурьмяно-ртутного оруденения в Чаган-Узунском рудном поле на Алтае// Известия вузов. Сер. геология и разведка. 1964. N 4.
14. Дистанов Э.Г., Тычинский А.А. Рудные формации свинцово-цинковых полиметаллических месторождений Алтае-Саянской складчатой области//Эндогенные формации Сибири и Дальнего Востока. М., 1966.
15. Михалева Л.А. Мезозойская лампрофир-диабазовая формация юга Сибири. Новосибирск, 1971.
16. Оболенская Р.В. Чуйский комплекс щелочных базальтоидов. Новосибирск, 1971.
17. Митропольский А.С., Кулик Н.А. Висмут-никель-кобальтовая минерализация в зонах мезозойской активизации Горного Алтая и Западной Тувы//Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. XI. М., 1975.
18. Кузнецов В.А., Васильев В.И., Оболенский А.А., Щербань И.П. Геология и генезис ртутных месторождений Алтае-Саянской области. Новосибирск, 1987.
19. Лебедев В.И., Тюлькин В.Г. Кобальтовые рудные формации//Рудные формации Тувы. Новосибирск, 1981.
20. Оболенский А.А. О генетических рядах рудных формаций низкотемпературных гидротермальных месторождений Монголии//Эндогенные рудные формации Монголии. М., 1984.
21. Борисенко А.С., Павлова Г.Г., Оболенский А.А., Лебедев В.И., Бедарев Н.П., Боровиков А.А., Дышук М.Ю., Коляда А.Я., Морцев Н.К. Серебросурьмяная рудная формация. Новосибирск, 1992.
22. Елпатьевский П.В. Геохимия миграционных потоков в природных и природно-техногенных системах. М., 1993.

