

Для цитирования: Иванова Т. А., Трофимова В. Ш., Калитаев А. Н., Степанов Д. Г. Региональная логистика закупа лома черных металлов металлургическими предприятиями в РФ // Экономика региона. — 2017. — Т. 13, вып. 1. — С. 170–182

doi 10.17059/2017-1-16

УДК 669.054.8:[658.712+658.7.011.1]:51:004(470)

**Т. А. Иванова<sup>а)</sup>, В. Ш. Трофимова<sup>а)</sup>, А. Н. Калитаев<sup>а)</sup>, Д. Г. Степанов<sup>б)</sup>**

<sup>а)</sup> Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова (Магнитогорск, Российская Федерация; e-mail: jun275@mail.ru)

<sup>б)</sup> АО «Профит» (Магнитогорск, Российская Федерация)

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЛОГИСТИКА ЗАКУПА ЛОМА ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ В РФ<sup>1</sup>

*Статья посвящена актуальной проблеме — экономии металлургических предприятий на закупе металлолома. В результате проведенного анализа современного состояния рынка лома черных металлов в РФ и тенденций его развития выявлена возможность снижения стоимости закупа лома за счет оптимального распределения регионов закупа металлолома между металлургическими предприятиями РФ. Решение задачи оптимизации региональной структуры закупа лома, с учетом региональных объемов образования и потребления лома, проводится с использованием методов линейного программирования с тремя вариантами постановки задачи: минимизация общей стоимости доставки лома до предприятий, минимизация общей стоимости лома по ценам «экспортного паритета» с доставкой, минимизация общей стоимости лома по фактическим ценам с доставкой. Для выполнения расчетов было разработано программное обеспечение. Источниками данных послужили база ОАО «РЖД» о железнодорожных перевозках лома черных металлов между станциями РФ, справочники железнодорожных тарифов между железнодорожными станциями РФ, статистические данные по ценам на металлолом вида 3А в «экспортных окнах», фактические закупочные цены на лом вида 3А для ряда отдельных металлургических предприятий РФ за ряд лет. В результате решения оптимизационной задачи получена оптимальная региональная структура закупа лома для потребителей в РФ. Сформулированы рекомендации для отдельных предприятий об оптимальных направлениях закупа лома. Проведенное исследование подтвердило наличие возможности снижения затрат на приобретение металлолома для всех металлургических заводов РФ за счет оптимизации региональной структуры закупа и позволило оценить возможную экономию от применения оптимальных стратегий выбора регионов закупа.*

**Ключевые слова:** лом черных металлов, металлургические заводы, логистика, анализ состояния рынка, выбор регионов закупа, стоимость металлолома, экспортный паритет, снижение затрат, оптимизация, линейное программирование

### Введение

Главными участниками рынка лома являются металлургические предприятия, поскольку лом черных металлов является важнейшим металлургическим сырьем. В соответствии с изменяющимися объемами выплавки стали изменяется и спрос на необходимое для ее производства сырье, прежде всего, металлическую шихту, одним из главных компонентов которой является металлолом. Лидерами по потреблению лома в РФ по данным 2015 г. являются ОАО «Северсталь» — потребление лома по данным ИА «Металл-Курьер» составляет 9,9 % от потребления лома в целом по РФ (1956

тыс. т), далее следуют ОАО «ММК» — 8,9 % (1758 тыс. т), ОАО «НСММЗ» — 7,5 % (1471 тыс. т), ОАО «НЛМК» — 6,4 % (1264 тыс. т), ОАО «ОМК-Сталь» — 5,4 % (1075 тыс. т), ОАО «ЗСМК» — 5,1 % (1016 тыс. т). По производству стали ОАО «НЛМК» занимает первое место среди предприятий РФ, производя 18,1 % (12882 тыс. т) от российского объема производства стали; ОАО «ММК» — второе место (17,2 %, 12195 тыс. т); ОАО «Северсталь» — третье место (15 %, 10931 тыс. т); ОАО «ЗСМК» — четвертое место (8,9 %, 6375 тыс. т); ОАО «НСММЗ» — восьмое место (2 %, 1436 тыс. т).

В структуре объемов ломозаготовки, по данным РЖД о перевозках лома железнодорожным транспортом, в 2015 г. лидирует Центральный ФО, там собирается 28 % от всего объема перевозимого лома, затем следуют Приволжский

<sup>1</sup> © Иванова Т. А., Трофимова В. Ш., Калитаев А. Н., Степанов Д. Г. Текст. 2017.

ФО — 25 %, Сибирский ФО — 19 %, Уральский ФО — 18 %. На остальные ФО суммарно приходится 10 % всего отгружаемого лома. Анализ региональной структуры показал, что регионами — лидерами ломозаготовки являются Москва и Московская область, Республика Татарстан, Свердловская и Челябинская области, треть всего объема перевозимого лома отгружается из этих регионов. В исследовании рассматриваются объемы лома, перевозимого железнодорожным транспортом, что составляет по данным 2015 г. порядка 77 % от общего объема потребляемого лома, и не учитываются объемы поставок водным и автотранспортом, поскольку отсутствуют достоверные данные.

Лидером среди федеральных округов по ломопотреблению является Уральский ФО, потребляющий 37 % от всего объема перевозимого по железной дороге лома, затем Центральный ФО — 21 %, Северо-Западный, Сибирский и Южный ФО — по 9–10 %. На остальные федеральные округа суммарно приходится 13 % всего отгружаемого лома. Свердловская, Челябинская, Кемеровская, Вологодская и Липецкая области, в которых находятся крупнейшие металлургические заводы РФ, являются лидерами по ломопотреблению, потребляя 60 % всего лома.

Учитывая структуру и объем поставок лома в каждом федеральном округе, можно посчитать баланс лома региона как разность между ломопотреблением и ломообразованием в регионе (рис. 1). Традиционно дефицитными, испытывающими нехватку лома, являются: Уральский, Северо-Западный, Южный и Дальневосточный ФО. Профицитные ФО, с положительным балансом лома — Приволжский, Центральный, Сибирский и Северо-Кавказский.

С 2010 г. по 2015 г. наблюдается снижение ломозаготовки в Центральном ФО при росте уровня потребления, связанного с выходом на проектную мощность завода ОАО «НЛМК — Калуга», увеличением спроса со стороны Белоруссии, поэтому профицит региона уменьшается. В Северо-Западном регионе наблюдается уменьшение дефицита, связанное с существенным снижением уровня потребления лома ОАО «Северсталь», а также возможным увеличением доли поставок водным и автомобильным транспортом. В целом в России баланс лома положителен, то есть существует избыток лома, около 20 % лома продается на экспорт.

Различия в географическом расположении металлургических предприятий — потребителей лома, соотношения спроса и предло-

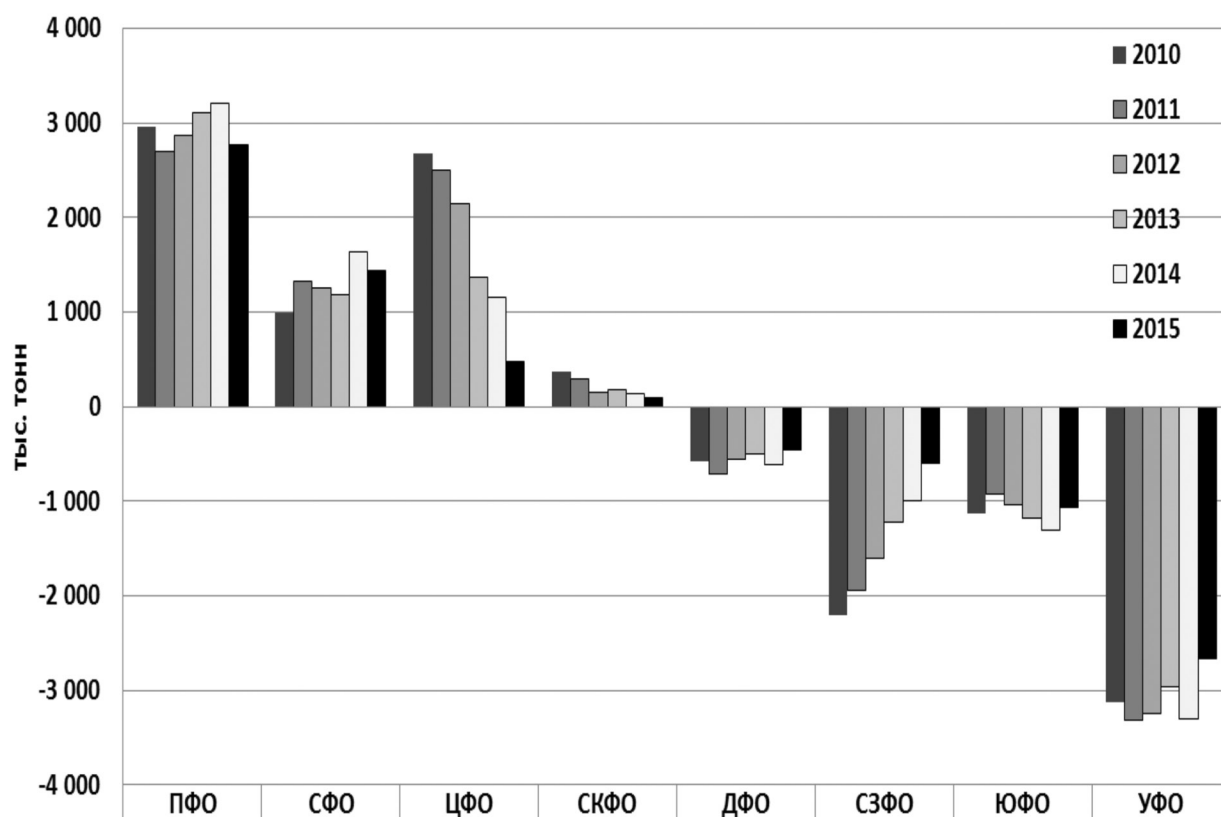


Рис. 1. Баланс потребления лома черных металлов в федеральных округах РФ за 2010–2015 г. по данным РЖД о перевозках лома железнодорожным транспортом, тыс. т

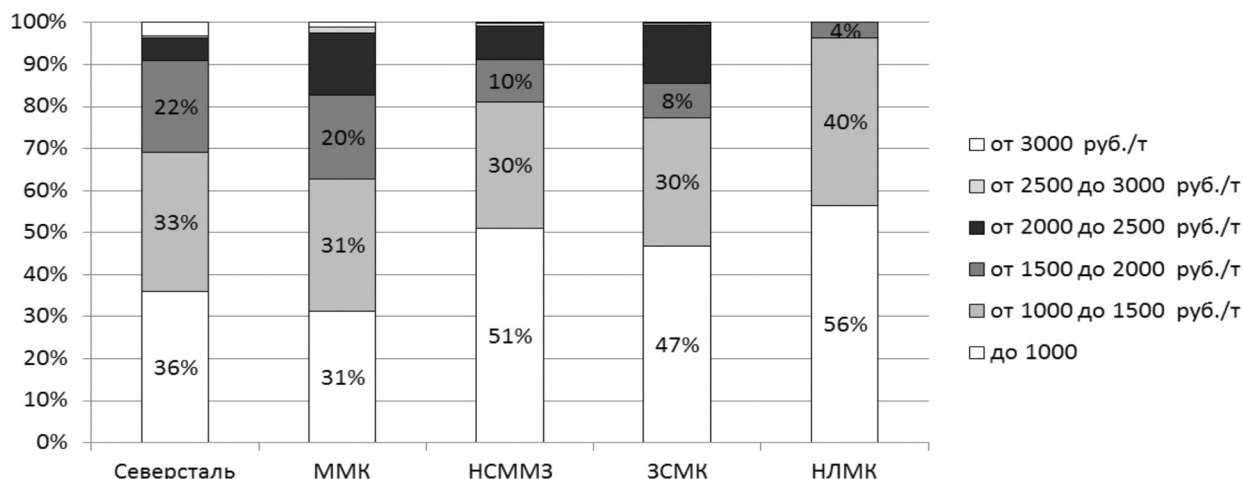


Рис. 2. Структура поставок лома по тарифным расстояниям для основных предприятий потребителей лома за 2015 г., по данным о фактических перевозках лома железнодорожным транспортом

жения на лом в «домашнем» и соседних регионах, удаленность от регионов основного ломосбора влияют на региональный радиус поставки металлолома потребителям в зависимости от их уровня потребности в металлоломе. Как видно из представленной на рисунке 2 структуры поставок лома по тарифным расстояниям для основных предприятий потребителей лома за 2015 г., ОАО «ММК» находится в наихудших условиях, только 31 % объема закупаемого лома поставляется со станций заготовки, имеющих тарифное расстояние менее 1000 руб. за тонну, 82 % — менее 2000 руб. за тонну. Для ОАО «НЛМК» аналогичные показатели составляют 56 и 100 % соответственно.

У всех рассматриваемых предприятий, кроме ОАО «ММК», в 2015 г. наблюдается увеличение фактического средневзвешенного тарифного расстояния по сравнению с 2014 г. (табл. 2), притом что в 2015 г. тарифы на железнодорожные перевозки сохранились на уровне 2014 г. Для ОАО «ММК» фактический тариф не изменился. Возможно, такое увеличение тарифа связано с уходом грузопотока при перевозках металлических грузов при расстояниях до 700–1000 км на автомобильный и водный транспорт и общим снижением числа грузоотправителей лома [1].

Как показал анализ российского рынка лома, металлургические предприятия неравномерно расположены по территории РФ, что создает дисбаланс спроса и предложения на рынке лома черных металлов и вызывает конкуренцию среди металлургических предприятий за регионы ломосбора. Это позволяет выдвинуть предположение о возможности оптимизации региональной структуры закупа лома потребителями.

Одним из путей решения задачи оптимизации региональной структуры закупа в сложившейся ситуации может быть подход с позиции знания и научно обоснованных расчетов. Труды российских и зарубежных ученых последних лет [2] в основном посвящены проблемам ценообразования и прогнозирования цен на лом [3–7], потребления и ресурсов стального металлолома в мировом масштабе и для Российской Федерации [8–11], сокращению логистических и транзакционных издержек на всех этапах товародвижения вторичных ресурсов за счет формирования логистических систем авторециклинга вторичных черных металлов на мезоуровне в рамках металлургического холдинга [12]. Вопросы же, связанные с нахождением оптимальной структуры закупа металлолома в масштабах страны для всех ломозаготовителей рассматривались только в работах авторов настоящей статьи [13].

Оптимизация географии закупа лома в интересах каждого отдельного металлургического предприятия провоцирует возникновение конфликтов между ними. Борьба за удобные для нескольких предприятий сырьевые площадки (например, между ОАО «ММК», ОАО «Северсталь» и ОАО «НЛМК» за регионы Поволжья, между ОАО «НСММЗ» и ОАО «ММК» за регионы Уральского ФО и пр.) приводит, согласно законам рынка, к завышению цен.

Поэтому для определения оптимальной структуры закупа лома для металлургических предприятий предлагается использовать подход оптимизации суммарных затрат на закуп лома всеми потребителями страны. Снижение затрат происходит за счет двух факторов: уменьшение транспортных расходов на доставку лома и снижение цен за счет ухода от

конкурентной борьбы. Такую задачу можно назвать «задачей Госплана СССР». В рамках рыночной экономики это будет означать кооперативное поведение потребителей лома, подразумевающее достижение предприятиями соглашения о разделе территорий ломозаготовки. Достижение такого соглашения возможно, если стратегия кооперативного поведения позволит снизить не только совокупные затраты на закуп лома в масштабах страны, но и затраты отдельных предприятий.

Таким образом, цели исследования — это проверка гипотезы о наличии резерва для экономики на закупе лома для металлургических предприятий при условии кооперативной модели поведения и, в случае подтверждения данного предположения, формирование оптимальной региональной логистики закупа лома черных металлов металлургическими предприятиями.

#### **Математическая модель оптимизации потоков лома черных металлов в РФ**

Авторы предлагают рассматривать задачу оптимизации региональной структуры закупа для всех потребителей лома страны как задачу поиска структуры поставок лома потребителям с минимальной суммарной общей стоимостью. Такая формулировка задачи позволит понять, выгодны или нет участникам рынка соблюдение общих интересов, уход от конкурентной борьбы.

Сформулированная задача является классической задачей линейного программирования — транспортной задачей о перевозке грузов. Оптимизационные модели, опирающиеся на методы линейного программирования, показали свою эффективность и работоспособность при решении различных задач: задача оптимизации использования транспортных средств для государственных транспортных компаний Китая [14], задача принятия решений для транспортировки угля железнодорожным транспортом [15], минимизация общих затрат на открытие пунктов сбора электрического и электронного оборудования (с учетом его транспортировки к пунктам переработки в Турции [16]), задача проектирования маршрутов для сбора молока с ферм и его доставки на перерабатывающие заводы [17] и др.

В качестве исходных данных использовались данные о железнодорожных перевозках лома черных металлов в РФ, предоставленные ОАО «РЖД» (станции отправления и станции назначения, организация-отправитель и организация-получатель, объем груза,

вид груза, дата отправки) с 2013 г. по 2015 г., справочники железнодорожных тарифов 10–01 между железнодорожными станциями РФ за 2013–2015 гг., статистические данные по ценам на металлолом вида 3А в «экспортных окнах» (морские порты Санкт-Петербург, Новороссийск, Ростов-на-Дону, Владивосток, и погранпереход на границе с Белоруссией) с 2013 г. по 2015 г., стоимость услуг в «экспортном окне» по перевалке металлолома; курс доллара, данные о дочерних предприятиях металлургических заводов, занимающихся ломозаготовкой, котировки закупочных цен на лом вида 3А для ряда отдельных металлургических предприятий в регионах РФ.

Данные о перевозках лома водным и автотранспортом в расчетах не учитывались во-первых, в связи с тем, что отсутствует единая всероссийская база данных по этим перевозкам; во-вторых, потому что тарифы на перевозку автомобильным и речным видом транспорта ниже тарифов на перевозку железнодорожным транспортом, поэтому данные объемы лома не могут быть переориентированы на доставку железнодорожным транспортом. Динамика ломозаготовки имеет сезонность: большие объемы в теплое время года, заготовка зимних запасов летом и осенью и малые объемы в зимние месяцы. Поэтому оптимизационную задачу необходимо решать отдельно для каждого месяца.

Задачу линейного программирования — минимизации общей стоимости перевозок металлолома, предлагается решать только для той части потоков лома, которая поставляется независимыми поставщиками, то есть изготовителями, не являющимися дочерними структурами металлургических предприятий. По мнению экспертов, объемы лома, перевозимые дочерними ломозаготовителями, невозможно оптимизировать в краткосрочной перспективе из-за невозможности изменения их мест расположения и направления их поставок, наличия договорных обязательств. Хотя в долгосрочной перспективе, руководствуясь оптимальной структурой закупа металлолома, можно изменить либо географическое расположение дочерних компаний, либо отношение к поставке металлолома с дочерних предприятий, то есть разрешить дочерним предприятиям отгрузку не в адрес материнской компании, а в направлениях, соответствующих оптимальной структуре. После получения оптимального плана перевозок незадействованные объемы прибавляются к общему плану перевозок лома.

Математическая модель представляет собой классический вариант транспортной задачи — задачи линейного программирования, минимизации целевой функции при заданных ограничениях.

Целевая функция — общая стоимость затрат на закуп лома по РФ, подлежит минимизации (1):

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}, \quad i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n, \quad (1)$$

где  $X_{ij}$  — неизвестные объемы перевозимого лома (тонн) от  $i$ -го центра ломозаготовки до  $j$ -го центра ломопотребления;  $m$  — количество ломозаготовителей в рассматриваемом месяце;  $n$  — количество ломопотребителей в рассматриваемом месяце;  $C_{ij}$  — затраты, приходящиеся на тонну перевозимого лома (руб. за тонну) от  $i$ -го центра ломозаготовки до  $j$ -го центра ломопотребления.

Оптимизация проводилась для нескольких вариантов оценки затрат:

*Вариант 1:* затраты оценивались как железнодорожный тариф на перевозку лома между станциями (модель «Госплан СССР») (2):

$$C_{i,j} = T_{i,j}, \quad \text{для всех } i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n. \quad (2)$$

*Вариант 2:* затраты оценивались как цена лома рассчитанная по экспортному паритету для станций-ломозаготовителей с учетом железнодорожного тарифа между станциями (3):

$$C_{i,j} = CZ_i + T_{i,j}, \quad \text{для всех } i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n, \quad (3)$$

где  $C_{i,j}$  — стоимость лома по ЭП для  $j$ -го потребителя с доставкой от  $i$ -го ломозаготовителя;  $T_{i,j}$  — тарифы на перевозку между  $i$ -м заготовителем и  $j$ -м потребителем;  $CZ_i$  — стоимость лома по экспортному паритету для  $j$ -го потребителя с доставкой от  $i$ -го ломозаготовителя (4):

$$CZ_i = \max_{1 \leq k \leq 5} \{CP_k - T_{i,k}\},$$

для всех  $i = 1, \dots, m, k = 1, \dots, 5, \quad (4)$

где  $T_{i,k}$  — тарифы на перевозку между  $i$ -м заготовителем и  $k$ -м «экспортным окном»;  $CP_k$  — приведенная цена за лом вида 3А для  $k$ -го порта — «экспортного окна» в рублях, рассчитывается по правилу(5):

$$CP_k = (PP_k - Tax - CC_k) \cdot R + PTS, \quad k = 1, \dots, 5, \quad (5)$$

где  $PP_k$  — цена в порту отправки  $k$  (без фрахта);  $Tax$  — пошлина в бюджет РФ;  $CC_k$  — стоимость услуг по перевалке груза;  $R$  — курс доллара в руб.;  $PTS$  — надбавка за вид лома.

*Вариант 3:* затраты оценивались как фактическая закупочная цена металлургических

предприятий в регионах с учетом железнодорожного тарифа между станциями (6):

$$C_{i,j} = (\Phi_{\text{мес}})^r + T_{i,j}, \quad \text{для всех } i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n, \quad (6)$$

где  $T_{i,j}$  — тарифы на перевозку между  $i$ -м заготовителем и  $j$ -м потребителем;  $(\Phi_{\text{мес}})^r$  — средневзвешенная фактическая закупочная цена в регионе  $r$ , к которому относится заготовитель  $i$ , рассчитывается по формуле (7):

$$(\Phi_{\text{мес}})^r = \frac{\sum_t \left( (\text{ЦФ}_{\text{мес}})_i^r \times (\text{V}_{\text{мес}})_i^r \right)}{\sum_t (\text{V}_{\text{мес}})_i^r}, \quad (7)$$

где  $(\text{ЦФ}_{\text{мес}})_i^r$  — средневзвешенная фактическая цена  $i$ -го предприятия в  $r$ -м регионе в анализируемом месяце;  $(\text{V}_{\text{мес}})_i^r$  — фактический объем закупа лома  $i$ -м предприятием в  $r$ -м регионе в анализируемом месяце.

Система ограничений:

а) объем перевезенного лома от  $i$ -го ломозаготовителя не должен превышать его запасов:  $\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \quad i = 1, \dots, m$ , где  $a_i$  — объем запасов  $i$ -го ломозаготовителя;

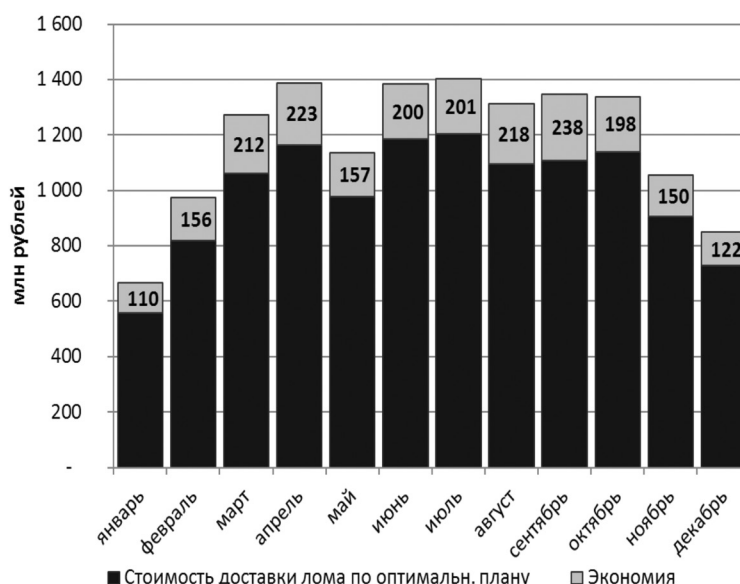
б) все ломопотребители должны быть удовлетворены полностью:  $\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, \dots, n$ , где  $b_j$  — объем потребностей  $j$ -го ломопотребителя;

в) условие неотрицательности всех переменных:  $x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$ .

Особенность технической стороны решения задачи заключалась в большой ее размерности: около тысячи станций-ломозаготовителей и порядка сотни станций-потребителей лома ежемесячно. Кроме того, в связи с большой трудоемкостью выполняемых расчетов (от предобработки исходных данных до формирования отчетов) было разработано программное обеспечение.

### Результаты работы

По результатам вычислений на данных за 2014 г. был проведен анализ влияния параметров расчетов на результаты оптимизации. При сравнении результатов оптимизации по тарифам, по ценам экспортного паритета и по фактическим ценам с доставкой выявлено, что структура объемов перевозки лома по РФ, полученная согласно решению трех различных оптимизационных задач для июля 2014 г., принципиально не меняется для всех областей — крупных потребителей лома. Это свидетельствует о том, что при построении оптимального плана перевозок решающую роль при выборе регионов оказывает тарифная со-



**Рис. 3.** Совокупная стоимость доставки лома по факту, по оптимальному плану и величина возможной экономии на стоимости перевозок лома в целом по РФ в 2015 г. ежемесячно, млн руб.

ставляющая в цене закупаемого лома. С учетом данного факта было принято решение оптимизировать потоки лома, минимизируя суммарную стоимость закупаемого лома по ценам «экспортного паритета» у заготовителей с доставкой до потребителей.

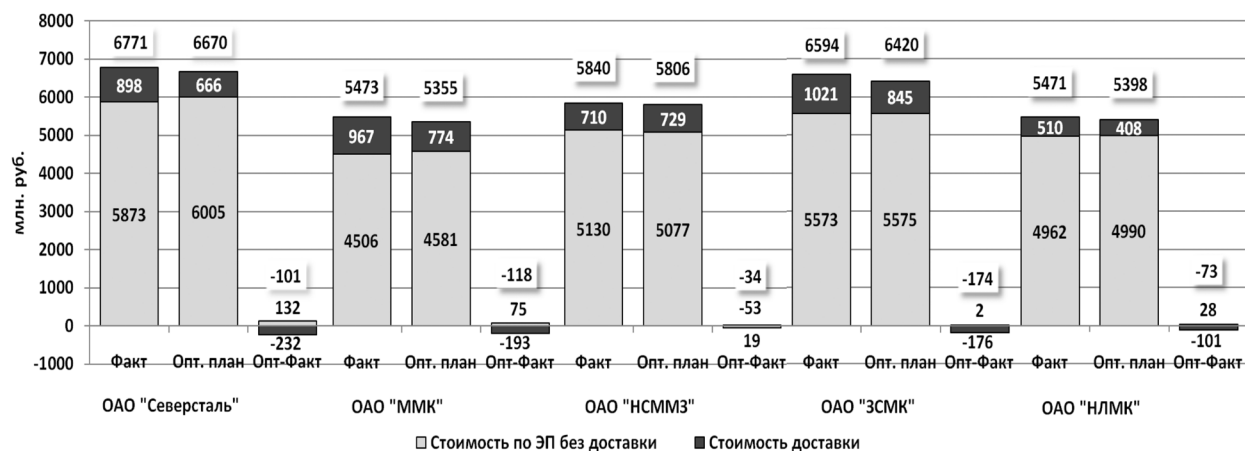
Для всех крупных потребителей — субъектов РФ существует возможность экономии на расходах на железнодорожную перевозку лома: для Челябинской области — 16 % (или 631 млн руб.), для Вологодской — 10 % (122 млн руб.), Липецкой — 11 % (114 млн руб.), Свердловской — 5 % (136 млн руб.), Кемеровской — 10 % (148 млн руб.) за 2014 г.

Учет сложившейся логистики закупок дочерних предприятий металлургических заводов меняет оптимальный план перевозки лома и конечно, делает его более дорогим из-за увеличения расходов на перевозку: в целом по стране издержки на перевозку тонны лома по оптимальному плану увеличились на 4 % (701 млн руб.) из-за невозможности оптимизировать сложившиеся потоки закупок лома дочерними предприятиями — заготовителями.

Дальнейшие расчеты проводились по данным 2013, 2014 и 2015 гг. отдельно для каждого месяца, при затратах, рассчитываемых по ценам экспортного паритета с учетом доставки. Результаты расчетов показали, что существует возможность экономии на расходах на железнодорожную перевозку лома как в целом по стране, так и для большинства отдельных предприятий — потребителей лома по 2013, 2014 и 2015 гг. в целом и по каждому месяцу в отдельности. Это подтвердило выдвинутую ги-

потезу о наличии возможности экономить на закупе металлолома для всех ломопотребителей, если они будут придерживаться кооперативной линии поведения при организации его закупок. Предлагаемое решение никак не ущемляет возможности заработать ломозаготовителей, так как в модели заложена цена лома по экспортному паритету, это цена лома, которую может получить ломозаготовитель в любом случае, даже если не найдет покупателя внутри страны. Анализ и сравнение оптимального и фактического плана перевозок показали, что экономия достигается в основном из-за отсутствия в оптимальном плане «встречных» перевозок лома, единственным заинтересованным лицом в которых является РЖД.

Результаты расчетов показали, что существует возможность экономии на расходах на железнодорожную перевозку лома как в целом по стране, так и для большинства отдельных предприятий — потребителей лома по 2013, 2014 и 2015 гг. в целом и для каждого месяца в отдельности. Величина возможной экономии рассчитывалась как разница между совокупной стоимостью лома по ценам экспортного паритета с доставкой в соответствии с фактическим развозом (по базе железнодорожных перевозок) и совокупной стоимостью лома по ценам экспортного паритета с доставкой в соответствии с оптимальным планом развоза, при этом объемы лома, поставляемые дочерними предприятиями, не учитывались. На основе данных расчетов для двенадцати месяцев 2015 г. возможна экономия 2184,33 млн руб. в сумме за год, что составляет 15,5 % от суммар-



**Рис. 4.** Суммарная стоимость лома по ценам экспортного паритета с доставкой в соответствии с фактическим и оптимальными планами и величина возможной экономии для предприятий в 2015 г. без учета объемов, поставляемых дочерними предприятиями, млн руб.

ной стоимости транспортировки, или 2 % от общей суммы закупа лома по ценам экспортного паритета с доставкой. В разбивке по месяцам 2015 г. величину экономии можно видеть на рисунке 3.

Результаты оптимизации лома, отгружаемого независимыми поставщиками, по данным 2015 г. для нескольких крупных металлургических заводов представлены на рисунке 4. Видим, что возможность минимизации стоимости закупа лома за счет оптимизации географии поставок в той или иной степени есть у всех анализируемых предприятий. Если оценивать величину экономии в процентном соотношении от общей стоимости металлолома с доставкой, то самый большой потенциал у ОАО «ЗСМК» — 2,6 % за счет снижения стоимости доставки. Для ОАО «ММК» экономия составила 2,21 % за счет снижения стоимости доставки, при этом цена лома по экспортному паритету для него становится на 1,4 % дороже. Величина экономии для ОАО «Северсталь» составила 1,53 % за счет снижения стоимости доставки на 3,49 % и удорожания цены лома по экспортному паритету для него на 1,97 %. Для ОАО «НЛМК» за счет снижения стоимости доставки на 1,88 % и удорожания цены лома по экспортному паритету на 0,56 % возможно снижение затрат на закуп лома на 1,36 %. Такое положение вещей говорит о «стягивании» регионов закупа лома к предприятию при оптимальном плане и одновременно к смещению регионов закупа в сторону «экспортных окон», характеризующихся более высокой ценой по экспортному паритету. Величина возможной экономии для Нижнесергинского метизно-металлургического завода (ОАО «НСМЗ») минимальна — 0,6 %. Но можно отметить, что на

ОАО «НСМЗ» (в отличие от других металлургических предприятий) экономия формируется за счет снижения стоимости лома по экспортному паритету при повышении затрат на перевозку, что объясняется перераспределением регионов закупа в соответствии с оптимальным планом в сторону более дальних регионов, но с меньшей стоимостью лома по экспортному паритету.

Если сравнивать фактический и оптимальный планы закупа для ОАО «Северсталь», то наблюдается «стягивание» регионов закупа к предприятию. Для ОАО «ММК» ситуация несколько иная: Уральский ФО традиционно дефицитный регион, испытывающий нехватку лома, поскольку 18 крупных металлургических предприятий данного округа потребляют около трети всего заготавливаемого в стране лома. В то же время, соседние Приволжский и Сибирский округа являются профицитными. Поэтому для ОАО «ММК» эффективней было бы закупать лом не только в Челябинской области, но и в регионах Приволжского ФО: Татарстане, Башкортостане, Оренбургской, Самарской областях, и в регионах Сибирского ФО: Омской, Новосибирской областях, Красноярском крае. Частично уйти из Свердловской, Кемеровской, Тюменской областей.

В целом увидеть различия в географии фактического и оптимального закупа для ОАО «ММК» за 2015 г. можно на рисунке 5. В таблице 1 приведена разница между объемами закупаемого лома по оптимальному плану и по факту в сумме за три года (с 2013 г. по 2015 г.) без учета объемов дочерних предприятий в разрезе областей и федеральных округов в тоннах и в процентах к общему объему закупаемого предприятием лома.

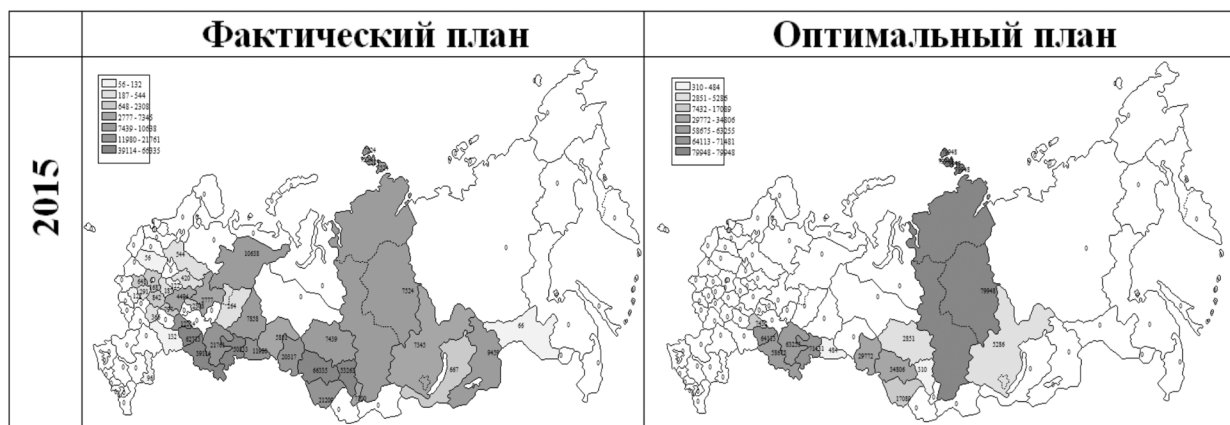


Рис. 5. Картограммы фактического и оптимального планов закупа за 2015 г. для ОАО «ММК» без учета объемов, поставляемых дочерними предприятиями, в тоннах

Таблица 1

Различие в географии фактического и оптимального планов закупа в сумме за 2013, 2014 и 2015 гг. для ОАО «ММК» без учета объемов, поставляемых дочерними предприятиями, в тоннах и в процентах от общего объема, закупаемого заводом лома

Регион-поставщик	Отклонение оптимального объема от факта	Отклонение от общего объема потребления завода, %	Регион-поставщик	Отклонение оптимального объема от факта	Отклонение от общего объема потребления завода, %
Приволжский ФО	850830	33,7	Центральный ФО	-164742	-6,5
Нижегород. обл.	-3208	-1,4	Ивановская обл.	-27863	-1,1
Пензенская обл.	-18102	-0,7	Тульская обл.	-25232	-1,0
Кировская обл.	-9087	-0,4	Московская обл.	-20703	0,8
Чувашская респ.	-8606	-0,3	Владимирская обл.	-16264	-0,6
Марий Эл	-2177	-0,1	Костромская обл.	-14519	-0,6
Пермский край	-2156	-0,1	Ярославская обл.	-13474	-0,5
Саратовская обл.	-1879	-0,1	Воронежская обл.	-10047	-0,4
Удмуртская респ.	-623	0,0	Рязанская обл.	-7375	-0,3
Мордовия	-427	0,0	Калужская обл.	-7043	-0,3
Оренбургская обл.	38237	1,5	Москва	-6568	-0,3
Ульяновская обл.	4722	1,9	Орловская обл.	-6306	-0,3
Башкортостан	159252	6,3	Тамбовская обл.	-4949	-0,2
Самарская обл.	239434	9,5	Курская обл.	-2593	-0,1
Татарстан	444950	17,6	Тверская обл.	-605	0,0
Сибирский ФО	-55577	-2,2	Липецкая обл.	-565	0,0
Кемеровская обл.	-183477	-7,3	Белгородская обл.	-427	0,0
Новосиб. обл.	-78946	-3,1	Брянская обл.	-209	0,0
Алтайский край	-39525	-1,6	Уральский ФО	-550653	-21,8
Забайкальский кр.	-32335	-1,3	ХМАО	-406346	-16,1
Хакасия	-31861	-0,3	ЯНАО	-66679	-2,6
Томская обл.	-23352	-0,9	Свердловская обл.	-63319	-2,5
Иркутская обл.	-2977	-0,1	Курганская обл.	-35807	-0,4
Бурятия	-1289	-0,1	Тюменская обл.	-25161	-1,0
Красноярский кр.	154309	6,1	Челябинская обл.	46659	1,8
Омская обл.	183876	7,3	Сев.-Зап. ФО	-76841	-3,0
Южный ФО	-2951	-0,1	Республика Коми	-58065	-2,3
Астраханская обл.	-2951	-0,1	Вологодская обл.	-17505	-0,7
			Архангельская обл.	-1271	-0,1

Источник данных: расчеты авторов.

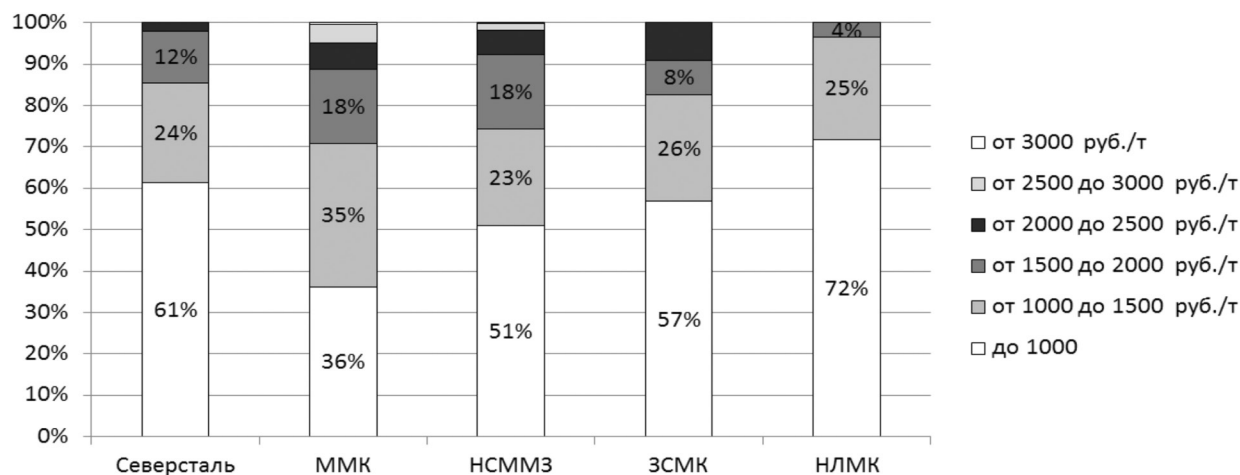


Рис. 6. Структура поставок лома по тарифным расстояниям для основных предприятий потребителей лома за 2015 г., по оптимальному плану перевозок лома с учетом объемов дочерних предприятий

Если не менять сложившуюся структуру закупок лома через дочерние предприятия по лозаготовке, то процесс оптимизации для ОАО «ММК» состоит в перераспределении своих закупок из Уральского и Центрального ФО в Приволжский ФО. Причем в Приволжском ФО следует переместить закупки в восточные регионы (Татарстан, Башкортостан, Ульяновскую и Самарскую области), уйти с севера Уральского ФО, «уступить» его ОАО «НСММЗ», увеличив объем закупа в своей области. В Сибирском ФО — переориентироваться на Красноярский край и Омскую область.

Для ОАО «Северсталь» процесс оптимизации состоит в перераспределении своих закупок из Приволжского ФО в Северо-Западный ФО. Причем в Северо-Западном ФО следует переместить закупки в восточные регионы, ближе к заводу: в Архангельскую и Вологодскую области, Республику Коми. В Приволжском ФО увеличить закупки в ближайшей к заводу Кировской области, существенно снизить объемы закупа лома в Нижегородской области, Пермском крае и Татарстане.

Для ОАО «НСММЗ» оптимизация закупа лома предполагает перераспределение направлений закупок из Приволжского и Сибирского ФО в Уральский ФО. Причем в Уральском ФО следует увеличивать закупки лома во всех областях, кроме Челябинской, в Приволжском ФО увеличить закуп в ближайшей к заводу Республике Марий-Эл, а в Сибирском ФО — в Красноярском крае и Новосибирской области.

Оптимальный регион закупа лома ОАО «ЗСМК» — Сибирский ФО, и завод фактически там и покупает металлолом. Уменьшить стоимость лома по экспортному паритету и стоимость доставки можно перераспределив закупки из дальних регионов Сибирс-

кого ФО (Новосибирской, Иркутской областей, Республики Бурятия, Алтайский, Забайкальский край) в регионы ближе к заводу (Кемеровскую область, Республику Хакасия, Красноярский край, Томскую область).

ОАО «НЛМК» возможность сэкономить на закупе лома появляется, если перераспределить направление закупок из Приволжского ФО в Центральный ФО. Причем из всех регионов Приволжского ФО следует увеличивать закупки лома в регионах, близких к заводу — Саратовской и Пензенской области. В Центральном ФО нужно увеличивать закуп в ближайших к заводу Рязанской, Липецкой, Тульской, Тамбовской областях и уменьшать закуп в Москве и Московской области, в Брянской, Орловской областях.

Также можно отметить, что при оптимальной структуре поставок тарифные расстояния сокращаются для всех рассматриваемых заводов (рис. 6). По сравнению с ситуацией до оптимизации (рис. 2) для ОАО «ММК» доля объемов закупаемого лома со станций заготовки, имеющих тарифное расстояние менее 1000 руб. за тонну, увеличилась с 31 % до 36 %, менее 2000 руб. за тонну — с 82 % до 89 %. Для ОАО «Северсталь» доля объемов закупаемого лома со станций заготовки, имеющих тарифное расстояние менее 1000 руб. за тонну, увеличилась с 36 % до 61 %, менее 2000 руб. за тонну — с 91 % до 97 %. Для ОАО «НЛМК» доля объемов лома со станций заготовки с тарифным расстоянием менее 1000 руб. увеличилась с 56 % до 72 %.

К аналогичным выводам можно прийти, анализируя данные таблицы 2. Существенное снижение средневзвешенного тарифного расстояния при оптимальном плане развоза по сравнению с фактическим планом наблюда-

Таблица 2

Фактическое и оптимальное (с учетом фактической структуры поставки дочерних предприятий) средневзвешенное по объемам тарифное расстояние

Показатель	Год	Средневзвешенное по объемам тарифное расстояние, руб./т				
		ОАО «Северсталь»	ОАО «ММК»	ОАО «НСММЗ»	ОАО «ЗСМК»	ОАО «НЛМК»
Фактический развоз	2014	1051	1408	969	1042	889
	2015	1343	1406	1103	1206	1011
Оптимальный развоз	2014	941	1254	937	955	790
	2015	1053	1296	1117	1080	926

Источник данных: данные ОАО «РЖД» и расчеты авторов.

ется для всех рассматриваемых предприятий, кроме ОАО «НСММЗ». Также можно видеть увеличение средневзвешенного тарифного расстояния при неизменных тарифах в 2015 г. по сравнению с 2014 г. как при оптимальном плане развоза, так и для фактического развоза. Данное обстоятельство иллюстрирует реальную ситуацию ломообразования и ломопотребления, сложившуюся в РФ в 2015 г.

Для реализации оптимальной структуры на практике не обязательно чтобы логикой, заложенной в расчетах, руководствовались все ломопотребители. Даже в случае если этой логики будут придерживаться только несколько крупных участников рынка (потребители типа — ОАО «ММК», ОАО «НЛМК», ОАО «Северсталь»), через некоторое время их структура поставок приблизится к оптимальной, что приведет к изменению структуры поставок других потребителей, а значит, и другие потребители будут вынуждены изменить свою структуру; таким образом, вся структура поставок металлолома будет меняться и приближаться к оптимальной.

### Выводы

Проведенное исследование показало наличие возможности снижения затрат на приобретение металлолома за счет оптимизации региональной структуры закупа при условии кооперативной стратегии поведения ломопотребителей в условиях дисбаланса спроса и

предложения на рынке лома черных металлов, а также позволило оценить возможную экономию от применения оптимальных стратегий выбора регионов закупа как в стране в целом, так и для отдельных металлургических предприятий. Основная «оптимизация» по регионам возможна за счет регионов, которые попадают в зону интересов двух и более потребителей. Четкое разделение регионов позволяет избежать избыточных цен в регионах и создает для потребителей возможности экономии не только на тарифе, но и на цене металлолома.

По результатам расчетов возможная экономия затрат на покупку металлолома для ОАО «ЗСМК» в сумме за три года (2013–2015 гг.) составляет 589 млн руб. и 174 млн руб. за 2015 г., для ОАО «НСММЗ» — 380 млн руб. и 24 млн руб. соответственно, для ОАО «ММК» — 478 млн руб. и 118 млн руб., для ОАО «НЛМК» — 194 млн руб. и 73 млн руб., для ОАО «Северсталь» 401 млн руб. и 101 млн руб. соответственно. Помесячные расчеты за три года показали наличие возможности экономии на покупке металлолома как в целом, так и для отдельных металлургических заводов во всех рассмотренных периодах, что свидетельствует о неслучайном характере возможной экономии, о стабильной возможности, которую могут и должны использовать металлурги страны, если будут использовать результаты данного исследования в менеджерской практике при закупке металлолома.

### Список источников

1. Мальный В. Кто повезет российский лом // Металлоснабжение и сбыт. — 2015. — № 10. — С. 102–103.
2. Иванова Т. А., Трофимова В. Ш. Экономико-математическое моделирование рынка металлолома РФ. Задачи и методы их решения // Приложение математики в экономических и технических исследованиях. — 2015. — № 5 — С. 48–52.
3. Семченко К. А. Разработка методических рекомендаций по прогнозированию развития системы ресурсообеспечения металлургических комплексов // Экономический анализ. Теория и практика. — 2012. — № 6. — С. 58–67.
4. Крюкова Е. М. Применение методов организационно-экономического прогнозирования в отрасли лома черных металлов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. — 2008. — Т. 74. — № 7. — С. 67–72.
5. Файзуллин Р. В. Управление контрактными отношениями на рынке лома черных металлов : автореф. .... канд. экон. наук. — Ижевск, 2010. — 24 с.

6. Albertson K., Aylen J. Modelling the Great Lakes freeze: forecasting and seasonality in the market for ferrous scrap // International Journal of Forecasting. — 1996. — Vol. 12, Iss. 3. — P. 345–359. DOI:10.1016/0169-2070(96)00669-3.
7. Evans M. A study of the relationship between regional ferrous scrap prices in the USA, 1958–2004 // Resources Policy. — June 2006. — Volume 31, Issue 2. — P. 65–77. DOI: 10.1016/j.resourpol.2006.06.001
8. Тарди П. Потребности и поставки стального металлолома — меняющийся баланс // Черные металлы. — 2013. — №8 (980). — С. 50–57.
9. Голубев О. В., Коротченко А. С., Черноусов П. И. Прогнозные сценарии потребления металлолома в черной металлургии // Металлург. — 2010. — №10. — С. 15–19.
10. Петрова А. И. Развитие рынка лома и отходов черных металлов в России // Вестник Самарского государственного экономического университета. — 2011. — №10 (84). — С. 48–56.
11. Макаров Л. П. Проблемы обеспечения сталеплавильного производства стальным ломом // Проблемы черной металлургии и материаловедения. — 2009. — №2. — С. 100–103.
12. Чернова Д. В., Петрова А. И. Логистизация товародвижения вторичных черных металлов // Вестник Самарского государственного экономического университета. — 2012. — №6. — С. 72–81.
13. Иванова Т. А., Трофимова В. Ш. Математическое моделирование оптимальных потоков лома черных металлов в РФ и ценового диапазона закупочных цен // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. — 2015. — Т. 2. — №1. — С. 224–227.
14. Hu Z. H., Sheng Z. H. A decision support system for public logistics information service management and optimization // Decision Support Systems. — 2014. — Vol. 59. — P. 219–229. — DOI: 10.1016/j.dss.2013.12.001.
15. Kozan E., Liu S. Q. A demand-responsive decision support system for coal transportation // Decision Support Systems. — 2012. — Vol. 54, Iss. 1. — P. 665–680. DOI: 10.1016/j.dss.2012.08.012.
16. Aras N. et al. Locating recycling facilities for IT-based electronic waste in Turkey // Journal of Cleaner Production. — 2015. — Vol. 105. — P. 324–336. — DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.02.046.
17. Masson R., Lahrichi N., Rousseau L. M. A two-stage solution method for the annual dairy transportation problem // European Journal of Operational Research. — 16 May 2016. — Vol. 251, Iss. 1. — P. 36–43. — DOI: 10.1016/j.ejor.2015.10.058.

### Информация об авторах

**Иванова Татьяна Александровна** — кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и экономического анализа, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова (Российская Федерация, 455000, г. Магнитогорск, ул. Ленина, 38; e-mail: jun275@mail.ru).

**Трофимова Виолетта Шамильевна** — кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и экономического анализа, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова (Российская Федерация, 455000, Магнитогорск, ул. Ленина, 38; e-mail: violat@mail.ru).

**Калитаев Александр Николаевич** — кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной техники и программирования, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова (Российская Федерация, 455000, Челябинская, Магнитогорск, ул. Ленина, 38, e-mail: alex\_mgtu@mail.ru).

**Степанов Дмитрий Геннадьевич** — заместитель директора по поставкам металлолома, АО «Профит» (Российская Федерация, 455000, г. Магнитогорск, ул. Метизников, 3; e-mail: stepanov.dg@profit.ru).

For citation: Ivanova, T. A., Trofimova, V. Sh., Kalitaev, A. N. & Stepanov, D. G. (2017). Regional Logistics of Procurement of the Ferrous Scrap by the Iron-and-Steel Companies of the Russian Federation. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 13(1), 170–182

**T. A. Ivanova<sup>a)</sup>, V. Sh. Trofimova<sup>a)</sup>, A. N. Kalitaev<sup>a)</sup>, D. G. Stepanov<sup>b)</sup>**

<sup>a)</sup> Nosov Magnitogorsk State Technical University (Magnitogorsk, Russian Federation; e-mail: jun275@mail.ru)

<sup>b)</sup> Profit JSK (Magnitogorsk, Russian Federation)

### Regional Logistics of Procurement of the Ferrous Scrap by the Iron-and-Steel Companies of the Russian Federation

*The article discusses the relevant problem of iron-and-steel companies saving on purchasing the scrap metal. The analysis of the current state of the ferrous scrap market in the Russian Federation, trends of its development, led the authors to an opportunity to reduce the cost for purchasing scrap through the optimal distribution of the regions between Russian iron-and-steel companies where they purchase ferrous scrap. The optimization of the regional structure of the scrap procurement taking into account the regional volumes of its generation and consumption results from using the linear programming methods applying three variants of the problem statement: minimizing the total cost of the scrap delivery to the factory, minimizing the total cost of the scrap at the “export parity” price with delivery, minimizing the total cost of the scrap at the actual prices with delivery. The authors have developed software for performing the calculations. The source are the database of the JSC Russian Railways, which provides information about the transportation of the ferrous scrap between stations of the Russian Federation by railroad; railway rates guide between railway stations of the Russian Federation; statistical data on the prices for scrap metal of the type 3A in “export windows”; actual purchasing prices for the scrap of the 3A type for the range of separate companies of the Russian Federation for several years. As a result, the authors have obtained the optimal regional structure of scrap purchasing for*

customers in the Russian Federation. We have formulated the recommendations for individual companies regarding the optimal routes of the procurement with scrap. The study has confirmed the possibility to decrease expenses for purchasing the scrap metal for all iron-and-steel factories of the Russian Federation through the optimization of the regional structure of procurement. It is also has allowed to estimate the possibility to cut expenses by using the optimal strategies allowing to choose the region of procurement.

**Keywords:** ferrous scrap, iron-and-steel factories, logistics, market analysis, choosing the region of procurement, ferrous scrap cost, export parity, cost cutting, optimization, linear programming

## References

1. Malyy, V. (2015). Kto povezet rossiyskiy lom. In Russian [Who will transfer Russian iron]. *Metallsnabzhenie i sbyt [Metal supply and sales]*, 10, 102.
2. Ivanova, T. A. & Trofimova, V. Sh. (2015). Ekonomiko-matematicheskoye modelirovanie rynka metalloloma RF: zadachi i metody ikh resheniya. In Russian [Economic-mathematical modelling of the scrap market of the Russian Federation: problem and solution methods]. *Prilozhenie matematiki v ekonomicheskikh i tehnikeskikh issledovaniyakh [The application of mathematics in economic and technical studies]*, 5, 48–52.
3. Semchenko, K. A. (2012). Razrabotka metodicheskikh rekomendatsiy po prognozirovaniyu razvitiya sistemy resursoobespecheniya metallurgicheskikh kompleksov. In Russian [Development of methodical recommendations on the forecasting of the development of the system of resource provision of metallurgical complex]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika [Economic analysis: theory and practice]*, 6, 58–67.
4. Kryukova, E. M. (2008). Primenenie metodov organizatsionno-ekonomicheskogo prognozirovaniya v otrasli loma chernykh metallov. In Russian [Application of the methods of organizational and economic forecasting in the industry scrap of ferrous metals]. *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov [Factory lab. Diagnostics of materials]*, 74(7), 67–72.
5. Faizullin, R. V. (2010). Upravlenie kontraktnymi otnosheniyami na rynke loma chernykh metallov. In Russian [Management of contractual relations on the market of ferrous metals]: *Avtoreferat dis. kand. ekon. Nauk [Publish abstract of PhD thesis in economics]*. Izhevsk, 24.
6. Albertson, K. & Aylen, J. (1996). Modelling the Great Lakes freeze: forecasting and seasonality in the market for ferrous scrap. *International Journal of Forecasting*, 12(3), 345–359. DOI: 10.1016/0169-2070(96)00669-3.
7. Evans, M. (2006). A study of the relationship between regional ferrous scrap prices in the USA, 1958–2004. *Resources Policy*, 31(2), 65–77. DOI: 10.1016/j.resourpol.2006.06.001.
8. Tardy, P. (2013). Potrebnosti i postavki stalnogo metalloloma — menyayushchiysya balans. In Russian [Demand and supply of ferrous scrap — a changing balance]. *Chernyye metally [Ferrous metals]*, 8(980), 50–57.
9. Golubev, O. V., Korotchenko, A. S. & Chernousov, P. I. (2010). Prognoznnyye stsenarii potrebleniya metalloloma v chernoy metallurgii. In Russian [Forecasting scenarios of scrap consumption in ferrous metallurgy]. *Metallurg [Metallurgist]*, 10, 15–19.
10. Petrova, A. I. (2011) Razvitie rynka loma i othodov chernykh metallov v Rossii. In Russian [Ferrous scrap and iron-and-steel waste market in Russia]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta [Bulletin of Samara State University of Economics]*, 10(84), 48–56.
11. Makarov, L. P. (2009). Problemy obespecheniya staleplavilnogo proizvodstva stalnym lomom. In Russian [Problems of maintenance of steelmaking scrap by steel]. *Problemy chernoy metallurgii i materialovedeniya [Problems of ferrous metallurgy and materials science]*, 2, 100–103.
12. Petrova, A. I. & Chernova, D. V. (2012). Logizatsiya tovarodvizheniya vtorichnykh chernykh metallov. In Russian [Logistic movement of secondary ferrous metals]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta [Vestnik of Samara State University of Economics]*, 6, 72–81.
13. Ivanova, T. A. & Trofimova S. V. (2015). Matematicheskoye modelirovanie optimalnykh potokov loma chernykh metallov v RF i tsenovogo diapazona zakupochnykh tsen. In Russian [Mathematical modeling of the optimal flows of ferrous scrap in Russia and price range of purchase prices]. *Aktualnyye problemy sovremennoy nauki, tehniki i obrazovaniya [Urgent problems of modern science, technology and education]*, 2(1), 224–227.
14. Hu, Z. H. & Sheng, Z. H. (2014). A decision support system for public logistics information service management and optimization. *Decision Support Systems*, 59, 219–229. DOI: 10.1016/j.dss.2013.12.001.
15. Kozan, E. & Liu, S. Q. (2012). A demand-responsive decision support system for coal transportation. *Decision Support Systems*, 54(1), 665–680. DOI: 10.1016/j.dss.2012.08.012.
16. Aras, N. et al. (2015) Locating recycling facilities for IT-based electronic waste in Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 105, 324–336. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.02.046.
17. Masson, R., Lahrichi, N. & Rousseau, L. M. (2016). A two-stage solution method for the annual dairy transportation problem. *European Journal of Operational Research*, 251(1), 36–43. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.10.058.

## Authors

**Tatiana Aleksandrovna Ivanova** — PhD in Economics, Associate Professor, Department of Accounting and Economic Analysis, Nosov Magnitogorsk State Technical University (38, Lenina St., Magnitogorsk, 455000, Russian Federation; e-mail: jun275@mail.ru).

**Violetta Shamilyevna Trofimova** — PhD in Economics, Associate Professor, Department of Accounting and Economic Analysis, Nosov Magnitogorsk State Technical University (38, Lenina St., Magnitogorsk, 455000, Russian Federation; e-mail: violat@mail.ru).

**Alexandr Nikolaevich Kalitaev** — PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Computer Engineering and Programming, Nosov Magnitogorsk State Technical University (38, Lenina St., Magnitogorsk, 455000, Russian Federation; e-mail: alex\_mgtu@mail.ru).

**Dmitry Gennadyevich Stepanov** — Vice-Director for Scrap Iron Supply, JSC Profit (3, Metiznikov St., Magnitogorsk, 455000, Russian Federation; e-mail: stepanov.dg@profit.ru).