

Технико-экономическое обоснование и расчет рыночной стоимости технологии производства металлоуглеродных нанокompозитов

Feasibility study and calculation of the market value of the technology to produce metal-carbon nanocomposites

doi 10.26310/2071-3010.2021.269.3.004



Л. В. Кожитов,

д. т. н., профессор, кафедра технологии материалов электроники, Институт новых материалов и нанотехнологий, НИТУ «МИСиС»

✉ kozitov@rambler.ru

L. V. Kozhitov,

doctor of technical sciences, professor, Moscow state institute of steel and alloys



Б. Г. Киселев,

к. э. н., доцент, кафедра экономики, НИТУ «МИСиС»

✉ kbg-48@yandex.ru

B. G. Kiselev,

candidate of economic sciences, associate professor, Moscow state institute of steel and alloys



Д. Г. Муратов,

к. т. н., ведущий научный сотрудник, лаборатория химии полисопряженных систем, Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН (ИНХС РАН)/доцент, кафедра технологии материалов электроники, Институт новых материалов и нанотехнологий, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

✉ muratov@ips.ac.ru

D. G. Muratov,

PhD, leading researcher, laboratory of chemistry of polyconjugated systems, A. V. Topchiev Institute of petrochemical synthesis RAS (TIPS RAS)/associate professor, department of electronics materials technology, Institute of new materials and nanotechnologies, National university of science and technology MISiS



А. В. Попкова,

к. т. н., старший научный сотрудник, ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ»

✉ popkova-alena@rambler.ru

A. V. Popkova,

candidate of technical sciences, senior researcher, LUCH research and production association, Research and development institute, Federal state unitary enterprise (LUCH FSUE)



Е. В. Якушко,

к. т. н., доцент, кафедра технологии материалов электроники, Институт новых материалов и нанотехнологий, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

✉ yakushko@misis.ru

E. V. Yakushko,

PhD, associate professor, department of electronics materials technology, Institute of new materials and nanotechnologies, National university of science and technology MISiS



В. Г. Косушкин,

д. т. н., профессор, кафедра технологии и конструирования электроники, МГТУ им. Н. Э. Баумана (калужский филиал)

✉ vic_kos@mail.ru

V. G. Kosushkin,

doctor of technical sciences, professor, department of technology and electronics design, Bauman Moscow state technical university (Kaluga branch)



В. Г. Бебенин,

д. пед. н., доцент, профессор, кафедра автоматки и управления, факультет машиностроения, Московский политехнический университет

✉ bebeninvg@yandex.ru

V. G. Bebenin,

doctor of pedagogical sciences, professor, department of automation and control, Moscow polytechnic university



Т. М. Казарян,

аспирант, кафедра технологии материалов электроники, Институт новых материалов и нанотехнологий, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

✉ tigrankasaryan@mail.ru

T. M. Kazaryan,

graduate student, department of electronics materials technology, Institute of new materials and nanotechnologies, National university of science and technology MISiS

Рассмотрены особенности и применение многокомпонентных наночастиц сплавов группы железа и методы их защиты углеродной оболочкой. Представлен новый метод синтеза металлоуглеродных нанокompозитов пиролизом при ИК-нагреве систем соли металлов — полимер. Выполнены технико-экономическое обоснование и расчет рыночной стоимости технологии производства металлоуглеродных нанокompозитов.

Для повышения точности расчетов технико-экономического обоснования проекта по производству металлоуглеродного нанокompозита и рыночной стоимости технологии его производства предложено использовать две итерации расчетов. При первой итерации в расчет себестоимости производства металлоуглеродного нанокompозита закладывается технология по рыночной стоимости, определенная только затратным подходом. Затем, с учетом и на основании технико-экономического обоснования проекта по производству металлоуглеродного нанокompозита, рассчитывается рыночная стоимость технологии доходным подходом. После согласования величин рыночной стоимости технологии, рассчитанных затратным и доходным подходами, указанная величина рыночной стоимости технологии включается во вторую итерацию (повторный расчет) технико-экономического обоснования проекта по производству нанокompозита. Таким образом, существенно повышается точность расчетов эффективности проекта по производству металлоуглеродного нанокompозита и рыночной стоимости технологии, лежащей в основе этого проекта. Процедура (последовательность) расчета приведена на примере проекта по получению металлоуглеродного нанокompозита FeCoNi/C.

The features and application of multicomponent nanoparticles of iron group alloys and methods of their protection with a carbon shell are considered. A new method for the synthesis of metal-carbon nanocomposites by pyrolysis during IR heating of metal salt-polymer systems is presented. A feasibility study and calculation of the market value of the technology to produce metal-carbon nanocomposites have been carried out. To increase the accuracy of calculations of the feasibility study of a project to produce a metal-carbon nanocomposite and the market value of the technology for its production, it is proposed to use two iterations of calculations. At the first iteration, the technology at the market value, determined only by the cost approach, is included in the calculation of the production cost of the metal-carbon nanocomposite. Then, taking into account and on the basis of a feasibility study of a project for the production of a metal-carbon nanocomposite, the market value of the technology is calculated using an income approach. After agreeing on the values of the market value of the technology, calculated by the cost and profitable approach, the specified value of the market value of the technology is included in the second iteration (recalculation) of the feasibility study for the nanocomposite production project. Thus, the accuracy of calculating the efficiency of a project to produce a metal-carbon nanocomposite and the market value of the technology underlying this project is significantly increased. The procedure (sequence) of calculation is given on the example of a project for obtaining a metal-carbon nanocomposite FeCoNi/C.

Ключевые слова: технико-экономическое обоснование, рыночная стоимость технологии, металлоуглеродный наноккомпозит, эффективность технологии, пиролиз, инфракрасный нагрев, соли металлов, полиакрилонитрил, радиопоглощающий материал.

Keywords: feasibility study, market value of technology, metal-carbon nanocomposite, technology efficiency, pyrolysis, infrared heating, metal salts, polyacrylonitrile, radio-absorbing material.

Создание металлоуглеродных наноккомпозитов расширяет перечень перспективных материалов и является важным и быстро развивающимся направлением современной науки. Интерес к наноккомпозитам вызван влиянием наноразмерности дисперсной составляющей композитов, связанной с проявлением так называемых «квантовых размерных эффектов», приводящих к проявлению новых физических и химических свойств материалов в целом.

Эти эффекты вызваны тем, что с уменьшением размера и переходом от макроскопического тела к масштабам нескольких сотен или нескольких тысяч атомов резко изменяется плотность электронных состояний, что отражается на свойствах, обусловленных поведением электронов, в первую очередь — магнитных и электрических. Другим важным фактором, оказывающим влияние на физические и химические свойства малых частиц по мере уменьшения их размеров, является возрастание в них относительной доли «поверхностных» атомов, находящихся в иных условиях (координационное число, симметрия локального окружения и др.), чем атомы объемной фазы. За счет этого происходит серьезное изменение свойств «поверхностных» атомов, в результате чего также изменяется характер взаимодействия между атомами, находящимися на поверхности, и атомами внутри частицы, что может приводить к кардинальному изменению физических свойств. Помимо этого, изменение свойств поверхностных атомов способно приводить к изменению характера взаимодействия наноразмерных частиц с окружающей средой, в результате чего могут значительно изменяться электрофизические, магнитные, электромагнитные, механические, химические свойства композиционных материалов, содержащих наноразмерные объекты.

Наноккомпозиты в общем случае — это материалы, состоящие из двух и более различных фаз, одна из которых объединяет другую, в том числе имеется фаза с размерами частиц менее 100 нм, при этом между фазами присутствует граница раздела.

Композиты могут включать в свой состав нанобъекты различной размерности, квантовые точки, наночастицы различной формы и размера, нити, слоистые соединения и их комбинации.

В последние годы в качестве наиболее перспективных материалов для производства поглотителей электромагнитного излучения рассматриваются магнитные наноккомпозиты.

Весьма перспективными магнитомягкими материалами являются сплавы металлов группы железа. Данные сплавы обладают высокими значениями намагниченности насыщения, достаточно высокой температурой Кюри, в зависимости от состава обладают высокими значениями начальной магнитной проницаемости. Следует отметить, что в наноразмерном состоянии данные сплавы демонстрируют значительный рост магнитной анизотропии по сравнению с объемным материалом.

Наноккомпозиты FeCoNi/C, представляющие собой дисперсию наночастиц тройных сплавов на основе кристаллических решеток FeNi₃ и FeCo различного состава в углеродной нанокристаллической матрице, формируемой за счет карбонизации полимеров, представляют актуальность с точки зрения использования в комплексной защите от электромагнитного излучения в конструкциях приборов СВЧ-электроники.

Как показали наши исследования, использование многокомпонентных наночастиц магнитных сплавов с участием Fe, Co, Ni позволяет в широком диапазоне варьировать магнитные и электромагнитные свойства. Магнитными и электромагнитными свойствами многокомпонентных наночастиц можно управлять изменением элементного состава, структуры, размера и морфологии наночастиц, кристаллической структурой сплава, а также структурой углеродной матрицы, объединяющей наночастицы сплава, но препятствующей их агломерации, окислению и прямому обмену магнитному взаимодействию, при этом обеспечивающей высокую долю поверхности сплавов за счет наноразмерности. Анализ литературных источников также показывает перспективность применения данного подхода к разработке наноматериалов с улучшенными свойствами.

Наноккомпозиты могут найти применение в химической отрасли в качестве катализаторов различных химических и нефтехимических процессов. В этом случае спектр металлов существенно расширяется, а возможность создания многокомпонентных наночастиц и многосоставных композиционных каталитических систем обеспечивает широкий круг возможностей эффективного использования [1].

Выбирая метод получения наночастиц металлов, необходимо предусмотреть их стабилизацию. Как правило, это достигается путем покрытия поверхности наночастиц различными веществами с исполь-

зованием тех или иных приемов: контролируемой пассивацией путем окисления, созданием оболочки из поверхностно-активных веществ, капсуляцией в углеродных сферах, помещением наночастиц в матрицу, т. е. созданием нанокомпозитов. Последний подход может быть реализован в паро-газовой, жидкой или твердой фазах. Развитая межфазная поверхность, избыточная энергия поверхностных атомов способствуют чрезвычайно высокой химической активности наноразмерных частиц. Энергонасыщенные наноразмерные частицы, получаемые в сильно неравновесных условиях, активно взаимодействуют с компонентами среды формирования.

В композитах наноразмерные объекты встроены в матрицу, которая обеспечивает их защиту от агломерации и окисления, при этом матрица позиционирует наночастицы, что приводит к их минимальному взаимодействию между собой. Это, например, очень перспективно для магнитных материалов, так как позволяет синтезировать однодоменные наночастицы и исключить их прямое обменное взаимодействие, что приводит к сильному изменению магнитных свойств.

Синтезированные наночастицы металлов и сплавов группы железа, не защищенные оболочкой, на воздухе окисляются с образованием оксидной пленки, приводящей к значительной потере ферромагнитных свойств. Графитовая оболочка наночастиц FeCo приводит только к понижению намагниченности насыщения и более высокой частоте собственного естественного ферромагнитного резонанса по сравнению с объемным материалом. Графитовое покрытие существенно улучшает поглощение электромагнитных волн наночастицами FeCoNi, что обусловлено действием двух механизмов: диэлектрических потерь и магнитных потерь [2].

Другим фактором управления магнетизмом в нанокомпозитах является взаимодействие «магнитная наночастица – матрица», где величина дипольных взаимодействий сильно зависит от текстурных характеристик матрицы, в которой диспергированы немагнитные частицы [3].

При синтезе металлоуглеродного нанокомпозита для защиты ферромагнитных наночастиц сплавов используют в качестве оболочки немагнитный высокодиэлектрический материал – углерод в различных морфологиях, включая нанопокрывтия, с целью увеличить радиопоглощающие свойства [4-7], наностружки [8], нанотрубки [9, 10] и нановолокна [11, 12].

В литературе рассмотрены методы синтеза углеродных оболочек магнитных наночастиц, включающих дуговой разряд [7], гидротермию [13], магнетронное и ионное лучевое распыление [14], лазерный пиролиз органических соединений [15] и распылительные методы [16]. Использование углерода в качестве оболочек наночастиц магнитного материала для защиты от окисления, рассмотрено в работах [5-12, 17].

Многие из этих методов имеют недостатки, такие как неполное покрытие поверхности наночастиц углеродом, низкая эффективность формирования графита и трудности контроля равномерности углеродного по-

крытия, а также необходимость дополнительного этапа термообработки для защиты наночастиц углеродом от окисления.

Разработка новых процессов синтеза наночастиц магнитных материалов, позволяющих получить наночастицы и матрицу, защищающую их от окисления, одновременно в одном процессе без введения восстановителя является весьма актуальной задачей.

Нами разработан синтез металлоуглеродных нанокомпозитов с использованием системы «соли металлов – полимер – растворитель» пиролизом посредством ИК-нагрева, который является новым и перспективным методом в создании эффективных радиопоглощающих покрытий (РПП) и материалов (РПМ).

Нами получены патенты на синтез металлоуглеродных нанокомпозитов FeNi₃/C, FeCo/C и Ag/C в системе «соли металлов – полиакрилонитрил – растворитель», а также ноу-хау на синтез металлоуглеродного нанокомпозита FeCoNi/C [18-22].

Следует учитывать, что процесс восстановления происходит в твердой фазе полимера, поэтому восстановление металла происходит *in situ*, причем в процессе восстановления может участвовать атомарный водород, который образуется за счет деструкции основной полимерной цепи в процессе ИК-нагрева.

Полиакрилонитрил (ПАН) в процессе термообработки претерпевает ряд химических превращений, и в результате карбонизации образуется углеродный материал, который можно отнести к нанокристаллическим углеродным материалам [23]. Также известно, что в присутствии металлов в ПАН могут формироваться сложные углеродные структуры [24-27], которые будут существенным образом влиять на свойства получаемых нанокомпозитов.

Для создания стабилизирующей матрицы для наночастиц металлов и их сплавов используются полимеры, высокомолекулярные соединения, содержащие в своем составе разнородные по функциональности группы, способные стабилизировать наночастицы металлов, препятствуя их агрегации (полиакрилонитрил, поливиниловый спирт, полипирол, поливинилпирролидон, карбоксиметилцеллюлоза и др.). Полимеры обладают растворимостью, биосовместимостью, высокой координирующей способностью и хорошо сочетаются со свойствами, характерными для наночастиц металлов.

Для синтеза нанокомпозитов FeCoNi/C был выбран полиакрилонитрил, имеющий структуру длинных цепей макромолекул, переплетающихся между собой и способных легко образовывать сшитую пространственную структуру, а также химически взаимодействовать с соединениями металлов, образуя комплексы, позволяющие равномерно распределять металл в объеме полимера, а также затрудняющие диффузию и объединение атомов металлов.

При термической обработке в ПАН образуется полисопряженная система связей, обеспечивающая термическую устойчивость пиролизованной формы полимера до 300°C. Полимерная цепь ПАН представляет собой углеводородную цепь с боковыми нитрильными группами, за счет которых могут

осуществляться межмолекулярные сшивки и взаимодействие с соединениями металлов. За счет наличия у атома азота 5 электронов на внешней оболочке, из которых во взаимодействии с углеродом задействовано только 3, переходные металлы группы железа (Fe, Co, Ni) за счет высоких координационных чисел способны образовывать комплексы с нитрильными группами полимера.

ПАН имеет ряд преимуществ, оптимальных для синтеза металлоуглеродных нанокompозитов (МУНК):

- производится в промышленных масштабах на российских предприятиях;
- за счет комплексобразования способен образовывать совместные растворы с соединениями металлов различной концентрации и вязкости в полярных растворителях (диметилсульфоксид, азотная кислота, диметилформамид (ДМФА)), что позволяет осуществить равномерное распределение металла по объему полимера;
- в процессе пиролиза для ПАН характерны относительно невысокие потери массы по сравнению с поливиниловым спиртом, полистиролом, целлюлозой, связанные с тем, что температура плавления значительно выше температуры образования циклической структуры молекул;
- традиционно применяется для синтеза углеродных волокон.

В работе использован полиакрилонитрил с молекулярной массой 100-250 тыс. ат. ед., полученный окислительно-восстановительной полимеризацией по методике [25].

Нанокompозиты FeCoNi/C были синтезированы из прекурсора представляющего собой систему, содержащую полиакрилонитрил, нона- и гексагидраты нитратов железа, никеля и кобальта.

Выбраны водные нитраты, так как обладают хорошей растворимостью в демитилформамиде (ДМФА), низкими температурами разложения, относительно невысокой стоимостью, производятся отечественной промышленностью.

Углеродная матрица нанокompозита и металлические наночастицы формируются одновременно в согласованном процессе пиролиза прекурсора. Под воздействием интенсивного некогерентного ИК-излучения нагревателя в процессе карбонизации происходят изменения в составе и структуре полимера, приводящие к формированию углеродной матрицы нанокompозита. В тоже время, с солями металлов происходит ряд химических реакций, приводящие к восстановлению металла и формированию наночастиц. При этом возможны как чисто термические процессы (например, разложение солей), так и химические реакции с продуктами пиролиза полимера. В процессе карбонизации полиакрилонитрила происходит выделение значительного количества различных газообразных продуктов, в том числе H_2 , NH_3 , CO которые являются восстановителями для соединений металлов. Процесс восстановления металла происходит в твердой фазе полимера *in situ*.

Прекурсоры нанокompозитов получали из совместного раствора в демитилформамиде полиакрилонитрила (ПАН), нитрата железа (III) нонагидрат (Acros Organics, 99%), нитрата кобальта (II) и никеля (II) гексагидраты (Acros Organics, 99%) с последующим удалением растворителя при $T \leq 90^\circ C$. Концентрация ПАН в растворе ДМФА составляла 5 масс.%. Суммарная концентрация металлов в прекурсор 20 масс.% от массы ПАН, процентное соотношение масс металлов между собой Fe:Co:Ni= 33:33:33.

трила (ПАН), нитрата железа (III) нонагидрат (Acros Organics, 99%), нитрата кобальта (II) и никеля (II) гексагидраты (Acros Organics, 99%) с последующим удалением растворителя при $T \leq 90^\circ C$. Концентрация ПАН в растворе ДМФА составляла 5 масс.%. Суммарная концентрация металлов в прекурсор 20 масс.% от массы ПАН, процентное соотношение масс металлов между собой Fe:Co:Ni= 33:33:33.

Технико-экономическое обоснование проекта производства металлоуглеродного нанокompозита FeCo

Нами в последние годы выполнены технико-экономические обоснования и расчеты рыночных стоимостей инновационных технологий, в основе которых находится патент или ноу-хау [28-35].

Сложность методики расчета заключается в том, что, как правило, на инновационные патенты и ноу-хау при отсутствии рынка нет данных по их рыночной стоимости. Это не позволяет подготовить с достаточной степенью точности технико-экономическое обоснование проекта на основе патента или ноу-хау при первой итерации, так как рыночная стоимость технологий, рассчитанная затратным подходом, может в разы отличаться от рыночной стоимости технологий, рассчитанная доходным подходом. Вследствие этого возникает противоречие: для расчета технико-экономического обоснования проекта необходимо знать рыночную стоимость патента (рассчитанную затратным, сравнительным и доходным подходом и согласовать полученные величины), на основе которого рассчитывается эффективность проекта, а для расчета рыночной стоимости патента (технологии) доходным подходом необходимы результаты расчета эффективности проекта (чистый операционный доход, срок проекта, коэффициент дисконтирования). Поэтому нами в ранее выполненных технико-экономических обоснованиях проектов по производству наноматериалов использованы две итерации. Можно делать третью и последующие итерации для повышения точности расчетов, но как показали результаты расчетов, для принятия решения об эффективности проектов по производству наноматериалов, достаточно двух итераций. На первой итерации при расчете себестоимости производства продукции закладывается (учитывается) рыночная стоимость патента или ноу-хау, определенная затратным подходом (по существу сумма затрат на проведенные научные исследования, оформление патента и лабораторного производства наноматериала), а на второй итерации — себестоимость производства продукции рассчитывается уже с учетом согласованной рыночной стоимости патента или ноу-хау, определенного затратным и доходным подходами (в предположении реализации проекта на производстве с учетом стоимости патента или ноу-хау, приближенного к его рыночной стоимости). В результате такой процедуры, помимо повышения точности проведения технико-экономического обоснования проекта производства наноматериала, снижаются риски по проекту, повышается точность определения рыночной стоимости патента или ноу-хау (технологии). Последнее особенно важно для разработчика

технологии (собственника патента или ноу-хау) для целей его реализации на открытом рынке. Такая методология расчета стоимости технологии использована нами в работах [28-35].

Для инновационных технологий, предлагаемых на рынок технологий, стоимость технологий является важным показателем, который определяет их конкурентоспособность, потенциальную возможность эффективного использования в производстве, стоимость активов предприятия (бизнеса). В процессе использования инновационная технология имеет большую вероятность увеличения своей стоимости за счет ее совершенствования в процессе коммерциализации, в том числе за счет устранения имеющихся недостатков. Связи между научными исследованиями, разработками технологии и производством (бизнесом) хотя и сложны (хаотичны), но в первом приближении понятны, так как все участники обычно действуют рационально и их действия приносят пользу. Однако количественное определение этих связей, начиная с оценки стоимости технологии, затруднено, в том числе вследствие того, что в стоимости технологии проявляется не только экономический эффект, но и социальный и экологический эффекты. Оценка стоимости технологии необходима для ее купли/продажи, подготовки технико-экономического обоснования проекта и бизнес-плана на основе инновационной технологии, включающих и определение эффективности инновационной технологии.

Процедура (последовательность) расчета рыночной стоимости инновационной технологии

1. Выбор основных параметров для проекта по производству материалов. При наличии потенциального покупателя/инвестора принимаются условия и параметры проекта в соответствии с его требованиями, условиями коммерциализации инновационной технологии. При отсутствии покупателя/инвестора основные параметры принимаются, исходя из разумных требований и применительно к местоположению разработчика. Это позволяет в первом приближении определить эффективность/неэффективность инновационного проекта, потенциальные возможности его коммерциализации, а в случае появления покупателя/инвестора с его условиями/требованиями, внести коррективы в расчеты предварительного технико-экономического обоснования, включая также и временной период, для которого осуществляется расчет (осуществить привязку проекта к конкретному местоположению, компании и времени его реализации). На точность экономических расчетов влияют качество и полнота исходных данных, использования прогнозных (вероятностных) величин (зависящих от множества факторов), а также этапа обоснования проекта коммерциализации производства промышленной продукции, в том числе наноматериала. На первом этапе предварительного технико-экономического обоснования проекта производства продукции (применимо и к наноматериалам) точность (погрешность) расчета
 2. Процедура обоснования и выбора основных параметров проекта рассмотрена на примере разработки предварительного технико-экономического обоснования первого этапа проекта по получению металлоуглеродного нанокompозита FeCoNi/C с учетом роста рынка наноматериалов для условий 2021 г. В проекте объем производства (производственная мощность) принят в размере 750 килограмм композиционного порошка в год, что составляет порядка 5% потенциального рынка. Выход на рынок с долей в 5% снижает риски по первому этапу проекта и повышает вероятность коммерциализации проекта, учитывая следующие обстоятельства. Объем рынка нанокompозитов растет ежегодно более чем на 5% и захват рынка в 5% для нового эффективного (по сравнению с другими нанокompозитами) продукта на первом этапе вполне возможен, с учетом опережающего маркетинга (осуществляемого ранее), включая рекламу, участия в конференциях, научно-технических выставках, форумах для привлечения потенциальных заказчиков-потребителей [36].
 3. Обоснование и расчет производственной площади и производственной инфраструктуры (электроэнергия, вода и др.). Для реализации проекта необходима производственная площадь для размещения оборудования и вспомогательных помещений (с учетом выбранного оборудования под запроектированный объем производства) размером 65 м² при высоте не менее 4-7 м с учетом технологических и санитарных нормативов. В проекте заложена аренда производственной площади в московском регионе с соответствующей производственной инфраструктурой. Привязка проекта за пределами московского региона приведет к снижению затрат и соответствующему увеличению эффективности проекта. В нашем примере расчетная арендная плата для производственного помещения составляет 585 руб./м² в месяц или 456,3 тыс. руб. в год.
 4. Обоснование и выбор необходимого оборудования. Для достижения температуры синтеза металлоуглеродного нанокompозита FeCoNi/C 700-1000°C и бескислородной атмосферы требуется вакуумная или герметичная электропечь, имеющая безокислительную атмосферу в режиме газопотока через гидрозатвор (аргон или более дешевый вариант — азот класса «Ч» или «ОСЧ»).
- С учетом этих требований для обеспечения технологии по проекту планируется приобретение следующего оборудования: электропечь камерная общепромышленная СНОЛ 60/12-И1-В производства «Термотехника» с устройством для удаления продуктов сгорания, вакуумный пластинчато-роторный на-

сос, шаровая мельница BML-2, электропечь камерная СНОЛ производства «Термотехника», промышленный сушильный шкаф Climcontrol ШС 30/250-100-П Plus отечественного производителя ООО «Мир оборудования», объемом 100 литров и диапазоном температуры от 30 до 250°C, вытяжной зонт 600×1400×2000 отечественного производителя.

В затратах на оборудование учтены стоимость печи (1,5 млн руб.), а также стоимость монтажа печи и вытяжного зонта, подготовка (ремонт) производственного помещения с зачетом этих затрат в счет арендной платы (такой зачет применяется на практике при аренде помещений). В затратах учтено также приобретение прав на технологию по производству композиционного порошка FeNiCo/C (1,77 млн руб. для первой итерации — по рыночной стоимости технологии, определенной затратным подходом), дополнительное оборудование, складское оборудование, затраты на формирование оборотных средств и др. При привязке проекта к действующему предприятию возможно использование имеющегося оборудования, включая складское оборудование, что повысит эффективность проекта. Суммарно капитальные вложения по проекту составляют 6,9 млн руб., часть из которых предполагается осуществить за счет кредита. Привлечение кредита снижает эффективность проекта (за счет выплаты процентов за кредит), но одновременно снижаются и риски для участников проекта — разработчиков и инвесторов/покупателей патента (технологии) за счет их перераспределения между участниками проекта.

Амортизационные отчисления на оборудование и права на технологию производства композиционного нанопорошка FeCoNi/C [18] устанавливаются в усредненном размере 10% (с учетом действующих норм амортизационных отчислений на используемое оборудование, а также остающегося срока владения патентом, на основе которого разработана технология). Величина амортизационных отчислений за год по проекту составляет 547,6 тыс. руб.

5. Затраты на сырье и материалы рассчитываются, исходя из проектного объема производства наноматериала (750 кг в год), выхода годного, нормы расхода на единицу продукции и содержания металла в металлоуглеродном нанокompозите (20%). Для производства используется полиакрилонитрил (ПАН) с расходом 1,25 кг/кг продукции; диметилформамид (ДМФА — посредник и не учитывается в массе) — 1,875 кг/кг, соли нитратов железа, кобальта и никеля (суммарно) — 1,0 кг/кг. Соли металлов: на 1,25 кг ПАН нужно 20 масс % чистого металла, а это $1,25 \times 0,2 = 0,25$ кг чистого металла. Металла в солях ~25%, следовательно солей надо в 4 раза больше, т. е. $0,25 \times 4 = 1$ кг.

Цены на сырье и материалы приняты для московского региона. Суммарно затраты на сырье и материалы по проекту для производства металлоуглеродного нанокompозита FeNiCo/C составляют 842,0 тыс. руб./год.

6. Затраты на электроэнергию и воду. По проекту арендуемая производственная площадь обустроена

централизованными системами электроснабжения и водоснабжения для производственного процесса. В процессе производства нанопорошка вода используется для охлаждения технологического оборудования, а электроэнергия в основном расходуется на технологические цели. Расчет потребления электроэнергии и технической воды проведен с учетом характеристик оборудования и действующих тарифов на электроэнергию и на техническую воду в московском регионе. Годовые затраты на электроэнергию и воду по проекту составляют 224,0 тыс. руб.

7. Расчет численности работников и фонда заработной платы. Расчет численности персонала производился исходя из объема производства продукции на основании норм технологического проектирования с учетом состава и режима работы оборудования. Работа по проекту предусмотрена двухсменная с продолжительностью смены 8 ч. Требуемые профессии: начальник участка и четыре работника в смену — слесарь по ремонту и отладке оборудования печи, аппаратчик синтеза, сортировщик (транспортировщик упаковщик, кладовщик), вспомогательный рабочий (уборка, подготовка производства) — всего 9 человек явочной численности (при рассчитанном коэффициенте списочного состава для московского региона — 1,191). На время отпуска всех работников одновременно предусмотрена остановка производства на годовое регламентное обслуживание, а на время болезни предусмотрены подмены с учетом допуска к работе с оборудованием (аппаратчик/слесарь; сортировщик/вспомогательный рабочий). Годовой фонд заработной платы — 3,54 млн руб., а также взносы в страховые фонды (30+7)% — 1,31 млн руб.
8. Затраты на сертификацию. Для вывода на рынок новой инновационной продукции, ее защиты от продукции, не пригодной к использованию, требуется ее сертификация. Сертификация продукции вводится для соблюдения требований к новой продукции и для установления ответственности поставщика за недоброкачественную продукцию. Процесс сертификации в России состоит из нескольких последовательных этапов: от подачи заявителем декларации — заявки на проведение сертификации продукции до выдачи заявителю сертификата соответствия и лицензии на право применения Знака соответствия (или маркировку продукции Знаком соответствия). Указанные выше затраты на сертификацию продукции по проекту (рассчитаны по данным ООО «Консалтинговые решения», Москва, ИНН 7725848915, ОГРН 5147746365454 ОКПО 40177564 — официальный сайт, реквизиты, отзывы, контакты, рейтинг (zachestnyibiznes.ru) составили 91 тыс. руб. На практике общие затраты на сертификацию продукции — с изготовлением образцов, их испытанием в независимых организациях, с проведением требуемых анализов могут быть значительно больше. Кроме того, эти затраты на сертификацию индивидуальны для каждой инновационной продукции, к которым относится и приводимый в качестве

примера нанокompозит. Эти риски (по затратам на сертификацию) и учитываются, во-первых, в заложении повышенной рентабельности для сложных инновационных продуктов, и, во-вторых, в распределении этих единовременных затрат на сертификацию на весь срок проекта.

9. Калькуляция себестоимости нанокompозита. В предварительном технико-экономическом обосновании учтены все основные затраты на производство наноматериала по состоянию на 2021 г. с соответствующими рыночными ценами на все учтенные затраты (сырье, материалы, электроэнергию, зарплату и др.). Производственная себестоимость готовой продукции по проекту составила 12,4 тыс. руб./кг или 9,31 млн руб. на годовой объем производства продукции. Предполагается, на основе исследования рынка аналогичных видов продукции, что конкурентоспособная цена составит 30,00 тыс. руб./кг.

При лучших характеристиках композитного нанопорошка FeNiCo/C, с учетом НДС (20%), по проекту принята цена в размере 36 тыс. руб./кг.

10. Экономическая эффективность проекта по производству нанокompозита тройного соединения. Основные годовые технико-экономические показатели проекта, рассчитанные на основе предварительного технико-экономического обоснования:
- объем производства композитного нанопорошка, кг — 750;
 - себестоимость (затраты на производство), млн руб. — 9,31;
 - выручка от реализации продукции, млн руб. — 25,92 (с НДС) и 22,5 (без НДС);
 - затраты на рубль продукции, руб./руб. — 0,414;
 - полная прибыль, млн руб. — 16,61;
 - чистая прибыль, млн руб. — 10,44;
 - вложенный капитал (инвестиции), млн руб. — 6,94;
 - полная рентабельность производства, % — 239;
 - чистая рентабельность производства, % — 151;
 - полная рентабельность продукции, % — 178;
 - чистая рентабельность продукции, % — 112.

Проект по производству нанокompозита тройного соединения в целом высокорентабелен. Его эффективность может быть увеличена при масштабировании — увеличении объема производства за счет добавления аналогичного оборудования с соответствующей производственной площадью, а также увеличения доли проекта на рынке нанопорошков в России. Учитывая тенденцию роста потребления нанопорошков в России и, соответственно, роста их производства, можно предположить относительное снижение цен на нанопорошки. Однако снижение объема прибыли за счет снижения цен будет компенсировано увеличением прибыли за счет увеличения объема производства нанопорошка.

11. Рыночная стоимость технологии по производству нанокompозита тройного соединения.

При оценке рыночной стоимости ОИС (патенты, изобретения, ноу-хау технологии и т. п.) в соответствие с законодательством по оценочной деятельности используются три подхода: сравнительный, затратный и доходный, а на практике — два последних.

12. Стоимость технологии определяется на основе затрат на ее создание (затратный подход), сравнении с аналогичными технологиями по основным технико-экономическим показателям (сравнительный подход) и по чистому операционному доходу, получаемого при коммерциализации технологии (доходный подход) с согласованием полученных величин стоимости.

13. Сравнительный подход не может быть применен в оценке стоимости технологии производства металлоуглеродного нанокompозита, так как технология и производимая на ее основе продукция не имеет аналогов ни на отечественном, ни на зарубежном рынках, а суть сравнительного подхода в сравнении с аналогами и проведением соответствующих корректировок.

14. Доходный подход заключается в определении стоимости нематериального актива как совокупности прогнозируемого дохода от его использования: роялти и выручки от реализации нанопорошка.

Для определения роялти используют роялти, установленные в ранее заключенных лицензионных сделках, независимо от конкретных предметов лицензии и/или роялти на базе среднеотраслевых роялти, сложившихся в данной отрасли на аналогичную или взаимозаменяемую продукцию. Ставка роялти колеблется в пределах 1-12%. Наиболее часто она устанавливается в пределах 2-6% [37]. Для проекта, продукцию которого можно отнести к наноиндустрии, принят роялти в размере 10% [37].

При расчете второго вида дохода используется метод дисконтирования будущего денежного потока (Discounted Cash Flow — DCF), в котором рассчитываются денежные поступления для всех будущих периодов. Эти поступления конвертируются в стоимость путем применения ставки дисконтирования и использования техники расчета стоимости, приведенной к текущему моменту. Метод дисконтирования используется для объектов интеллектуальной собственности (ОИС), имеющих конкретные сроки действия (ноу-хау не ограничен срок действия).

Принятый срок проекта составляет 10 лет, что укладывается в сроки действия ноу-хау. Этот период принимается для расчета денежного потока от использования ОИС.

15. Для научно-технического производства приемлемой ставкой дисконтирования является 30% и более (как для рискованного производства) [37]. Ставка дисконтирования рассчитывается по стандартной формуле, учитывающей различные риски реализации проекта Модель оценки капитальных активов CAPM (модель Уильяма Шарпа) — суть, формула, как рассчитывать (open-broker.ru) [38]:

$$R = R_f + \beta (R_m - R_f) + S_1 + S_2,$$

где R — ставка дисконтирования; R_m — рыночная доходность (для промышленных предприятий по состоянию на 2020-2021 гг. принята в размере 15%); R_f — безрисковая ставка (принята соразмерной ключевой ставке, устанавливаемой ЦБ РФ в размере 5,0%

для условий 2020-2021 гг.); β — мера систематического риска. Коэффициент β рассчитывается усредненно по реализованным проектам и обобщается для последующего учета в расчетах дисконтированного денежного потока (для научно-технического производства рекомендуется равным 2) [37]; S1 — учитывается риск реализации проекта в форме малого предприятия, для которых риск, по сравнению с крупными предприятиями больше и принимается равным 1 [37]; S2 — премия за риск (принимается среднее значение в размере 3 при максимальном в размере 5) [37].

Чем больше величина рисков, учитываемых при расчете коэффициента дисконтирования, тем будет меньше сумма дисконтированного чистого операционного дохода за срок проекта. Соответственно, учет различных рисков не позволяет преувеличивать эффективность проекта, а приводит его к реальному состоянию. К примеру, при реализации проекта на крупном предприятии не надо учитывать риск (премию) для малых предприятий. Этот риск и не учтен, в предположении, что проект будет реализован на крупном предприятии (к примеру — на аффинажном заводе). Премия за риск S2 — предполагает все риски для проекта и рекомендуется в диапазоне 1-5%. Так как мы не знаем заранее этот риск, то принимаем среднее значение. Если бы мы готовили технико-экономическое обоснование для конкретного предприятия, на котором уже есть производство наноматериала, можно было бы принять риск минимальный — 1%:

$$R=5,5+2(15-5,5) + (1+3) = 28,5; R=28,5\%$$

Дисконтированный денежный поток от роялти за 10 лет, приведенный к началу 2021 г. с коэффициентом дисконтирования 28,5%, равен 48,53 млн руб., что является рыночной стоимостью технологии производства композиционного нанопорошка FeNiCo/C [18], определенной доходным подходом и соответствует верхнему пределу стоимости технологии.

16. Затратным подходом определена стоимость на основе калькуляции затрат, осуществленных на разработку технологии, включая затраты на получение патента. Рыночная стоимость технологии, рассчитанная затратным подходом, составляет 1,767 млн руб. и определяет по существу нижнюю границу рыночной стоимости технологии (ОИС). Эта величина рыночной стоимости технологии (патента) использована при первой итерации расчета себестоимости производства наноматериала в предварительном технико-экономическом обосновании проекта.

17. Рыночная стоимость технологии находится в диапазоне 1,77-48,53 млн руб. При согласовании рыночной стоимости учтены достоверность, объем и качество информации, использованной в затратном и доходном подходах и, в соответствие с ними, присвоены весовые коэффициенты: 0,3 — затратному и 0,7 — доходному подходам. Итоговая согласованная рыночная стоимость технологии производства композиционного нанопорошка FeNiCo/C составляет 34,5 млн руб.

Технико-экономическое обоснование и расчет рыночной стоимости технологии производства металлоуглеродного нанокompозита FeNiCo/C свидетельствуют о высокой рентабельности, что может быть привлекательно для инвесторов. При реализации проекта возможно увеличение его эффективности за счет масштабирования производства и увеличения доли на рынке. Кроме того, данная технология (включая оборудование) могут быть использованы для разработки и производства других нанопорошков, что также увеличит эффективность проекта. Рынок потребления нанопорошков имеет потенциал, в том числе для использования в производстве радиопоглощающих материалов.

Заключение

Интерес к интеллектуальной собственности и ее коммерциализация в нашей стране постоянно растет, но коммерциализация ОИС встречает существенные трудности, связанные с рынком интеллектуальной собственности (ИС), сложностью оценки ИС, высокой степенью риска коммерциализации ОИС, отсутствием большого пула информации о сделках и коммерциализации ОИС для проведения эффективного анализа.

Успешная деятельность компаний и предприятий по продвижению на глобальный рынок свидетельствует о том, что коммерциализация ОИС приносит значительные конкурентные преимущества и высокую прибыль.

Коммерциализация ОИС становится одним из главных условий для эффективного внедрения результатов интеллектуальной деятельности (РИД) в нашей стране.

Индивидуальность инновационной продукции предполагает разработку собственного подхода к коммерциализации ОИС в каждой организации и обобщение положительного опыта выхода на рынок интеллектуальной собственности и коммерциализации ОИС представляет значительный интерес.

Список использованных источников

- Л. В. Кожитов, И. В. Запороцкова, Д. Г. Муратов и др. Синтез, свойства и моделирование металлоуглеродных нанокompозитов: монография; Федер. гос. авт. образоват. учреждение высш. образования «Волгогр. гос. ун-т»; Нац. исслед. технол. ун-т «МИСиС». Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2019. 537 с.
- S. S. Afghahi, A.S. Shokuhfar. Two step synthesis, electromagnetic and microwawe absorbing properties of FeCo@C core-schell nanostructure//J. of Magnetism and Magnetic Materials. 370 (2014). 37-44.
- E. M. M. Ibrahim, Silke Hampel, A. U. B. Wolter et al. Superparamagnetic FeCo and FeNi nanocomposites dispersed in submicrometer-sized C spheres//J. Physical Chemistry. 2012. 116. 22509-22517.
- X. G. Liu, Z. Q. Ou, D. Y. Geng et al. Influence of a graphite shell on the thermal and electromagnetic characteristics of FeNi nanoparticles//Carbon. 48(2010). 891-897.
- X. Liu, S. W. Or, S. L. Ho et al. Full X-Ku band microwave absorption by Fe(Mn)/Mn7C3/C core/shell/shell structured nanocapsules//J. Alloys Compd. 509 (2011). 9071-9075.
- Q. Liu, B. Cao, C. Feng et al. High permittivity and microwave absorption of porous graphitic carbons encapsulating Fe nanoparticles//Compos. Sci. Technol. 72 (2012). 1632-1636.
- Z. Xie, D. Geng, X. Liu et al. Magnetic and microwave-absorption properties of graphite-coated (Fe,Ni) nanocapsules//Mater. Sci. Technol. 27 (2011). 607-614.

8. Y. Yang, S.Qia, J.Wang, Preparation and microwave absorbing properties of nickel-coated graphite nanosheet with pyrrole via in situ polymerization//J. Alloys Compd. 520 (2012). 114-121.
9. D. L. Zhao, J. M. Zhang, X. Li, Z. M. Shen, Electromagnetic and microwave absorbing properties of Co-filled carbonnanotubes//J. Alloys Compd. 505 (2010). 712-716.
10. D. L. Zhao, X. Li, Z. M. Shen. Preparation and electromagnetic and microwave absorbing properties of Fe-filled carbonnanotubes//J. Alloys Compd. 471 (2009). 457-460.
11. Yuzun Fan, Haibin Yang, Xizhe Liu et al. Preparation and study on radar absorbing materials of nickel-coated carbon fiber and flakegraphite//J. Alloys Compd. 461 (2008). 490-494.
12. T. Zhang, D. Huang, Y. Yang et al. Fe3O4/carbon composite nanofiber absorber with enhanced microwave absorption performance//Mater. Sci. Eng. B 178 (2013). 1-9.
13. Z. Wang, P. Xiao. N. He, Synthesis and characterst.es o carbon encapsulated magnetic nanopartic.cs produced by a hydrothermal reaction//Carbon. 44 (2006). 3277-3284.
14. A. Sngh, P. Lavigne, Deposition of diamond-like carbon films by low energy ion beam dc magnetron sputtering//Surf. Coat. Technoi. 47 (1991). 188-200.
15. F. Dumitrache, I. Morjan, C. Fleaca et al. Parametric studies on iron-carbon composite nanopartides synthesized by laser pyrolys, for increased passivation and high iron content//Appi, Surf. Sci. 257 (2011). 5265-5269.
16. F. Yu, J. N. Wang, Z. M. Sбeng, L. F. Su. Synthesis of carbon encapsulated magnetic nanopartides by spray pyrolysis of iron carbonyl and ethanol//Carbon. 2005. 3018-3021.
17. X. G. Lin, Z. Q. On, D. Y. Geng et al. Influence of a graphite shell on the therm electromagnetic characteristics of FeNi nanoparticles, Carbon 48 (2010) 891-897.
18. Л. В. Кожитов, С. Г. Емельянов, В. Г. Косушкин и др. Технология материалов микро- и наноэлектроники: монография. Курск: Юго-Зап. гос. университет, 2012. 862 с.
19. Л. В. Кожитов, Д. Г. Муратов, В. Г. Костишин и др. Способ синтеза нанокompозита CoNi/C на основе полиакрилонитрила. Патент РФ № 2558887 от 08.07.2015.
20. Л. В. Кожитов, Д. Г. Муратов, В. В. Козлов и др. Способ синтеза металлоуглеродного нанокompозита FeCo/C. Патент РФ № 2552454 от 08.10.2015.
21. Л. В. Кожитов, Д. Г. Муратов, В. Г. Костишин и др. Способ получения нанокompозита FeNi3/C в промышленных масштабах. Патент на изобретение РФ № 2593145 от 07.07.2016.
22. Л. В. Кожитов, В. С. Сонькин, А. Р. Муралеев и др. Способ синтеза нанокompозитов Ag/C. Патент RU 2 686 223. Опубликовано: 24.04.2019.
23. Д. Г. Муратов, В. В. Козлов, В. В. Крапужин и др. Исследование электропроводности и полупроводниковых свойств нового углеродного материала на основе ИК-пиролизованного полиакрилонитрила (СЗНЗН)n)//Известия вузов. Материалы электронной техники. 2007. № 3. С. 26-30.
24. L. V. Kozitov, A. V. Kostikova, V. V. Kozlov et al. The FeNi3/C Nanocomposite Formation from the Composite of Fe and Ni Salts and Polyacrylonitrile under IR-Heating//J. of nanoelectronics and optoelectronics. 2012. № 7. P. 419-422.
25. Л. М. Земцов, Г. П. Карпачева, М. Н.Ефимов и др. Углеродные наноструктуры на основе ИК-пиролизованного полиакрилонитрила//ВМС. А. 2006. Т. 48. № 6. С. 977-982.
26. G. P. Karpacheva, K. A. Bagdasarova, G. N. Bondarenko et.al. Co-Carbon Nanocomposites Based on IR-Pyrolyzed Polyacrylonitrile//Polymer Science. A. 2009. Vol. 51. № 11-12. P. 1297-1302.
27. L. E. Dzidziguri, D. G. Muratov, E. N. Sidorova. Preparation and structure of metal+carbon nanocomposites Cu-C//Nanotechnologies in Russia. 2010. Vol. 5. № 9-10. P. 665-668.
28. Б. Г. Киселев, Л. В. Кожитов, В. В. Козлов, М. В. Пономарев. Техничко-экономическое обоснование и определение рыночной стоимости технологии производства металлоуглеродных нанокompозитов//Цветные металлы. 2010. № 3. С. 15-20.
29. Б. Г. Киселев, Л. В. Кожитов, Т. Т. Кондратенко, Т. А. Валько. Техничко-экономическое обоснование технологии производства выпрямительных диодов на непланарном кремнии и определение ее рыночной стоимости//Цветные металлы. 2010. № 7. С. 6-10.
30. Б. Г. Киселев, Л. В. Кожитов, В. В. Козлов, И. В. Ельцина. Техничко-экономическое обоснование технологии производства композита с наночастицами серебра и определение ее рыночной стоимости//Цветные металлы. 2011. № 7. С. 6-10.
31. Б. Г. Киселев, В. В. Козлов, А. В. Попкова и др. Техничко-экономическое обоснование технологии производства графена и определение ее рыночной стоимости//Цветные металлы. 2012. № 12. С. 7-10.
32. Б. Г. Киселев, А. В. Костикова, А. В. Попкова и др. Техничко-экономическое обоснование и определение рыночной стоимости технологии производства металлоуглеродного нанокompозита FeNi3/C//Цветные металлы. 2013. № 3. С. 6-10.
33. Б. Г. Киселев, Л. В. Кожитов, Д. Г. Муратов и др. Техничко-экономическое обоснование производства нанокompозита FeCo/C и оценка рыночной стоимости технологии//Цветные металлы. 2014. № 3. С. 6-9.
34. Б. Г. Киселев, Л. В. Кожитов, В. В. Козлов и др. Технология производства нанокompозита Cu/C: техничко-экономическое обоснование и определение рыночной стоимости//Цветные металлы. 2014. № 4. С. 6-10.
35. Б. Г. Киселев, Л. Д. Митева, А. В. Колтыгин. Оценка рыночной стоимости патента «Литейная форма для центробежной заливки крупногабаритных фасонных отливок сложной формы их жаропрочных и химически активных сплавов»//Цветные металлы. 2019. № 12. С. 7-13.
36. Б. Г. Киселев, Л. В. Кожитов, Е. Ю. Сидорова и др. Особенности опережающего маркетинга в наноиндустрии//Инновации. № 12. 2020. С. 3-13.
37. А. Н. Козырев, В. Л. Макаров. Оценка стоимости нематериальных активов и интеллектуальной собственности. М.: РИЦ ГШ ВС РФ, 2003. 398 с.
38. Модель оценки капитальных активов — CAPM (У. Шарпа) в Excel. <https://finzz.ru/model-ocenki-kapitalnyx-aktivov-capm-sharpa-v-excel.html>.

References

1. I. V. Kozhitov, D. G. Zaporotskova, N. P. Muratov et al. Synthesis, properties and modeling of metal-carbon nanocomposites: monograph; Feder. state ed. educated. institution of higher. education «Vologogr. state un-t»; Nat. issled. technol. un-t «MISIS». Volgograd: VolGU Publishing House, 2019. 537 p.
2. S. S. Afghahi, A.S. Shokuhfar. Two step synthesis, electromagnetic and microwave absorbing properties of FeCo@C core-schell nanostructure//J. of Magnetism and Magnetic Materials. 370 (2014). 37-44.
3. E. M. M. Ibrahim, Silke Hampel, A. U. B. Wolter et al. Superparamagnetic FeCo and FeNi nanocomposites dispersed in submicrometer-sized C spheres//J. Physical Chemistry. 2012. 116. 22509-22517.
4. X. G. Liu, Z. Q. Ou, D. Y. Geng et al. Influence of a graphite shell on the thermal and electromagnetic characteristics of FeNi nanoparticles//Carbon. 48(2010). 891-897.
5. X. Liu, S. W. Or, S. L. Ho et al. Full X-Ku band microwave absorption by Fe(Mn)/Mn7C3/C core/shell/shell structured nanocapsules//J. Alloys Compd. 509 (2011). 9071-9075.
6. Q. Liu, B. Cao, C.Feng et al. High permittivity and microwave absorption of porous graphitic carbons encapsulating Fe nanoparticles//Compos. Sci. Technol. 72 (2012). 1632-1636.
7. Z. Xie, D.Geng, X.Liu et al. Magnetic and microwave-absorption properties of graphite-coated (Fe,Ni) nanocapsules//Mater. Sci. Technol. 27 (2011). 607-614.
8. Y. Yang, S.Qia, J.Wang, Preparation and microwave absorbing properties of nickel-coated graphite nanosheet with pyrrole via in situ polymerization//J. Alloys Compd. 520 (2012). 114-121.
9. D. L. Zhao, J. M. Zhang, X. Li, Z. M. Shen, Electromagnetic and microwave absorbing properties of Co-filled carbonnanotubes//J. Alloys Compd. 505 (2010). 712-716.
10. D. L. Zhao, X. Li, Z. M. Shen. Preparation and electromagnetic and microwave absorbing properties of Fe-filled carbonnanotubes//J. Alloys Compd. 471 (2009). 457-460.
11. Yuzun Fan, Haibin Yang, Xizhe Liu et al. Preparation and study on radar absorbing materials of nickel-coated carbon fiber and flakegraphite//J. Alloys Compd. 461 (2008). 490-494.
12. T. Zhang, D. Huang, Y. Yang et al. Fe3O4/carbon composite nanofiber absorber with enhanced microwave absorption performance//Mater. Sci. Eng. B 178 (2013). 1-9.
13. Z. Wang, P. Xiao. N. He, Synthesis and characterst.es o carbon encapsulated magnetic nanopartic.cs produced by a hydrothermal reaction//Carbon. 44 (2006). 3277-3284.
14. A. Sngh, P. Lavigne, Deposition of diamond-like carbon films by low energy ion beam dc magnetron sputtering//Surf. Coat. Technoi. 47 (1991). 188-200.
15. F. Dumitrache, I. Morjan, C. Fleaca et al. Parametric studies on iron-carbon composite nanopartides synthesized by laser pyrolys, for increased passivation and high iron content//Appi, Surf. Sci. 257 (2011). 5265-5269.
16. F. Yu, J. N. Wang, Z. M. Sбeng, L. F. Su. Synthesis of carbon encapsulated magnetic nanopartides by spray pyrolysis of iron carbonyl and ethanol//Carbon. 2005. 3018-3021.
17. X. G. Lin, Z. Q. On, D. Y. Geng et al. Influence of a graphite shell on the therm electromagnetic characteristics of FeNi nanoparticles, Carbon 48 (2010) 891-897.
18. L.V. Kozhitov, S.G. Emelyanov, V.G. Kosushkin et al. Technology of materials for micro- and nanoelectronics: monograph. Kursk: South-West. state University, 2012. 862 p.
19. L. V. Kozhitov, D. G. Muratov, V. G. Kostishin et al. Method for the synthesis of CoNi/C nanocomposite based on polyacrylonitrile. RF patent № 2558887 dated 07/08/2015.
20. L. V. Kozhitov, D. G. Muratov, V. V. Kozlov et al. Method of synthesis of metal-carbon nanocomposite FeCo/C. RF patent № 2552454 dated 08.10.2015.
21. L. V. Kozhitov, D. G. Muratov, V. G. Kostishin et al. A method for producing FeNi3/C nanocomposite on an industrial scale. Patent for invention of the Russian Federation № 2593145 dated 07.07.2016.

22. L. V. Kozhitov, V. S. Sonkin, A. R. Muraleev et al. Method for the synthesis of Ag/C nanocomposites. Patent RU 2 686 223. Published: 24.04.2019.
23. D.G. Muratov, V.V. Kozlov, V.V. Krapukhin et al. Investigation of electrical conductivity and semiconductor properties of a new carbon material based on IR-pyrolyzed polyacrylonitrile (C₃H₃N)_n//Izvestiya vuzov. Electronic engineering materials. 2007. № 3. P. 26-30.
24. L. V. Kozhitov, A. V. Kostikova, V. V. Kozlov et al. The FeNi₃/C Nanocomposite Formation from the Composite of Fe and Ni Salts and Polyacrylonitrile under IR-Heating//J. of nanoelectronics and optoelectronics. 2012. № 7. P. 419-422.
25. L. M. Zemtsov, G. P. Karpacheva, M. N. Efimov et al. Carbon nanostructures based on IR-pyrolyzed polyacrylonitrile//VMS. A. 2006. Vol. 48. № 6. P. 977-982.
26. G. P. Karpacheva, K. A. Bagdasarova, G. N. Bondarenko et al. Co-Carbon Nanocomposites Based on IR-Pyrolyzed Polyacrylonitrile//Polymer Science. A. 2009. Vol. 51. № 11-12. P. 1297-1302.
27. L. E. Dzidziguri, D. G. Muratov, E. N. Sidorova. Preparation and structure of metal+carbon nanocomposites Cu-C//Nanotechnologies in Russia. 2010. Vol. 5. № 9-10. P. 665-668.
28. B. G. Kiselev, L. V. Kozhitov, V. V. Kozlov, M. V. Ponomarev. Feasibility study and determination of the market value of the technology for the production of metal-carbon nanocomposites//Non-ferrous metals. 2010. № 3. P. 15-20.
29. B. G. Kiselev, L. V. Kozhitov, T. T. Kondratenko, T. A. Valko. Feasibility study of the production technology of rectifier diodes on nonplanar silicon and determination of its market value//Non-ferrous metals. 2010. № 7. P. 6-10.
30. B. G. Kiselev, L. V. Kozhitov, V. V. Kozlov, I. V. Yeltsina. Feasibility study of the technology to produce a composite with silver nanoparticles and determination of its market value//Non-ferrous metals. 2011. № 7. P. 6-10.
31. B. G. Kiselev, V. V. Kozlov, A. V. Popkova et al. Feasibility study of graphene production technology and determination of its market value//Non-ferrous metals. 2012. № 12. P. 7-10.
32. B. G. Kiselev, A. V. Kostikova, A. V. Popkova et al. Feasibility study and determination of the market value of the technology to produce metal-carbon nanocomposite FeNi₃/C//Non-ferrous metals. 2013. № 3. P. 6-10.
33. B. G. Kiselev, L. V. Kozhitov, D. G. Muratov et al. Feasibility study to produce FeCo/C nanocomposite and assessment of the market value of the technology//Non-ferrous metals. 2014. № 3. P. 6-9.
34. B. G. Kiselev, L. V. Kozhitov, V. V. Kozlov et al. Cu/C nanocomposite production technology: feasibility study and market value determination//Non-ferrous metals. 2014. № 4. P. 6-10.
35. B. G. Kiselev, L. D. Miteva, A. V. Koltzgin. Evaluation of the market value of the patent «Casting mold for centrifugal casting of large-sized shaped castings of complex shape of their heat-resistant and chemically active alloys»//Non-ferrous metals. 2019. № 12. P. 7-13.
36. B. G. Kiselev, L. V. Kozhitov, E. Yu. Sidorov et al. Features of advanced marketing in the nanoindustry//Innovations. № 12. 2020. P. 3-13.
37. A. N. Kozyrev, V. L. Makarov. Valuation of intangible assets and intellectual property. M.: RITs GSh VS RF, 2003. 398 p.
38. Capital asset valuation model - CAPM (W. Sharp) in Excel. <https://finzz.ru/model-ocenki-kapitalnyx-aktivov-capm-sharpa-v-excel.html>.