

ПРЕДПОСЫЛКИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИИ УРАЛА В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИИ 4.0

О. А. Романова, Д. В. Сиротин

Prerequisites and opportunities for repositioning of the Urals metallurgy within the Industry 4.0

O. A. Romanova, D. V. Sirotin

The authors present the modern trends in the development of metallurgy, and classify the technological structure of metallurgical industry. The article contains specific features of the development of metallurgy in the conditions of industry formation. A special role in this process plays the pace of digitalization and robotization of the industry, the development of additive technologies, Internet of things. The authors substantiate the possibility of developing the metallurgy of the Middle Urals as a science-intensive, high-tech complex that meets the requirements of Industry 4.0. This possibility interrelates with its repositioning, one of the main tasks of which is the formation of new sales markets focused on high-tech consumer industries, as well as the preservation of traditional consumption sectors under conditions of increasing competition in the construction materials market. The authors underline the importance of international cooperation in the field of environmentally safe industrial development, with applying the best available technologies and innovative development in general. The authors propose a methodological approach for assessing the repositioning of the regional metallurgical complex. This approach is the consecutive implementation of the following stages: assessment of dynamics and the forecast of development of consumer steel products sector and its structure based on identified priority areas of technological development of metallurgy in the region; construction of a factor model describing the changes in parameters of the RMC repositioning process, and approximation of the characteristics of their nonlinear elements; building a mathematical model on the basis of neural network algorithms for assessing the process of repositioning the RMC, taking into account projected values of the RMC parameters in the process of repositioning and changing the structure of consumer markets for metal products; formation of a variable decision support system that provides scenario designing of possible model conditions. This approach makes it possible to form a well-founded strategy for the development of metallurgy in the region.

Keywords: industrial region; metallurgy; Industry 4.0; repositioning; the best available technologies; modeling; technological image; forecasting.

Приведены современные тенденции развития металлургии, классифицирована технологическая структура производств металлургической отрасли. Уточнены особенности развития металлургии в условиях формирования Индустрии 4.0. Особую роль в этом процессе играют темпы цифровизации и роботизации отрасли, развитие аддитивных технологий, Интернет вещей. Обоснована возможность развития металлургии Среднего Урала как наукоемкого, высокотехнологического комплекса, отвечающего требованиям Индустрии 4.0. Такая возможность связана с его перепозиционированием, одной из основных задач которого является формирование новых рынков сбыта, ориентированных на высокотехнологичные отрасли потребления, а также сохранение традиционных секторов потребления при возрастающей конкуренции на рынке конструкционных материалов. Подчеркнута важность международного сотрудничества в области экологически безопасного промышленного развития, основанного на применении наилучших доступных технологий и инновационном развитии в целом. Предложен методологический подход к оценке перепозиционирования регионального металлургического комплекса, основанный на последовательной реализации следующих этапов: оценка динамики и прогноз развития потребительского сектора металлопродукции и его структуры на базе выявленных приоритетных направлений технологического развития металлургии региона; построение факторной модели, описывающей изменение параметров процесса перепозиционирования РМК, и аппроксимация характеристик их нелинейных элементов; построение на базе нейросетевых алгоритмов математической модели оценки процесса перепозиционирования РМК, учитывающей прогнозные значения параметров РМК в процессе перепозиционирования и изменения структуры потребительских рынков металлопродукции; формирование вариативной системы поддержки принятия решений, обеспечивающей сценарное проектирование возможных модельных условий. Такой подход позволяет формировать обоснованную стратегию развития металлургии региона.

Ключевые слова: промышленный регион; металлургия; Индустрия 4.0; перепозиционирование; наилучшие доступные технологии; моделирование; технологический образ; прогнозирование.

Металлургическая промышленность в условиях развития Индустрии 4.0 сохраняет роль «несущей» отрасли, обеспечивающей необходимую поддержку производствам, образующим ядро нового технологического уклада (ТУ). Начиная с 1970 г. и по настоящее время можно выделить ряд этапов развития мировой и отечественной металлургии, каждый из которых отличается характерными чертами и приоритетами в соответствии с тенденциями экономического развития. Так, приоритетами развития металлургии в 1970–1980 гг. была индустриализация и структурная перестройка. Развитие металлургии на этом этапе сопровождалось экстенсивным ростом производства, наращиванием производственных мощностей, ориентированных преимущественно на продукцию широкого ассортимента. Второй этап 1980–2000 гг. ориентирован на ресурсосбережение и экологизацию производства. В этот пе-

риод в мире наблюдалось снижение темпов производства чугуна и стали; сокращение доли металлургии в структуре ВВП ряда стран; рост стоимости ресурсов. Относительно отечественной металлургии характерной особенностью этого периода являлось образование вертикально-интегрированных производственных структур. Важной чертой является формирование и развитие внешнеэкономических отношений России со странами дальнего зарубежья. К основным приоритетам 2000–2010 гг. (третий этап) относится диверсификация ассортимента и повышение качества металлопродукции, рост доли продукции высокого передела. Характерные для этого этапа черты основаны на интенсивном росте производства, сохранении тенденции транснационализации и консолидации в организации производств металлопродукции [1]. Четвертый этап развития металлургии 2010–2020 гг. отличается актуализацией качества трудовых ресурсов и формированием интеллектуального капитала в отрасли. Наблюдаемые сегодня черты этого этапа развития учитывают трудности, связанные с ограниченностью природных ресурсов, неустойчивой мировой конъюнктурой, охлаждением отношений с мировыми партнерами.

В результате анализа развития отечественной металлургии систематизированы тенденции развития отрасли:

- создание качественной продукции, имеющей характеристики высшего мирового уровня;
- развитие научно-технического потенциала с усиленным вниманием к проблеме энерго- и ресурсосбережения;
- повышение экологичности производства;
- рост значимости компетентности трудовых ресурсов;
- локальное приближение производителей металлопродукции к конечным потребителям;
- использование передовых технологий, почти полная автоматизация производственных процессов;
- актуализация обеспеченности производства металлами для технологий VI ТУ.

Важной особенностью развития металлургии в условиях Индустрии 4.0 является значительный рост доли высокотехнологичной металлопродукции. На сегодняшний день к основным потребителям металлургической продукции высоких стадий передела относятся автомобильная, авиационная и космическая отрасли промышленности, ракетостроение. По мнению экспертов, перспективными рынками высокотехнологичной продук-

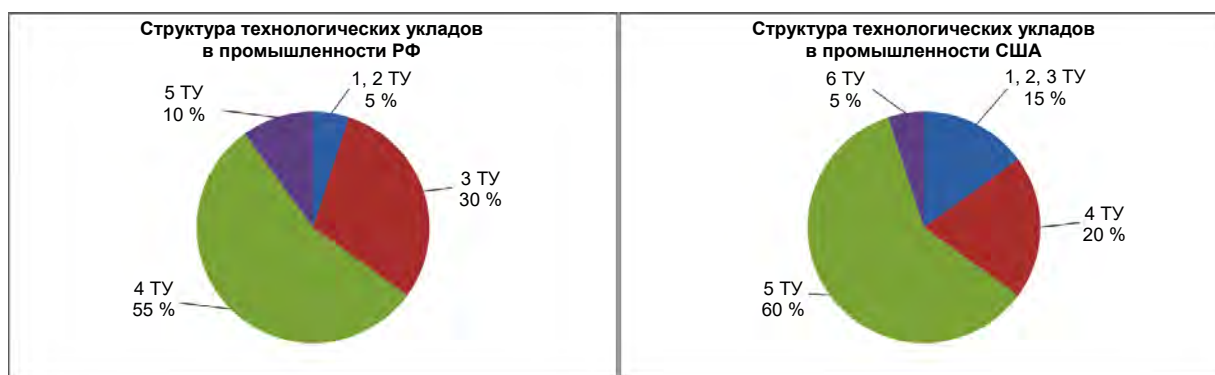


Рисунок 1. Структура технологических укладов (ТУ) в промышленности РФ и США.

ции, зависимыми от металлургической отрасли, для РФ могут стать наноматериалы, легкая гражданская авиация. В расширении своей специализации в связи с развитием высокотехнологичных отраслей заинтересованы практически все производители, задействованные на разных стадиях обработки материалов. В частности, можно выделить машиностроительный комплекс, в качестве одной из основных задач которого на ближайшее будущее рассматривается создание нового станочного парка для обработки деталей с наноразмерной точностью. Таким образом, к определяющим тенденциям развития металлургии можно отнести повышение мирового спроса на металлопродукцию высокого передела со стороны высокотехнологичных отраслей промышленности.

Можно говорить об установлении в мире на сегодняшний день отдельных трендов научно-технологического развития, формирующих базис Индустрии 4.0 [2–6]. Ряд соответствующих стратегических инициатив реализуются сегодня в Германии, США, Китае, Южной Корее и других странах. Качество технологической структуры промышленности любой страны характеризуется структурой сформировавшихся технологических укладов. Если в промышленности США доминирует V ТУ и активно формируются элементы VI ТУ, то в промышленности России функционируют технологии более низких укладов (рис. 1) [7].

Аналогично может быть классифицирована и технологическая структура производства металлургической отрасли. Так, на каждом новом этапе развития металлургического производства основному металлургическому процессу – производству стали – соответствует определенный технологический уклад: мартеновский передел соответствует III ТУ, конвертер – IV ТУ, а электродуговой – V ТУ. Ожидается, что в структуре VI ТУ значительная часть стали будет выплавляться на мини-заводах методом прямого восстановления железа. Также изменения в соответствии с временными интервалами смены технологических укладов касаются и других важнейших процессов обработки металлов и сплавов: обработка давлением с контролируемым режимом термообработки (холодный, горячий); воздействие на структуру и ядро кристаллической решетки сплава в жидком состоянии (развитие оборудования и процессов внепечной обработки); материалы обработки стали и сплавов (простые и сложные ферросплавы, обрабатывающие сталь шлаки, разнообразие режимов обработки стали вне печи) и др.

Современные темпы изменений мировой рыночной конъюнктуры, неопределенность геополитических преобразований и вместе с тем формирование вектора развития отечественной экономики на базе принципов Индустрии 4.0 приводят к тому, что успешное развитие металлургического комплекса Среднего Урала может быть основано на формировании новых рынков сбыта, ориентированных на высокотехнологичные отрасли потребления, а также сохранении традиционных секторов потребления при возрастающей конкуренции на рынке конструкционных материалов. Развитие комплекса должно опираться на четкое представление рыночных перспектив и реализацию конкурентных преимуществ. В связи с этим можно говорить об изменении

роли металлургии в структуре промышленности. Дальнейшее развитие металлургии Урала в условиях вектора Индустрии 4.0 предопределяет необходимость перепозиционирования регионального металлургического комплекса (РМК) и превращения его в мощную научно-технологическую производственную базу, отвечающую современным требованиям мировых стандартов.

Предложенный ранее подход к формированию регионального промышленного комплекса [8] позволил ввести понятие перепозиционирования металлургического комплекса региона. Под перепозиционированием РМК понимается поэтапный процесс взаимообусловленных технологических, экономических, социально-институциональных, экологических и организационных преобразований на инновационной основе, позволяющих на базе достижения критериев наилучших доступных технологий и реализации принципов «зеленой экономики» сформировать новый технологический образ металлургического комплекса как сетевого сообщества конкурентоспособных, структурно сбалансированных производств, обеспечивающих индивидуализированные потребности высокотехнологического сектора в наукоемких товарах и услугах, а также возрастающие качественные потребности традиционных отраслей экономики.

Такое перепозиционирование РМК предполагает уточнение его специализации в условиях развития отечественной экономики в рамках Индустрии 4.0 и должно опираться на четкое представление рыночных перспектив и реализацию конкурентных преимуществ. В связи с этим при условии решения проблем перепозиционирования металлургического комплекса на Среднем Урале может быть создана мощная научно-технологическая база, обеспечивающая потребности новых высокотехнологичных и модернизированных традиционных секторов промышленности, отвечающих современным требованиям мировых стандартов энерго- и ресурсосбережения, экологичности производства, производительности труда и обеспеченных высококвалифицированными трудовыми ресурсами. Такой процесс сопровождается изменением имиджа отрасли не только на рынке конструкционных материалов, но и в структуре экономики в целом.

К критериям, отличающим перепозиционирование от иных типов процесса видоизменения отрасли, таким как технологическое перевооружение, реструктуризация, модернизация, инновационное развитие и др., можно отнести диверсификацию производства, идеологию восприятия отрасли с позиции экологичности и качества производственной деятельности, реорганизацию экономических институтов в рамках синергетической доктрины «образа будущего». Перепозиционирование в данном контексте предполагает кардинальное изменение представлений общества относительно безопасности и качества внутриотраслевой деятельности, социально-экономической привлекательности и конкурентоспособности в целом. Изменение имиджа, т. е. представления о деятельности отрасли, само по себе не несет никаких поступательных движений, оказывающих влияние внешне. При этом осуществление процесса перепозиционирования сопровождается посредством реализации определенных направ-

лений развития отрасли. К таким направлениям можно отнести инновационное развитие и цифровизацию.

Все они предполагают выполнение определенных действий, учитывающих особенности современного развития отрасли, осуществляемых, как правило, в tandemе сотрудничества государственной власти и представителей бизнеса. В рамках задачи репозиционирования РМК такое сотрудничество неизбежно. Необходимость же такого репозиционирования подчеркивается наличием необходимых предпосылок, позволяющих пройти путь к становлению нового технологического образа металлургии Урала:

- возможность удовлетворения нарастающего спроса высокотехнологичных отраслей на металлопродукцию высокого передела;

- сохранение в регионе темпов развития потребительской базы металлургического комплекса;

- наличие природных ресурсов с требуемыми характеристиками (в том числе комплексный характер металлургического сырья);

- повышение качества трудовых ресурсов (внедрена система непрерывного образования на основе создание корпоративных университетов);

- существенный опыт внедрения технологических решений, соответствующих требованиям «зеленой экономики».

На территории РФ качество материалов регламентируется правилами Международной организации по стандартизации

(ИСО), государственными стандартами (ГОСТ) и техническими условиями (ТУ). Все они имеют добровольный характер в отличие от технических регламентов, которые устанавливают обязательные требования к продукции, оборудованию и т. д. Разработка государственных стандартов сопровождается согласованием с потребляющими отраслями, требования которых специфичны, а иногда и противоречивы, в то время как технические условия создаются для конкретного потребителя. Между тем стандарты по качеству стали в РФ постоянно ужесточаются. Так, например, сильно повышаются требования к показателям пластичности и прочности. Требования к качеству стали растут ежегодно, сопровождаясь необходимостью сокращения материальных и энергетических затрат и снижением вредных выбросов. Также важно отметить, что если раньше при разработке новых марок стали требования предъявлялись преимущественно к одному из свойств, то в настоящее время, и особенно в будущем, ставятся задачи повышения целого комплекса свойств, причем не всегда сочетаемых между собой, например: прочность, пластичность и штампуемость; прочность и коррозионная стойкость [9, 10].

В современных условиях в РФ, и в частности в Свердловской области, наблюдается развитие производства высокотехнологичной металлопродукции (табл. 1).

Как видно из табл. 1, в основных промышленно развитых регионах РФ наблюдается положительная тенденция развития высокотехнологичных и наукоемких производств. Нарастающие

Таблица 1. Динамика изменения доли продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВВП страны и ВРП основных промышленно развитых регионов*.

| РФ и субъекты федерации | Годы | | | | |
|--|------|------|------|------|------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| <i>Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом внутреннем продукте, %</i> | | | | | |
| Российская Федерация | 19,1 | 19,4 | 19,4 | 19,6 | 20,4 |
| <i>Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом региональном продукте субъекта Российской Федерации, %</i> | | | | | |
| Центральный федеральный округ | 20,8 | 21,2 | 20,5 | 21,1 | 23,2 |
| Уральский федеральный округ | 12,4 | 12,3 | 12,7 | 12,8 | 13 |
| В том числе: | | | | | |
| Свердловская область | 22,3 | 22,2 | 24,4 | 23,3 | 24,5 |
| Челябинская область | 21,1 | 21,5 | 21,4 | 20,5 | 20 |

*По данным Росстата.

Таблица 2. Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами организаций Свердловской области по обрабатывающим видам деятельности и строительства, млн руб.

| Вид экономической деятельности | Годы | | |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 2014 | 2015 | 2016 |
| Обрабатывающие производства, всего | 1 218 147,9 | 1 385 005,3 | 1 433 476,1 |
| В том числе: | | | |
| Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий | 762 717,0 | 866 629,8 | 808 489,4 |
| <i>Высокотехнологичные отрасли потребления металлопродукции</i> | | | |
| Производство электронных компонентов, аппаратуры для радио, телевидения и связи | 6960,7 | 7840,7 | 4417,3 |
| Производство медицинских изделий; средств измерений, контроля, управления и испытаний; оптических приборов, фото- и кинооборудования; часов | 34 076,3 | 26 219,0 | 29 169,2 |
| Производство судов, летательных и космических аппаратов и прочих транспортных средств | 40 712,4 | 54 138,1 | 66 266,5 |
| <i>Среднетехнологичные высокого уровня отрасли потребления металлопродукции</i> | | | |
| Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования | 56 834,1 | 55 188,6 | 59 237,3 |
| <i>Традиционные отрасли потребления металлопродукции</i> | | | |
| Производство электрических машин и электрооборудования | 14 983,9 | 20 982,6 | 25 480,1 |
| Производство машин и оборудования (без производства оружия и боеприпасов) | 40 421,0 | 36 604,9 | 38 344,7 |
| Производство транспортных средств и оборудования | 41 886,7 | 55 756,4 | 68 186,6 |
| Производство автомобилей, прицепов и полуприцепов | 1174,2 | 1618,3 | 1920,1 |
| Строительство, всего | 61 374,8 | 55 196,1 | 53 104,8 |
| В том числе: | | | |
| Строительство зданий и сооружений | 47797,9 | 42244,7 | 42557,4 |

Источник: по данным Свердловскстата, Статистический сборник «Производство и отгрузка товаров и услуг в Свердловской области по видам экономической деятельности» за 2014–2016 гг.

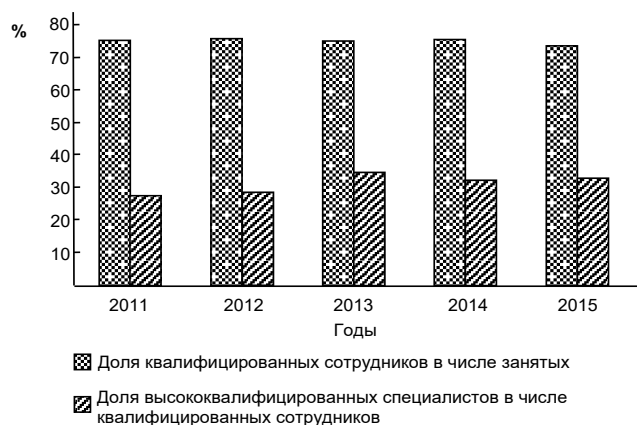


Рисунок 2. Доля квалифицированных сотрудников в численности занятых в металлургии по Свердловской области и доля высококвалифицированных специалистов из их числа.

темпы развития высокотехнологичных отраслей в Свердловской области характерны для обрабатывающих видов деятельности, в частности производства электрооборудования, электронного и оптического оборудования; производства летательных аппаратов, включая космические; производства медицинских изделий, включая хирургическое оборудование, и ортопедических приспособлений. При этом в традиционном секторе потребления металлопродукции за последние пять лет уровень производства в целом изменился незначительно (табл. 2).

По данным за 2016 г., индекс изменения объема отгруженных товаров, выполненных работ и услуг по обрабатывающим видам деятельности к предыдущему году составил 103,5 %. При этом производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования выросло на 107,3 %, а производство судов, летательных и космических аппаратов и прочих транспортных средств – на 122,4 %. Объемы отгруженной продукции металлургических производств за этот период сократились почти на 7 %, что не отразилось на производстве готовых металлических изделий.

Одним из наиболее высокотехнологичных сегментов в черной металлургии является трубная подотрасль. Данный сектор

характеризуется положительной динамикой развития; самой высокой инновационной активностью; высокой квалификацией трудового потенциала; хорошо развитой структурой НИОКР в мире; современной системой менеджмента, учитывающей значимость внедрения социальных стандартов, а также системы международной финансовой отчетности; постоянно расширяющимися рынками сбыта. Наличие в составе уральской металлургии этой подотрасли будет способствовать изменению облика металлургии региона.

Развитие металлургии в условиях Индустрии 4.0 требует обеспечения отрасли высококвалифицированными кадрами (рис. 2). В целях обеспечения конкурентоспособности трудовых ресурсов необходим комплексный подход к достижению должного уровня образования, предполагающий развитие новых методов и технологий учебного процесса, внедрение новых форм обучения, отвечающих международным стандартам. Среди таких форм организации образовательного процесса необходимо выделить сотрудничество вузов с промышленными предприятиями по форме реализации заказа на целенаправленную подготовку специалистов при вовлечении в учебный процесс будущих работодателей и получении учащимися практических знаний. Также большое значение имеет обучение на базе непрерывного образования. Повышение квалификации на основе непрерывного образования необходимо как на уровне топ-менеджмента, так и для кадров, занятых в производстве и в осуществлении НИОКР.

В рамках решения данной проблемы в регионе внедрена система непрерывного образования на основе создания корпоративных университетов. На ряде крупных металлургических заводов Среднего Урала проблеме подготовки кадров уделяется большое внимание. Так, на Нижнетагильском металлургическом комбинате переобучение персонала проводится как в его структурных подразделениях, так и в учебных центрах РФ, в том числе «Евраз-Урал». Открыт учебный центр на Первоуральском новотрубном заводе, налажено сотрудничество с федеральным университетом по подготовке специалистов, нехватка которых наблюдается на производстве. Подготовка кадров на предприятиях Урала проводится в соответствии с международными стандартами и позволяет повысить эффективность вложений. Также начата разработка профессиональных стандартов, призванных заменить устаревшие тарифно-квалификационные справочники.



Рисунок 3. Структурная схема концепции международного промышленного сотрудничества стран БРИКС в области металлургии [11].

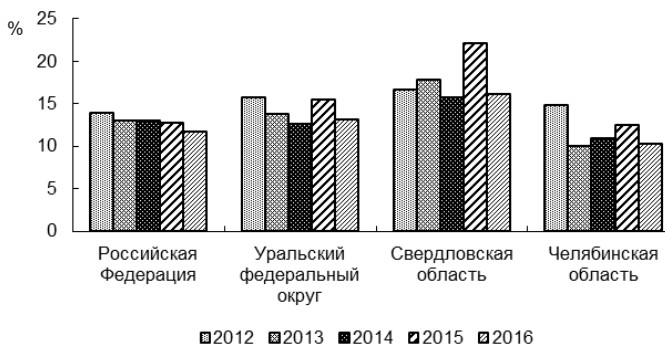


Рисунок 4. Удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации в металлургии.

В современных условиях особую актуальность имеют проблемы экологически безопасного развития отраслей тяжелой промышленности индустриальных регионов. На 15-й сессии генеральной конференции ЮНИДО была подписана Лимская декларация «На пути к всеобъемлющему и экологически устойчивому промышленному развитию». В ней реализуются принципы, провозглашенные на Всемирной конференции ООН по устойчивому развитию в Рио-де-Жанейро в июне 2012 г. В этих документах акцентируется внимание на необходимости укрепления международного сотрудничества в области экологически безопасного промышленного развития.

Особая роль в достижении такого результата принадлежит металлургии, в структуре которой сосредоточены основные источники загрязнения. В связи с этим страны БРИКС разработали «Концепцию международного промышленного сотрудничества стран БРИКС в области металлургии», на базе которой выстроена единая технологическая платформа (рис. 3). В настоящее время взаимовыгодное международное сотрудничество в вопросах развития промышленности, в том числе металлургии, не может не учитывать проблемы внедрения принципов зеленой экономики. Эффективная экологическая политика, предполагающая внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий, а также увеличение инвестиций в инновационное развитие отра-

сли, будет способствовать улучшению экологической обстановки в регионе и, как следствие, улучшению качества жизни.

В структуре металлургического комплекса РФ уральская металлургия играет существенную роль. Металлургия является одной из отраслей специализации Среднего Урала, обеспечивая социально-экономическое развитие региона. При этом предприятия горно-металлургического комплекса являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды в Свердловской области. В структуре обрабатывающих производств Среднего Урала по объему образования отходов около 90 % составляют отходы производства черных и цветных металлов (отходы обогащения и шлаки металлургических производств).

Оценка инновационной активности металлургических предприятий Свердловской области показала снижение доли организаций, осуществлявших технологические инновации в 2016 г., составив тем не менее более 16 %, что существенно выше, чем в Челябинской области (10,3 %) и в целом по России (11,7 %)* (рис. 4). При этом доля инновационной продукции металлургического комплекса Свердловской области в 2016 г. выросла до 9,1 % (при 4,2 % в 2014 г. и 8 % в 2015 г.). В свою очередь, внедрение на предприятиях отрасли технологических инноваций оказывает значительное влияние на повышение экологической безопасности металлургического производства.

Опыт европейских и других зарубежных стран показал актуальность применения в промышленности наилучших доступных технологий (НДТ), определенных на основе обмена информацией между государствами-членами ЕС, заинтересованными представителями промышленности и неправительственными организациями. Более того, по требованию Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) переход отечественных предприятий на НДТ будет обязательным с 2019 г. Директивы по НДТ в промышленности по переработке черных металлов содержатся в справочнике НДТ, адаптированном к условиям РФ и содержащем ряд основных технологий, направленных на сокращение вредного воздействия предприятий отрасли на окружающую среду (табл. 3).

К основным экологическим приоритетам развития металлургии на Среднем Урале следует отнести достижение баланса между уровнем производства и сохранением благоприятного состояния окружающей среды [12]. При этом основные приоритет-

Таблица 3. Основные технологии, рассматриваемые при определении НДТ.

| Направление | Список НДТ технологий в заданном направлении |
|---|---|
| 1. Система управления охраной окружающей средой (EMS) | 1.1. Технологии, учитываемые стандартизированной системой управления окружающей средой. Система экологического менеджмента и аудита (EMAS) 1.2. Технологии разработанные по заказу, не учитываемые стандартизированной системой управления окружающей средой |
| 2. Регулирование потребления энергии | 2.1. Технологии для повышения эффективности использования энергии 2.2. Технологии для оптимизации использования технологических газов 2.3. Технологии для повышения эффективности утилизации тепла 2.4. Насосы и вентиляторы с частотно-регулируемым приводом |
| 3. Снижение выбросов NOx на электростанциях, отапливаемых технологическими газами | 3.1. Снижение выбросов NOx с помощью основных мер 3.2. Снижение выбросов NOx с помощью вспомогательных мер |
| 4. Управление материалами | 4.1. Технологии для улучшения использования лома 4.2. Технологии для снижения рассеянных выбросов от хранения и обращения с материалами 4.3. Технологии для регулирования сбросов в водные объекты от хранения, обращения и смешивания материалов 4.4. Специализированные установки для рециклинга отходов с высоким содержанием железа |
| 5. Мониторинг на предприятиях черной металлургии | 5.1. Непрерывный мониторинг параметров и выбросов в воздух 5.2. Примеры непрерывного мониторинга выбросов после систем обеспыливания 5.3. Мониторинг технологических газов 5.4. Периодический мониторинг выбросов после систем обеспыливания 5.5. Мониторинг PCDD/F 5.6. Мониторинг рассеянных и неорганизованных выбросов 5.7. Мониторинг сброса сточных вод |
| 6. Снижение уровней шума | Обычные строительные и эксплуатационные приемы, предназначенные для предотвращения или минимизации шумовых выбросов на территориях, окружающих завод |

*Федеральная служба государственной статистики. URL: www.gks.ru

ные направления деятельности металлургических предприятий, направленные на сохранение гармоничного развития отрасли, должны включать:

- снижение показателей загрязнения окружающей среды;
- своевременную ликвидацию производственных отходов, особенно высоких уровней опасности;
- реализацию инновационной системы повышения квалификации и профессиональной переподготовки кадров для предприятий горно-металлургического комплекса на уровне международных стандартов;
- усиление мировых кооперационных связей с целью развития энерго- и ресурсосберегающих технологий производства и обработки сталей и сплавов, а также внедрения на предприятиях современного высокотехнологичного оборудования. Важную роль в решении этой задачи играет эффективное использование наилучших доступных технологий.

Дальнейшее развитие металлургического комплекса на Среднем Урале должно быть построено на основе принципов Индустрии 4.0, эффективность проведения которой в значительной мере зависит от активности предприятий в разработке и продвижении прогрессивных технологий производства новых металлических материалов и обработки традиционных сталей и сплавов, построенных на принципах энерго- и ресурсосбережения, а также снижения нагрузки на окружающую природную среду. Особую роль в этом процессе играют темпы цифровизации и роботизации отрасли, развитие аддитивных технологий на базе отечественных металлических порошков, возможность применения интеллектуальных датчиков, Интернета вещей.

Неопределенность условий и факторов, обуславливающих перепозиционирование РМК в условиях формирования Индустрии 4.0, актуализирует необходимость развития методологического аппарата прогнозирования. Проблема предвидения будущего требует активного развития исследований, в том числе на базе альтернативных методологических подходов. Перспек-

тивным представляется использование междисциплинарного подхода как основы методологии прогнозирования. Успешное развитие такого подхода связано не только с учетом взаимозависимости социально-экономических процессов, но и с развитием диалога специалистов различных дисциплин, что особенно необходимо в процессе выработки образа желаемого будущего экономики региона [13]. Таким образом, на базе синергетических принципов разработан методологический подход к оценке перепозиционирования РМК. Предложенный подход учитывает применение технологии искусственных нейронных сетей, проектирующих изменения существенных параметров комплекса от будущей «предпочтительной реальности» к настоящему в условиях меняющейся рыночной конъюнктуры (табл. 4).

Одной из особенностей предложенного подхода является дополнение традиционных методов выявления приоритетных направлений технологического развития методами библиометрии и патентного анализа. Это позволило обозначить области знаний, формирующих научный базис металлургии, в структуре VI ТУ и оценить вклад отечественной и региональной науки в их развитие. Полученные результаты формируют ориентиры для выявления научно-технологического потенциала региона с позиции учета требований наилучших доступных технологий к металлопродукции, в том числе на базе патентного анализа. При этом уточняется динамика выдачи патентов РФ по перспективным направлениям технологического развития металлургии региона, что позволяет учесть реальные технологические возможности предприятий комплекса.

Далее на базе систематизации данных стратегических материалов развития отрасли и экономики региона в целом, согласованных с выделенными перспективными направлениями технологического развития металлургии региона, определяется изменение структуры внутреннего рынка высокотехнологичной металлопродукции РМК на период до 2050 г. Результаты позволяют построить вектор развития металлургических производств, на-

Таблица 4. Методы решения задач, используемые для оценки перепозиционирования РМК.

| Этап | Цель | Методы | Результаты |
|------|---|---|--|
| I | Выявление приоритетных направлений технологического развития металлургического комплекса региона | Методы наукометрии, в том числе библиометрия, патентный анализ Методы экономико-статистического анализа, в том числе кластерный анализ (построение технологической карты взаимодействия нанонауки и металлургии) | Выявлен и систематизирован перечень приоритетных для Свердловской области направлений технологического развития металлургии |
| | Оценка динамики и прогноз развития внутреннего потребительского сектора металлопродукции и его структуры | Методы системного, структурно-логического, сравнительного анализа; аналитические методы анализа | Сформировано представление относительно ожидаемых изменений структуры потребительского рынка металлопродукции РМК на период до 2050 г. |
| II | Построение факторной модели, описывающей изменение параметров технологического облика РМК | Метод главных компонент; вращение факторной матрицы по методу «варимакс» | Установлен перечень основных индикаторов, характеризующих процесс перепозиционирования РМК Разработан комплекс нелинейных, экономико-математических моделей, которые могут быть использованы в целях прогнозирования изменений параметров технологического облика РМК |
| III | Обоснование и систематизация прогнозных значений факторов, определяющих параметры нового технологического облика РМК и этапов его перепозиционирования, а также условий их формирования | Методы системного, структурно-логического, сравнительного анализа; аналитические методы анализа | Сформирована таблица прогнозных значений оцениваемых факторов |
| | Построение математической модели распознавания технологического облика РМК на базе нейросетевых алгоритмов | Методы нейросетевого моделирования; методы графического анализа | Разработана нейросетевая модель, используемая в целях распознавания технологических образов и этапов перепозиционирования РМК |
| IV | Обоснование управленческих решений по перепозиционированию РМК | Методы сценарного прогнозирования | Разработаны сценарии перепозиционирования РМК. Получена возможность отбора оптимального сценария, удовлетворяющего модельным условиям |

правление которого связано с изменениями внутреннего рынка высокотехнологичной металлопродукции РМК.

Для определения параметров, характеризующих технологический образ РМК, формируется оптимальный перечень показателей, оказывающих существенное влияние на развитие металлургии, который составит информационную базу для проведения факторного анализа. Для оценки параметров процесса перепозиционирования РМК разработаны методические основы, учитывающие построение на основе метода главных компонент факторных моделей, которые позволяют сформировать «описательный механизм» перепозиционирования РМК. Далее в целях оценки возможностей перепозиционирования РМК и принятия соответствующих стратегических решений необходимо дополнить разработанные методические основы механизмом распознавания изменений параметров перепозиционирования РМК в условиях меняющейся рыночной конъюнктуры. С этой целью сформирован алгоритм построения математической модели распознавания образов и этапов перепозиционирования РМК, разработанной на базе нейросетевой модели классификации [14]. Предложенная модель преобразует совокупность количественных оценок в качественный сигнал через слой скрытых нейронов сети, представляющих собой систему интеллектуальных датчиков. Таким образом, заложенная в нейросетевой модели система искусственного интеллекта дает свою оценку наблюдаемым изменениям технологического образа металлургии через призму загруженных прогнозных данных относительно сопровождающих процесс перепозиционирования РМК изменений.

Новый технологический образ металлургии региона отражает сложный ментальный образ восприятия металлургии обществом, характеризующий прогрессивностью ее технологической структуры, высоким уровнем эффективности, наукоемкости, экологичности и организации производства, постоянно развивающимися ключевыми компетенциями персонала и развитым внутренним рынком высокотехнологичной металлопродукции. В условиях Среднего Урала можно говорить о теоретической возможности формирования такого образа металлургии. Сроки его достижения зависят от интенсивности принимаемых мер, отдачи от заложенных инвестиций и правильной координации действий законодательных структур. Для оценки реальных возможностей перепозиционирования РМК может быть применен сценарный подход, позволяющий сформировать прогнозные сценарии перепозиционирования металлургического комплекса Среднего Урала, учитывающие реализацию выявленных приоритетных направлений технологического развития региональной металлургии. Особенностью разработанного сценарного подхода является учет наиболее значимых факторов, влияющих на перепозиционирование металлургии региона, а также структуры потребительского рынка.

Заключение

Одной из определяющих сфер стратегического анализа и концептуально-стратегического планирования должна стать технология проектирования будущего, что и подчеркнута в Национальной технологической инициативе. В ней отмечена необходимость планирования работы от будущего, так называемой «предпочтительной реальности», к настоящему. В отдельных публикациях также подчеркивается необходимость не только формирования согласованных долгосрочных целей развития отечественной экономики, но и формирования ее «образа будущего» [15]. В рамках проблемы перепозиционирования РМК с учетом такой технологии необходимо проектировать определяющие критерии того образа будущего металлургии региона, который представляется наиболее желаемым. Результаты такого образа должны соответствовать мировым трендам технологического развития отрасли и учитывать особенности национального и регионального развития.

Таким образом, дальнейшее эффективное развитие отечественной металлургии в условиях развития Индустрии 4.0 возможно только при кардинальных изменениях, предполагающих инновационное развитие отрасли. Изменение восприятия металлургии как грязной отрасли, ее переориентация на выпуск

высокотехнологичной, экологичной продукции, отвечающей мировым стандартам качества, а также рост квалифицированного состава трудовых ресурсов позволит металлургии Среднего Урала приблизиться к желаемому образу будущего. Перепозиционирование РМК является первым шагом в решении задачи создания качественно новой технологической базы индустрии, имеющей стратегическое значение в условиях развития Индустрии 4.0.

Статья подготовлена в соответствии с планом НИР ИЭ УрО РАН «Разработка и обоснование теоретической концепции мультифункциональной промышленной политики на основе резонансных эффектов в условиях новой индустриализации» № 0404-2015-0014 в ИСГЗ ФАНО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adno Ю. Сталь: вперед, в будущее // Металлы Евразии. 2013. № 2. С. 10–19.
2. Klaus Schwab. The Fourth Industrial Revolution // Foreign Affairs от 12.12.2015. URL: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>
3. Feiguine G., Solovjova J. ICT investment and internationalization of the Russian economy // International economics and economic policy. 2014. Vol. 11. P. 231–250.
4. Manyika J., Chui M., Buguin J., Dobbs R., Bisson P., Marrs A. Disruptive Technologies: Advances that will Transform Life, Business, and the Global Economy. McKinsey Global Institute, 2013. 164 p. URL: <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/disruptive-technologies>
5. Towards knowledge driven reindustrialisation: European Competitiveness Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013. 196 p.
6. Handbook on the Knowledge Economy / ed. by D. Rooney, G. Hearn, T. Kastelle. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2012. 256 p.
7. Коблов Е. Н. Курсом в 6-й технологический уклад. URL: <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2010/kursom-v-6-oi-tehnologicheskii-uklad>
8. Романова О. А., Сиротин Д. В. Новый технологический облик базовых отраслей промышленных регионов РФ // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2015. № 5. С. 27–43.
9. Углов В. А., Зайцев А. И., Родионова И. Г. Основные направления развития металлургической технологии для обеспечения современных требований по уровню и стабильности технологических и служебных свойств стали // Черная металлургия. 2012. № 3. С. 85–94.
10. Буданов И. А., Устинов В. С. Инновационно-инвестиционные процессы развития металлургического производства в России // Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН: науч. труды. 2015. № 13. С. 324–347.
11. Чужин М. В., Тулюпов О. Н., Кузьков И. В. Перспективы международного промышленного сотрудничества стран БРИКС в металлургическом кластере // ЮНИДО в России. 2014. № 13. С. 9–13.
12. Татаркин А. И., Игнатьева М. Н. Геоэкоэкономическая модель системного освоения природных ресурсов // Проблемы теории и практики управления. 2015. № 9. С. 8–16.
13. Романова О. А., Сиротин Д. В. Образ желаемого будущего экономики индустриального региона: тенденции развития и методология оценки // Экономика региона. 2017. № 3. С. 746–763.
14. Esposito A., Marinaro M., Oricchio D., Scarpetta S. Approximation of Continuous and Discontinuous Mappings by a Growing Neural RBF-based Algorithm // Neural Networks. 2000. Vol. 13, № 6. P. 651–665.
15. Структурно-инвестиционная политика в целях устойчивого роста и модернизации экономики / под ред. акад. В. В. Ивантера // Экономист. 2017. № 3. С. 3–23.

REFERENCES

1. Adno Yu. 2013. *Stal': vpered, v budushchee* [Steel: forward, into the future]. *Metally Evrazii* [Eurasian Metals], no. 2, pp. 10–19.
2. Klaus Schwab. 2015. *The Fourth Industrial Revolution*. Foreign Affairs. Available at: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>
3. Feiguine G., Solovjova J. 2014. ICT investment and internationalization of the Russian economy. *International economics and economic policy*, vol. 11, pp. 231–250.
4. Manyika J., Chui M., Buguin J., Dobbs R., Bisson P., Marrs A. 2013. *Disruptive Technologies: Advances that will Transform Life, Business, and the Global Economy*. McKinsey Global Institute. 164 p. URL: <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/disruptive-technologies>
5. 2013. *Towards knowledge driven reindustrialisation: European Competitiveness Report*, Luxembourg, 196 p.
6. Rooney D., Hearn G., Kastelle T. 2012. *Handbook on the Knowledge Economy*, Cheltenham, 256 p.
7. Koblov E. N. *Kursom v 6-y tekhnologicheskiiy ukhad* [A course in the 6th technological order]. Available at: <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2010/kursom-v-6-oi-tehnologicheskii-uklad>
8. Romanova O. A., Sirotin D. V. 2015. *Novyy tekhnologicheskiiy oblik bazovykh otrasley promyshlennykh regionov RF* [The new technological appearance of the basic industries of the industrial regions of the Russian Federation]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz* [Economic and social changes: facts, trends, forecast], no. 5, pp. 27–43.

9. Uglov V. A., Zaytsev A. I., Rodionova I. G. 2012, *Osnovnye napravleniya razvitiya metallurgicheskoy tekhnologii dlya obespecheniya sovremennykh trebovaniy po urovnyu i stabil'nosti tekhnologicheskikh i sluzhebnykh svoystv stali* [The main directions of the development of metallurgical technology for ensuring modern requirements for the level and stability of technological and service properties of steel]. *Chernaya metallurgiya* [Ferrous Metallurgy], no. 3, pp. 85–94.
10. Budanov I. A., Ustinov V. S. 2015, *Innovatsionno-investitsionnye protsessy razvitiya metallurgicheskogo proizvodstva v Rossii* [Innovation-investment processes of development of metallurgical production in Russia]. *Institut narodnokhozyaystvennogo prognozirovaniya RAN: nauch. trudy* [Institute for Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences: science works], no. 13, pp. 324–347.
11. Chukin M. V., Tulupov O. N., Kul'kov I. V. 2014, *Perspektivy mezhdunarodnogo promyshlennogo sotrudnichestva stran BRIKS v metallurgicheskoy klaster* [Prospects for international industrial cooperation of the BRICS countries in the metallurgical cluster]. *YuNIDO v Rossii* [UNIDO in Russia], no. 13, pp. 9–13.
12. Tatarin A. I., Ignat'eva M. N. 2015, *Geoekosotsioekonomicheskaya model' sistemnogo osvoeniya prirodnykh resursov* [Geoecosociological model of system development of natural resources]. *Problemy teorii i praktiki upravleniya* [Theoretical and Practical Aspects of Management], no. 9, pp. 8–16.
13. Romanova O. A., Sirotin D. V. 2017, *Obraz zhelaemogo budushchego ekonomiki industrial'nogo regiona: tendentsii razvitiya i metodologiya otsenki* [Image of the desired future of the economy of industrial region: development trends and evaluation methodology]. *Ekonomika regiona* [Economy of region], no. 3, pp. 746–763.
14. Esposito A., Marinaro M., Oricchio D., Scarpetta S. 2000, Approximation of Continuous and Discontinuous Mappings by a Growing Neural RBF-based Algorithm. *Neural Networks*, vol. 13, no. 6, pp. 651–665.
15. 2017, *Strukturo-investitsionnaya politika v tselyakh ustoychivogo rosta i modernizatsii ekonomiki: pod red. akad. V. V. Ivantera* [Structural and Investment Policy for Sustainable Growth and Modernization of the Economy], ed. by academician V. V. Ivanter. *Ekonomist* [Economist], no. 3, pp. 3–23.

Ольга Александровна Романова,
econ@uran.ru

Дмитрий Владимирович Сиротин
sirotind.umk@mail.ru

Институт экономики УрО РАН
Россия, Екатеринбург, ул. Московская, 29

Ol'ga Aleksandrovna Romanova,
econ@uran.ru

Dmitriy Vladimirovich Sirotin
sirotind.umk@mail.ru

Institute of Economics of the Ural Branch of RAS
Ekaterinburg, Russia