

Г.В. Кружкова,
С.И. Рогов,
Ю.Ю. Костюхин, канд. экон. наук, профессор,
Л.С. Стрижко, д-р техн. наук, профессор,¹
г. Москва

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПОСТАВКАМИ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ВТОРИЧНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ

В статье рассматривается политика управления поставками сырьевых ресурсов для предприятия вторичной металлургии, не доминирующего на рынке. Для обоснования стратегических ценовых решений на рынке закупки сырья предлагается использовать элементы теории игр. Вероятность закупки поступившей на рынок партии сырья рекомендуется оценивать с помощью интегрального показателя эффективности, который учитывает наиболее значимые факторы и условия, влияющие на ее приобретение. Интегральный показатель эффективности построен на основе функции желательности Харрингтона. Приведены рекомендации по методике ценообразования на электронный лом для предприятия вторичной металлургии, использующего технологическую схему комплексной переработки сырья, учитывающие особенности состава лома, ситуацию на рынке и изменение цены на золото. Предложена двухуровневая система оплаты за электронный лом, основанная на оценке выручки от реализации всех ценных компонентов.

Ключевые слова: электронный лом, политика управления поставками, не доминирующее на рынке предприятие, интегральный показатель эффективности, функция Харрингтона, коэффициент повышения цены, ситуационный показатель, методика ценообразования.

Обеспечение предприятия сырьевыми ресурсами является важнейшим условием эффективного использования производственных мощностей. В ситуациях, когда

поставки сырья нестабильны, возникает необходимость совершенствования управления поступлением сырья на предприятие, в том числе методами ценообразования.

Для предприятия вторичной металлургии драгоценных металлов сырьем служит многокомпонентный электронный лом. В этой отрасли функционируют предприятия, различающиеся по доле рынка [1]. Для повышения эффективности хозяйственной деятельности предприятия вторичной металлургии, не доминирующего на рынке, авторами была предложена технологическая схема комплексного использования сырья, позволяющая получить дополнительную прибыль за счет извлечения ценных компонентов [2, 3]. Анализ динамики прибыли при изменении закупочной цены на лом и объемов переработки показал, что наиболее значимым фактором для повышения прибыли

¹ Кружкова Галина Викторовна – старший преподаватель кафедры инженерной кибернетики Национального исследовательского технологического университета «Московский институт стали и сплавов»; e-mail: galkrzhkova@mail.ru.

Рогов Сергей Иванович – коммерческий директор ОАО «Щелковский завод вторичных драгоценных металлов»; e-mail: gupvdm@elnet.msk.ru.

Костюхин Юрий Юрьевич – кандидат экономических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленного менеджмента Национального исследовательского технологического университета «Московский институт стали и сплавов»; e-mail: kostuhinyury@mail.ru.

Стрижко Леонид Семенович – доктор технических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой цветных металлов и золота Национального исследовательского технологического университета «Московский институт стали и сплавов»; e-mail: sls_2007.47@mail.ru.

предприятия является увеличение объемов переработки. Для получения такой возможности предприятию вторичной металлургии драгоценных металлов, не доминирующему на рынке, была рекомендована специальная политика управления поставками сырья.

Для обоснования ценовых решений предлагается использовать элементы теории игр [4, 5]. Действия предприятия на конкурентном рынке закупки сырья можно рассматривать как игру против «природы», где «природа» – это состояние рынка [6]. Возможные действия предприятия и получаемые им выигрыши в игре при поступлении на рынок очередной партии сырья – в данном случае суммы, уплаченные за количество приобретенного лома определенно-го состава, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Выигрыши предприятия в игре на рынке закупки сырья

		Состояние рынка	
		цена ста- бильна	цена по- вышается
Дей- ствия пред- прия- тия	не повы- шать цену	$s4$	$s3$
	повысить цену	$s2$	$s1$

Доминирующими действиями предприятия в бесконечно повторяющейся игре могут быть следующие:

- следование за лидером: если одно предприятие повышает закупочную цену, то второе тоже повышает;
- повышение цены в любой момент времени независимо от действий других участников [7].

В результате применения первого варианта максимальный выигрыш каждого предприятия составит:

$$PV1(p) = s1 + s1 \cdot p \cdot \delta + s1 \cdot p^2 \cdot \delta^2 + \dots = \frac{s1}{1-p}, \quad (1)$$

где $s1$ – сумма, уплаченная за лом предприятием, назначившим высокую закупочную

цену при условии, что другие предприятия тоже назначили высокую цену;

p – вероятность взаимодействия предприятий в будущем, т. е. для момента времени t вероятность взаимодействия в момент времени $t + 1$;

δ – дисконтирующий множитель, связанный со ставкой дисконтирования: $\delta = 1/(1 + i)$;

i – ставка дисконтирования, определяемая экспертами.

Если предприятие применит второй вариант, то его выигрыш составит:

$$PV2(p) = s2 + s4 \cdot p \cdot \delta + s4 \cdot p^2 \cdot \delta^2 + \dots = s2 - s4 + \frac{s4}{1-p}, \quad (2)$$

где $s2$ – сумма, уплаченная за лом предприятием, повысившим закупочную цену при условии, что другие предприятия цену не повышали,

$s4$ – сумма, уплаченная за лом предприятием, не повысившим закупочную цену при условии, что другие предприятия также не повышали цену.

Таким образом, выбор варианта зависит от сравнения значений выигрышей по каждому из них. Преобразуя формулы (1) и (2), получаем выражения вида $p \cdot \delta$ и $\frac{s2-s1}{s2-s4}$. Обозначим $r = \frac{s2-s1}{s2-s4}$. По оценкам экспертов,

в качестве которых выступили должностные лица предприятия по переработке вторичного полиметаллического сырья, целесообразно принять вероятность взаимодействия предприятий в будущем $p = 0,9$, ставку дисконтирования $I = 0,2$ (с учетом возможных рисков, среди которых учитывается, что содержание золота в ломе может оказаться ниже заявленного поставщиком или вообще нулевым), соответственно дисконтирующий множитель $\delta = 0,83$, а соотношение разностей выигрышей – $r \approx 0,8$, так как рынок электронного лома достаточно стабилен и при незначительном повышении цены объем предлагаемого лома не будет резко увеличен. Следовательно, пред-

приятно выгодно первым применить вариант повышения цены. Для предприятия, не доминирующего на рынке, применение стратегии опережающего повышения закупочной цены может способствовать повышению эффективности хозяйственной деятельности.

При поступлении на рынок партии сырья предприятию предлагается оценить вероятность ее приобретения, учитывая влияние определенных управляющих воздействий, таких как:

p_1 – наличие у предприятия финансовых возможностей для повышения закупочной цены на лом;

p_2 – территориальная доступность для поставщика, приемлемый для него размер транспортного тарифа;

p_3 – возможность переработки любого состава лома;

p_4 – возможность принять груз, прибывший по железной дороге;

p_5 – возможность переработки большого объема электронных отходов;

p_6 – дружественные отношения руководства предприятия с организацией, готовой привезти лом;

p_7 – приемлемый размер расходов на страхование управляемой партии лома.

Результативность закупки лома предлагается оценить с помощью интегрального показателя эффективности, учитывающего эффективности воздействия каждого из факторов. Для построения обобщенного показателя эффективности используется функция желательности Харрингтона [8]. Натуральные значения частных показателей эффективности преобразуются в безразмерную шкалу желательности. Назначение данной шкалы (табл. 2), заключается в том, чтобы установить соответствие между физическими и психологическими параметрами.

Значения шкалы желательности Харрингтона лежат в интервале от 0 до 1 и обозначаются как d (англ. *desirable* – желательный). Значение j -го частного параметра p_j ,

преобразованное в шкалу желательности, называется частной желательностью и обозначается как d_j . После того как частные параметры p_j переведены в свои желательности d_j , может быть сформирована обобщенная функция желательности. Обычно ее рассчитывают как среднее геометрическое частных желательностей.

Таблица 2
Стандартные отметки на шкале желательности Харрингтона

Желательность	Отметки на шкале желательности
Очень хорошо	1,00–0,80
Хорошо	0,80–0,63
Удовлетворительно	0,63–0,37
Плохо	0,37–0,20
Очень плохо	0,20–0,00

Результативность закупки партии лома предлагается оценить модифицированным обобщенным показателем эффективности с использованием весовых коэффициентов, отражающих разную значимость частных показателей эффективности и вклад каждого из них в окончательное решение. Для этого вычисляется среднее геометрическое взвешенное частных желательностей. В этом случае применяется следующая формула:

$$D = \left(\prod_{j=1}^7 (d_{p_j})^{y_j} \right)^{1/\sum_{j=1}^7 y_j} = \left((d_{p_1})^{y_1} (d_{p_2})^{y_2} (d_{p_3})^{y_3} (d_{p_4})^{y_4} * \right)^{1/\sum_{j=1}^7 y_j} * \left((d_{p_5})^{y_5} (d_{p_6})^{y_6} (d_{p_7})^{y_7} \right), \quad (3)$$

где y_j – значения весового вектора,
 D – обобщенный показатель эффективности.

В работе для определения весовых коэффициентов предлагается метод, основанный на мнении экспертов о парном сравнении частных показателей эффективности. Для удобства сравнения критериев эффек-

тивности обычно используется шкала качественных описаний уровней важности, далее каждому уровню ставится в соответствие определенное число. В табл. 3 приводится возможная шкала уровней важности, которую удобно использовать для сравнения показателей эффективности.

Таблица 3
Шкала уровней важности

Уровень важности	Количественное значение
Равная важность	1
Умеренное превосходство	2
Существенное превосходство	3
Значительное превосходство	4
Очень большое превосходство	5

На следующем этапе выполняются попарные сравнения элементов каждого уровня, при этом результаты сравнений переводятся в числа.

Результаты экспертных сравнений семи показателей эффективности, исходя из их уровней важности, представлены в табл. 4.

Весовые коэффициенты определяются путем нормализации собственных векторов по каждому показателю эффективности. Для вычисления собственного вектора матрицы извлекается корень n -й степени (где n – размерность матрицы) из произведений элементов каждой строки матрицы сравнений. Результаты расчета весовых коэффициентов представлены в табл. 5.

После подстановки значений весового вектора из табл. 5 в формулу (3), получим формулу для расчета обобщенного показателя эффективности в следующем виде:

$$D = \left(\begin{matrix} (d_{p_1})^{y_1} \cdot (d_{p_2})^{y_2} \cdot (d_{p_3})^{y_3} \cdot \\ \cdot (d_{p_4})^{y_4} \cdot (d_{p_5})^{y_5} \cdot (d_{p_6})^{y_6} \cdot (d_{p_7})^{y_7} \end{matrix} \right)^{1/7} \quad (4)$$

Таблица 4

Матрица сравнений показателей эффективности

Показатель эффективности	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7
p_1	1	3	4	4	3	3	5
p_2	1/3	1	3	3	3	4	4
p_3	1/4	1/3	1	2	2	1/2	3
p_4	1/4	1/3	1/2	1	2	1/2	2
p_5	1/3	1/3	1/2	1/2	1	1/2	3
p_6	1/3	1/4	2	2	2	1	3
p_7	1/5	1/4	1/3	1/2	1/3	1/3	1

Таблица 5

Весовые коэффициенты показателей эффективности

Показатель эффективности	Собственный вектор	Весовой вектор
p_1	2,99	0,34
p_2	2,034	0,23
p_3	0,906	0,10
p_4	0,701	0,08
p_5	0,635	0,07
p_6	1,104	0,13
p_7	0,369	0,04

Для предприятия, располагающего дополнительной прибылью и возможностью увеличить закупочную цену, предлагается принять следующие значения для эффективности факторов, влияющих на вероятность закупки (согласно экспертным оценкам):

$$d_{p1} = 0,9, d_{p2} = 0,6, d_{p3} = 0,6, d_{p4} = 0,4, d_{p5} = 0,5, d_{p6} = 0,8, d_{p7} = 0,4.$$

Тогда обобщенный показатель эффективности получит значение $D = 0,67$, и таким образом будет оценена результативность закупки с учетом воздействия управляющих факторов по сравнению с первоначальной вероятностью $1/n$.

Вариант опережающего увеличения закупочной цены может применяться в случаях, когда предприятие заинтересовано в приобретении партии сырья, поступившей на рынок. Например, когда производственные мощности недостаточно загружены или происхождение лома предполагает высокое содержание ценных компонентов (отходы ЭВМ типа IBM, транзисторные стеклянные изоляторы или печатные платы). В тех случаях, когда установившееся ценовое равновесие обеспечивает бесперебойную работу предприятия в ближайшем будущем, благодаря складским запасам или же на рынке, предлагается бедное по составу сырье, предприятие может отказаться от риска закупки.

Технология комплексного использования сырья (КИС) дает возможность дифференцированного извлечения ценных компонентов из электронного лома, обеспечивая при этом высокую степень извлечения. Показатели производительности данной технологии для каждого из 6 составов лома, (использована классификация лома в зависимости от его происхождения [3]), приведены в табл. 6.

Поступающий на предприятие лом несколько отличается по содержанию от усредненных показателей каждого состава. Конкретная партия сырья, поступившая на предприятие, будет отнесена к одной из шести категорий, но фактическое содержание ценных компонентов устанавливается после выполнения измерений химического состава проб (анализа) электронного лома и отходов [9–12]. После определения фактического содержания каждого из ценных компонентов лома устанавливается стоимость каждого металла, содержащегося в данном составе, с использованием рыночных цен на каждый компонент.

Для оценки прогноза выручки от переработки каждого состава в зависимости от стоимости содержащихся компонентов

Таблица 6

Производительность технологии по каждому металлу в год, кг

Состав, №	Au	Ag	Cu	Pb	Sn	Pt-Pd
1	77,60	404,20	20265,60	2866,50	11417,20	661,50
2	44,52	2350,00	3760,13	433,16	218,96	144,59
3	29,10	169,20	26784,00	3071,25	6486,00	28,35
4	60,14	2716,60	2304,00	154,70	226,32	28,35
5	4,85	188,00	15840,00	1806,35	1840,00	0,00
6	97,00	188,00	125,76	87,36	115,00	10,40
извлечение	0,97	0,94	0,96	0,91	0,92	0,945

методом корреляционно-регрессионного анализа была разработана математическая модель [13]. На основе данных предварительной статистики, сгенерированных с 10 % разбросом от содержания ценных компонентов в каждом составе лома, для каждого состава получены коэффициенты уравнения регрессии и определена их значимость.

Таким образом, после поступления партии электронных отходов предприятие определяет точное содержание ценных компонентов и предполагаемый объем выручки от их извлечения и реализации.

В настоящее время на предприятиях, закупающих электронный лом для последующей переработки, принята следующая система расчетов с поставщиками: при поступлении лома на переработку производится оплата половины заявленного поставщиком содержания золота в ломе, а после переработки данной партии производится окончательный расчет согласно фактическому содержанию золота. Имеют место случаи, когда содержание золота оказывается столь низким, что после переработки лома итоговый расчет не производится.

Прогнозируя выручку от переработки конкретного состава с извлечением всех ценных компонентов, предприятие имеет возможность увеличивать закупочные цены на сырье. Предлагается ввести двухуровневую систему оплаты за поступивший лом (рис. 1).

Коэффициент повышения цены предлагается рассчитывать по следующей формуле:

Коэфф.повыш.цены = $\frac{v(\text{КИС})}{v(\text{Au} + \text{Ag})} \cdot (1 + \alpha)$, (5)

где $v(\text{КИС})$ – выручка, получаемая от реализации всех ценных компонентов лома; $v(\text{Au} + \text{Ag})$ – выручка, получаемая от традиционного извлечения золота и серебра; α –



Рис. 1. Двухуровневая система оплаты поступившего на переработку электронного лома

ситуационный показатель, определяемый экспертами и зависящий от следующих факторов:

- уровня конкурентной борьбы на рынке,
- типа сырья,
- наличия данного типа сырья на рынке.

Значение α предлагается принимать в пределах от 0 до 1 в зависимости от степени заинтересованности предприятия в приобретении лома определенного типа.

На втором уровне оплату поставщику за данную партию сырья предлагается рассчитывать следующим образом:

Дополн. оплата = Базовая цена
за состав · (Коефф. повыш. цены –
– коефф. предвар. надбавки).

В случае, если содержание ценных компонентов в поступившем составе ниже показателей усредненного состава данной категории, то производится окончательный расчет согласно содержанию золота.

Использование в течение месяца предложенных рекомендаций по методике ценообразования на одном из заводов отрасли позволило увеличить объем закупаемого сырья на 12 %, без увеличения равновесных рыночных цен. Прибыль предприятия возросла на 14 %.

Список использованных источников

1. Рынок драгоценных металлов 2012. Аналитический обзор [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.metalresearch.ru>.
2. Стрижко Л.С., Костюхин Ю.Ю., Кружкова Г.В., Иванова Е.А. Извлечение цветных и благородных металлов из электронного лома: экономические показатели и стратегия ценообразования // Известия вузов. Цветная металлургия. 2013. № 3. С. 29–33.
3. Стрижко Л.С., Лолейт С.И. Извлечение цветных и благородных металлов из электронного лома. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2009. 160 с.
4. Васин А.А., Морозов В.В. Теория игр и модели математической экономики. М.: МАКС Пресс, 2005.
5. Афанасьев М.Ю., Суворов Б.П. Исследование операций в экономике. М.: Экономический факультет МГУ, ТЕИС, 2003. 312 с.
6. Тарасевич В.М. Ценовая политика предприятия. 2-е изд. СПб.: Питер, 2003. 288 с.
7. Авдашева С.Б., Розанова Н.М. Теория организации отраслевых рынков. М.: Магистр, 1998. 320 с.
8. Harrington E.C. The desirable function // Industrial Quality Control. 1965. V. 21, № 10.
9. Переработка вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы; под ред. Ю.А. Карпова. М.: «Гинналмаззолото», 1996. 290 с.
10. Карпов Ю.А. Проблемы пробоотбора, пробоподготовки и анализа вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы // Заводская лаборатория. 1996. № 10.
11. Лексин В.Н., Крупкин Н.В., Мельник Л.Г. Эффективность совершенствования производства в цветной металлургии. М.: Металлургия, 1980. 216 с.
12. Котляр Ю.А., Меретуков М.А., Стрижко Л.С. Металлургия благородных металлов. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2005. С. 85–102.
13. Стрижко Л.С., Криводубский О.А., Костюхин Ю.Ю., Кружкова Г.В., Рогов С.И. Комплексная переработка электронного лома: экономические показатели и рекомендации по ценообразованию: сб. тезисов / Пятнадцатая Международ. науч.-технич. конф. «Моделирование, идентификация, синтез систем управления». Донецк: ИПММ НАН Украины, 2012. С. 145–146.