

Костыгова Людмила Александровна

DOI 10.31483/r-75891

РЕАЛИЗАЦИЯ КРУГОВОЙ ЭКОНОМИКИ В ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ИННОВАЦИОННЫХ КЛАСТЕРАХ

Аннотация: статья посвящена рассмотрению территориальных инновационных кластеров в условиях реализации круговой экономики. Автором на примере титановой отрасли проанализирован титановый территориальный инновационный кластер, установлены и изучены условия, факторы и направления осуществления реализации круговой экономики в данном кластере. Также был выполнен анализ отходов титанового производства. Делается вывод о том, что в кластере создаются необходимые условия и реализуются основные факторы «круговой экономики» и наблюдается эффективность ее использования.

Ключевые слова: круговая экономика, территориальные инновационные кластеры, титановый кластер, политика рационального природопользования, отходы производства, рециклинг.

Abstract: the article is devoted to the consideration of regional innovation clusters in the context of a circular economy implementation. Using the example of the titanium industry, the author analyzes the titanium regional innovation cluster, identifies and studies the conditions, factors, and directions for implementing circular economy policy in the cluster. The analysis of titanium production waste was also carried out. It is concluded that the necessary conditions are created in the cluster and the main factors of the circular economy are implemented and the effectiveness of its use is observed.

Keywords: circular economy, regional innovation clusters, titanium cluster, the policy of rational use of natural resources, waste production, recycling.

Работа выполнена в рамках общеуниверситетской комплексной темы Финансового университета «Новая парадигма общественного развития в условиях цифровой экономики».

Введение. Ограниченность сырьевых ресурсов и рост объемов производства требуют в современных условиях использования новых подходов для реализации стратегии рационального природопользования. Прогнозные оценки свидетельствуют об общемировой тенденции увеличения объемов отходов, к 2050 г. их количество может превысить 13100 млн т, за период 40 лет (с 2009 до 2050 гг.) рост объемов отходов может составить 20% [20]. Например, в Китае, в период с 2013 по 2018 гг., увеличение объемов перерабатываемых отходов составляло 8,7% в год [21]. В указанный период Китай был крупнейшим импортером отходов с целью их переработки. В настоящее время в стране на государственном уровне приняты ограничения по ввозу отходов, так как их неконтролируемый ввоз и в ряде случаев захоронение вместо переработки серьезно повлияли на ухудшение экологической обстановки. В связи с этим страны – экспортеры отходов, в первую очередь США, активно стали искать другие рынки сбыта и принимать меры по сокращению отходов. Для России проблема переработки отходов также актуальна. Ежегодно в стране формируется суммарно до 5 млрд тонн отходов, при этом вторично используется лишь их небольшая часть.

В настоящее время политика рационального природопользования в большинстве развитых государств реализуется в форме круговой (рециркуляционной) экономики. В странах ЕС в результате осуществления этой концепции предусматривается рост ВВП (на 7%), создание 170 тысяч рабочих мест, уменьшение выбросов углерода на 450 миллионов тонн в год [22]. Такая амбициозная программа должна опираться на новые технические и организационные решения. Проблема заключается в использовании более совершенных и эффективных инструментов ее реализации.

Развитие экономики происходит на пересечении современных направлений развития, к которым можно отнести следующие аспекты: территориаль-

ный, инновационный, интеграционный и отраслевой [1, с. 191]. Как показал зарубежный, отечественный опыт и исследования автора сочетание данных аспектов наиболее полно возможно в кластерах [2–5]. Кластерная форма имеет значительные перспективы развития, в том числе в области рециркуляции ресурсов. Однако, реализация этого потенциала может быть осуществлена при условии выявления факторов, условий и направлений осуществления «круговой экономики» в территориальных инновационных кластерах. Изучение этих вопросов явилось целью представленного исследования. Данное исследование осуществлялось на конкретном примере формирования титанового инновационного кластера. Титановое производство является представителем объектом исследования, так как традиционная схема производства характеризуется значительными потерями титана в виде отходов, а титановый кластер – результат осуществления программы создания пилотных территориальных кластеров в промышленности России.

Методы. Для достижения указанной цели в ходе научного исследования были использованы методы ситуационного, системного, сравнительного анализа, а также контент-анализ научно-технической и экономико-финансовой информации по рассматриваемой проблеме.

Автором выявлены факторы осуществления «круговой экономики» в территориальных инновационных кластерах. Территориальные инновационные кластеры, как новая форма территориальной организации производства, позволяют более полно использовать местные (региональные) преимущества и инновационный потенциал регионов для создания сети новых научно-производственных предприятий, деятельность которых направлена на использование возможностей ресурсосбережения, реализацию круговой экономики. Установлено, что важная роль в этом процессе принадлежит снижению материалоемкости продукции на основе организации производства продукции высокой степени готовности в рамках территориальных инновационных кластеров.

На рисунке 1 представлены факторы, которые с точки зрения автора обеспечивают успешную реализацию концепции «круговой экономики» в территориальных инновационных кластерах.



Рис.1. Факторы, обеспечивающие успешную реализацию концепции «круговой экономики» в территориальных инновационных кластерах

Источник: составлено автором.

Изучение данных факторов позволило выявить, что их действие значительно повышает активность кластеров с точки зрения реализации круговой экономики, а именно:

– интеграция вокруг основного производства сети обрабатывающих производств, значительно повышает степень готовности продукции и приводит таким образом к росту вновь созданной (добавленной) стоимости. Часть из этих организаций создаются и функционируют как совместные предприятия с крупнейшими мировыми фирмами [6, с. 143; 7, с. 253; 8, с. 359];

– внутри кластера появляется возможность контролировать процессы формирования и учета отходов, создания предприятий, организующих переработку вторичного сырья, в том числе целенаправленный сбор и последующую переработку отходов;

– наличие научно-исследовательских структур, интегрированных в территориальные инновационные кластеры, что позволяет обеспечить высокий технический и технологический уровень процессов, позволяющих сократить количество отходов и организовать эффективную переработку вторичного сырья [9, с. 923];

– территориальная близость основного, обрабатывающих и перерабатывающих вторичное сырье производств;

– создание объектов, направленных на осуществление природоохранных мероприятий [10, с. 252].

Автором изучены условия осуществления круговой экономики в территориальных инновационных кластерах. В результате установлено, что в кластерах складываются наиболее подходящие условия для реализации принципов «круговой» (рециркуляционной) экономики, появляются возможности создать замкнутый производственный цикл и полное использования как вторичных ресурсов (например, металлолома в металлургии и т. п. материалов), так и отходов производства. Широкое использование вторичного сырья является общемировой тенденцией последних десятилетий. Мировая практика констатирует, что средний уровень повторно используемого сырья составляет от 30 до 40%. Решению проблемы эффективного использования вторичного сырья во всем мире уделяется большое внимание, однако в рамках одного предприятия этот процесс не может быть полностью реализован. В то же время кластерные сети, объединяющие на длительной основе взаимосвязанные организации: поставщиков продукции, комплектующих и специализированных услуг; инфраструктуры; которые взаимодополняют друг друга, позволяют осуществить замкнутый процесс переработки сырья и обеспечить снижение вредного воздействия промышленного производства на окружающую

щую среду. Уровень взаимодействия участников кластера значительно превосходит простую кооперацию и позволяет решать задачи, которые были недоступны до этого отдельным участникам кластера. В результате кластерные структуры обеспечивают полный учет, сбор и переработку вторичного сырья и отходов производства.

В территориальных инновационных кластерах реализуются преимущества тройной спирали. Совместные усилия и взаимодействие научных организаций, бизнеса и государственных структур позволяют совершенствовать имеющиеся и создавать новые технологии и оборудование, на основе которых можно решить основную задачу «круговой экономики» – организовать замкнутый рециркуляционный цикл промышленной переработки сырья. При этом значительно снижается уровень экологических проблем.

Следует отметить, что формирование территориальных инновационных кластеров и возможность их последующего взаимодействия обеспечивают создание и вовлечение в процесс безотходной переработки сырья не только различных предприятий региона, но и обеспечивают межрегиональное сотрудничество на базе глубокой вертикальной и горизонтальной интеграции. Таким образом, в перспективе на этой основе может быть осуществлена «умная специализация» регионов и международное сотрудничество, обеспечивающие создание новых и рост существующих цепочек добавленной стоимости на различных стадиях технологической зрелости, а также их интегрирование.

Успешным примером такого подхода является создание титанового инновационного кластера. Формирование титанового кластера позволило организовать выпуск титановой продукции высокой степени готовности, значительно повысив извлечение титана в готовую продукцию и сократив количество отходов. Кроме того, установлены длительные международные интеграционные технологические и научные связи с ведущими мировыми аэрокосмическими компаниями.

В состав титанового кластера входит якорное предприятие ПАО «Корпорация ВСППО-АВИСМА», которое активно интегрирует вокруг основного производства титанового проката сеть металлообрабатывающих, машиностроительных производств и научных центров. Многие из этих организаций создаются и функционируют как совместные предприятия с крупнейшими мировыми авиастроительными фирмами “Boeing” и “Airbus”. Уровень взаимодействия участников кластера значительно превосходит простую кооперацию и позволяет решать задачи, которые были недоступны до этого отдельным участникам кластера [6, с. 150].

Автором выявлены и проанализированы основные направления использования вторичных ресурсов на примере титанового кластера. Решению проблемы эффективного использования отходов титана и его сплавов всегда уделялось большое внимание. Актуальность проблемы связана с тем, что при производстве губчатого титана и слитков титановых сплавов, а также при изготовлении из них полуфабрикатов и готовых изделий образуется значительное (до 70% от исходной шихты) количество отходов этого дорогостоящего металла. Поэтому важным направлением рационального использования титана является использование вторичного титана. Вторичный титан – это титан, полученный из вторичного сырья, то есть из отходов, образовавшихся в производстве титана первичного и титановый лом, сформированный в связи с использованием изделий из титана и его сплавов (первичным считается титан, который получен из природного минерального сырья). На примере титанового кластера можно выделить два основных направления использования вторичного металла [11, с. 56; 12, с. 35]:

- вовлечение в переработку отходов производства;
- использование амортизационного лома.

Отходы производства. Процесс использования отходов производства в производстве титана имеет большое значение. Изделия из титана и его сплавов представлены те же видами полуфабрикатов, что и из других конструкционных металлов: плитами, листом, лентой, полосой, штампованными по-

ковками, прутками, трубами, проволокой. Производство осуществляется с применением обычных способов обработки давлением: методов прокатки, прессования,ковки, штамповки, отличаются лишь режимы. Все перечисленные стадии и стадия производства готового изделия сопровождается образованием отходов: листовой обрезки и стружки. Кроме этого, прочими отходами (безвозвратными) являются шлаки (огневая разделка), отходы плавки, резки, зачистки, а также окалина [13, с. 30].

Титановые отходы состоят из [13, с. 42]:

Кусковых отходов (возвратных отходов)	20%
Листовой обрезки (возвратных отходов)	17%
Стружки (возвратных отходов)	53%
Прочих отходов (безвозвратных)	10%
Итого	100%

Кусковые отходы формируются в различных видах производства: кузнечно-штамповом, сортопрокатном, прессовом, механотермическим. К ним относятся концы прутков, блюмсов, полос, профилей, облой, брак штамповок и прессовок, обсечка и обрезь (листопрокатное и трубное производства, раскрой) [13, с. 32].

Стружка. Стружка возникает как отход в результате механической обработки полуфабрикатов и заготовок (обточка, строжка, резка, фрезерование, сверление).

В структуре титановых отходов на стружку приходится 65%. Около 30% титановой стружки загрязнено стружкой черных металлов в количестве до 2%, 16–18% стружки имеет примеси цветных металлов и сплавов – алюминия, меди, бронзы и латуни – в количестве – 2–3%. Засорено неметаллическими примесями (землей, бетоном, бумагой, тканями и т. п.) около 70% всей заготавливаемой стружки, причем 30–35% стружки содержит 2–10% и более неметаллических примесей. Поэтому для стружки титановых сплавов, используемой в шихте для выплавки слитков, главное требование – это несмешивание ее в процессе сбора и хранения со стружкой других металлов, иных

титановых сплавов, а также смазочно-охлаждающими жидкостями (СОЖ) При механической обработке титановых сплавов с охлаждением зоны контакта СОЖ различных составов или сжатым воздухом снижается усилие резания и уменьшается нагрев инструмента и образующейся стружки. Применительно к титану использование СОЖ позволяет увеличить скорость резания от 1,5 до 2 раз, снизить от 2 до 3 раз расход твердосплавных резцов и уменьшить содержание газовых примесей в стружке по сравнению с охлаждением сжатым воздухом от 30 до 50%. Однако при этом стружка оказывается загрязненной охлаждающими эмульсиями, причем количество масла и влаги на стружке определяется ее удельной поверхностью. Наиболее загрязненной является стружка минимальной толщины. Смазочно-охлаждающими жидкостями может быть загрязнено около 90% всей массы образующейся стружки. Максимальное содержание углерода в стружке достигает 3%, главным образом за счет загрязнения маслом [13, с. 45; 14, с. 23].

Современные технологии регенерации титановой стружки разработанные в России, обеспечивают: экономию затрат за счет изготовления полуфабрикатов из стружки, а не из первичной титановой губки; снижение себестоимости продукции на 20–30% за счет сокращения расхода энергии и трудозатрат; экологический эффект, за счет исключения из технологического процесса операций, связанных с производством тетрахлорида титана, так как применение газообразного хлора на этих операциях делает их потенциально опасными.

В производстве титана выход годного из шихты не превышает 33%, при этом 60–65% всех образующихся отходов составляют кондиционные, которые могут быть вовлечены в шихту при производстве слитков серийных сплавов. Фактически при производстве слитков используется менее половины общих ресурсов титановых отходов. Такое положение обуславливает образование множества отходов (при производстве 1 т. готовых изделий образуется до 2,7 т. отходов).

Усредненный баланс образования отходов в перерабатывающей титановой промышленности показывает, что из 100% шихты, запущенной в производство, образуется около 70% отходов, которые можно утилизировать [13, с. 35].

Как уже отмечалось, важное значение имеет качество титановых отходов. Отходы титановых сплавов, как правило, имеют большую концентрацию примесей внедрения, чем исходная титановая губка. Основным требованием к качеству отходов, вовлекаемых в шихту для плавки, является минимальное загрязнение их примесями внедрения (в основном, кислородом).

Совершенствование технологий плавки обработки титана, а также подготовки отходов ориентирует титановое производство на выпуск продукции высокой степени готовности, так как стружка является отходом заключительных операций черновой и чистовой обработки титановых изделий и образуется на заключительных стадиях процесса производства титановой продукции. Поэтому в период, когда конечная продукция титановой отрасли была представлена титановым прокатом и полуфабрикатами, основное количество стружки образовывалось у зарубежных потребителей, которые осуществляли черновую и чистовую обработку титановых изделий. В связи с этим сбор и доставка стружки из-за рубежа требовали значительных затрат. Однако, даже в это время переработка стружки была экономически эффективна. При организации титанового кластера эффект от вовлечения в производство стружки выражается в снижении затрат на первичное сырье, легирующие добавки, транспортировку стружки, операции по ее сбору, он составляет не менее 23,3 млн долл. США.

Процесс переработки стружки в настоящее время реализуется в условиях ПАО Корпорация «ВСМПО-АВИСМА», имеющей плавильные установки достаточной мощности. Следует отметить, что вовлекаемые отходы содержат лигатуру – дорогостоящие легирующие добавки, которые в производстве первичного титана добавляются на этапе плавки титана. Затрат на их приобретение значительны, поэтому использование стружки позволит резко сни-

зитель затраты на добавки. Сегодня технически можно использовать до 70% таких отходов.

Автор считает, что использование амортизационного лома является перспективным направлением снижения материалоемкости титановой продукции. Только в титановом кластере появляется возможность полноценного сбора и использования в титановом кластере амортизационного титанового лома. Опыт компании "Boeing" в области использования амортизационного титанового лома свидетельствует о перспективности данного направления.

Лом титана (титановая запорная арматура, титановые трубопроводы, фильтры и др. виды титановых изделий) является одним из основных компонентов шихты при выплавке титановых сплавов и ферротитана. Основным источником пополнения рынка титанового лома в перестроечные годы являлось наличие значительных запасов лома в странах СНГ. Эти запасы сформировались в период расцвета титановой промышленности СССР (80-е годы). В период либерализации внешнеэкономической деятельности в 90-е годы эти запасы щедро подпитывали мировой рынок, нивелируя любые скачки потребностей в сырьевых титановых материалах. К настоящему времени запасы старого лома сократились настолько, что уже не могут покрывать растущий спрос. В итоге в мире установился устойчивый дефицит титанового лома.

Лом титана является одним из компонентов шихты при выплавке титановых сплавов. Использование амортизационного лома является перспективным направлением в области переработки вторичного титанового сырья, требующим детального изучения.

В настоящее время в России осуществляется сбор и частичное использования вторичных цветных металлов, в том числе титана. Однако нет полного представления о величине и структуре металлофонда титана. Установлено, что такой учет осложняется:

– различными по отраслям и производствам сроками службы изделий из титана, а следовательно, и различными периодами потенциального возврата титана;

– отсутствием возможности полномасштабного сбора и переработки титанового лома.

Титановый кластер позволяет установить стабильные связи производителей с потребителями титановых изделий, появляется перспектива создания единой системы учета, сбора и переработки лома титановых изделий. Основными направлениями формирования металлофонда титана в гражданском секторе являются авиастроение, нефтяная и химическая промышленность, наземная и подводная техника и др. Эти отрасли представляются наиболее перспективными поставщиками титанового лома.

Следует отметить, что полное использование отходов и амортизационного лома в титановом производстве будет возможно только в формирующемся титановом территориальном инновационном кластере, так как только в нем появляется возможность учета, сбора и использования вторичного титана.

Автором предложено отнести к перспективным направлениям совершенствования процесса кругооборота титана в титановом кластере возможность использования амортизационного лома и отходов производства, формирующихся за рубежом из экспортируемой титановой продукции. Следует отметить, что в зарубежной практике имеется опыт реализации подобных направлений. Например, компания Boeing включила требования об обратной продаже титанового лома во все свои контракты с поставщиками. В результате ей удалось достичь определенного прогресса: сейчас в программе принимают участие уже 70 заводов из двухсот, находящихся в сфере досягаемости.

Анализ схем, предусматривающих развитие титанового кластера, позволил установить, что в кластере имеется потенциал для рационализации кругооборота титана на основе приближения его к варианту полного рециклинга.

Как следует из представленных схем, использоваться может как отечественный, так и импортный лом. По данным экспертов Минпромторга России в 2014 году количество импортируемого титанового лома и отходов составило 890,6 тонны, а в 2015 году – 813,7 тонны. При этом Великобритания обеспечивала до 89% импортных поставок, кроме этого, поставки осуществляли США, Азербайджан, Узбекистан и другие страны. Экспорт титанового лома и отходов из России в 2014 году составил 2505,1 тонны, в 2015 году – 2880,6 тонны.

Выполненные автором расчеты показывают, что ближайшие 20–40 лет количество отечественного лома будет сокращаться, при одновременном увеличении лома, полученного в результате окончания срока эксплуатации изделий из российского титана за рубежом [12, с. 34]. Данная ситуация объясняется следующими обстоятельствами.

Оценка металлофонда титана, выполненная по авторской методике [12, с. 35], и его анализ свидетельствуют об отрицательной динамике формирования металлофонда титана в стране последние годы. В период с 2010 по 2015 годы произошло уменьшение металлофонда в 1,7 раза, хотя этот период характеризуется ростом производства титана в стране. Изучение данной ситуации позволило автору установить ее причину, которая заключается в резком увеличении экспорта титановой продукции при одновременном падении внутреннего потребления. Экспорт титановой продукции по сравнению с началом 2000-х годов вырос в 3 раза. Такое положение приведет в ближайшем будущем к резкому уменьшению отечественного титанового амортизационного лома. Выполненное исследование процесса формирования титанового лома в России показало, что после 2017 года титановое производство в РФ столкнется с уменьшением поступления отечественного амортизационного лома [12, с. 37].

Поэтому считаем, что поставкам импортного лома следует уделить серьезное внимание. Данные рекомендации учтены ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» при формировании перспективной структуры сырья. В настоящее

время ПАО «Корпорация ВСППО-АВИСМА» планирует произвести диверсификацию поставок сырья, расширив его состав за счет титанового лома. В случае принятия такого решения в производственный процесс будет вовлечен новый вторичный ресурс, который является готовым продуктом и который можно использовать в середине технологического процесса. Это позволит существенно упростить технологию производства титана, снизить затраты на производство, а также исключить особо вредные с точки зрения воздействия на человека и окружающую среду операции (например, хлорирования). Важен также тот факт, что при известном составе титанового лома его можно использовать при производстве определенных видов продукции.

Выполненная автором предварительная проработка вопроса показывает возможность поставок лома и отходов титана из стран, потребляющих российский титан, обратно в Россию. Компании “Boeing” и “Airbus” изучают такие возможности. Следует также учесть имеющийся положительный опыт организации возврата в Россию титановой стружки, образующейся при обработке титановых изделий, изготовленных из российского титана за рубежом.

Следует также отметить, что в настоящее время проблема диверсификации состава сырья актуальна для ПАО «Корпорация ВСППО-АВИСМА». Исторически титановое сырье в основном поставлялось с Украины. До недавнего времени поставщиками сырья для ПАО «Корпорация ВСППО-АВИСМА» являлись украинские предприятия: Вольногорский горно-металлургический и Иршанский горно-обогатительный комбинаты. В 2012 году Корпорация приобрела 75% акций группы Limpieza (Кипр), владеющей лицензией на разработку ильменит-циркониевых песков Волчанского месторождения (Украина, Днепропетровская область). Данные Федеральной таможенной службы свидетельствуют о том, что в 2012 и 2013 годах импорт ильменитового сырья из Украины в Россию составил 111,2 тыс. т и 119,3 тыс. т соответственно, на общую сумму 120 млн долл. США, а в 2014 году он уменьшился до 93,3 тыс. (34 млн. долл. США). Данная ситуация связана со сложной политической обстановкой в Украине. Обострение ситуации с по-

ставками сырья заставило Корпорацию импортировать концентрат из стран дальнего зарубежья (Африки и Азии, Австралии, США и др.).

Корпорации имеет собственную сырьевую базу – циркон-рутильменитовое месторождение Центральное в Тамбовской области. Стоимость инвестиционного проекта его отработки оценивается не менее 300–600 млн долл. США. Приведенные данные свидетельствуют о том, что использование титанового лома и отходов в качестве исходного сырья поможет частично решить сырьевую проблему Корпорации и повысит эффективность переработки вторичного титанового сырья.

В результате исследования установлено, что применение современных технологий позволит перейти на новый уровень осуществления концепции «круговой экономики» – обеспечение практически безотходного производства. Значительная роль в этом процессе отводится аддитивным технологиям, так как они обеспечивают практически полное отсутствие отходов. Однако, внедрений этих перспективных технологий возможно только в тесном контакте с научно-исследовательскими структурами. Такой подход наиболее полно обеспечивается в кластерных структурах.

Классическим примером аддитивных технологий является SLA-технология (Stereolithography Apparatus), или стереолитография, которая основана на послойном отверждении жидкого фотополимера при воздействии лазером. Виды фотополимерных композиций достаточно разнообразны, поэтому круг использования прототипов, произведенных по SLA-технологии, достаточно широк: от макетов до масштабных моделей для аэро- и гидродинамических испытаний [15; 16].

Важным направлением в аддитивных технологиях является селективное лазерное спекание или SLS-технология (Selective Laser Sintering, Selective Laser Melting). Строительный (или модельный) материал в этой технологии представлен сыпучими, порошкообразными материалами. Лазер в этой технологии представляет не источник света (как в SLA-машинах), а является мощным источником тепла, за счет которого осуществляется сплавление ча-

стиц порошка. Модельными исходными материалами являются разнообразные полимерные или металлические порошки. Полиамидный порошок служит исходным материалом при функциональном моделировании, макетировании и изготовлении контрольных сборок. Полистирол обычно используется при изготовлении литейных выжигаемых моделей [16].

Наибольшее распространение метод послойного лазерного спекания (сплавления) металлопорошковых композиций получил в металлургии. Металлические порошки являются исходным сырьем для производства заготовок, пресс-форм, специальных инструментов, оригинальных деталей со сложной конфигурацией. Обычно такой подход используют, когда трудно произвести необходимое изделие методами литья или механообработки. Так производятся импланты и эндопротезы и много других изделий. Особенно важно, что затратное штучное и мелкосерийное производство может стать экономически целесообразным, если осуществить «рост» небольших партий деталей на SLS-машине. Этот процесс значительно дешевле изготовления литейной или штамповой оснастки. Сочетание горячего изостатического прессования (Hot Isostatic Pressing (HIP)) с соответствующей термообработкой позволяет производить изделия, которые могут превосходить литые и кованные изделия по прочности на 20–30% [15; 16].

«Струйная печать» – InkJet (PolyJet)-технология представляет перспективное направление развития аддитивных технологий. Нанесение материала для модели (связующего состава) производится струйными головками. InkJet-технология может успешно применяться в литейном производстве. Она обеспечивает «рост» самой литейной формы, что позволяет ликвидировать стадию получения формовочной оснастки (мастер-модель и литейная модель). Компания «ExOne» вместе с дочерней фирмой «ProMetal GmbH» наладили выпуск машин типа S-Max. Это оборудование используется не как «прототипирующие машины», а представляется как стандартное технологическое промышленное оборудование, которое применяется при производстве не только опытных, но и серийных продуктов. Большинство мировых

автомобильных компаний установили на своих предприятиях такие машины. Это позволило значительно уменьшить период научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) при разработке важных в автостроительной отрасли позиций – литейных деталей. Традиционные технологии опытного производства требовали нескольких месяцев для разработки подобных изделий, а при учете экспериментальной доводки и подготовки производства затраты времени могли составлять полгода. При использовании аддитивных технологий этот период времени может быть сокращен до двух недель [16].

Как видно из приведенных данных, обладая значительным превосходством перед традиционными методами производства и обработки изделий, аддитивные методы имеют определенные ограничения для их применения, что, в первую очередь, связано с новизной решаемых задач, необходимостью ускорения научно-исследовательских, опытно конструкторских разработок и темпов их внедрения в производство. Эти проблемы могут быть преодолены за счет использования преимуществ инновационных кластеров.

Анализ современного состояния производства металлоизделий показал перспективность аддитивного направления. Примером могут служить изделия из титана. Американская авиастроительная компания “Boeing” и норвежская компания “Norsk Titanium” создали с помощью аддитивных технологий несколько деталей из титановых сплавов. Производство основано на методе электронно-лучевой плавки титановой проволоки. Предполагается, что после испытаний этих изделий, они будут использоваться для производства серийных авиалайнеров B787 Dreamliner [17].

Следует отметить, что несмотря на успешные примеры производства деталей для авиации с помощью аддитивных технологий, эти методы в авиастроении пока широко не используются, но их преимущества значительны. В первую очередь к ним следует отнести производство цельных элементов сложной формы, например, турбинных лопаток с системой охлаждения в виде готовых каналов, которые очень сложно или невозможно произвести

традиционными методами обработки деталей. Использование углепластиковых композиционных материалов в лайнерах Dreamliner не позволяет заменять дорогостоящие титановые сплавы на алюминиевые (так как создается гальваническая пара, и алюминиевые изделия разрушаются). «Пассажирский самолет B787 с максимальной взлетной массой от 227,9 до 254 тонн, скоростью 903 км в час и стоимостью 265 млн долл. США содержит изделий из титана на сумму 17 млн долл. США. Ежегодно производится 144 самолета. Установка аддитивных деталей на пассажирский серийный авиалайнер B787 Dreamliner может уменьшить стоимость каждого самолета на 2–3 млн долл. США. Крупнейшая европейская авиастроительная компания “Airbus” разрабатывает новый 3D-принтер EBAM 110 для печатания различных титановых изделий большого размера. (длина детали до 178 сантиметров, глубина до 120 сантиметров и высота до 160 сантиметров)» [17].

Установлено, что более широкое использование аддитивных технологий требует изучения вопросов внедрения рассматриваемых технологий в конкретных условиях. Тесную взаимосвязь науки бизнеса и государства в процессе реализации этого нового направления производства могут обеспечить территориальные инновационные кластеры. Так, например, в титановом территориальном инновационном кластере на базе Уральского Федерального Университета им. Б.Н. Ельцина создается Центр компетенций по формированию цепочки ценностей в виде продуктов и технологий на основе титана и его соединений на стыках различных научно-исследовательских направлений и отраслей с применением лазерных и аддитивных технологий [18; 19]. В Центре компетенций будут обеспечены [18]:

- «развитие технологий, выполнение заказов предприятий по внедрению новых технологических процессов и созданию новых материалов»;
- процессы испытаний и сертификации материалов, оборудования и производств (испытания образцов, сертификация оборудования производств);
- подготовку и переподготовку специалистов (обучение, аттестация)».

Предполагается, что использовать новые научные разработки будут создаваемые в кластере малые и средние предприятия: ООО «Новая металлургия», ООО «УИС-металлургия», ООО «Радиал-про» и др.), технопарк высоких технологий с бизнес-инкубатором; научно-исследовательский центр по разработке титановых сплавов и материаловедению; центр компетенций и комплексных инжиниринговых услуг, институты развития Свердловской области (ОАО «Региональный исследовательский Центр», технопарка на территории ОЭЗ «Титановая долина» и т. п.). На рисунке 2 представлена разработанная автором структура производственной среды титанового кластера, которая включает потенциальных производственных участников кластера, светлым цветом выделены создающиеся и планируемые объекты. Таким образом, титановый территориальный инновационный кластер имеет объективные предпосылки и может обеспечить промышленное внедрение прогрессивных принципиально новых аддитивных технологий. Это позволит обеспечить соблюдение принципов круговой экономики на новом, более высоком уровне, а также повысит конкурентоспособность как всего кластера, так и отдельных предприятий – его участников и укрепит позиции промышленности России на международном рынке.

Результаты. Выполненный в статье анализ решения проблемы рециклинга сырьевых ресурсов на примере титанового территориального инновационного кластера показал, что данный тип кластеров имеет значительный потенциал для реализации процессов «круговой экономики». В результате проведенного исследования были определены *условия, факторы и направления*, необходимые для осуществления данного процесса.

Установлено, что территориальные инновационные кластеры как современный тип организации территориального производства предполагают реализацию следующих *факторов*:

– интеграция вокруг основного производства сети обрабатывающих производств, что значительно повышает степень готовности продукции и приводит таким образом к росту вновь созданной (добавленной) стоимости. Многие из этих организаций создаются и функционируют как совместные предприятия с крупнейшими мировыми фирмами;

– возможность контролировать внутри кластера процессы формирования и учета отходов, создания предприятий, организующих переработку вторичного сырья, в том числе целенаправленный сбор и последующую переработку отходов;

– наличие научно-исследовательских структур, интегрированных в территориальные инновационные кластеры, что позволяет обеспечить высокий технический и технологический уровень процессов, позволяющих сократить количество отходов и организовать эффективную переработки вторичного сырья;

– территориальная близость основного и обрабатывающих и перерабатывающих вторичное сырье производств;

– создание объектов, направленных на осуществление природоохранных мероприятий.

К *условиям реализации процессов «круговой экономики» в кластерах* следует отнести:

– возможность создать замкнутый производственный цикл и полное использования как вторичных ресурсов (например, металлолома в металлургии и т. п. материалов), так и отходов производства;

– преимущества тройной спирали, реализующиеся в территориальных инновационных кластерах на основе объединения совместных усилий и взаимодействия научных организаций, бизнеса, государственных структур;

– межрегиональное сотрудничество на базе глубокой вертикальной и горизонтальной интеграции.

К направлениям осуществления круговой экономики в кластерах предложено отнести:

– организацию учета, сбора и переработки: отходов производства, а также лома, формируемого в процессе использования производимой в кластере продукции;

– внедрение новых, совершенных технологий, обеспечивающих безотходное производство.

Обсуждение. Таким образом, на примере титановой отрасли изучен титановый территориальный инновационный кластер с точки зрения реализации подходов «круговой экономики», установлены и изучены условия, факторы и направления осуществления этой концепции. Установлено, что в кластере создаются необходимые условия и реализуются основные факторы «круговой экономики». Определено, что такой подход позволяет обеспечить:

– максимальное использование отходов производства;

– рециклинг амортизационного титанового лома;

– внедрение новых, совершенных технологий, обеспечивающих безотходное производство.

Выполненный анализ отходов титанового производства показал, что:

– потенциально возвратные отходы (около 90%) представлены различными формами: стружка, кусковые отходы, листовая обрезь и др., большинство отходов титанового производства потенциально возвратные (около 90%). Изучение возможностей использования возвратных отходов показало,

что степень их использования может быть повышена до 70%, а дальнейшее увеличение затруднено, так как связано с использованием некондиционных отходов (промасленной стружки и т. п.);

– титановый лом является перспективным видом сырья, который до недавнего времени не использовался ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА».

Определено, что снижение расхода сырья на единицу титановой продукции в кластере может быть осуществлено за счет экономии сырья в результате:

– вовлечения в переработку кондиционных отходов (в первую очередь стружки, обрезки) и титанового лома. Эти источники могут обеспечить в перспективе резкое снижение расхода первичного сырья;

– использования современного оборудования, позволяющего обрабатывать титановые изделия с максимальной точностью и с минимальным припуском (сокращается количество отходов в виде стружки);

– улучшения технологических конструкций изделий и их качества, более экономного использования лигатурных и других материалов (энерго- и ресурсосберегающие технологии).

На примере титанового территориального инновационного кластера проиллюстрирована реализация основных, выделенных автором условий, факторов, направлений, которые обеспечивают в кластерах новый уровень ресурсосбережения и осуществление концепции «круговой экономики».

Список литературы

1. Костыгова Л.А. Современные аспекты устойчивого развития российской промышленности и их отражение в территориальных инновационных кластерах / Л.А. Костыгова // Экономика в промышленности. – Апрель – июнь 2016. – №2 (30). – С. 191–197.

2. Пилотные инновационные территориальные кластеры в Российской Федерации / под ред. Л.М. Гохберга, А.Е. Шадрина. – М.: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2013.

3. Ленчук Е.Б. Кластерный подход в стратегии инновационного развития России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://institutiones.com/strategies1979-klasternyj-podход-v-...html> (дата обращения: 10.10.2018).

4. Смородинская Н.В. Территориальные инновационные кластеры: мировые ориентиры и российские реалии: материалы XIV Апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества / Н.В. Смородинская. – М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2014. – С. 389–402.

5. Куценко Е. Пилотные инновационные территориальные кластеры России: модель устойчивого развития / Е. Куценко // Форсайт. – 2015. – Т. 9, №1. – С. 32–45.

6. Костыгова Л.А. Роль интеграционных процессов в политике импортозамещения в промышленности России (на примере титанового кластера) // Предпринимательство и бизнес: финансово-экономические, управленческие и правовые аспекты устойчивого развития: монография / Л.А. Костыгова; под общ. ред. ректора Финансового университета при правительстве Российской Федерации, д-ра экон. наук, профессора М.А. Эскиндарова. – М.: Дашков и Ко, 2016. – С. 142–164.

7. Сидорова Е.Ю. Развитие методических аспектов оценки инновационного потенциала экономической системы / Е.Ю. Сидорова., А.А. Климова, Г.В. Тимохова // Экономика в промышленности. – 2018. – №11(3). – С. 249–255.

8. Елисеева Е.Н. Устойчивый рост промышленных предприятий: направления и система оценки // Новое в развитии предпринимательстве: инновации, технологии, инвестиции: материалы VII Международного конгресса (Москва, 23–24 мая 2019 г.). – М.: Дашков и Ко, 2019. – С. 357–361.

9. Shmeleva, N. (2018). The new business model for circular economy: moving from theory to practice. 18th International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference SGEM 2018 (Sofia, 02-08 July 2018), Vol. 18, Issue 5.3, 919-926.

10. Eliseeva E.N. Economic impact of metallurgical complex on the ecological balance: rational use of resources and evaluation of environmental measures. 17th International multidisciplinary scientific GEOconference SGEM 2017 Ecology, Economics, Education and Legislation ISSUE 5329 June – 5 July, 2017 Albena, Bulgaria, P. 249 – 254.
11. Костыгова Л.А. Кругооборот титана в промышленности РФ / Л.А. Костыгова // Экономика в промышленности. – 2013. – №1. – С. 53–58.
12. Костыгова Л.А. Оценка и управление рациональным использованием ресурсов в титановой отрасли / Л.А. Костыгова // Микроэкономика. – декабрь 2014. – №06. – С. 32–38.
13. Титан вторичный [Текст] / Г.А. Колобов [и др.]. – Запорожье: Запорожская государственная инженерная академия, 2006.
14. Ильин А.А. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства: справочник / А.А. Ильин, Б.А. Колачев, И.С. Полькин. – М.: ВИЛС-МАТИ, 2009.
15. Россия осваивает аддитивные технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://minpromtorg.gov.ru/presscentre/all/#!/rossiya_osvaivaet_additivnyye_tehnologii (дата обращения: 07.09.2019).
16. Железные перспективы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://atomicexpert.com/content/zheleznyye-perspektivy> (дата обращения: 03.06.2019).
17. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mir24.tv/news/hitech/11826076> (дата обращения: 09.2019).
18. Распоряжение Правительства Свердловской области от 14 октября 2014 года №1261-РП «Об утверждении Программы развития инновационного территориального кластера Свердловской области «Титановый кластер Свердловской области» на 2014–2017 годы».
19. Санников Д.Ю. Состояние и перспективы развития аддитивных технологий в производстве титановых изделий / Д.Ю. Санников, Л.А. Костыгова // Экономика промышленности. – М.: НИТУ МИСиС, 2016. – №1. – С. 8–1.

20. Отходы в графиках и диаграммах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.osce.org/ru/secretariat/111319/> (дата обращения: 15.02.2020).

21. Китай создает «круговую экономику» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ecology.md/page/kitaj-sozdaet-krugovujuekonomiku> (дата обращения: 05.09.2019).

22. Circular economy. URL: https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/circular-economy_en (дата обращения 10.01.19).

Костыгова Людмила Александровна – д-р экон. наук, доцент, профессор ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Россия, Москва
