

УДК 338.91(571.17)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАЛЫХ НАУКОЕМКИХ ПРОИЗВОДСТВ*(на примере Кемеровской области)**В. А. Салихов***THE DEVELOPMENT PROSPECTS OF SCIENCE INTENSIVE PRODUCTION***(in Kemerovo region)**V. A. Salihov*

В статье рассмотрены отдельные аспекты проблемы переработки техногенных месторождений, относящиеся к извлечению ценных цветных и редких металлов из золо-шлаковых отходов углей в Кемеровской области. Неустойчивый характер работы горных и металлургических предприятий подтверждают перспективность развития малых наукоемких производств по переработке техногенных отходов.

Some problem aspects of anthropogenic fields reprocessing by iron-reclaiming from ash-slag waste coal accumulated by energy enterprises in Kemerovo Region are described in this article. Unstable character of mining and metallurgical enterprises operation confirm the development prospect of small science intensive production by anthropogenic waste processing.

Ключевые слова: редкие металлы, техногенные месторождения, малые наукоемкие производства.

Keywords: rare metals, anthropogenic deposits, small science-intensive production.

Одним из вариантов повышения экономической эффективности промышленного производства является создание малых наукоемких предприятий. Успешная деятельность этих предприятий повышает экономические показатели развития народного хозяйства на местном, региональном и государственном уровне. Особенно актуальна проблема развития малых наукоемких предприятий в старых горно-промышленных районах (таких, как Кемеровская область), где преобладают города и поселки городского типа с монопрофильным развитием производства.

В Кемеровской области традиционно развиты отрасли производства горно-металлургического комплекса промышленности. В этих отраслях наблюдался рост в 2000-е гг., что объясняется устойчивым спросом и ростом цен на уголь и металлы. В условиях мирового кризиса, начиная с 2008 г., произошло падение спроса и цен на металлы, что, в свою очередь, привело к падению спроса и цен на коксующиеся угли. Высокие цены на энергетические угли, превысившие (в пересчете на тонну условного топлива) цены на природный газ, также привели к падению спроса на эту угольную продукцию.

В экономике Кемеровской области невелика доля малых предприятий (особенно наукоемких), невелики и объемы инвестиций в этот сектор экономики. Кемеровская область отстает от соседних Новосибирской и Томской областей по инновационной активности в экономике. Затраты на технологические инновации в Кузбассе в три – десять раз меньше, чем в других индустриальных регионах-аналогах [3]. Развитие малых наукоемких предприятий в Кемеровской области перспективно, в первую очередь, в рамках базовых отраслей – угольной и горнорудной промышленности, черной и цветной металлургии.

Технологическая и энергетическая политика угольной промышленности Кузбасса в настоящее время нацелена на повышение эффективности обра-

ботки пластов, с максимальным использованием положительных качеств угля и снижением влияния его отрицательных свойств на безопасность угледобычи и экологическую обстановку в регионе.

В этом направлении ведутся многочисленные работы: по дегазации и утилизации метана угольных пластов, глубокой переработке углей. Например, из энергетических углей получают моторное топливо, смазочные масла, полукокс (облагороженное бездымное топливо) и пр. Угли, подвергшиеся контактому метаморфизму при внедрении в угленосные отложения магматических тел, превратились в природные термоантрациты и пригодны для использования в электродной и металлургической промышленности. Из углей получают и углеродные адсорбенты (активные угли). Широкий спектр разнообразной продукции, получаемой при глубокой переработке углей, можно производить и на малых предприятиях.

Один из путей развития малых наукоемких предприятий связан с комплексным использованием металлов-примесей в добываемых углях, которые можно рассматривать как ценные и/или экологически вредные. Использование ценных металлов предполагает три варианта.

Первый вариант предусматривает сбыт товарных углей, отличающихся повышенными концентрациями ценных металлов, с удорожающим коэффициентом.

Второй вариант – извлечение металлов из углей, поскольку снижается качество традиционно используемых металлических руд. Наиболее рационально извлекать ценные металлы параллельно с промышленным сжиганием углей, так как золы уноса являются готовым концентратом ценных металлов.

Третий вариант – извлечение ценных металлов уже из золо-шлаковых отходов, что, помимо получения дополнительной минеральной продукции, также важно для улучшения социально-экологической обстановки в регионе.

В Кузбассе ежегодно накапливается до 15 млн т золо-шлаковых отходов (включая металлургические и другие предприятия), в том числе из 2,6 млн т ежегодного выхода золы и шлака на ТЭС области, 2,4 млн т. в виде золо-шлаковых смесей, способом гидроудаления отправляется в отвалы (в настоящее время их накоплено \approx 40 млн т. и не менее 20 млн т можно использовать в бетонах и растворах) [1].

С учетом относительно невысоких содержаний большинства цветных и редких металлов в углях,

практический интерес представляет извлечение ценных цветных и редких металлов из золо-шлаковых отвалов ТЭС, где их запасы могут составить тысячи т, десятки тысяч т и более (таблица 1). Ценные металлы можно также извлекать (с помощью фильтров) из зол уноса, где их содержание в 2 – 3 раза выше, чем в золоотвалах.

Таблица 1

Содержание ряда цветных и редких металлов в углях Кузбасса

<i>Металл</i>	<i>Среднее и максимальное содержание в углях, г/т</i>	<i>Концентрации, рекомендуемые к оценке, г/т</i>	<i>Среднее и максимальное содержание в золе, г/т</i>	<i>Кондиции для руд, %</i>
Титан	100 – 500	500	1100 – 5600	10 – 15
Цирконий	100 – 500	500	2296 – 3000	3
Медь	5 – 15	100	95,2 – 3700	0,5
Свинец	5 – 25	50	250 – 4800	2
Цинк	10 – 300	100	272 – 16000	1
Барий	50 – 200	1000	500 – 5800	1
Ванадий	10 – 50	100	154 – 5000	1
Вольфрам	1 – 3	100	45 – 1500	0,5 – 1
Стронций	100 – 500	1000	2294 – 2300	5
Ниобий	1 – 3	100	115 – 3000	0,1
Галлий	1 – 3	20	38,6 – 3000	0,04
Германий	0,5 – 1	10	14,1 – 2700	0,1

Практический интерес к комплексному использованию золы углей подкрепляется в последнее время совершенствованием и созданием новых технологических схем обогащения и извлечения элементов. В настоящее время имеется целый ряд технологических решений, позволяющих эффективно утилизировать некоторые виды золо-шлаковых отходов с целью извлечения из них полезных компонентов. Например, с помощью выщелачивания, можно извлекать золото, литий, ванадий, вольфрам, иттрий, редкоземельные и другие металлы. Так, из золо-шлаковых отходов энергетических бурых углей извлекается до 40 – 67 % титана, 45 – 77 % бериллия, 70 – 87 % меди, 50 – 81 % марганца, 74 – 84 % мышьяка, 48 – 60 % ванадия и 62 – 83 % галлия [4].

Себестоимость лабораторного извлечения металлов оценивается рядом исследователей на настоящий момент от нескольких тысяч руб. за 1 кг и более (например, 14 000 руб./кг – галлий, 3000 руб./кг – иттрий) [4]. При получении ценных редких металлов применяются дорогостоящие физико-химические методы (например плавление в вакуумно-дуговых и электронно-лучевых печах). Это подтверждают высокие цены на эти металлы (особенно на мировом рынке: галлий – 36000 руб. за кг., иттрий металлический около 30000 руб. за кг.). Учитывая относительно невысокую себестоимость лабораторного извлечения металлов из золо-шлаковых отходов, можно ожидать, что и производственная

себестоимость будет, по крайней мере, не выше, чем себестоимость традиционного получения этих металлов.

В целом дефицит минерального сырья, наличие лабораторных и ряда опытно-промышленных технологий извлечения металлов из зол (с гораздо меньшими энергозатратами по сравнению с силикатными рудами), а также достаточно высокие цены на металлы и металлическую продукцию, позволяют говорить о целесообразности извлечения ценных металлов из золных отвалов ТЭС.

Выбор оптимального варианта извлечения затруднен из-за отсутствия сейчас в РФ промышленных, рентабельных методов извлечения металлов из углей и их золо-шлаковых отходов. Одним из перспективных методов является способ восстановления хлоридов металлов магнием (извлечение металлов более 90 %). Гиредметом (Государственным институтом редкометаллической промышленности, г. Москва) разработан способ хлорирования лопаритовых концентратов, который в настоящее время внедрен в промышленность. В настоящее время разработаны технологические схемы извлечения редких металлов из доменных шламов и из отходов обогащения железных и полиметаллических руд [2].

Можно оценить и целесообразность извлечения металлов, отличающихся высоким содержанием в углях и золе углей, если апробирована сама возможность извлечения этих металлов из золы методом термохлорирования. Например, скорость образова-

ния титана или циркония составляет примерно 4 г/мин, концентрация этих металлов в углях до 500 г/т, в золе более 1000 г/т, а в концентрате золы – 5 кг/т и более. Металлы с меньшим содержанием будут иметь, как правило, и меньшую скорость извлечения.

Эти обстоятельства определяют годовые объемы требующихся зольных концентратов и получаемых металлов, расход электроэнергии и т. д. Производительность по переработке зольного концентрата – 0,05 т/час и около 2 тыс. т концентрата золы в год. Общий расход электроэнергии на переработку 1 т концентрата – 400 кВт./час [2].

Возможный объем производства металла ($V_{пр. м.}$) можно рассчитать по формуле:

$$V_{пр. м.} = C_{м.к.з.} \times V_{з.о.} \times K_n, \quad (1)$$

где $C_{м.к.з.}$ – содержание металла в концентрате золы, г/т;

$V_{з.о.}$ – объемы полученных зольных концентратов, т;

K_n – коэффициент извлечения металла из концентрата золы (доли ед.).

Эти данные позволяют (с учетом производительности в час, сутки, год) определить количество требуемого оборудования для получения металлов. При этом возможную производительность получения металлов можно определить из скорости образования металлов – кг/час (по данным из научной литературы).

Выручка от реализации металлов (B_m) определяется по формуле:

$$B_m = \sum C_i \times V_{пр. м. i}, \quad (2)$$

где C_i – цена i -го получаемого металла, руб./т или руб./кг;

$V_{пр. м. i}$ – объем i -того получаемого металла, т или кг.

При расчете себестоимости конкретного металла надо учитывать общие производственные затраты по получению металлов, общий объем получаемых металлов и удельный вес конкретного металла в общем объеме получаемых металлов.

Цена на металл (1 т или 1 кг) определяется с учетом приемлемой нормы прибыли от его себестоимости.

В целом основные параметры извлечения ценных металлов могут быть следующими (таблица 2).

Определение экономического эффекта проводится путем сопоставления ожидаемой выручки от продажи металлов и затрат с расчетом балансовой и чистой прибыли по проекту. Экономический эффект проекта по извлечению ценных металлов из золошлаковых отходов углей окончательно должен определяться с учетом емкости внутренних и внешних рынков металлов, а также с учетом коммерческих (снижение цен, объемов продаж, противодействие конкурентов) и финансовых (неплатежи, неоптимальное распределения финансовых ресурсов, большие объемы инвестиций в проект) рисков.

Приведение в расчетах ожидаемых разновременных доходов и расходов к условиям их соизмеримости по экономической ценности в начальном периоде проводится с использованием процедуры дисконтирования.

Предварительная оценка показывает, что объем производства может составить более 30 т редких металлов в год, из них – около 10 т Ti, Zr, Sr; > 3 т V, > 2 т Ga; < 1 т Nb, Ge. Капитальные затраты составят более 30 млн руб., а ежегодные затраты – более 9 млн руб. Выручка от получения этих металлов при переработке \approx 2 тыс. т концентрата составит около 70 млн руб. (в ценах 2000 г.). Расчет устойчивости проекта (ЧДД > 0, ИД > 1,5) показывает, что при увеличении капитальных и эксплуатационных затрат на 100 % и уменьшении выручки в 2 раза проект окупается за срок до 5 лет [5]. За последние 10 лет цены на цветные и редкие металлы выросли в 2 – 4 раза (таблица 3), а затраты в 1,5 – 2 раза (\approx 10 – 15 % в год).

Эти данные подтверждают неустойчивый характер рынка ценных цветных и редких металлов и перспективность развития именно малых наукоемких производств по извлечению ценных цветных и редких металлов.

Таблица 2

Показатели извлечения ценных металлов на хлораторе

Металл	Производительность извлечения, (кг/час)	Производительность извлечения, (кг/сутки)	Всего по поточной линии, (4 станка)	Всего в течение года, (кг), (350 р.д.)
Титан	0,25	6	24	8400
Цирконий	0,25	6	24	8400
Стронций	0,25	6	24	8400
Ванадий	0,1	2,4	9,6	3360
Галлий	0,075	1,8	7,2	2520
Ниобий	0,025	0,6	2,4	840
Германий	0,015	0,36	1,44	504
Всего	0,965	23,16	92,64	32424

Таблица 3

Изменение цен на металлы (2000 – 2010 гг.)

Металлы	Цена, \$/кг		
	2000 г.	2006 г.	2010 г.
Вольфрам	10	45	58
Ванадий	10	40	40
Стронций металлический	60	120	150
Медь рафинированная	2 – 2,5	7 – 11	7,2
Свинец	0,6 – 0,9	1,5 – 2	2,8
Цинк	1 – 1,3	3,5 – 4	2,4
Титан губчатый	10	20 – 25	10 – 15
Цирконий губчатый	25	30	20 – 25
Ниобий	60 – 75	230 – 240	250
Галлий	380 – 400	1200	915
Германий	825 – 1300	2500	1580

Дальнейшее развитие промышленности Кемеровской области, особенно металлургии и машиностроительного комплекса, требуют увеличения местной минерально-сырьевой базы (МСБ) черных, цветных и редких металлов. Конкурентоспособность горно-металлургических компаний определяется наличием собственной МСБ, сортаментом продукции, консолидацией отдельных производств. Потенциальной МСБ многих ценных цветных и редких металлов являются техногенные месторождения.

Согласно применяемому в экономической теории правилу ромба, конкурентоспособность малых наукоемких производств в Кузбассе будет успешной и перспективной из-за влияния четырех параметров (вершин ромба) – наличия родственных и поддерживающих отраслей (горно-металлургического комплекса), наличия условий для факторов производства (техногенных отходов, технологий извлечения металлов, оборудования), наличия спроса и наличия устойчивой стратегии развития региона.

Одним из вариантов развития малых наукоемких предприятий является создание компактных производств по переработке техногенных отходов и извлечению из них ценных металлов. Эти производства могут работать в составе крупных горно-металлургических компаний, на основе кооперации технолого-экономических связей между ними и энергетическими предприятиями. Таким образом, малые наукоемкие предприятия могут получать инвестиции для внедрения современных, инновационных методов извлечения металлов из техногенных месторождений, а также пользоваться определенными льготами.

Металлы, получаемые из золо-шлаковых отходов углей Кузбасса, могут быть востребованы в электротехническом машиностроении Кемеровской области, а также на машиностроительных, ферросплавных и других предприятиях субъектов СФО (Новосибирской и Иркутской областей, Краснояр-

ского края). Ряд ценных дефицитных металлов (таких, как Ti, Zr, Ga, Ge) могут быть востребованы на других российских рынках и, возможно, на внешних рынках. Прибыль от реализации металлов можно, с учетом возможных объемов и условий продаж металлов («спот», «фьючерс» и т. д.), определить по формуле:

$$\Pi = (V_1 \times C_1 + V_2 \times C_2 + V_n \times C_n) - Z, \quad (3)$$

где Π – прибыль от реализации металлов, руб.;

$V_1 - V_n$ – годовые объемы реализации сортов металлов, т или кг;

$C_1 - C_n$ – сортовые цены за единицу продукции, руб.;

Z – затраты на производство и реализацию металлов, руб.

Литература

1. Панова, В. Ф. Строительные материалы на основе отходов промышленных предприятий Кузбасса: учебное пособие / В. Ф. Панова. – Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2005. – 182 с.

2. Пермяков, П. Г. Процессы хлорирования в технологии переработки минерального сырья: учебное пособие / П. Г. Пермяков. – Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2000. – 76 с.

3. Программа экономического развития Кемеровской области на 2005 – 2010 гг.: офиц. текст. – М.; Кемерово, 2004. – 92 с.

4. Редкие элементы в углях Кузнецкого бассейна: монография / С. И. Арбузов [и др.]. – Кемерово, 1999. – 248 с.

5. Салихов, В. А. Научные основы и совершенствование геолого-экономической оценки попутных полезных компонентов угольных месторождений (на примере Кузбасса): монография / В. А. Салихов; СибГИУ. – 2-е изд., перераб. и доп. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2008. – 249 с.