

УДК 338.54

Методические вопросы совершенствования конкурентной стратегии обеспечения сырьем предприятия вторичной металлургии драгоценных металлов

© 2014 г. Г.В. Кружкова, Ю.Ю. Костюхин*

В настоящее время в России и в мире в результате технического перевооружения предприятий и организаций увеличивается объем электронных отходов, которые являются сырьем для предприятий вторичной металлургии драгоценных металлов. Обеспечение предприятия сырьевыми ресурсами является важнейшим условием эффективного использования производственных мощностей. В целях управления поступлением сырья на предприятие возникает необходимость совершенствования методологии бизнес-планирования путем формализации процесса взаимодействия предприятия с поставщиками и конкурентами.

Несмотря на многообразие электронного лома, конкретная его партия будет отнесена к одному из шести классов согласно классификации лома по его происхождению [1]. Для каждого класса определено среднее содержание ценных компонентов. На **рис. 1** представлено содержание элементов в наиболее бедном (3) и в наиболее богатом (6) составах.

Как следует из данных, приведенных на **рис. 1**, доля золота в электронном ломе колеблется от 0.02 до 1 %. Фактическое содержание ценных компонентов выявляется путем определения химического состава проб электронного лома и отходов [2–3], после чего с использованием рыночных цен устанавливаются стоимость каждого металла, содержащегося в партии лома данного состава.

Для оценки прогноза выручки от переработки лома каждого состава в зависимости от стоимости содержащихся компонентов была разработана математическая модель [4]. Для каждого состава на основе данных предварительной статистики, сгенерированных с 10 %-ным разбросом от содержания цен-

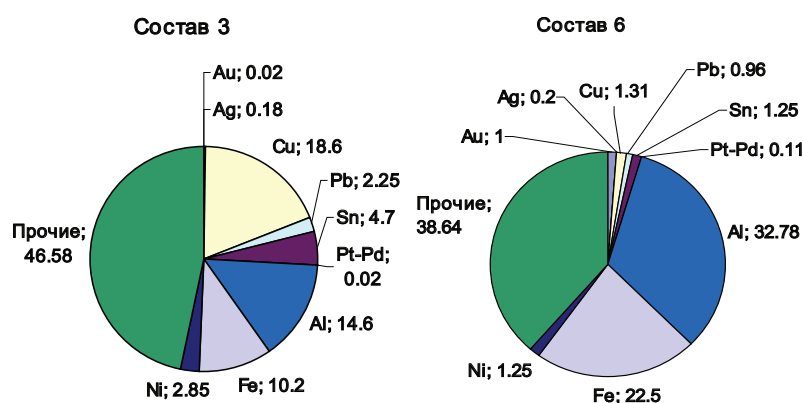


Рис. 1. Содержание ценных компонентов в составах 3 и 6

Примечание: 3 — обобщенный состав смешанного лома электронных приборов, 6 — транзисторные стеклянные изоляторы.

ных компонентов в ломе каждого состава, получены коэффициенты уравнения регрессии и определена их значимость.

Внедрение технологии комплексного использования сырья [5] позволяет с высокой степенью извлечения дифференцированно получать ценные компоненты из электронного лома и обеспечить дополнительную прибыль. Показатели производительности и эффективности технологии комплексной переработки лома каждого из 6 составов приведены в **табл. 1**.

Анализ прибыли показал, что наиболее значимыми факторами для ее повышения являются увеличение объемов переработки и состав сырья.

Таблица 1						
Производительность технологии по каждому металлу						
№ состава	Извлекаемые компоненты, кг/год					
	Au	Ag	Cu	Pb	Sn	Pt-Pd
1	77,60	404,20	20 265,60	2866,50	11 417,20	661,50
2	44,52	2350,00	3760,13	433,16	218,96	144,59
3	29,10	169,20	26 784,00	3071,25	6486,00	28,35
4	60,14	2716,60	2304,00	154,70	226,32	28,35
5	4,85	188,00	15 840,00	1806,35	1840,00	0,00
6	97,00	188,00	125,76	87,36	115,00	10,40
Степень извлечения, %	0,97	0,94	0,96	0,91	0,92	0,945

* Кружкова Г.В. — старший преподаватель, каф. инженерной кибернетики НИТУ «МИСиС».

Костюхин Ю.Ю. — канд. экон. наук, зав. каф. промышленного менеджмента НИТУ «МИСиС».

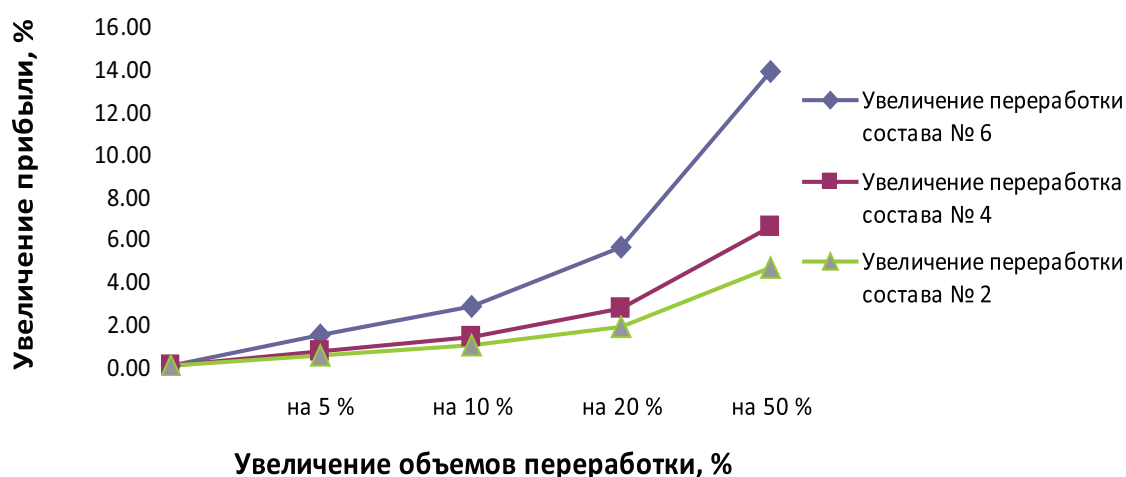


Рис. 1. Соотношение прибыли и объемов переработки партий лома составов 2, 4, 6

Исходы игры на рынке закупки сырья		
Действия предприятия	Состояние рынка	
	Цена стабильна	Цена повышается
Не повышать цену	s_4	s_3
Повысить цену	s_2	s_1

Примечание: s_1, s_2, s_3, s_4 – суммы, уплаченные за лом. Чем больше эта сумма, тем большее количество лома завод получил для переработки, при этом $s_2 > s_1 > s_4 > s_3$.

На рис. 2 показано соотношение прибыли и объемов переработки партий лома составов 2, 4, 6.

Чтобы увеличить объем переработки, необходимо искать способы привлечения поставщиков на предприятие. Особенно важным представляется использование таких способов на предприятии, которое не доминирует на рынке. Возникает потребность в совершенствовании инструмента управления поставками. В качестве такого инструмента предлагается усовершенствованная система оплаты сырья, которая может стать элементом бизнес-процесса обеспечения сырьевыми ресурсами.

Располагая дополнительной прибылью, предприятие получает возможность направить ее часть на решение проблемы привлечения поставщиков. С целью обоснования решений о повышении закупочной цены или об оставлении цены прежнего уровня предлагается использовать элементы теории игр [6, 7]. Действия предприятия на конкурентном рынке закупки сырья можно рассматривать как игру против «природы», где «природа» – это состояние рынка [8]. Возможные исходы игры при поступлении на рынок очередной партии сырья – в данном случае суммы, уплаченные за количество приобретенного лома определенного состава, – представлены в табл. 2. Различные исходы игры показаны при различных стратегиях предприятия и состояниях рынка.

Доминирующими действиями предприятия в 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 [9].

В результате применения первого варианта максимальный выигрыш каждого предприятия составит:

$$PV_1(p) = s_1 + s_1 p \delta + s_1 p^2 \delta^2 + \dots = \frac{s_1}{1-p}, \quad (1)$$

где s_1 – сумма, уплаченная за лом предприятием, назначившим высокую закупочную цену при условии, что другие предприятия тоже назначили такую же высокую цену;

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

δ – множитель, связанный со ставкой дисконтирования: $\delta = 1/(1+i)$, здесь i – ставка дисконтирования, определяемая экспертами.

Если предприятие применит второй вариант, то его выигрыш составит:

$$PV_2(p) = s_2 + s_4 p \delta + s_4 p^2 \delta^2 + \dots = s_2 - s_4 + \frac{s_4}{1-p}, \quad (2)$$

где s_2 – сумма, уплаченная за лом предприятием, повысившим закупочную цену при условии, что другие предприятия цену не повышали;

s_4 – сумма, уплаченная за лом предприятием, не повысившим закупочную цену при условии, что другие предприятия также не повышали цену.

Убывание значений членов приведенных числовых рядов имеет эмпирический смысл и означает повышение устойчивости общего результата покупки. Таким образом, выбор стратегии зависит от соотношения выигрышей. Преобразуя формулы (1) и

(2), получаем выражения вида $p \delta$ и $\frac{s_2 - s_1}{s_2 - s_4}$. Обозначим $r = \frac{s_2 - s_1}{s_2 - s_4}$. По оценкам экспертов, в качестве которых выступили должностные лица одного из предприятий по переработке вторичного полиметаллического

сырья, вероятность взаимодействия предприятий в будущем целесообразно принять равной 0,9, а ставку дисконтирования равной 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, предприятию выгодно первым применить вариант повышения цены. Предлагается увеличение цены на 10–20 %, чтобы поставщики обратили внимание на предприятие, намеревающееся увеличить объем закупок, но чтобы в то же время не вызвать негативной реакции других заводов. 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 лома любого состава;

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 отправляемой партии лома.

Результативность закупки лома предлагается оценить с помощью интегрального показателя эффективности, учитывающего эффективность воздействия каждого из факторов. Для построения обобщенного показателя эффективности используется функция желательности Харрингтона [10]. Натуральные значения частных показателей эффективности преобразуются в безразмерную шкалу желательности. Назначение данной шкалы (табл. 3) 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.

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, используя следующую формулу:

$$D = \left(\prod_{j=1}^7 (d_{p_j})^{\gamma_j} \right)^{1/\sum_{j=1}^7 \gamma_j} = \\ = \left((d_{p_1})^1 (d_{p_2})^2 (d_{p_3})^3 (d_{p_4})^4 (d_{p_5})^5 (d_{p_6})^6 (d_{p_7})^7 \right)^{1/\sum_{j=1}^7 \gamma_j}, \quad (3)$$

где γ_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 эффективности обычно используют шкалу качественных описаний уровней важности, далее каждому уровню ставят в соответствие определенное число. В табл. 4 приведена возможная шкала уровней важности, которую удобно использовать для сравнения показателей эффективности.

На следующем этапе выполняют попарные сравнения элементов каждого уровня, при этом результаты сравнений переводят в числа. Результаты экспертных сравнений семи показателей эффективности, исходя из их уровней важности, представлены в табл. 5.

Весовые коэффициенты определяют путем нормализации собственных векторов по каждому показателю эффективности. Для вычисления собственного вектора матрицы извлекают корень n -й

Таблица 3

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

Таблица 4

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

Таблица 5

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 6

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

степени (где n – размерность матрицы) из произведений элементов каждой строки матрицы сравнений. Результаты расчета весовых коэффициентов представлены в табл. 6.

После подстановки значений весового вектора из табл. 6 в формулу (3) получим формулу для расчета обобщенного показателя эффективности в следующем виде:

$$D = (d_{p_1})^{y_1} \times (d_{p_2})^{y_2} \times (d_{p_3})^{y_3} \times (d_{p_4})^{y_4} \times (d_{p_5})^{y_5} \times (d_{p_6})^{y_6} \times (d_{p_7})^{y_7}. \quad (4)$$

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

$$d_{p_1} = 0,9; d_{p_2} = 0,6; d_{p_3} = 0,6; d_{p_4} = 0,4; d_{p_5} = 0,5;$$

$$d_{p_6} = 0,8; d_{p_7} = 0,4.$$

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 $1/n$ [11].

Вариант опережающего увеличения закупочной цены можно применять в тех случаях, когда предприятие заинтересовано в приобретении партии сырья, поступившего 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.

В настоящее время на предприятиях, закупающих электронный лом для последующей переработки, принята следующая система расчетов с поставщиками: при поступлении лома на переработку производят оплату половины заявленного поставщиком содержания золота в ломе, а после переработки



Рис. 2. Двухуровневая система оплаты поступившего на переработку электронного лома

данной партии производят 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 лома конкретного состава с извлечением всех ценных компонентов, предприятие имеет возможность увеличивать закупочные цены на сырье. Предлагается ввести двухуровневую систему оплаты за поступивший лом, как показано на **рис. 3**.

Коэффициент повышения цены ($K_{пов.ц}$) предлагается рассчитывать по следующей формуле:

$$K_{пов.ц} = \frac{B_{кис}}{B_{Au + Ag}} \cdot (1 + \alpha), \quad (5)$$

где $B_{кис}$ – выручка, получаемая от реализации всех ценных компонентов лома;

$B_{Au + Ag}$ – выручка, получаемая от традиционного извлечения золота и серебра;

α – ситуационный показатель, определяемый экспертами и зависящий от 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 оплаты поставщику за данную партию сырья предлагается рассчитывать следующим образом:

$$\text{Доп. опл} = \Pi_{баз} \cdot (K_{пов.ц} - K_{пред. над}) \cdot K_{изм.ст.зол}$$

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

Применение новых подходов к технологическим процессам переработки сырья и политики управления поставками позволило увеличить объем закупок. В ходе исследования была проведена работа с поставщиками электронного лома, их проинформировали об увеличении закупочной цены на 10 %, это привело к увеличению объема закупок на 12 %. Результаты применения данной методики показали, что эпизодическое увеличение цены не изменяет в целом цены на рынке и не приводит к ценовой войне, что может служить дополнением к общепринятой теории. Таким образом, для предприятия, не доминирующего на рынке, совершенствование конкурентной стратегии, направленной на увеличение доли рынка, возможно за счет применения рекомендаций по определению своего поведения в конкурентной среде, с использованием элементов теории игр. Игровые модели некооперативного взаимодействия и конкуренции могут быть использованы в планировании бизнес-процессов предприятия. Разработанный интегральный показатель позволяет оценивать результативность применения стратегии опережающего увеличения закупочной цены на сырье с учетом наиболее

значимых факторов, влияющих на его приобретение. Внедрение предложенных условий оплаты электронного лома, учитывающих особенности состава сырья, ситуацию на рынке и изменение цен на золото, дает предприятию возможность обеспечить стабильное функционирование, повысить экономическую эффективность хозяйственной деятельности и увеличить свою рыночную долю.

Библиографический список

1. *Стрижко Л.С., Лолейт С.И.* Извлечение цветных и благородных металлов из электронного лома. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2009. 160 с.
2. *Котляр Ю.А., Меретуков М.А., Стрижко Л.С.* Металлургия благородных металлов. М.: МИСиС. Издательский дом «Руда и металлы», 2005. 392 с.
3. *Карпов Ю.А.* Проблемы пробоотбора, пробоподготовки и анализа вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы // Заводская лаборатория. 1996. №10. С. 4–7.
4. *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. тез. / Пятнадцатая Междунар. науч.-технич. конф. «Моделирование, идентификация, синтез систем управления». Донецк: ИПММ НАН Украины, 2012. С.145–146.
5. *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 // Изв. вузов. Цветная металлургия. 2013. № 3. С. 29–33.
6. *Васин А.А., Морозов В.В.* Теория игр и модели математической экономики. М.: МАКС Пресс, 2005. 368 с.
7. *Афанасьев М.Ю., Суворов Б.П.* Исследование операций в экономике. М.: Экономический факультет МГУ, ТЕИС, 2003. 312 с.
8. *Тарасевич В.М.* Ценовая политика предприятия. 2-е изд. СПб.: Питер, 2003. 288 с.
9. *Авдашева С.Б., Розанова Н.М.* Теория организации отраслевых рынков. М.: ИЧП «Издательство Магистр», 1998. 320 с.
10. *Harrington E.C.* The desirable function / E.C. Harrington // Industrial Quality Control. 1965. V. 21. N 10. P. 124 –131.
11. *Кружкова Г.В., Рогов С.И., Костюхин Ю.Ю., Стрижко Л.С.* Совершенствование управления поставками сырья для предприятия вторичной металлургии драгоценных металлов // Вестник УрФУ. 2013. № 4. С. 47–53.

References

1. *Strizhko L.S., Lolejt S.I.* Izvlechenie cvetnyh i blagorodnyh metallov iz jelektronnogo loma. M.: Izdatel'skij dom «Ruda i metally», 2009. 160 s.

2. *Kotljars Ju.A., Meretukov M.A., Strizhko L.S.* Metallurgija blagorodnyh metallov. M.: MISiS. Izdatel'skij dom «Ruda i metally», 2005. 392 s.
3. *Karpov Ju.A.* Problemy probootbora, probopodgotovki i analiza vtorichnogo syr'ja, sodержashhego dragocennye metally // Zavodskaja laboratorija. 1996. №10. S. 4–7.
4. *Strizhko L.S., Krivodubskij O.A., Kostjuhin Ju.Ju., Kruzhkova G.V., Rogov S.I.* Kompleksnaja pererabotka jelektronnogo loma: jekonomicheskie pokazateli i rekomendacii po cenoobrazovaniju: Sb. tez. / Pjatnadcataja Mezhdunar. nauch.-tehnič. konf. «Modelirovanie, identifikacija, sintez sistem upravlenija». Doneck: IPMM NAN Ukrainy, 2012. S.145–146.
5. *Strizhko L.S., Kostjuhin Ju.Ju., Kruzhkova G.V., Ivanova E.A.* Izvlechenie cvetnyh i blagorodnyh metall-ov iz jelektronnogo loma: jekonomicheskie pokazateli i strategija cenoobrazovanija // Izv. vuzov. Cvetnaja metallurgija. 2013. № 3. S. 29–33.
6. *Vasin A.A., Morozov V.V.* Teorija igr i modeli matematicheskoj jekonomiki. M.: MAKSS Press, 2005. 368 s.
7. *Afanas'ev M.Ju., Suvorov B.P.* Issledovanie operacij v jekonomike. M.: Jekonomicheskij fakul'tet MGU, TEIS, 2003. 312 s.
8. *Tarasevich V.M.* Cenovaja politika predprijatija. 2-e izd. SPb.: Piter, 2003. – 288 s.
9. *Avdasheva S.B., Rozanova N.M.* Teorija organizacii otraslevykh rynkov. M.: IChP «Izdatel'stvo Magistr», 1998. 320 s.
10. *Harrington E.C.* The desirable function / E.C. Harrington // Industrial Quality Control. 1965. V. 21. N 10. P. 124–131.
11. *Kruzhkova G.V., Rogov S.I., Kostjuhin Ju.Ju., Strizhko L.S.* Sovershenstvovanie upravlenija postavkami syr'ja dlja predprijatija vtorichnoj metallurgii dragocennykh metallov // Vestnik UrFU. 2013. № 4. S. 47–53.