

УДК 330.341.11 (571.17)

Н.И. Новиков, В.А. Салихов

**ОБОСНОВАНИЕ ФАКТОРОВ ДЛЯ СТИМУЛИРОВАНИЯ
ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕННЫХ ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ
ИЗ ЗОЛО-ШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ УГЛЕЙ, НАКАПЛИВАЕМЫХ
НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ
КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Обоснованы факторы, стимулирующие разработку золо-шлаковых отвалов энергетических предприятий, в которых могут содержаться значительные запасы ценных цветных и редких металлов. Приведены формулы расчета экономического эффекта по подобным проектам, позволяющие оценить возможные объемы получения ценных металлов, а также величину выручки и прибыли по проекту. Обоснованы перспективы использования цветных и редких металлов для промышленности Сибирского региона.

Ключевые слова: цветные и редкие металлы, золо-шлаковые отходы углей, экономический эффект, экологический эффект, суммарный эффект.

Развитие научно-технического прогресса, внедрение научных достижений в различных областях промышленности (авиационной, космической и т.д.) привели к увеличению потребности во многих цветных и редких металлах, но наиболее востребованы эти металлы в металлургической промышленности, где производится около 70 различных металлов, а также в машиностроительном комплексе. В последнее десятилетие мировая добыча возросла: ниобия – на 35%, тантала – на 15%, титана – на 32%, меди и сурьмы – на 30%, молибдена – на 24%, олова и бокситов – на 10%.

Ведущие места по добыче цветных и редких металлов занимают США, РФ, Канада, ЮАР и КНР. Главными производителями цветных руд являются также такие страны, как Чили, Перу, Боливия, Малайзия, Заир, Замбия, Казахстан, Узбекистан, Индия, Республика Корея, Гвинея, Ямайка, Бразилия, Индонезия, Ангола, Ботсвана, Финляндия, Германия, Великобритания.

При этом в экономически развитых странах, менее обеспеченных минеральным сырьем, наблюдается более полная структура металлургической отрасли (в том числе выплавка редких и стратегически важных металлов – титана, кобальта, тантала, германия), преобладание в структуре производственного цикла выплавки металлов средних и верхних стадий производства, большая и быстро растущая доля производства металлов из вторичного сырья. Возрастает значение транспортного, энергетического и экономического факторов. Производство цветных металлов в развивающихся странах в большей степени определяется сырьевым и энергетическим факторами. На территории этих государств часто расположены месторождения руд цветных металлов мирового значения (например, в Чили – медь, в Бразилии – бокситы, в Боливии – олово и т.д.). В структуре цветной металлургии этой группы стран

преобладают нижние стадии производственного цикла (добыча, обогащение и производство черного металла) [1. С. 26].

Анализ минерально-сырьевой базы (МСБ) цветных и редких металлов в Российской Федерации показывает, что РФ, несмотря на кризисные явления переходного периода, по-прежнему занимает ведущие места по запасам, добыче и потреблению большинства цветных металлов. В то же время следует отметить, что практически все месторождения цветных металлов России отличаются сложными географо-экономическими условиями эксплуатации, что снижает рентабельность их освоения. Как следствие, доля активных запасов снижается, из-за высоких цен на электроэнергию и транспортные перевозки более половины разведанных месторождений цветных и редких металлов нерентабельно. При этом в связи с постепенным подъемом отечественной промышленности к 2020 г. в стране прогнозируется рост потребления цветных металлов (примерно в 1,5–2 раза). Развития МСБ стратегических редких металлов требуют интересы национальной безопасности. К списку стратегических видов минерального сырья, утвержденному распоряжением Правительства РФ № 50 от 16.01.1996 г., из числа редких металлов отнесены литий, бериллий, ниобий, тантал, цирконий, германий, рений, скандий.

Таким образом, в настоящее время актуальна проблема обеспечения промышленности цветными и редкими металлами в РФ, которая усугубляется из-за сложной социально-экономической ситуации в стране [2. С. 7]. По потреблению металлов, особенно редких, Россия значительно отстает от развитых стран. При этом по мере стабилизации и роста экономики страны ожидается, что в период до 2020 г. рост потребности металлургических предприятий России в сырье будет обусловлен прежде всего увеличением спроса на металлопродукцию на внутреннем рынке (вследствие ожидаемого оживления производства в отраслях-металлопотребителях), при сравнительно стабильных объемах экспорта. Рост внутреннего потребления металлопродукции и рост ее экспорта возможны при поставках продукции так называемого четвертого передела (например, обработка цветных металлов, твердосплавная металлургия и т.д.).

Намечающийся рост производства в РФ подтверждает остроту и актуальность проблемы снабжения промышленности дефицитными металлами и предполагает в связи со снижением количества и качества разведанных руд увеличение мероприятий по комплексному использованию руд, а также по эксплуатации техногенных месторождений. При этом следует учитывать, что затраты на геолого-разведочные работы (ГРР) по рудным месторождениям могут составлять десятки миллионов рублей и более, а по техногенным будут на порядок меньше. Следует учитывать также огромные объемы накапливаемых техногенных отходов. Например, в РФ накоплено более 2 млрд т золы и шлаков ТЭС и металлургических предприятий [3. С. 209], а в Кемеровской области ежегодно накапливается около 3 млн т золо-шлаковых отходов (ЗШО). В настоящее время накоплено около 100 млн т золоотвалов. При этом запасы ряда ценных, дефицитных металлов (титан, цирконий, стронций, ванадий) в них могут составить тысячи и десятки тысяч тонн [1. С. 62]. Таким образом, обоснование эффективных путей их переработки – это важнейшая задача.

Первоначально необходимо оценить перспективы использования дефицитных металлов для обеспечения потребностей промышленности Кемеровской области, Сибири и РФ. Актуальность извлечения ценных металлов из углей и ЗШО углей определяется на основе анализа состояния минерально-сырьевой базы цветных и редких металлов в мире в целом и России в частности, анализа спроса и предложения на эти металлы на внутреннем и мировом рынках (рис. 1). Важным аспектом решения этой проблемы является и обоснование стимулов для ликвидации техногенных отвалов и улучшения экологической ситуации в горно-промышленных регионах России.

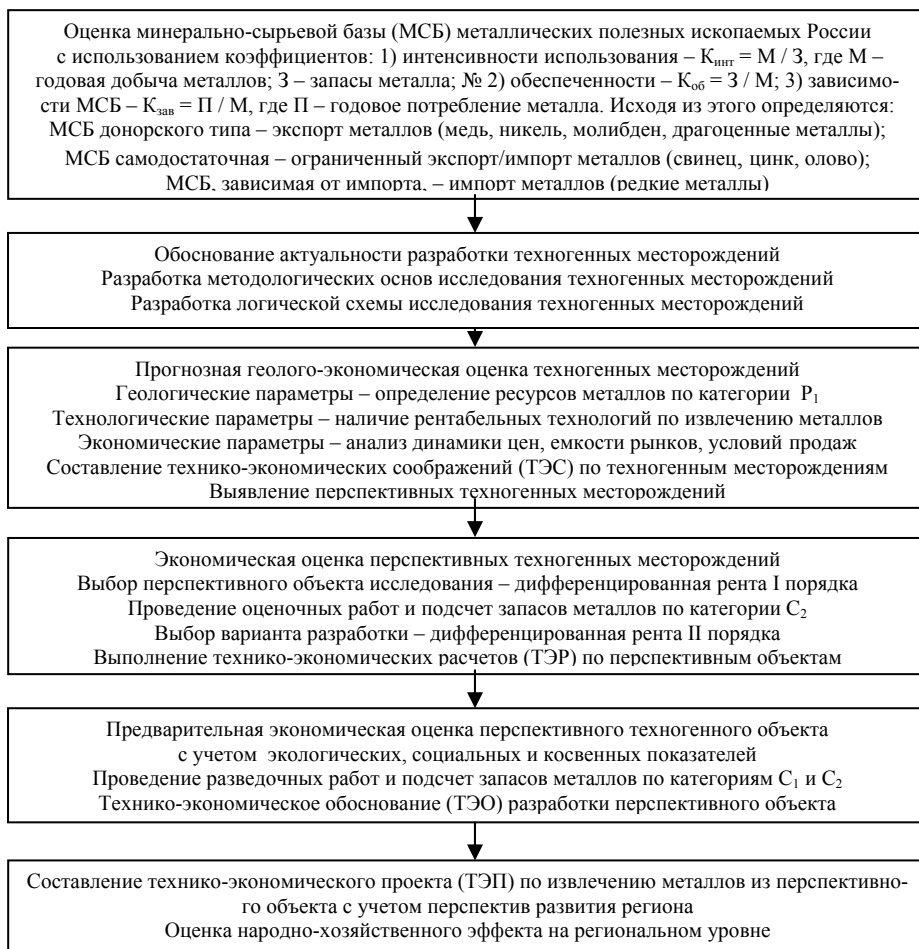


Рис. 1. Общие методологические подходы к изучению техногенных месторождений цветных и редких металлов

Целесообразность комплексного извлечения концентратов металлов или металлов из золо-шлаковых отходов углей должна проводиться в сравнении с рудными и другими техногенными объектами с учетом замыкающих затрат,

прибыли, стоимости месторождения, в сопоставлении затрат и цен на получаемые продукты (концентраты металлов или металлы), определения наиболее ценного продукта, под который разрабатывается комплексная, рациональная схема эксплуатации месторождения. К этому следует добавить, что при переработке ЗШО возможно также получение и дефицитных строительных материалов, а иногда именно такой продукт может быть наиболее ценным, но в любом случае получение нерудной продукции может существенно повысить рентабельность проектов по извлечению дефицитных металлов из ЗШО.

Количественные критерии для геолого-экономической оценки металлов, содержащихся в ЗШО углей, – это промышленные запасы металлов (подсчитанные по категориям C_1 и C_2); минимальное содержание условного металла, обеспечивающее комплексное и рентабельное их извлечение из объектов с учетом экологических требований (полная ликвидация отвалов, содержание вредных и токсичных металлов в переработанной золе не выше ПДК); динамика спроса и цен на цветные и редкие металлы.

Методика собственно экономической оценки ценных цветных и редких металлов, содержащихся в ЗШО, заключается в определении минимального содержания условного металла, обеспечивающего рентабельность проекта, среднегодового эффекта проекта с учетом рисков проекта, на основе дифференцированной ренты I (в сравнении с рудными месторождениями) и II (в сравнении методов извлечения металлов) путем ранжирования вариантов экономической эффективности их извлечения с помощью геологического, технологического и экономического параметров.

Обоснование рационального варианта проекта по комплексному извлечению ценных металлов из ЗШО должно проводиться с учетом оценки предполагаемых годовых объемов производства металлов и выручки, эксплуатационных и капитальных затрат. В результате с учетом вероятности рисков и значимости их влияния на проект выбираются оптимальные объект и метод извлечения металлов, рассчитывается экономический эффект, оценивается степень устойчивости проекта, а для его стимулирования необходимо также оценить народно-хозяйственный эффект на региональном уровне как сумму экологического, социального и косвенного эффектов.

Перспективы комплексного использования ценных цветных и редких металлов из ЗШО углей Кузбасса должны определяться на основе динамики потребления металлов в мире и РФ, а также на основе учета влияния факторов размещения горно-металлургического производства. Кроме того, должны учитываться перспективы социально-экономического развития региона (Кемеровской области), что позволяет определить конкретные направления использования дефицитных металлов на конкурентных рынках и оптимизировать варианты их извлечения. Оптимизация комплексного использования ценных металлов предполагает: геологическое доизучение техногенных объектов и перевод запасов металлов в категорию балансовых, повышение рентабельности проектов по извлечению дефицитных металлов из ЗШО, прогноз потребления металлов и перспектив социально-экономического развития региона.

Для принятия решения о вводе в разработку техногенного месторождения, представленного ЗШО энергетических предприятий, содержащих ценные металлы, необходим учет внешних, внутренних факторов и суммарного эффекта от реализации проекта (рис. 2).

В настоящее время имеется целый ряд технологических решений, позволяющих эффективно утилизировать некоторые виды ЗШО с целью извлечения из них полезных компонентов. С помощью выщелачивания можно извлекать золото, литий, ванадий, вольфрам, иттрий, редкоземельные и другие металлы. Из ЗШО энергетических бурых углей извлекается (от общего объема) до 40–67% титана, 70–87% меди, 50–81% марганца, 74–84% мышьяка, 48–60% ванадия и 62–83% галлия [3. С. 212].

В целом реализация проектов по использованию ценных металлов из золо-шлаковых отходов, накапливающихся при промышленном (в основном энергетическом) использовании углей, вызвана следующими факторами:

- накопление большого количества отвалов угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий является результатом экономически неэффективного использования добываемой угольной массы, что требует их вторичной переработки; складированные отвалы негативно воздействуют на окружающую среду;

- при энергетическом, металлургическом и коксохимическом использовании углей в атмосферу попадает много токсичных (таких как ртуть, мышьяк и т.п.) элементов, при этом их концентрация во много превышает допустимые ПДК.

Таким образом, экономическая причина попутного извлечения этих, одновременно вредных и целесообразных для использования, металлов подкрепляется экологическими требованиями.

Кроме того, следует учитывать и другие факторы:

- истощение запасов традиционных металлических руд и ухудшение горно-геологических условий эксплуатации рудных месторождений делают перспективными варианты добычи многих черных, цветных, благородных и редких металлов из золо-шлаковых отходов и даже из углей (например, германий, галлий, скандий);

- в настоящее время разработан ряд технологий, адаптированных к требованиям промышленности, позволяющих экономически эффективно проводить извлечение ряда ценных металлов из углей и угольных отходов;

- нестабильная экономическая ситуация, вызванная реформированием угольной отрасли, а также усложняющиеся горно-геологические параметры угледобычи заставляют искать нетрадиционные пути повышения эффективности работы угледобывающих предприятий.

Возможные объемы производства металлов и другие технико-экономические показатели по проекту можно оценить по представленной на рис. 2 логической схеме.

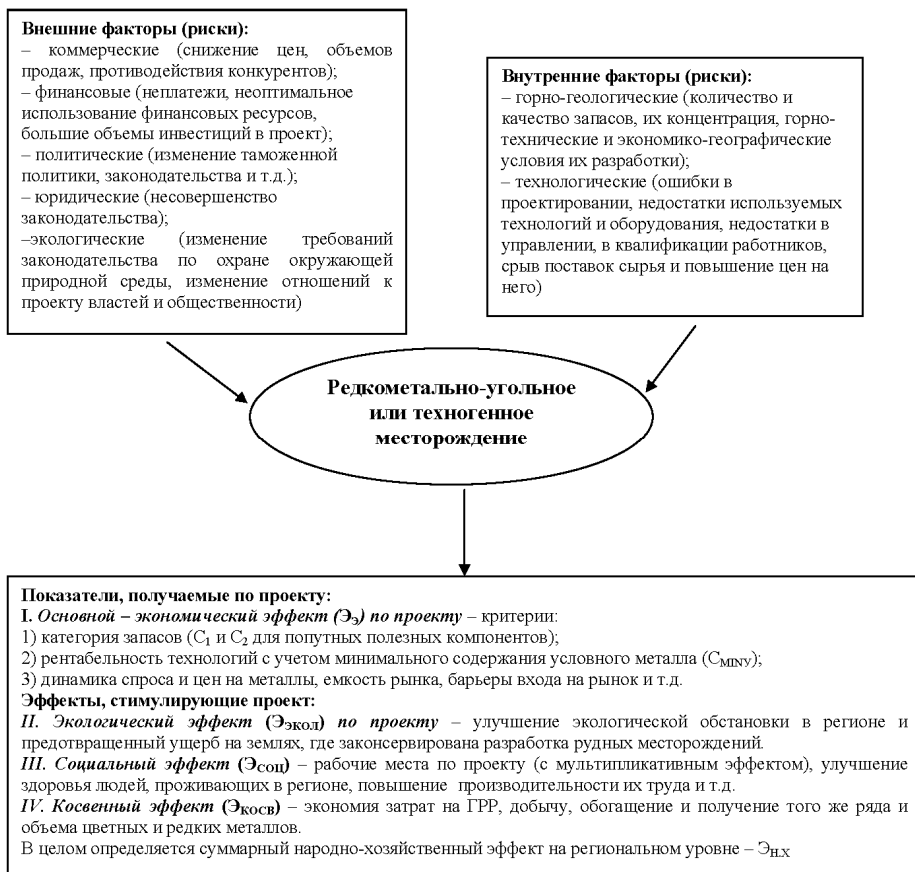


Рис. 2. Основные факторы (риски), влияющие на показатели извлечения цветных и редких металлов, содержащихся в ЗШО углей (техногенных месторождениях)

Примечание. Народно-хозяйственный эффект по проектам разнообразен. Это $\mathcal{E}_{эл}$ от продажи ЗШО, концентратов металлов или черновых металлов, а также строительных материалов. $\mathcal{E}_{экол}$ формируется от предотвращенного ущерба земельным и лесным ресурсам и от ликвидации отвалов. $\mathcal{E}_{соц}$ – это в первую очередь создание рабочих мест по проектам и сокращение за счет этого выплат пособий по безработице. Косвенный эффект показывает экономии средств на ГРП и на добычу, обогащение и получение металлов, но рудные месторождения содержат специфический, генетически обусловленный, меньший спектр металлов большего объема. Поэтому этот эффект в основном имеет теоретическое значение. Суммарный народно-хозяйственный эффект ($\mathcal{E}_{н.х}$) можно оценить по годам (t). При этом для каждого эффекта с учетом его специфики уточняется норма дисконта (E) по проекту:

$$\mathcal{E}_{н.х} = \sum \sum \mathcal{E}_э \times (1 / 1 + E)^t + \mathcal{E}_{экол} \times (1 / 1 + E)^t + \mathcal{E}_{соц} \times (1 / 1 + E)^t + \mathcal{E}_{косв} \times (1 / 1 + E)^t.$$

Определив среднее содержание металла в угле по пласту и среднее содержание металла в золо-шлаковых отходах после энергетического сжигания этого угля, можно будет оценить количество металла, переходящее в золу. Эта информация может быть полезна при формировании техногенных место-

рождений из золо-шлаковых отходов, получаемых из углей конкретных месторождений. Следует отметить, что эти техногенные объекты формируются из разных источников поступления углей. Кроме того, часть металлов улетучивается при сгорании, часть мигрирует из золоотвалов во внешнюю среду при различных физико-химических процессах. Значительными будут потери металлов и при их извлечении из ЗШО в концентрат.

Коэффициент выхода металла из золоотвалов в концентрат золы ($K_{в.к.з.}$) рассчитывается по соотношению:

$$K_{в.к.з.} = ((V_{к.з.} \times C_{м.к.з.}) / (V_{з.о.} \times C_{м.з.о.})) \times 100\%, \quad (1)$$

где $V_{к.з.}$ и $V_{з.о.}$ – объемы концентрата золы и объемы золоотвалов, т; $C_{м.к.з.}$ и $C_{м.з.о.}$ – содержание металла в концентрате и золоотвалах, т.

Коэффициент разубоживания $P = 100 - K_{в.}$. Содержание металла в концентрате можно увеличить за счет зол уноса, где оно может быть в 2 раза выше, чем в ЗШО.

Аналогично при наличии рентабельной промышленной технологии рассчитывается коэффициент выхода металла из концентрата в конечный продукт – черновой металл ($K_{в.к.п.}$):

$$K_{в.к.п.} = ((V_{к.п.} \times C_{м.к.п.}) / (V_{к.з.} \times C_{м.к.з.})) \times 100\%, \quad (2)$$

где $V_{к.п.}$ и $C_{м.к.п.}$ – объем конечного продукта (т) и содержание в нем металла.

В результате определяются объемы производства металлов в год, величины выручки, затрат по проекту и выбирается техногенный объект, разработка которого может дать большую прибыль и рентабельность. При этом критерий оптимальных расходов на опробование ЗШО – $K_{в.к.з.}$ или $K_{в.к.п.}$ – реальные, близкие к расчетным, позволяющие получать приемлемые: объем производства, выручку и прибыль по проекту.

Наиболее важным показателем экономической эффективности извлечения металлов из золоотвалов энергетических предприятий будет возможный объем производства металла ($V_{пр.м.}$), который можно рассчитать по формуле

$$V_{пр.м.} = C_{м.к.з.} \times V_{к.з.} \times K_{в.к.п.} \quad (3)$$

Например, среднее содержание титана по угольному пласту составляет 180 г/т. Среднее содержание титана в золе, по теоретическим источникам [4. С. 450], составляет 1100 г/т, т.е. содержание титана в золо-шлаковых отходах в этом случае увеличивается в 6,1 раза. Содержание титана в концентрате золы может быть выше в 3–5 раз и более, чем в ЗШО (т.е. около 5 000 г/т). Объемы получаемых за год концентратов из 200 – 1 000 тыс. т ЗШО могут составить, согласно прогнозным оценкам ряда исследователей, от 2 до 20 тыс. т [4. С. 465], а $K_{в.к.п.} \approx 0,9$. Тогда объем производства титана ($V_{пр. Ti}$) может составить

$$V_{\text{пр. Ti}} = 5\,000 \text{ г/т} \times 2\,000 \text{ т} \times 0,9 = 9 \text{ т.}$$

Эти данные позволяют (с учетом производительности) определить количество требуемого оборудования для получения металлов. Выручка от реализации металлов (B_M) определяется по формуле

$$B_M = \sum C_i \times V_{\text{пр. м. i}}, \quad (4)$$

где C_i – цена i -го получаемого металла, руб./т или руб./кг; $V_{\text{пр. м. i}}$ – объем i -го получаемого металла, т или кг.

Отношение производственных затрат по проекту к общему объему получаемых металлов позволяет определить себестоимость 1 т металла. При расчете себестоимости конкретного металла учитывается его удельный вес в общем объеме получаемых металлов. Цена на металл (Π) определяется с учетом приемлемой нормы прибыли (Π) от его себестоимости (C) ($\Pi = C / 1 - \Pi$). Прибыль от реализации продукции (Π_p) равна

$$\Pi_p = (B_M - Z_M) + (B_{\text{с.п}} - Z_{\text{с.п}}), \quad (5)$$

где Z_M – затраты на получение металла, тыс. руб.; $B_{\text{с.п}}$ – выручка от реализации сопутствующих продуктов (рассчитывается аналогично выручке от реализации металлов), тыс. руб.; $Z_{\text{с.п}}$ – затраты на производство сопутствующих продуктов, тыс. руб.

Сопутствующей продукцией могут быть, например, различные стройматериалы, получаемые из переработанных золо-шлаковых отходов.

В результате выбирается оптимальный вариант извлечения металлов из ЗШО. При этом должна учитываться рациональность схемы извлечения металлов, позволяющая извлекать максимальное количество металлов из золоотвалов и зол уноса в концентрат, а также оптимальность метода извлечения металлов из концентрата золы (желательно с помощью одной технологии получать наиболее широкий спектр черновых металлов).

Следует также учитывать, что будут различаться содержания и, следовательно, объемы производства металлов из так называемых «лежалых» и из «текущих» отходов. Производство металлов из «текущих» отходов может повышаться, например, за счет применения при золоудалении метода мокрой магнитной сепарации [3. С. 224; 4. С. 465]. Дополнительные объемы цветных и редких металлов могут также производиться из зол уноса, накапливаемых в фильтрах энергетических предприятий при промышленном сжигании углей.

Кроме того, рациональная схема переработки ЗШО должна увязывать производство рудной и нерудной продукции. При этом ряд нерудных продуктов может значительно повысить рентабельность проектов по переработке техногенных объектов, особенно если предполагается производство только концентратов металлов. В ряде случаев возможна даже продажа ЗШО, если их переработка нерентабельна. При этом получаемый социально-экологический эффект (улучшение экологической ситуации, снижение расходов на хранение техногенных отвалов, улучшение здоровья населения, со-

кращение выплат по больничным листам и т.д.) может сделать такое решение целесообразным.

Таким образом, народно-хозяйственный эффект может быть значительным, но при этом он имеет очень разнообразный характер. Это экономический эффект от продажи ЗШО, концентратов металлов или черновых металлов, а также строительных материалов. Это экологический эффект, который формируется в основном от предотвращенного ущерба земельным и лесным ресурсам, а также от ликвидации накопленных отвалов. Вместе с экологическим эффектом следует оценивать и социальный эффект. Социальный эффект – это в первую очередь создание рабочих мест по проекту (переработка техногенных отвалов) и сокращение за счет этого выплат пособий по безработице. В связи с оценкой комплексного эффекта может рассматриваться и косвенный эффект, в основном теоретически. Этот эффект показывает экономию средств на проведение геолого-разведочных работ и на добычу, обогащение и получение того же ряда и объема металлов, но рудные месторождения содержат специфический, генетически обусловленный, меньший спектр металлов большего объема. Он может применяться только в тех случаях, когда необходимо сравнить затраты на разработку комплексного рудного месторождения и техногенного месторождения. Тем не менее косвенный эффект также стимулирует разработку техногенных объектов.

В Кемеровской области традиционно развиты отрасли производства горно-металлургического комплекса промышленности. Весомый вклад в экономику страны и области вносят металлургические предприятия – Западно-Сибирский и Новокузнецкий металлургические комбинаты (ЗСМК и НКМК), Новокузнецкий алюминиевый завод, ОАО «Кузнецкие ферросплавы». Черная и цветная металлургия обеспечивают около 40% объема промышленного производства Кузбасса; 20% налоговых поступлений в областной бюджет и более 40% валютных поступлений. В цветной металлургии более 90% всей продукции в области обеспечивает пятое по величине предприятие в стране – Новокузнецкий алюминиевый завод. Активно работают угледобывающие компании, горно-рудные предприятия по добыче и переработке руд черных, цветных и благородных металлов. Сегодня Кемеровская область обеспечивает более 50% национальной добычи угля (в том числе 79% – коксующихся марок), более 50% экспорта углей (в основном также коксующихся марок).

Устойчивый экономический рост наблюдается с 2003 г. Главным образом он вызван подъемом в базовых отраслях промышленности. Например, высокими темпами идет рост угледобычи (в 2013 г. добыто 203 млн т угля). Рост в базовых отраслях, наблюдаемый в 2000-е гг., был связан с устойчивым спросом и ростом цен на уголь и металлы. За первое десятилетие XXI в. цены на уголь выросли в среднем в 10 раз, а цены на черные и цветные металлы – в 2–5 раз. В условиях мирового кризиса, начиная с 2008 г., произошло снижение спроса и цен на металлы, что, в свою очередь, привело к снижению спроса и цен на коксующиеся угли. В 2010–2011 гг. ситуация со сбытом угля стала улучшаться, а в 2012–2013 гг. ухудшилась. Этот пример уязвимости горно-металлургических предприятий перед внешними факторами подтверждает необходимость структурно-инновационных преобразований в экономике региона, в том числе за счет создания малых наукоемких производств.

Таким образом, в настоящее время рост производства происходит в основном в так называемых корпоративных секторах экономики, в которые входят крупные горно-металлургические компании (Евразхолдинг, СУЭК, «Русский алюминий» и др.). В то же время рост производства в машиностроении и других некорпоративных секторах экономики (легкая, пищевая промышленность, сельское хозяйство и т.д.) менее устойчив. В экономике 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 несколько раз меньше, чем в других индустриальных регионах-аналогах.

Учитывая тот факт, что промышленность Кузбасса является катализатором развития и остальных отраслей экономики, и социальной сферы области, необходимо сохранить и улучшить существующие тенденции роста промышленного производства, инвестиционной активности, что будет способствовать укреплению экономического потенциала Кемеровской области в последующие годы. Главное условие этого – структурно-инновационная перестройка экономики региона.

Одним из вариантов развития малых наукоемких предприятий в Кемеровской области является создание компактных производств по переработке техногенных отходов и извлечению из них ценных металлов. Эти производства могут быть созданы в составе горно-металлургических компаний на основе кооперации технолого-экономических связей между энергетическими и угледобывающими предприятиями. Малые наукоемкие предприятия получают финансовую поддержку для внедрения инновационных методов извлечения ценных металлов, а также государственную поддержку (например, налоговые льготы, льготные энергетические тарифы и пр.). Диверсификация производства повысит их финансовую устойчивость при нестабильной работе в сложных горно-геологических условиях. Конкурентоспособность производства в Кемеровской области будет перспективной из-за влияния четырех параметров: стратегии развития региона, спроса на цветные и редкие металлы, факторов производства (технологии, оборудование, сырье – отходы минеральной продукции), родственных поддерживающих отраслей (предприятия горно-металлургического комплекса).

Из накапливаемых за год золых отвалов (около 3 млн т) можно извлечь не менее 100 т титана, циркония, стронция, десятки тонн ванадия, галлия, несколько тонн ниобия, германия и ряда других редких металлов. Всего в Кемеровской области накоплено около 100 млн т ЗШО. Следует учитывать, что содержание многих металлов и в ЗШО недостаточно высоко для их рентабельного извлечения. Дальнейшее совершенствование рациональных схем и методов извлечения металлов должно быть основано на увеличении степени их комплексного извлечения с помощью инновационных технологий.

Таким образом, выручка от реализации металлов из золо-шлаковых отходов с учетом повышения коэффициента их выхода металлов и за счет расширения спектра их извлечения может увеличиться в несколько десятков и даже 100 раз. Например, если по проекту выручка составляет 150 млн руб. [1. С. 175], то в целом за год она может достигнуть 15 млрд руб. Metallurgical

ская продукция предприятий региона составляет 40% от ВРП (например, от 300 до 763,5 млрд руб. в 2011 г. [5]), т.е. производство металлов при переработке ЗШО может составить около 5% от всей получаемой металлопродукции региона.

При этом стоимость техногенных месторождений Кузбасса повышается из-за социального, экологического и косвенного эффектов. Их разработка существенно улучшит экологическую ситуацию в Кемеровской области, где около 100 тыс. га земли занято техногенными отходами, что важно в условиях подъема сельского хозяйства, увеличения урожайности зерновых и овощных культур. Кроме того, сократятся объемы ГРП и добычи на особо охраняемых природных территориях (например, в Кузнецком Алатау и Горной Шории).

Металлы, получаемые из ЗШО углей Кузбасса, могут быть востребованы на машиностроительных и металлургических предприятиях Кемеровской области, а также других субъектов СФО (Новосибирской и Иркутской областей, Красноярского края). Ряд дефицитных металлов может поставляться и в другие регионы. Прибыль от реализации металлов (Π_M) определяется с учетом возможных объемов и условий продаж (спот, фьючерс, СИФ и т.д.):

$$\Pi_M = (V_1 \times C_1 + V_2 \times C_2 + V_n \times C_n) - Z, \quad (6)$$

где $V_1 \div V_n$ – годовые объемы реализации сортов металлов, т или кг; $C_1 \div C_n$ – сортовые цены за единицу продукции, руб.; Z – затраты на производство и реализацию металлов, руб.

В целом результаты исследования проблемы экономической оценки ценных цветных и редких металлов, содержащихся в углях и золо-шлаковых отходах углей, позволяют сделать вывод о перспективности комплексного использования ряда цветных и редких металлов, содержащихся в золоотвалах, накапливаемых на энергетических предприятиях Кемеровской области. Запасы ряда этих дефицитных металлов можно оценить как потенциально экономические. При внедрении рентабельных технологий извлечения металлов из золо-шлаковых отвалов возможна оптимизация использования титана и циркония, а затем полиметаллов в комплексе со стронцием, галлием, германием и другими редкими металлами. Эти металлы с учетом первоначальных объемов их производства могут быть в первую очередь востребованы на металлургических и машиностроительных предприятиях Кемеровской области и Сибирского региона. При этом комплексное извлечение ценных металлов является одним из направлений формирования угольного кластера.

Литература

1. Салихов В.А. Экономическая оценка и комплексное использование попутных полезных компонентов углей и золо-шлаковых отходов углей (на примере Кемеровской области) / НФИ КемГУ. Новосибирск: Наука СО РАН, 2013. 224 с.
2. Чайников В.В., Гольдман Е.Л. Оценка инвестиций в освоение техногенных месторождений. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. 220 с.
3. Редкие элементы в углях Кузнецкого бассейна / С.И. Арбузов [и др.]. Кемерово, 1999. 248 с.

4. Скурский М.Д. Недра Земли. Кемерово: Кузбассвуиздат, 2006. 880 с.

5. Кемеровская область: объем ВВП вырос за год на 5,5 % [Электронный ресурс] // Альянс медиа. URL: <http://www.allmedia.ru/newsitem/asp?id=915257> (дата обращения: 18.12.2012).

N.I. Novikov, V.A. Salikhov

Department of Economics, Novokuznetsk Branch of Kemerovo State University, Novokuznetsk, Russia.

E-mail: economica@nkfi.ru

THE BASIS OF FACTORS TO STIMULATE THE EXTRACTION OF VALUABLE NON-FERROUS AND RARE METALS FROM ASH AND SLAG COAL WASTE ACCUMULATED BY POWER PLANTS IN THE KEMEROVO REGION.

Keywords: Non-ferrous and rare metals; Coal ash dumps wastes; Economic effect; Total effect.

Advancing scientific and technical progress, and new scientific achievements in various industries (aerospace, etc.), have led to an increased demand for many non-ferrous and rare metals, especially in the steel industry, which produces about 70 various metals, as well as in the engineering industry.

The planned increase in production in the Russian Federation confirms the severity and urgency of the problem of supplying the industry with scarce metals and suggests, in connection with a reduction in the quantity and quality of Proved Ore Reserves, an increase in activities for the integrated use of ores, as well as exploiting man-made deposits. It should also be taken into consideration that huge amounts of man-made waste have been accumulated. For example, more than 2 billion tons of ash and slag from thermal power stations and metallurgy enterprises have already been accumulated in the Russian Federation, and the Kemerovo region annually collects about 3 million tons of ash and slag waste (ASW). Currently, there exist about 100 million tons worth of ash dumps. At the same time, the reserves of a number of valuable, scarce metals (titanium, zirconium, strontium, vanadium) in these dumps could be thousands or tens of thousands of tons. Therefore, a basis for effective means of processing these waste reserves is an essential task.

Prospects for the integrated use of valuable non-ferrous and rare metals from the ASW of the Kuznetsk Coal Basin should be based on the dynamics of metal consumption in the world and the Russian Federation, as well as by accounting for the influence of factors from the distribution of mining and metallurgical production. In addition, the prospects for socio-economic development of the region (Kemerovo region) that allow for the designation of specific directions for the usage of rare metals in competitive markets and the optimization of options for their extraction should be considered. The optimization of the integrated uses of precious metals presupposes: the exploration of man-made objects and the transfer of metals reserves to the "balanced" category; an increase in the profitability of scarce metal extraction projects from ASW; and a prognosis for metal consumption and perspectives for socio-economic development in the region.

To make a decision about beginning to develop anthropogenic deposits, which result from the ASW of energy companies and contain precious metals, both external and internal factors, as well as the cumulative effect of the project's implementation must be taken into account. As a result, the optimal option for the extraction of metals from ASW can be selected. Additional considerations should be made for the rationality of the plan for metals extraction, allowing for the extraction of the maximum amount of metals from ash dumps and ash spillover into the concentrate, as well as the optimality of extraction method from the ash concentrate, preferably using the same technology in order to get the widest range of crude metals.

In addition, a rational plan for ASW processing must coordinate the production of metallic and nonmetallic products. However, a number of non-metallic products could significantly increase the profitability of man-made object processing projects, especially if one intends to manufacture only metal concentrates. In some cases, even the sale of ASW is possible if processing is unprofitable. In this case, the resulting social and environmental effect (ecological improvements, the reduction in the costs of storing man-made waste, improvements to the health of the population, a reduction in medical bills, etc.) could make such a decision sensible.

One of the options for the development of small high-tech enterprises in the Kemerovo region is to create compact plants to process man-made waste and extract valuable metals. They could be created as part of mining companies on the basis of technological and economic cooperative ties between energy and coal mining companies. Small high-tech companies would receive financial support for the use of innovative methods to extract precious metals, as well as government support (e.g., tax exemptions, preferential energy tariffs, etc.). The diversification of production will increase their financial stability in an unstable field in difficult geological conditions. The competitiveness of production in the

Kemerovo region is promising due to the influence of four parameters: the strategy of the regional development, the demand for non-ferrous and rare metals, production factors (technology, equipment, raw materials from the waste of mineral products), and related supporting industries (the mining and metallurgical complexes).

In general, the results of the investigation into the problem of the economic evaluation of non-ferrous and rare metals contained in coal and ash slag waste have led to a conclusion about the prospects for the integrated use of a number of non-ferrous and rare metals in ash dumps at energy plants in the Kemerovo region. The reserves of a number of these scarce metals can be assessed as potentially economical. By implementing cost-effective techniques to extract metals from ash and slag dumps, it is possible to optimize the use of titanium and zirconium, and later the use of polymetals in a complex with strontium, gallium, germanium and other rare metals. By taking into consideration the original production volume, there could be a demand for these metals in the metallurgical and machine-building enterprises in the Kemerovo region and Siberia. Thus, complex extraction of precious metals is one of the ways to create a coal cluster.

References

1. Salikhov V.A. *Ekonomicheskaya otsenka i kompleksnoye ispol'zovaniye poputnykh poleznykh komponentov ugley i zolo-shlakovykh otkhodov ugley (na primere Kemerovskoy oblasti)* [Economic Assessment and Complex Use of Accompanying Useful Components of Coals and Ash and Slag Wastes]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2013. 224 p.
2. Chaynikov V.V. *Otsenka investitsiy v osvoeniye tekhnogennykh mestorozhdeniy* [Evaluation of Investments in production induced fields]. Moscow, OOO 'Nedra-Biznestsentr' Publ., 2000. 220 p.
3. Arbuzov S.I., et al. *Redkiye elementy v uglyakh Kuznetskogo basseyna*. Kemerovo, 1999. 248 p.
4. Skurskiy M.D. *Nedra Zemli*. Kemerovo, Kuzbassvuzizdat, 2006. 880 p.
5. Al'yans media. *Kemerovskaya oblast': ob'yem VVP vyros za god na 5,5 %*. Available at: <http://www.allmedia.ru/newsitem/asp?id=915257> (accessed 18 December 2012). (In Russ.).

Поступила в редакцию DD.MM.2014

Received December DD, 2014

For referencing:

Novikov N.I., Salikhov V.A. Obosnovaniye faktorov dlya stimulirovaniya izvlecheniya tsennykh tsvetnykh i redkikh metallov iz zolo-shlakovykh otkhodov ugley, nakaplivayemykh na energeticheskikh predpriyatiyakh Kemerovskoy oblasti [The basis of factors to stimulate the extraction of valuable non-ferrous and rare metals from ash and slag coal waste accumulated by power plants in the Kemerovo region]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika – Tomsk State University Journal of Economics*, 2014, no. 4 (28), pp. 74–86.