УДК 553.04: 622.33.017

В.А.САЛИХОВ
Новокузнецкий государственный политехнический университет

О.С.КРАСНОВ
Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геолого-разведочный институт, Санкт-Петербург

ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЦЕННЫХ ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ В УГЛЯХ КУЗБАССА

Рассмотрены геолого-экономические аспекты переработки техногенных месторождений на примере извлечения ценных металлов из золошлаковых отходов в Кузбассе. В качестве критериев геолого-экономической оценки металлов, согласно рекомендациям рамочной классификации ООН «запасы/ресурсы» использованы геологический, технологический и экономический параметры. Исходя из степени геологической изученности, наличия промышленных технологий извлечения металлов и степени спроса на них, запасы ряда ценных металлов в золошлаковых отходах Кузбасса можно оценить как потенциально-экономические, т.е. перспективные для извлечения в кратко- и среднесрочной перспективе.

The geology-economic aspects of processing coal industry waste with recovering scarce metals from ash-slag waste in Kusbas are considered in the report. Geological, technological, and economic conditions are used as criteria for geology-economic assessment of the scarce metals according to the recommendations of UN reserve/resources classification. Based on the level of exploration, the presence of technologies for recovering scarce metals and the level of their demand, reserves of a number of scarce metals in ash-slag waste in Kuzbas can be evaluated as potentially economical, i.e. promising for recovering in short and medium-term prospect.

В настоящее время состояние горнопромышленного комплекса страны характеризуется ухудшением горно-геологических условий отработки месторождений, резким ростом затрат на геолого-разведочные работы и усложнением возможностей их финансирования, обострением экологических и социально-экономических проблем в горно-добывающих регионах и т.д. В этих условиях геолого-экономическая оценка извлечения и переработки попутных ценных цветных и редких металлов из угля и угольных отходов является актуальной.

При оценке попутных компонентов углей согласно методическим рекомендациям, из всей группы цветных и редких металлов минимальное промышленное содержание рассчитывается только для германия. Для других металлов установлены достаточно высокие требования к их содержанию в углях. Как правило, эти металлы рассматриваются как объекты попутной или самостоятельной добычи, т.е. проводящейся независимо от отработки угля. В последнем случае оценка металлов производится в соответствии с требованиями к самостоятельным месторождениям соответствующего вида минерального сырья. Таким образом, для оценки возможности использования металлов важен выбор технологического варианта их извлечения, основанный на показателях имеющихся технологий, себестоимости и экономической целесообразности извлечения. Согласно теоретическим и практическим данным, интерес представляют металлы, содержащиеся в золе кузбасских углей (табл.1).

Таблица 1

Содержание ряда цветных и редких металлов в углях Кузбасса [5]

Металл	Содержание в углях, г/т	Концентрации, рекомендуемые к оценке, г/т	Максимальное содержание в золе, г/т	Кондиции для руд, %
Титан	100-500	500	5,6 %	10-15
Цирконий	100-300	500	3000	3
Медь	≤ 15	100	3700	0,5
Свинец	≤ 25	50	4800	2
Цинк	10-300	100	16000	1
Барий	200	1000	5800	1
Ванадий	≤ 50	100	5000	1
Вольфрам	≤ 3	100	1500	0,5-1
Бериллий	≤ 1	100	430	0,1
Ниобий	1-3	100	3000	0,1
Галлий	1-3	20	3000	0,04
Германий	≤ 1	10	2700	0,1

Таким образом, для совершенствования методики геолого-экономической оценки ценных металлов в углях Кузбасса необходимо учитывать характер их распределения в углях и золе, уровни их накопления и технологические возможности извлечения по наиболее оптимальному варианту, т.е. учитывать геологический, технологический и экономический параметры, а также социально-экологический эффект.

В первую очередь следует оценить уровни накопления ценных цветных и редких металлов по пластам. Эти результаты важны для подсчета запасов металлов при селективной или валовой выемке угля. При селективной добыче содержания металлов должны быть близки к кондициям для руд. Если металлы извлекаются параллельно сжиганию углей и улавливаются фильтрами, для них предел минимального содержания не устанавливается. При валовой добыче углей оценка содержания в них металлов должна проводиться согласно научно-методическим рекомендациям, что позволяет оценивать запасы металлов уже в золе углей. Минимальное содержание ценных металлов в граммах на тонну может рассчитываться при их извлечении из золы по формуле, рекомендуемой методическими требованиями для оценки попутных полезных компонентов в твердых полезных ископаемых,

$$C_{мин} = (З_п + Н_у)/(Ц_м К_и),$$

где $З_п$ – полные затраты на брикетирование, транспортировку и переработку золошлаковых отходов, руб./кг или руб./т; $Н_у$ – налоги, не входящие в структуру эксплуатационных затрат на единицу извлекаемого металла; $Ц_м$ – цена единицы извлекаемого металла, кг или т; $К_и$ – коэффициент извлечения металла.

После оценки содержания металла по пластам необходимо выбрать вариант их промышленного технологического извлечения с учетом капитальных вложений и эксплуатационных затрат по выбранному варианту и рассчитать экономические показатели проекта. На основании экономических расчетов формируется технико-экономическое обоснование проекта и создается документ, приемлемый для банков и инвесторов.

Экономические расчеты основываются на сложившихся в мировой практике принципах, изложенных в методических рекомендациях [2]:

1) моделирование потоков продукции, ресурсов и денежных средств, в пределах сроков реализации проекта или на период не менее чем в 2 раза превышающий срок предполагаемого займа;

2) определение экономического эффекта путем сопоставления ожидаемых интегральных результатов и затрат с ориентацией на достижение требуемой нормы дохода на капитал;

3) приведение ожидаемых разновременных доходов и расходов к условиям их соизмеримости по экономической ценности в начальном периоде с использованием процедуры дисконтирования;

4) учет результатов анализа рынков минерального сырья;

5) учет рисков, связанных с реализацией проекта.

Геолого-экономическая оценка попутных полезных компонентов углей должна также содержать по возможности подробные сведения о состоянии и структуре рынка минеральной продукции, в том числе о соотношении спроса-предложения (текущие и прогнозные), об основных потребителях продукции, о ценовых изменениях (прогноз цен), об условиях продаж и о правительственных регуляторах (объемы экспорта, тарифы).

Извлечение ценных металлов из золы предлагается производить на малых предприятиях, использующих наукоемкие технологии. Эти компактные производства могут быть созданы в составе угледобывающих предприятий на основе кооперации и технолого-экономических связей между энергетическими и горными предприятиями. В этом случае малые предприятия будут иметь финансовую поддержку, а также инновационные возможности для внедрения наиболее совершенных методов переработки техногенных месторождений ценных металлов. В настоящее время в Кузбассе наблюдается устойчивый рост угледобычи. Добыча угля с 2004 г. превышает 150 млн т. В то же время показатели угледобычи по отдельным предприятиям не стабильны. Сложные горно-геологические условия разработки месторождений, поломка техники и оборудования приводят к многодневным простоям, авариям и потерям. Диверсификация производства может обеспечить угледобывающим предприятиям дополнительную прибыль и повысить их финансовую устойчивость в условиях нестабильной работы в сложных горно-геологических условиях.

Основными предприятиями энергетической отрасли Кузбасса являются Южно-Кузбасская (г. Калтан), Томь-Усинская (г. Мыски), Беловская (г. Белово) и Кемеровская (г. Кемерово) ГРЭС, Западно-Сибирская, Кузнецкая (г. Новокузнецк), Кемеровская, Новокемеровская (г. Кемерово) ТЭЦ. Эти предприятия являются поставщиками тонкодисперсной золы уноса, шлака и золошлаковой смеси: ежегодно накапливается около 2,6 млн т отходов (табл.2).

Таблица 2

Золошлаковые отходы на территории Кемеровской области [3]

Предприятие	Объем отвалов, млн т	Площадь отвалов, га	Годовой выход золошлаковых отходов, тыс.т
Томь-Усинская ГРЭС	16,5	440	800
Южно-Кузбасская ГРЭС	1,8	–	400
Кузнецкая ТЭЦ	2,6	60	230
Западно-Сибирская ТЭЦ	6	–	530
Беловская ГРЭС	3,2	280	440
Кемеровская ГРЭС	3,5	82	100
Кемеровская ТЭЦ	1,4	–	100
Новокемеровская ТЭЦ	1	–	110

Годовой выход золы на энергетических предприятиях составляет сотни тысяч тонн; из нее можно получать несколько тысяч тонн концентрата для малых производств. Преимуществом метода термохлорирования является возможность получения губчатого или порошкового (после операции дробления) титана и циркония. Такие металлические продукты стоят значительно дороже. Кроме того, комплексное извлечение металлов из золы позволяет одновременно получать металлы ванадий, вольфрам и др., используемые в качестве легирующих добавок при производстве титановых и циркониевых сплавов. Из накапливаемых за год зольных отвалов ТЭС (в основном предприятий юга Кузбасса) можно извлечь не менее 100 т титана и циркония, 10 т ванадия, 1 т галлия и германия [1].

Следует особо отметить, что извлечение металлов из углей и отходов угольной продукции требует предварительной оценки содержания дефицитных металлов по пластам. Повышенные концентрации металлов приурочены к зонам слабофиксируемых малоамплитудных тектонических нарушений и зонам повышенной трещиноватости углей, с которыми связано повышенное метановыделение в горные выработки. Таким образом, предварительная оценка металлов по пластам и месторождениям позволяет повысить безопасность проведения работ и технико-экономические показатели угледобычи. Повышенные концентрации титана и циркония могут служить и индикаторами скоплений метана при проведении поисковых работ, необходимых для промышленной добычи метана. Подобный подход является проявлением комплексности и рациональности природопользования [4].

Разработка техногенных месторождений существенно улучшит экологическую ситуацию в области, где около 100 тыс.га земли заняты техногенными отходами. Это особенно важно в условиях подъема сельского хозяйства, увеличения урожайности зерновых и овощных культур. Кроме того, подобный подход к добыче цветных и редких металлов позволит сократить объемы геолого-разведочных и горно-добычных работ на особо охраняемых природных территориях (например, в Горной Шории).

Получаемые металлы могут быть востребованы в электротехническом машиностроении области, а также на машиностроительных, ферросплавных и других предприятиях Новосибирской и Иркутской областей, Красноярского края. Ряд ценных металлов (Ti, Zr, Ga, Ge) может быть востребован и на внешних рынках. Прибыль от их продажи можно уточнить

$$П = (ВК_В – З),$$

где П – прибыль от продажи конкретного дефицитного металла, руб.; В – выручка от продажи металла (объем производства × цена металла), руб.; З – общие затраты на производство металла, включая транспортные, руб.; $К_В$ – коэффициент востребованности металла.

Коэффициент востребованности редких и цветных металлов определяется на основе маркетинговых исследований рынков цветных и редких металлов.

Геолого-экономическая оценка ценных металлов, накапливаемых в золошлаковых отходах, проводится в матричной форме. Подобный подход основан на принципах рамочной классификации ООН «запасы/ресурсы». Последовательно оцениваются содержание исследуемого металла в угле или золе (высокое, среднее, низкое), наличие технологий его извлечения из золошлаковых отходов (промышленные, лабораторные, отсутствуют), область применения (широкая, узкая, отсутствует) и возможные объемы потребления металла (большие, малые, отсутствуют). Положительный ответ на предыдущий вопрос позволяет перейти к следующему. Варианты ответов (первый – третий) основаны на международной экономической оценке минерального сырья. Первый вариант ответа на все вопросы означает экономическую категорию ресурсов, второй вариант относит ресурсы к потенциально-экономической категории, а третий – к условно (или возможно) экономическим.

В основу геолого-экономической оценки дефицитных редких и цветных металлов в углях и отходах угольной продукции положен методологический подход, применяемый в современной рыночной экономике и предполагающий последовательную оценку объектов (с учетом их особенностей) на трех этапах

(рис.1): прединвестиционном (I), этапе технико-экономического обоснования (II) и этапе технико-экономического проектирования (III).

Предложенная методика геолого-экономической оценки ценных цветных и редких металлов, содержащихся в углях и в золошлаковых отходах, позволяет (с учетом рентабельности технологий) оптимизировать варианты извлечения дефицитных и высоколиквидных металлов из отходов угольной продукции (рис.2).



Рис.1. Геолого-экономическая оценка ценных металлов в углях разрабатываемых месторождений (на примере Кузбасса)

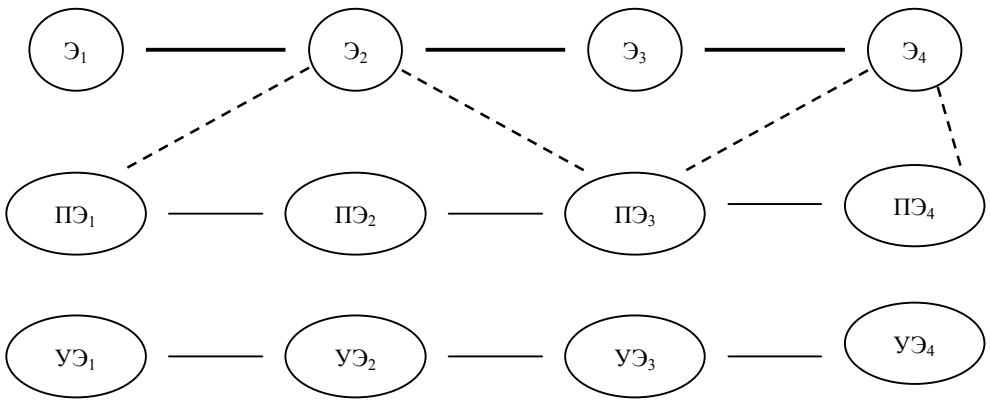


Рис.2. Оценка использования техногенных месторождений цветных и редких металлов с помощью квазиупорядоченного графа, подразделяющего запасы металлов на экономические (Э), потенциально-экономические (ПЭ) и условно-экономические (УЭ) по четырем параметрам: содержанию металлов в золошлаковых отходах, наличию технологий извлечения металлов, областям применения металлов, объемам потребления металлов (соответственно индекс 1, 2, 3 и 4)

В соответствии с изложенным подходом ценные цветные и редкие металлы, содержащиеся в углях в относительно небольших количествах и имеющие узкую область применения, могут быть оценены, например, по категории экономических запасов при наличии промышленных технологий извлечения этих металлов и при больших объемах потребления. Рассмотренный пример еще раз подчеркивает перспективность использования ценных цветных и редких металлов, содержащихся в золошлаковых отходах угольной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Краснов О.С.* Перспективы производства дефицитных цветных и редких металлов из угольных отходов в Кузбассе / О.С.Краснов, В.А.Салихов // Цветные металлы. 2007. № 8. С.8-11.

2. Методические рекомендациии по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция) / В.В.Коссов, В.Н.Лившиц, А.Шахназаров и др. М.: Экономика-2000, 2000. 421 с.

3. *Панова В.Ф*. Строительные материалы на основе отходов промышленных предприятий Кузбасса: Учеб. пособие / СибГИУ. Новокузнецк, 2005. 182 с.

4. *Салихов В.А.* Использование информационных и потребительских свойств полезных компонентов углей для повышения экономической эффективности угледобычи в Кузбассе / СибГИУ. Кемерово: Кузбассвузиздат, 2005. 152 с.

5. *Салихов В.А*. Научные основы и совершенствование геолого-экономической оценки попутных полезных компонентов угольных месторождений (на примере Кузбасса) / СибГИУ. Новокузнецк, 2007. 246 с.