

УДК 519.254

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЦЕН НА ЛОМ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ

С.У. Турлакова, М.В. Ильиных

В данной статье рассмотрена задача прогнозирования цен на лом металлов марки ЗА в уральском регионе для совершенствования управления процессом закупки и реализации лома черных металлов. Проанализированы исследования, посвященные проблемам построения прогнозов цен на металлургическую продукцию, выявлены основные факторы, определяющие изменение закупочных цен. Разработана программа для определения оценочных значений факторов регрессионной модели и прогнозирования цен.

Ключевые слова: лом черных металлов, цена, прогнозирование, фактор, множественная регрессия.

За последние несколько лет можно наблюдать тенденцию к увеличению производительности стали за счет увеличения производства на мощных электродуговых печах. Вместе с ростом производительности увеличивается конкуренция среди металлургических предприятий. В России мощности предприятий черной металлургии заняты практически на сто процентов, что совершенно не похоже на индустрию. В мире этот показатель составляет в среднем около семидесяти процентов. Данный факт связан преимущественно с постоянной работой отечественных металлургов над эффективностью. Металлургические предприятия России имеют легкий доступ к сырью и вкладывают деньги в удешевление обработки и операционную эффективность, за счет чего удается снизить цену и конкурировать на рынке.

Лом черных металлов является одним из основных ресурсов на металлургических предприятиях России и мира. Его использование обусловлено экологически и экономически. Более восьмидесяти процентов от шихты составляет лом при производстве стали на электродуговых печах [7]. Увеличению прибыли предприятия может способствовать уменьшение отношения затрат на выпуск продукции к рыночной стоимости конечной продукции. Если влиять на второе достаточно сложно, то уменьшить затраты на производство можно. Одним из способов это сделать является снижение затрат на покупку сырья. Имея возможность оценивать стоимость лома черных металлов в перспективе, зная возможности складских запасов и план производства на ближайшее время, можно оптимизировать процесс закупки сырья.

Высокую важность прогнозирования цен на первичное сырье в металлургической промышленности отмечает А.Г. Маланичев в статье [4]. Он подчеркивает, что «для стратегического планирования в горно-металлургических компаниях вместо использования внешнего консенсус-прогноза цен на сталь и сырье целесообразна разработка внутренней системы прогнозирования, основанная на собственном представлении о развитии макросреды и факторах, влияющих на цену» [4]. Идея о том, что эффективное прогнозирование цен на первичное сырье в металлургии может дать конкурентное преимущество предприятию, высказывается многими исследователями в научной литературе.

В современной литературе существует несколько методов прогнозирования экономических процессов. Во многих работах представлен метод экспертных оценок, который комбинируется со статистическими методами [6, 8, 9]. Методы экспертных оценок – это методы организации работы со специалистами-экспертами и обработки мнений экспертов [5, с. 9]. Данный метод предполагает учет субъективного мнения экспертов о будущем состоянии дел. Данный метод сложно формализовать, и он во многом зависит от опыта и компетенции эксперта. Преимуществом данного метода является то, что есть возможность учесть факторы, которые формализованный подход не может учесть.

Среди формализованных методов прогнозирования цены лома для черной металлургии можно выделить корреляционно-регрессионный анализ. Данный метод прост и позволяет сделать прогноз достаточно быстро, что порой является важным условием. Среди последних на текущий момент исследований на основе корреляционно-регрессионного анализа можно выделить работу И.Д. Тихоновской [7]. Следует отметить, что в данной работе рассматривается средняя цена лома по России за каждый месяц. В работе Т.А. Иванова, В.Ш. Трофимова, Д.Г. Степанова, В.В. Белоусова для прогнозирования используют системы эконометрических линейных уравнений [3]. Прогноз делается для каждого региона в отдельности. Математическое моделирование используется в работах А.В. Графова, Т.А. Иванова, В.Ш. Трофимова, А.Н. Калитаева, Д.Г. Степанова [2]. В нашей работе ставится задача рассмотреть ценообразование в уральском регионе и прогнозировать недельное значение цены.

Ввиду того, что мы располагаем не всеми факторами, используемыми в указанных работах, необходимо провести предварительный анализ имеющихся данных с целью определения структуры прогнозной модели. Как правило, исследователи представляют результаты прогнозирования цен на месяц вперед. Так как мы располагаем еженедельными данными, то предполагается рассмотреть периоды: 1, 4, 8 и более недель.

Для прогнозирования стоимости лома марки 3А в уральском регионе (Ц_{3А}), были получены данные за период с 2013 года по январь 2019 года.

Для обучения использовались данные с начала исследуемого периода по декабрь 2017 года. Данные за 2018 год послужили основанием для верификации модели. На основании корреляционной матрицы (табл. 1) были выбраны факторы наиболее значимые для прогнозирования цены лома:

1. Курс евро к рублю (Евро).
2. Курс доллара США к рублю (Доллар).
3. Арматура, РФ, внутр. рынок, 10 мм, EXW руб/т без НДС ($C_{арм}$).
4. Квадрат, РФ, экспорт, FOB Дальний Восток, 3сп, \$/т без НДС ($C_{кв}$).
5. Light sweet (LS).
6. Бесшовные трубы, РФ, 57–159 мм, EXW, руб./т без НДС ($C_{трубыБесш}$).
7. Профильные трубы, РФ, 25x25–40x40 мм, EXW, руб./т без НДС ($C_{трубыПроф}$).
8. Сварные трубы, РФ, 57–108 мм, EXW, руб./т без НДС ($C_{трубыСвар}$).

Таблица 1

Корреляционная матрица прогнозирования цены лома

	Евро	Доллар	$C_{арм}$	$C_{кв}$	LS	$C_{трубыБесш}$	$C_{трубыПроф}$	$C_{трубыСвар}$
$C_{ЗА}$	0,59	0,53	0,86	0,28	-0,35	0,88	0,85	0,87
F	14,2	10,8	128	2,6	3,7	130	126	129

Для построения регрессионной модели был использован язык программирования python, библиотека sklearn. Работа производилась в среде программирования jupyter notebook.

Для построения прогноза на одну неделю вперед были выбраны следующие факторы: Евро, Доллар, $C_{арм}$, $C_{кв}$, LS. В качестве признаков также были добавлены пять лагированных значений цены лома. Результаты моделирования представлены на рис. 1 и на рис. 2. Метрики качества модели приведены в табл. 2.

В результате анализа данных было получено следующее регрессионное уравнение:

$$\begin{aligned}
 C_{ЗА} = & -345.274 + 1.044 * C_{ЗА}(t - 1) - 0.058 * C_{ЗА}(t - 2) \\
 & + 0.2 * C_{ЗА}(t - 3) - 0.351 * C_{ЗА}(t - 4) + 0.039 * C_{ЗА}(t - 5) \\
 & + 13.46 * \text{Евро} + 27.6 * \text{Доллар} + 0.025 * C_{арм} + 4.065 * C_{кв} \\
 & - 2.795 * LS
 \end{aligned}$$

Построенная модель достаточно точно определяет прогнозные значения цена на одну вперед. Оценка адекватности производилась вычислением t – статистик для коэффициентов, а так же проводились проверки разных гипотез относительно взаимосвязи различных переменных и их влияние на результирующий фактор.

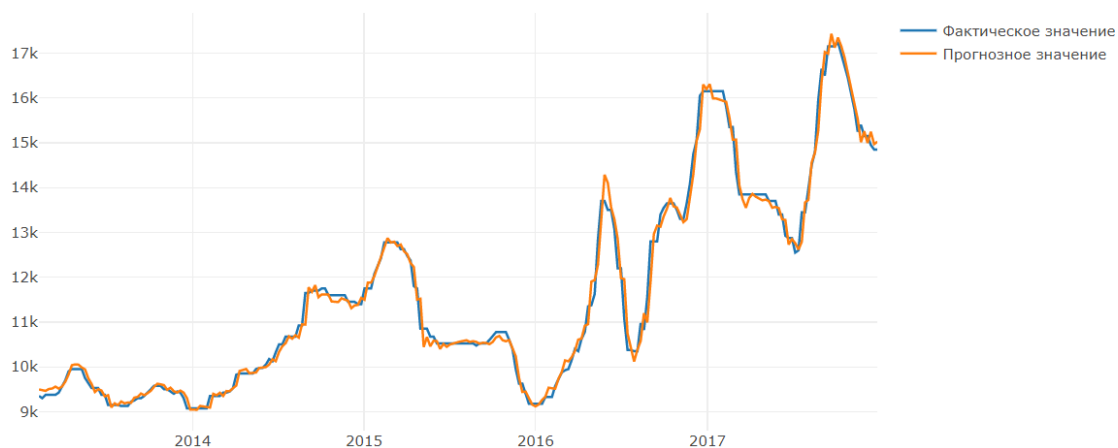


Рис. 1. Фактическое и прогнозное значение цены лома в Уральском регионе за период с 2013 по декабрь 2017 год, построенное на одну неделю вперед

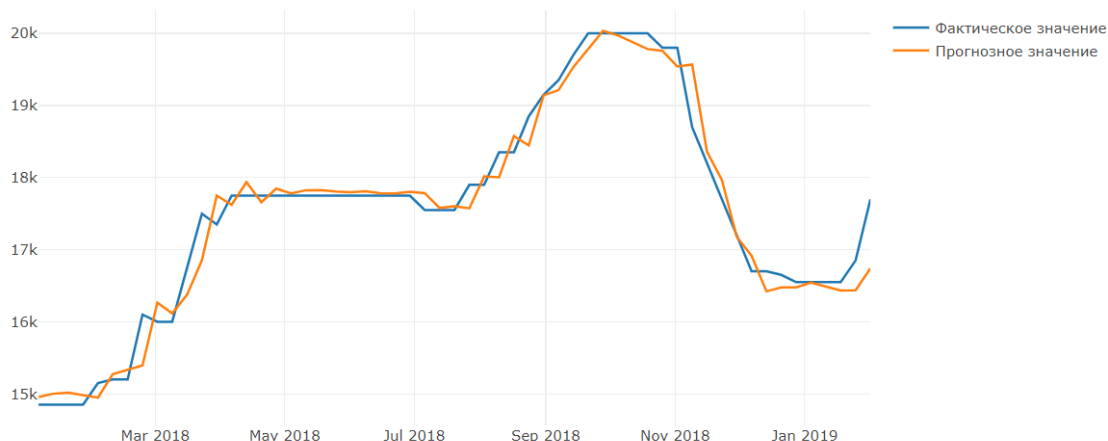


Рис. 2. Фактическое и прогнозное значение цены лома в Уральском регионе за 2018 год, построенное на одну неделю вперед

Таблица 2

Метрики качества первой модели

	MAE	R ²	Среднее отклонение в процентах
Обучающая выборка	147	0,99	1,2
Тестовая выборка	193	0,96	1,1

Для построения прогноза на четыре недели вперед были выбраны следующие факторы: Евро, Доллар, $C_{арм}$, $C_{кв}$, LS. В качестве признаков также были добавлены пять лагированных значений цены лома. Результаты моделирования представлены на рис. 3 и на рис. 4. Метрики качества модели приведены в табл. 3.

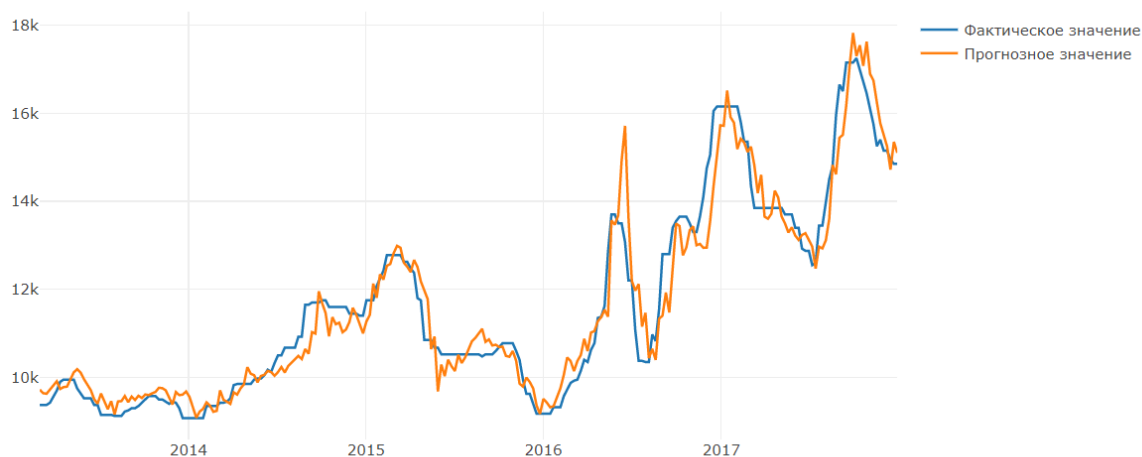


Рис. 3. Фактическое и прогнозное значение цены лома в Уральском регионе за период с 2013 по декабрь 2017 год, построенное на четыре недели вперед

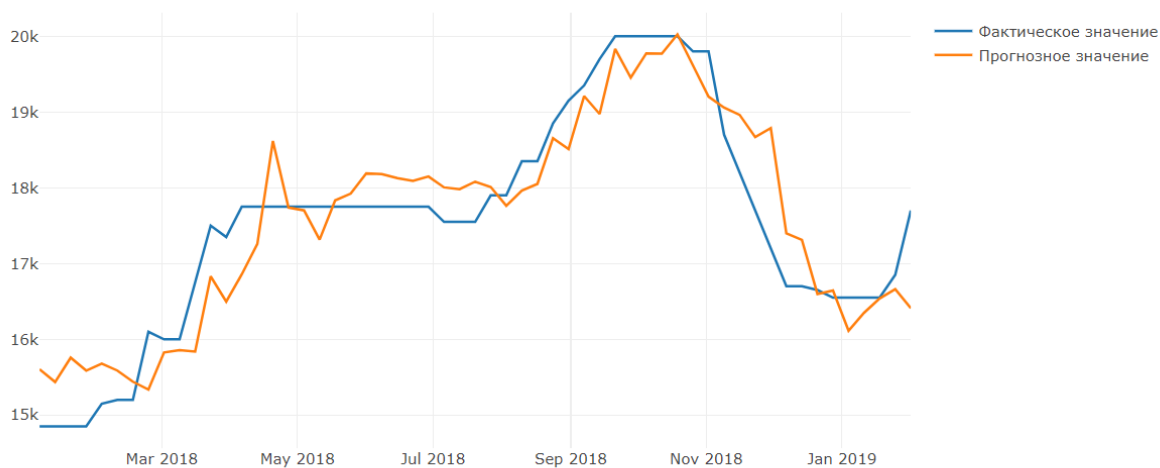


Рис. 4. Фактическое и прогнозное значение цены лома в Уральском регионе за 2018 год, построенное на четыре недели вперед

Таблица 3

Метрики качества второй модели

	MAE	R^2	Среднее отклонение в процентах
Обучающая выборка	393	0,94	3,3
Тестовая выборка	455	0,82	2,64

Для построения прогноза на восемь недель вперед были выбраны следующие факторы: Евро, Доллар, $C_{арм}$, $C_{кв}$, LS, $C_{трубыБесш}$, $C_{трубыПроф}$, $C_{трубыСвар}$.

В качестве признаков также были добавлены пять лагированных значений цены лома. Результаты моделирования представлены на рис. 5 и на рис. 6. Метрики качества модели приведены в табл. 4.

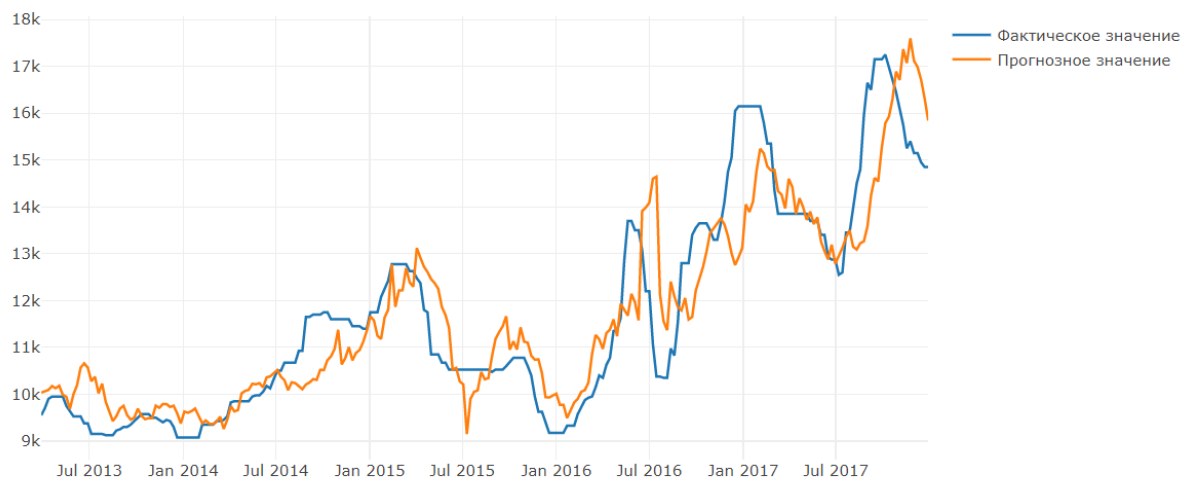


Рис 5. Фактическое и прогнозное значение цены лома в Уральском регионе за период с 2013 по декабрь 2017 год, построенное на восемь недель вперед

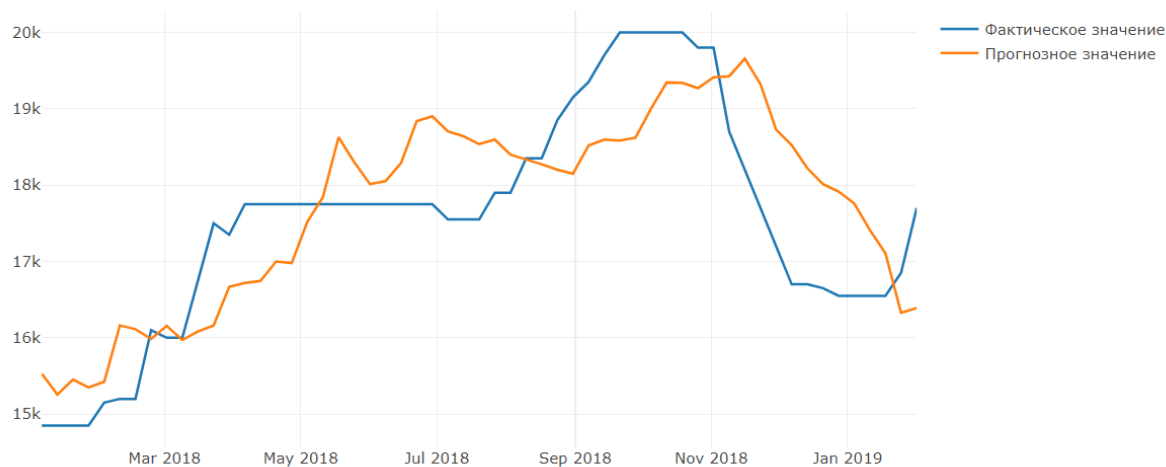


Рис. 6. Фактическое и прогнозное значение цены лома в Уральском регионе за 2018 год, построенное на восемь недель вперед

Таблица 4

Метрики качества третьей модели

	MAE	R ²	Среднее отклонение в процентах
Обучающая выборка	746	0,72	6,1
Тестовая выборка	806	0,46	4,6

В результате исследования были построены модели авторегрессии, прогнозирующие цену лома марки 3А в уральском регионе на одну, четыре и восемь недель вперед. Построение прогноза на более длительный срок дает результат гораздо хуже. Регрессионные модели просты в построении и в комбинации с методами экспертных оценок могут существенно помочь спланировать закупку лома. В дальнейшем планируется работа по улучшению уже имеющихся моделей путем добавления новых значимых признаков и использование различных методов машинного обучения. Также планируется использование эконометрических уравнений как альтернативного способа прогноза.

Библиографический список

1. Графов, А.В. К вопросу о формировании потребительской стоимости и эффективности вторичных черных металлов / А.В. Графов // Аудитор. – 2010. – № 5.
2. Математическое моделирование ценового диапазона закупа лома черных металлов для металлургических предприятий РФ / Т.А. Иванова, В.Ш. Трофимова, А.Н. Калитаев, Д.Г. Степанов // Экономика региона. – 2018. – Т. 14, Вып. 1. – С. 137–149.
- 3.. Формирование ценового предложения в регионах РФ на рынке лома черных металлов: эконометрический подход / Т.А. Иванова, В.Ш. Трофимова, Д.Г. Степанов, В.В. Белоусов // Приложение математики в экономических и технических исследованиях. – 2016. – № 1. – С. 43–52.
4. Маланичев, А.Г. Система сценарного планирования и прогнозирования мировых цен стали и металлургического сырья / А.Г. Маланичев // Проблемы прогнозирования. – 2014. – № 3. – С. 53–62.
5. Орлов, А.И. Организационно-экономическое моделирование: учебник: в 3 ч. Ч. 2: Экспертные оценки / А.И. Орлов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 486 с.
6. Орлов, А.И. Непараметрический метод наименьших квадратов: учет сезонности / А.И. Орлов // Статистические методы оценивания и проверки гипотез: Межвуз. сб. науч. тр. – Пермь, 2008. – С. 135–148.
7. Тихоновская, И.Д. Прогнозирование цен на лом черных металлов как ключевой фактор системы ресурсообеспечения металлургического предприятия / И.Д. Тихоновская // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. – № 15(1). – С. 97–116.
8. Ханк, Д.Э. Бизнес-прогнозирование / Д.Э. Ханк, Д.У. Уичерн, А.Дж. Райте. – 7-е изд.; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильяме», 2003. – 656 с.
9. Armstrong, J.S. Combining Forecasting: The End of the Beginning or the Beginning of the End? / J.S. Armstrong // International Journal of Forecasting. – 1989. – № 5(4). – P. 585–592.

[К содержанию](#)