

О.С.КРАСНОВ, д-р экон. наук, профессор, okrasnov@vnigri.ru

Всероссийский научно-исследовательский геолого-разведочный институт (ВНИГРИ), Санкт-Петербург

В.А.САЛИХОВ, канд. техн. наук, доцент, okrasnov@vnigri.ru

Новокузнецкий филиал-институт Кемеровского государственного университета

O.S.KRASNOV, Dr. in ec., professor, okrasnov@vnigri.ru

All-Russian Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), Saint Petersburg

V.A.SALIKHOV, PhD in eng. sc., associate professor, okrasnov@vnigri.ru

Novokuznetck Branch-institute of Kemerovo State University

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОПУТНЫХ ПОЛЕЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Рассмотрены закономерности распределения попутных полезных компонентов в месторождениях углеводородов (углях Кузбасса). Проанализированы варианты извлечения ценных металлов из углей и золошлаковых отходов углей. Разработана поэтапная методика экономической оценки металлов в углях и золах углей.

Ключевые слова: месторождения углеводородов, угли, золошлаковые отходы углей, цветные и редкие металлы, экономическая оценка.

ECONOMICAL VALUATION OF COAL FIELDS USEFUL COPRODUCTS

The useful coproducts distribution patterns of hydro-carbon are described in this article. Ways of rare metals extraction from coal and ash wastes are studied here. The economical valuation phased technique of metals in coals and ash is developed.

Key words: hydro-carbon fields, coals, ash dumps, non-ferrous and rare metals, economical valuation.

Месторождения углеводородного сырья, а именно газонефтяные, битуминозные и угольные месторождения, кроме основного полезного ископаемого, часто содержат в качестве попутных полезных компонентов повышенные концентрации ряда ценных цветных и редких металлов (титана, циркония, ванадия и др.). Титан и цирконий используются в качестве металлов-индикаторов для оконтуривания газонефтяных залежей. Подобный опыт можно использовать для поиска и оконтуривания скоплений метана в угольных месторождениях. В этом случае повышается безопасность угледобычи за счет своевременного прогноза метана в тектонически напряженных участках угольных

пластов. Метан может добываться и как попутное полезное ископаемое. Прогнозные ресурсы метана в Кузбассе оцениваются в 13 трлн м³. Титан и цирконий, а также другие ценные цветные и редкие металлы, содержащиеся в углях в повышенных концентрациях, рассматриваются как попутные полезные компоненты углей.

В многочисленных работах, посвященных тектонике угольных месторождений, указывается на повышенную минерализацию, развитие зон графитоподобных новообразований, первичных и вторичных геохимических ореолов, приуроченных к участкам разрывных нарушений и линейно вытянутых вдоль простираания дизъюнктивов.

Отмечено наличие повышенных концентраций многих металлов (железа, кобальта, ванадия и др.), именно в зонах тектонической нарушенности проницаемых угленосных толщ. Оценка содержания ценных цветных и редких металлов в угольных месторождениях по геолого-экономическим районам Кузбасса, проведенная по данным, полученным авторами, а также на основе теоретического анализа работ других исследователей [1, 3, 5], позволяет сделать следующие выводы:

1. На месторождениях Кузбасса отмечены аномальные концентрации ряда ценных редких и цветных металлов (Ti, Zr, V, W, Y, Co, Ga, Ge, Nb, Be), которые чаще всего приурочены к участкам тектонических нарушений пластов, особенно если эти пласты расположены вблизи интрузивных массивов.

2. Повышенные концентрации этих металлов наблюдаются, в основном, в южных и юго-восточных геолого-экономических районах (Байдаевский, Бачатский, Мрасский, Томь-Усинский, Ускатский, Осиновский).

3. Практический интерес, с точки зрения концентраций металлов, рекомендуемых к оценке, могут представлять титан и цирконий, а также ряд цветных и редких металлов (Sr, Zn, Pb, Cu, V). При условии комплексного извлечения интерес представляют также Ga, Ge, Be, Nb, W.

4. Собственно цветные металлы образуют, как правило, незначительные аномалии в зонах тектонической нарушенности пластов, которые чаще всего связаны с расположенными ниже рудными телами полиметаллических месторождений. Повышенные концентрации образует только алюминий (до 10 % и выше).

5. Особый практический интерес представляют золошлаковые отходы переработки углей.

6. В кузнецких углях устойчивые концентрации благородных металлов (золота, платины и серебра), которые представляли бы практический интерес, не выявлены.

7. Содержание радиоактивных элементов (урана и тория) в кузнецких углях ниже, чем в других угольных бассейнах, но их аномальные концентрации могут представлять экологическую опасность.

8. Содержание ряда токсичных металлов (ртуть, хром, мышьяк и др.) в кузнецких углях не превышает, как правило, 2-3 г/т, а чаще всего оно ниже; их извлечение может производиться в комплексе с ценными цветными и редкими металлами, в первую очередь из экологических соображений.

Согласно опубликованным данным, запасы ценных цветных и редких металлов в углях и отходах углей обычно оцениваются по категориям P_1 и C_2 , т.е. как забалансовые запасы. При этом необходимо учитывать, что запасы попутных компонентов в контурах запасов категорий А, В и C_1 содержащего их полезного ископаемого, подсчитываются по категории не ниже C_1 . В случае неравномерного распределения ценных компонентов, категория запасов может быть снижена до C_2 , но при попутном извлечении их оценивают как промышленные [4].

Ценные металлы в углях Кузбасса чаще бывают оценены по категории P_1 [5]. Кроме того, большая часть ценных металлов накапливается в золах, где их содержание в 5-10 раз выше. Большинство разработанных технологий извлечения ценных попутных компонентов предназначены для извлечения металлов из золошлаковых отходов. Некоторые металлы (германий, ванадий, вольфрам и др.) могут также легко улавливаться фильтрами при сжигании углей на ТЭС. Это дает и экологический эффект, так как многие цветные и редкие металлы токсичны (например, мышьяк, висмут, ртуть). Ценные металлы (германий и уран) извлекают и из самих углей, но их содержания в Кузбассе не кондиционны. Наибольший интерес представляют золоотвалы ТЭС (см. таблицу).

Для уточнения степени экономической целесообразности извлечения ценных металлов из углей и отходов угольной продукции необходимо применять соответствующую международную классификацию ООН. Она основана на приведении к единым экономическим категориям различных национальных классификаций запасов и ресурсов полезных ископаемых. В общем единые критерии оценки запасов (ресурсов) основаны на их оценке в трехмерной системе координат: степень геологической изученно-

сти; наличие промышленных технологий извлечения и переработки минерального сырья; наличие спроса на минеральное сырье. Исходя из этого запасы металлов подразделяются на экономические, потенциально экономические и возможно экономические [2].

Содержания ряда цветных и редких металлов в углях Кузбасса

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	5600	10-15
Цирконий	100-500	500	3000	3
Медь	5-15	100	3700	0,5
Свинец	5-25	50	4800	2
Цинк	10-300	100	16000	1
Барий	50-200	1000	5800	1
Ванадий	10-50	100	5000	1
Вольфрам	1-3	100	1500	0,5-1
Стронций	100-500	1000	2300	5
Ниобий	1-3	100	3000	0,1
Галлий	1-3	20	3000	0,04
Германий	0,5-1	10	2700	0,1

В целом можно выделить следующие критерии оценки запасов цветных и редких металлов в углях и в золошлаковых отходах углей:

- балансовые запасы – ряд металлов в углях и золе углей оцениваются по категории P_1 , после проведения геолого-разведочных работ возможна их оценка по категориям C_1 и C_2 ;
- рентабельность технологии извлечения ценных металлов из углей и отходов угольной продукции – в настоящее время они находятся, в основном, на стадии лабораторных и полупромышленных испытаний;
- экономический фактор (цены, спрос и предложение, условия продаж и т.д.) – цены и объемы продаж неустойчивы, рост цен может иметь спекулятивный характер, вход на рынки металлов затруднен, что требует оценки рисков и поддержки государства.

При оценке попутных компонентов углей, согласно требованиям методических рекомендаций, из всей группы цветных и

редких металлов минимальное промышленное содержание рассчитывается только для германия. Для ряда других металлов установлены достаточно высокие требования к их содержанию в углях. 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, учитывающий имеющиеся технологии, себестоимость и экономическую эффективность извлечения.

В первую очередь, следует оценить уровни накопления ценных цветных и редких металлов по пластам. При селективной добыче содержания металлов должны быть близки к кондициям для руд. При валовой добыче углей оценка содержания в них металлов должна проводиться согласно научно-методическим рекомендациям, что позволяет определить варианты извлечения металлов.

Если металлы извлекаются параллельно сжиганию углей и улавливаются фильтрами, то для них предел минимального содержания не устанавливается. Минимальное содержание ценных металлов в золе может рассчитываться по формуле, аналогичной формуле, рекомендуемой методическими требованиями для оценки ценных компонентов в концентрате из рудных полезных ископаемых [4].

После оценки содержания металла по пластам необходимо с учетом выявленных количественных критериев оценить запасы ценных металлов в углях или в золах углей (с учетом их распределения и возможности извлечения из различных фракций).

Подсчет запасов металлов можно проводить по формуле

$$Q = SmCv,$$

где S – площадь участка месторождения, m^2 ; m – мощность полезного ископаемого, m ; C – содержание металла, % или $г/т$; v – плотность металла, $г/см^3$.

Затем следует оценить экономическую целесообразность извлечения металлов, рассчитать среднегодовой доход и выбрать оптимальный вариант их извлечения из углей или золы углей с учетом величины капитальных вложений и производственных затрат по выбранному варианту. Для выбранного технологического варианта извлечения металлов рассчитываются экономические показатели проекта. Экономические расчеты основываются на сложившихся в мировой практике принципах:

1. Определение экономического эффекта сопоставлением ожидаемой выручки от продажи металлов и затрат с расчетом балансовой и чистой прибыли по проекту.

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

3. Анализ рынков минерального сырья.

4. Определение экономического эффекта проекта по извлечению ценных металлов из золошлаковых отходов углей 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.

5. Наличие в экономической оценке попутных полезных компонентов углей данных о экологическом (предотвращенный ущерб, площади рекультивируемых земель, снижение затрат на хранение отходов и пр.), социальном (например, создание рабочих мест с учетом мультипликативного эффекта), косвенном (сокращение затрат на геолого-разведочные работы и на строительство горных предприятий) и народно-хозяйственном эффекте на регио-

нальном уровне, как сумме экономического, экологического, социального и косвенного эффектов.

6. Расчет рентабельности проекта, величины точки безубыточности с учетом возможного изменения выручки и затрат, и оценка степени устойчивости проекта. Для более подробной характеристики проекта может определяться его экономическая привлекательность по сравнению с традиционными проектами по разработке рудных месторождений (метод технологических цепочек и теория графов).

В общем случае экономическая оценка ценных металлов в углях и золошлаковых отходах углей содержит следующие этапы: оценка содержания ценных металлов в углях и золах углей, их количественных критериев (запасы, промышленные рентабельные технологии, цена/спрос); оценка экономической целесообразности извлечения металлов из углей и золы углей в сравнении с рудными месторождениями; выбор оптимального варианта извлечения металлов (объект извлечения и метод извлечения, оценка среднегодового дохода); оценка технико-экономических показателей проекта, внутренних и внешних рынков металлов, а также коммерческих и финансовых рисков проекта; оценка экономического, экологического, социального и косвенного эффектов от реализации проекта; оценка суммарного народно-хозяйственного эффекта на региональном уровне.

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. Кривцов А.И. О проекте концепций классификации ресурсов и запасов твердых полезных ископаемых и стадийности геолого-разведочных работ / А.И.Кривцов, Б.И.Беневольский // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2003. № 1-2. С.78-85.

3. Редкие элементы в углях Кузбасса: Монография / С.И.Арбузов, В.В.Ершов, А.А.Почелуев, Л.П.Рихванов. Кемерово, 1999. 248 с.

4. Салихов В.А. Научные основы и совершенствование геолого-экономической оценки попутных полез-

ных компонентов угольных месторождений (на примере Кузбасса): Монография. Кемерово, 2008. 249 с.

5. Туркин В.А. Потенциальная металлоносность углей Кузбасса // ТЭК и ресурсы Кузбасса. 2001. № 2. С.91-96.

REFERENCES

1. Krasnov O.S., Salikhov V.A. Prospects for production of scarce non-ferrous and rare metals from waste coal in the Kuzbass // Non-ferrous metals. 2007. N 8. P.8-11.

2. Krivtsov A.I., Benevolsky B.I. About the project of concepts of the solid minerals reserves and resources classi-

fication and the stages of geological exploration // Mineral Resources of Russia. Economics and Management. 2003. N 1-2. P.78-85.

3. Rare elements in coals of the Kuzbass: Monograph / S.I.Arbutov, V.V.Ershov, A.A.Potseluev, L.P.Richvanov. Kemerovo, 1999. 248 p.

4. Salikhov V.A. Scientific basis and improving the geological and economic evaluation of associated mineral components of coal deposits (on the example of Kuzbass): Monograph. Kemerovo, 2008. 249 p.

5. Turkin V.A. Metal potential of the Kuzbass coal // Fuel and energy complex and resources of Kuzbass. 2001. N 2. P.91-96.