



IN THE ISSUE:

В НОМЕРЕ:

- Nanocoatings in modern construction
- Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies
- Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities
- Methodological tools for university transfer of high-demand nanotechnologies to the regional building industry
- Нанопокрyтия в современном строительстве
- Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий
- Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов
- Методологические инструментариИ университетского трансфера востребованных нанотехнологий в региональную стройиндустрию

www.nanobuild.ru

e-mail: info@nanobuild.ru

ISSUED WITH SUPPORT OF
ИЗДАЕТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



RUSSIAN ACADEMY OF ENGINEERING
РОССИЙСКОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ



INTERNATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING
МЕЖДУНАРОДНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ
АКАДЕМИИ



WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (CHINA)
УХАНЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ТЕХНОЛОГИЙ
(КИТАЙ)

NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION

ISSN 2075-8545 (online)

NANOTEKHNOLOGII V STROITEL'STVE

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ

«Nanotechnologies in Construction» is a peer-reviewed journal.

The main aim of the Journal is to provide information support for the process of invention and practical application of science intensive technologies (mostly nanotechnological products) in construction, communal and housing services, joint areas (industry, power et al.).

The main tasks:

- Providing scientists and specialists from different countries with the opportunity to publish the results of their research and receive information about modern technologies and materials, high-performance equipment in construction, communal and housing services, joint areas (industry, power et al.).
- To provide information support and participate in the events (forums, conferences, symposia, workshops, exhibitions, round tables etc) devoted to nanoindustry and problems of application of nanoindustry in construction and housing and communal services, which are perspective and of great importance.

The Journal has been published since 2009. Frequency: bimonthly.

These are the topics of the papers published in the journal: creation of new functional materials; nanostructured systems strength and penetrability formation theory development; the problems of nanomaterials and nanotechnologies implementation in construction and building materials; diagnostics of building systems nanostructures and nanomaterials; technologies aimed at studying nanomaterial properties; technological principles of nanostructures creation (liquid melts, sol and gel synthesis). The topics may be different, directly or indirectly related to the areas mentioned above.

The journal can also publish: original papers; reviews; discussing materials, comments, other information materials.

The language of publication: English; Russian.

The edition's readers and authors are:

- students, lecturers, post-graduates and people working for doctor's degree;
- scientists and specialists of research institutes and nanotechnological centers;
- heads and specialists of the institutions, organizations and factories from the sphere of construction and housing and communal services;
- scientists and specialists of the industries which are adjacent to construction;
- experts of the enterprise-producers manufacturing nanoindustrial output.

EDITORS

CHIEF EDITOR – Boris V. GUSEV, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Head of Department «Construction Materials and Technologies» Russian University of transport, President of the Russian Academy of Engineering and the International Academy of Engineering, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Laureate of the USSR and the Russian Federation State Prizes, Laureate of 5 Governmental Prizes of the Russian Federation in the field of science and education, Honored Scientist of Russian Federation, Moscow, Russian Federation

Contacts: e-mail: info@nanobuild.ru, info-rae@mail.ru

DEPUTY CHIEF EDITOR – Leonid A. IVANOV, Cand. Sci. (Eng.), Russian Academy of Engineering, International Academy of Engineering, Center for New Technologies «NanoStroitelstvo», Moscow, Russian Federation

Contacts: e-mail: info@nanobuild.ru, l.a.ivanov@mail.ru

EXECUTIVE EDITOR – Yulia A. EVSTIGNEEVA, Member of Russian Association of Journalists, Moscow, Russian Federation

Contacts: e-mail: info@nanobuild.ru, evstigneeva.ju@yandex.ru

HEAD OF DESIGN DEPARTMENT – Andrey S. REZNICHENKO, Businessman, Moscow, Russian Federation

Contacts: e-mail: info@nanobuild.ru, ras77222@yandex.ru

CHIEF FOR FOREIGN RELATIONS – Svetlana R. MUMINOVA, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, Russian State University of Tourism and Service, Cherkizovo, Moscow region, Russian Federation

Contacts: e-mail: info@nanobuild.ru, muminova@list.ru

EDITORIAL BOARD

Peter J.M. BARTOS, Prof., Queen's University of Belfast, RILEM Technical Committee TC 197-NCM on Nanotechnology in Construction Materials (2002–2009), Scottish Centre for Nanotechnology in Construction Materials (University of West Scotland), Belfast, UK

Evgeny M. CHERNYSHOV, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation

Vyacheslav R. FALIKMAN, Dr. (Mater.), Scientific Research Center «Construction», Structural Concrete Association, International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures (RILEM), Technical Committee of American Concrete Institute ACI 241 «Nanotechnologies of Concrete», Moscow, Russian Federation

Oleg L. FIGOVSKY, Dr. Sci. (Eng.), Israel Polymate research center, Nanotech Industries, Inc., Daly City, California, USA; Migdal HaEmek, Israel

Zhengyi FU, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Wuhan University of Technology, State Key Lab of Advanced Technology for Materials Synthesis and Processing, Wuhan, China

Leonid A. IVANOV, Cand. Sci. (Eng.), Russian Academy of Engineering, International Academy of Engineering, Center for New Technologies «NanoStroitelstvo», Moscow, Russian Federation

Sergei V. KALIUZHNIY, Dr. Sci. (Chem.), Prof., RUSNANO, Moscow, Russian Federation

Vadim G. KHOZIN, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Kazan State University of Architecture and Engineering, Department «Technology of Construction Materials, Products and Structures», Kazan, Russian Federation

Evgeniy V. KOROLEV, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Scientific and Educational center «Nanomaterials and nanotechnologies» Moscow, Russian Federation

Leonid M. LYNKOV, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Belarussian State University of Informatics and Radioelectronics, Department «Information Security», Minsk, Belarus

Polad MALKIN, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Ben-Gurion University in the Negev, StartUpLab, Beer-Sheva, Israel

Viktor S. MECHTCHERINE, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Technical University of Dresden, Institute of Construction Materials, Dresden, Germany

Surendra P. SHAH, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Northwestern University, Evanston, Illinois, USA

Vladimir Y. SHEVCHENKO, Dr. Sci. (Chem.), Professor, Institute of Silicate Chemistry named after I.V. Grebenshchikov of Russian Academy of Sciences, Coordinating Council on Development of Nanotechnologies attached to the Committee of the Council of the Federation of the Federal Assembly of the RF on Science, Culture, Education, Medicine and Ecology, Saint-Petersburg, Russian Federation

Pawel SIKORA, Ph.D., Assistant Professor, West Pomeranian University of Technology, Department of Building Engineering, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Szczecin, Poland; Technical University of Berlin, Berlin, Germany

Konstantin G. SOBOLEV, Prof., University of Wisconsin-Milwaukee, Technical Committee of American Concrete Institute ACI 241 «Nanotechnologies of Concrete», Milwaukee, Wisconsin, USA

Valeriy I. TELICHENKO, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Larisa A. URKHANOVA, Dr. Sci. (Eng.), Prof., East-Siberian State University of Technologies and Management, Department «Production of Building Materials and Wares», Ulan-Ude, Russian Federation

Li D. XU, Ph.D., Prof., Old Dominion University, of Information Technologies & Decision Sciences Department; Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Norfolk, Virginia, USA

The Journal is registered as an independent mass media in the Ministry of Communication and Mass Media of the Russian Federation. (Registration Certificate Эл № ФС77 – 35813 of 31 March 2009 issued by the Federal Service on Supervision in the Sphere of Connection and Mass Communications).

Founder and Publisher – Center for New Technologies «Nanostroitel'stvo», Korolev, Moscow region, Russian Federation

Contacts: e-mail: l.a.ivanov@mail.ru

Address of edition: Russian Federation, 125009, Moscow, Gazetny per., bld. 9, str. 4

Contacts: e-mail: info@nanobuild.ru

Website: <http://nanobuild.ru/>

Release date of № 1 (Vol. 13) is 18.02.2021

ISSUED WITH SUPPORT OF



RUSSIAN ACADEMY OF ENGINEERING



INTERNATIONAL ACADEMY
OF ENGINEERING



WUHAN UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY (CHINA)

CONTENTS

PUBLISHER INFORMATION	2
THE APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY AND NANOMATERIALS IN CONSTRUCTION	
<i>Falikman V.R.</i> Nanocoatings in modern construction	5
<i>Shayakhmetov U.Sh., Larkina A.A., Khalikov R.M., Sinitsin D.A., Nedoseko I.V.</i> Methodological tools for university transfer of high-demand nanotechnologies to the regional building industry.....	12
INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL COOPERATION	
Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities	18
REVIEW OF NANOTECHNOLOGICAL INVENTIONS	
<i>Ivanov L.A., Xu L.D., Bokova E.S., Ishkov A.D., Muminova S.R.</i> Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies. Part I.....	23
DEVELOPMENT OF NEW POLYMER MATERIALS	
<i>Mazitova A.K., Aminova G.K., Zaripov I.I., Vikhareva I.N.</i> Biodegradable polymer materials and modifying additives: state of the art. Part II	32
PUBLISHING ETHICS	39
AUTHOR GUIDELINES	43

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ
NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION
NANOTEKHNOLOGII V STROITEL'STVE

ISSN 2075-8545 (online)

«Нанотехнологии в строительстве» – рецензируемый научный журнал.

Основной целью журнала является информационное обеспечение процесса создания и внедрения в мире наукоемких технологий (прежде всего – нанотехнологической продукции) в области строительства, жилищно-коммунального хозяйства, смежных отраслей (промышленности, энергетики и др.).

Основные задачи:

- Предоставление ученым и специалистам из разных стран возможности публиковать результаты своих исследований и получать информацию о современных технологиях и материалах, высокоэффективном оборудовании в области строительства, жилищно-коммунального хозяйства, смежных отраслей (промышленности, энергетики и др.).
- Информационная поддержка и участие в мероприятиях (форумах, конференциях, симпозиумах, семинарах, выставках, круглых столах и т.д.) по наноиндустрии и прикладным вопросам нанотехнологий в области строительства и жилищно-коммунального хозяйства, имеющих актуальное и перспективное практическое значение.

Журнал издается с 2009 года. Периодичность – 6 номеров в год.

В журнале публикуются работы по следующим темам: создание новых функциональных материалов; разработка теории формирования прочности и непроницаемости наноструктурированных систем; проблемы применения наноматериалов и нанотехнологий в строительстве и строительных материалах; диагностика наноструктур и наноматериалов строительных систем; технологии исследования свойств наноматериалов; технологические принципы создания наноструктур (расплавы, золь-гелевый синтез и др.). Тематика статей может быть иной, прямо или косвенно связанной с перечисленными направлениями.

Журнал принимает к публикации: оригинальные статьи; обзоры; дискуссионные материалы, комментарии, другие информационные материалы.

Язык издания: русский; английский.

Авторами и читателями издания являются:

- студенты, преподаватели, аспиранты и докторанты вузов;
- ученые и специалисты научно-исследовательских институтов и нанотехнологических центров;
- руководители и специалисты учреждений, организаций и предприятий строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства;
- ученые и специалисты смежных со строительством отраслей;
- эксперты фирм-производителей продукции наноиндустрии.

РЕДАКЦИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – ГУСЕВ Борис Владимирович, докт. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы и технологии» Российского университета транспорта, президент Российской инженерной академии и Международной инженерной академии, член-корреспондент РАН, лауреат Государственных премий СССР и РФ, 5-ти премий Правительства РФ в области науки и образования, заслуженный деятель науки РФ, г. Москва, Российская Федерация

Контакты: e-mail: info@nanobuild.ru, info-rae@mail.ru

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА – ИВАНОВ Леонид Алексеевич, канд. техн. наук, Российская инженерная академия, Международная инженерная академия, Центр новых технологий «НаноСтроительство», г. Москва, Российская Федерация

Контакты: e-mail: info@nanobuild.ru, l.a.ivanov@mail.ru

ШЕФ-РЕДАКТОР – ЕВСТИГНЕЕВА Юлия Анатольевна, член Союза журналистов России, г. Москва, Российская Федерация

Контакты: e-mail: info@nanobuild.ru, evstigneeva.ju@yandex.ru

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА ДИЗАЙНА И ВЕРСТКИ – РЕЗНИЧЕНКО Андрей Сергеевич, индивидуальный предприниматель, г. Москва, Российская Федерация

Контакты: e-mail: info@nanobuild.ru, ras77222@yandex.ru

РУКОВОДИТЕЛЬ ГРУППЫ ПО ВНЕШНИМ СВЯЗЯМ – МУМИНОВА Светлана Рашидовна, канд. техн. наук, доцент, Российский государственный университет туризма и сервиса, пос. Черкизово, Московская область, Российская Федерация

Контакты: e-mail: info@nanobuild.ru, muminova@list.ru

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Питер Дж. М. БАРТОШ, профессор, Королевский Университет Белфаста, Технический комитет по нанотехнологиям в строительных материалах РИЛЕМ (2002–2009 гг.), Шотландский центр по нанотехнологиям в строительных материалах (Университет Западной Шотландии), г. Белфаст, Великобритания

ЧЕРНЫШОВ Евгений Михайлович, д-р техн. наук, профессор, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Российская Федерация

ФАЛИКМАН Вячеслав Рувимович, д-р материаловедения, Научно-исследовательский центр «Строительство», ассоциация «Железобетон», Международный союз экспертов и лабораторий по испытанию строительных материалов, систем и конструкций (РИЛЕМ), технический комитет Американского института бетона ACI 241 «Нанотехнологии в бетоне», г. Москва, Российская Федерация

ФИГОВСКИЙ Олег Львович, д-р техн. наук, Израильский исследовательский центр Polymate, Nanotech Industries, Inc., г. Дейли-Сити, Калифорния, США; г. Мигдаль-ха-Эмек, Израиль

Фу ДЖЕНЬИ, д-р техн. наук, профессор, Уханьский технологический университет, Государственная главная лаборатория передовых технологий для синтеза и обработки материалов, г. Ухань, Китай

ИВАНОВ Леонид Алексеевич, канд. техн. наук, Российская инженерная академия, Международная инженерная академия, Центр новых технологий «НаноСтроительство», г. Москва, Российская Федерация

КАЛЮЖНЫЙ Сергей Владимирович, д-р хим. наук, профессор, ОАО «РОСНАНО», г. Москва, Российская Федерация

ХОЗИН Вадим Григорьевич, д-р техн. наук, профессор, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, кафедра «Технологии строительных материалов, изделий и конструкций», г. Казань, Российская Федерация

КОРОЛЁВ Евгений Валерьевич, д-р техн. наук, профессор, Московский государственный строительный университет (Национальный исследовательский университет), Научно-образовательный центр «Наноматериалы и нанотехнологии», г. Москва, Российская Федерация

ЛЫНЬКОВ Леонид Михайлович, д-р техн. наук, профессор, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, кафедра «Защита информации», г. Минск, Беларусь

МАЛКИН Полад, д-р ф.-м. наук, Университет Бен-Гуриона в Негеве, StartUpLab, г. Беэр-Шева, Израиль

МЕЩЕРИН Виктор Сергеевич, д-р техн. наук, профессор, Технический университет Дрездена, Институт строительных материалов, г. Дрезден, Германия

СУРЕНДРА П. Шах, д-р техн. наук, профессор, Северо-Западный Университет, г. Эванстон, Иллинойс, США

ШЕВЧЕНКО Владимир Ярославович, д-р хим. наук, профессор, Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН, Координационный совет по развитию нанотехнологий при Комитете Совета Федерации ФС РФ по науке, культуре, образованию, здравоохранению и экологии, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

СИКОРА Павел, канд. тех. наук, Западно-Поморский технологический университет, кафедра строительной инженерии факультета гражданского строительства и архитектуры, г. Щецин, Польша; Технический университет Берлина, г. Берлин, Германия

СОБОЛЕВ Константин Геннадиевич, профессор, Университет Висконсин-Милуоки, технический комитет Американского института бетона ACI 241 «Нанотехнологии в бетоне», г. Милуоки, Висконсин, США

ТЕЛИЧЕНКО Валерий Иванович, д-р техн. наук, профессор, Московский государственный строительный университет (Национальный исследовательский университет), г. Москва, Российская Федерация

УРХАНОВА Лариса Алексеевна, д-р техн. наук, профессор, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, кафедра «Производство строительных материалов и изделий», г. Улан-Удэ, Российская Федерация

ШУ ЛИ ДА, д-р философии, профессор, Университет Олд Доминион, Отдел информационных технологий; Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE), г. Норфолк, Вирджиния, США

Журнал зарегистрирован как самостоятельное средство массовой информации в Федеральной службе по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации (свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77 – 35813 от 31 марта 2009 г.).

Учредитель и издатель – ООО «Центр Новых Технологий «Наностроительство», г. Королев, Московская область, Российская Федерация

Контакты: e-mail: l.a.ivanov@mail.ru

Адрес редакции: Российская Федерация, 125009, г. Москва, Газетный пер., дом 9, стр. 4

Контакты: e-mail: info@nanobuild.ru; Сайт: http://nanobuild.ru/

Дата выхода в свет № 1, Том 13, 2021: 18.02.2021 г.

ИЗДАЕТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



РОССИЙСКОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ



МЕЖДУНАРОДНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ
АКАДЕМИИ



УХАНЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ТЕХНОЛОГИЙ (КИТАЙ)

СОДЕРЖАНИЕ

ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ	2
ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	
<i>Фаликман В.Р.</i> Нанопокрyтия в современном строительстве.....	5
<i>Шаяхметов У.Ш., Ларькина А.А., Халиков Р.М., Синицин Д.А., Недосеко И.В.</i> Методологические инструментари и университетского трансфера востребованных нанотехнологий в региональную стройиндустрию.....	12
МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	
Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов.....	18
ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ	
<i>Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Бокова Е.С., Ишков А.Д., Муминова С.Р.</i> Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть I.....	23
РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
<i>Мазитова А.К., Аминова Г.К., Зарипов И.И., Вихарева И.Н.</i> Биоразлагаемые полимерные материалы и модифицирующие добавки: современное состояние. Часть II.....	32
ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА	39
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ	43

DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-1-5-11

Article type: Review article



Nanocoatings in modern construction

V.R. Falikman 

Research Center «Construction», Moscow, Russia

Corresponding author: e-mail: vfallikman@yandex.ru

ABSTRACT: The review analyzes the state of the nanocoating market, shows main types of nanocoatings, as well as drivers and barriers to their development and application. Modern progress in the field of nanotechnology allows us to attribute nanocoating to high performance materials, the structure and properties of which can be “designed” according to specific functional criteria and the level of environmental impact. They present unique remarkable characteristics compared to conventional coating materials in construction industry. The government’s grandiose plans to commission new housing and road infrastructure, as well as ambitious projects to develop the Arctic and ensure national security, should lead to the growth of the industry as a whole, as well as to an increase in demand for more efficient, innovative building materials, including nanocoatings and nanopaints.

KEYWORDS: construction, nanomaterials and nanotechnologies, functional coatings, world market, drivers and barriers, sustainable development.

FOR CITATION: Falikman V.R. Nanocoatings in modern construction. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(1): 5–11. Available from: doi: 10.15828/2075-8545-2020-13-1-5-11.

INTRODUCTION

The industry of building materials and construction, despite of their obviously conservative character, quite often has to face so-called “industrial revolution of the XXI century”. New trends, new methods of experiments and researches are becoming perspective foundation for creation of high-tech products and processes characterized by guaranteed reliability index, developing principles of manufacturing up-to-date “supermaterials” and are marking the start of the sixth technological wave [1].

Along documents of the International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures (RILEM) developed by TC 197-NCM, a special place among high-tech products is occupied by functional coatings, which increase material properties manifold, for example, their optical and thermal properties, durability, wearing capacity, resistance to different exposures, provide self-cleaning and prevent walls from being painted, etc. [2].

According to the standard ISO 4618:2014 [3], the term “coating” means layer formed from a single or multiple application of a coating material to a substrate. Coating

material is a product in liquid, paste or powder state which when being applied on substrate forms a layer possessing protective, decorative and/or other specific properties. At this, “nanocoating” can be determined as a coating which either possesses nanosize thickness or contains as second phase of nanosize particles which are dispersed in matrix, or it is a coating with nanosize grains/phases etc. [4].

According scientific and analytical literature, paints are a part of coatings [5]. GOST 9.072-2017 [6] defines “paint coating” as a continuous coating formed as a result of applying one or several layers of paint material on painted surface and defines “nanocoating” as a coating with dried layers which thickness is from 1 to 10 nm. Scientific and analytical literature includes paints in the family of coatings [5].

Thus, summarizing the above material, we can say that nanocoatings by their nature, as a rule, belong in very thin layers of chemical matters (polymers, metals, composites, etc.) which are used to add specific chemical or physical characteristics to substrate surface: hydrophobic and/or oleophobic properties, corrosion resistance, resistance to abrasion and scratches, hardness, lubricity, transparency, plasticity et al.

© Falikman V.R., 2021

MARKET OF NANOCOATINGS. DRIVERS AND BARRIERS

The world analytical agencies state that the volume of world market of nanocoatings in 2019 is estimated of 6101,8 million US dollars; according to prognoses, it will be of 22,96 billion US dollars by 2027 when compound annual growth rate (CAGR) is 18,4% per year. Nanocoating market is dramatically growing related to increased demand in such areas of end consumer as health care, automobile engineering, building materials and construction, electronics, shipbuilding, power industry, water treatment and packing [7–9].

Due to properties inherent in nanolevel, nanocoatings are usually multifunctional, demonstrating one or combination of the following properties: self-healing, self-cleaning, antibacterial and antiviral activity, catalytic activity, antistatic characteristic, sensor perception et al. Innovative nanocoatings have shape memory, are sensible to fingerprints as well as are energy-efficient.

Nanocoatings provide resistance to temperature variations, due to that application of them is rapidly increasing in products and structures exposed to temperature drop and severe climate: ceramic tile, glass windows, cryogenic storage vessels et al.

Efficient fire-proof nanocoatings are obtained by using nanosize double magnesium-aluminium hydroxides (LDHs), titanium nanodioxide (TiO_2) and silica nanodioxide (SiO_2) [10–12].

Nanocoatings create transparent, colorless protection which cannot be seen by eye, that provides esthetic appearance and preserve natural gloss and transparency. Moreover, the products with nanocoatings practically don't accumulate dust. In the rare cases where foreign contaminants, such as dust and dirt, stick to the surface, they can be easily removed by flushing.

Nanocoatings can provide protection from ultraviolet light (UV) and resistance to abrasion. This property significantly increases the service life of the products and makes them ideal for preserving paint surfaces. Nanoparticles of silica dioxide (SiO_2), titanium dioxide (TiO_2), aluminium oxide (Al_2O_3) and zirconium oxide (ZrO_2) are widely used to increase hardness and mechanical characteristics of coatings, rising by that their wear-resistance and resistance to scratches. One of the application areas for them is maintenance of surface appearance and durability of parquet floors or window glasses [13].

In recent years, “anti-graffiti” nanostructured coatings on the basis of polyurethane modified with nanoparticles of silica and titanium dioxide have been widely used [14–17]. They are particularly promising on the historical and stone surfaces as they help to keep cultural heritage.

Nanocoatings significantly increase corrosion resistance of structures (reinforced concrete, stone structures, metals, etc.) that prolong their service life and durability.

The most recent technical solutions for the use of self-healing and smart coatings to improve corrosion protection are discussed in [18].

Nanocoatings are antiadhesive and more hygienic compared to common coatings. They prevent from growth of bacteria and micro organisms. Structures and details with nano-coating does not require waxing to maintain its luster. In addition, they are also eco-friendly, non-toxic and breathable, which allows them to be used effectively on a variety of products, as they suppress dampness and mold.

Since the end of 90s some German and Spanish companies have been manufacturing nanotechnology-based products, among which were coatings for total water-repellent treatment, coatings for protection from graffiti, coatings for elimination of biodeterioration sources such as mildew, fungus, mosses, lichen, and coatings for fluorescence prevention.

Hydrophobic coatings [19–23] are used mainly to make coatings water-proof and corrosion resistant. In this way, hydrophobic system on the basis of silica nanodioxide (SiO_2) for water creates contact angle exceeding 150° , and angle of inclination is less than 10° [24]. Up-to-date, organosilicone compounds (OSC) can visibly improve these values [25].

In fact, OSC with their active groups can react with mineral (nonorganic) substrates which contain silanol groups (Si-OH), such as concrete, cement, stone, brick, reinforced concrete with siloxane bonds (Si-O-Si) formation between substrate and modifier molecules that leads to stable hydrophobization of the surface. Another positive property to be noted is that OSC penetrate substrate at the depth from $\sim 0,5$ mm to 1 mm. Emerged alkylsiloxane surface, apart from stable hydrophobic effect, prevents from exfoliation. Moreover, modified surface becomes resistant to weather impact and ultraviolet radiation [5].

Today, hydrophobization is actively used to increase efficiency of mineral insulators (“mineral cotton”) that minimizes their hydro- and vapour absorption. The application areas of hydrophobized insulators are petrochemical facilities, shipbuilding, civil buildings (walls, floors and ceilings), thermal stations, oil refineries, electric power plants, recording studios, conference halls, airports and metro systems, air conditioning systems, manufacture of sandwich panels, etc. [5].

Significant changes have taken place in the area of development and application of new generation of self-cleaning coatings. It is important that such coatings are being considered today within the framework of scramble for dramatic decrease of costs and operation time required for service, repairs and restoration of the structures in complex objects.

As it is known, under the influence of ultraviolet light, modified TiO_2 acts as a photocatalyst, releasing atomic

oxygen from water vapor or atmospheric oxygen. It is enough to have disengaged active oxygen to oxidize and decompose organic pollutants, deodorize rooms and to destroy bacteria.

For now, TiO_2 -nanoparticles are being widely applied in cement paints, special cements, cement mortars, road pavements, both concrete and bitumen self-cleaning materials and structures, air purification materials and structures, antibacterial materials and structures, compositions and finishing materials for external and internal works [26].

These photosensitive catalysts are especially used for formation of concrete self-cleaning surfaces due to discovered super hydrophobic property, that makes it possible to maintain aesthetic appearance of built objects unchangeable for a long time.

The first scaled application of photocatalytic self-cleaning materials dates back 1996 when the company Italcementi took part in construction of Dives in Misericordia Church in Rome. According to the design, this complex structure would be constructed in the form of three gigantic sails assembled from precast reinforced concrete. For that purpose, a concrete with unique properties was required. Such concrete not only should have high strength and durability but also should keep white color due to self-cleaning properties of the surface for a long time.

Photocatalytic cements were also used in other prestigious European architectural projects, first of all, in France – Cité de la Musique in Chamberi (2003), Hotel de Police in Bordeaux, as well as in Saint John Court in Monte Carlo (Monaco), schools in Mortara, Italy (1999), and multi-storey dwelling buildings in Ostend, Belgium. Moreover, compositions of cement paints and plasters with photocatalysts were formulated. These paints and plasters are widely used in Italy in construction of residential buildings in megapolises and in city environment to increase eco-friendly properties of tunnels, underground parkings, petrol stations, etc.

Building materials with TiO_2 are interesting not only due to their self-cleaning properties. The studies show, such materials possess promising opportunities in monitoring of city pollution. For example, photocatalytic system “ TiO_2 /cement” can destroy NO_x , SO_x , NH_3 , CO , volatile organic hydrocarbons, such as benzene or toluene, organic chlorides, aldehydes, and condensed aroma compounds [27].

Doping of TiO_2 mesoporous film with small amount of nanosilver can strengthen its antibacterial effect, even without ultra-violet bombarding radiation.

Both hydrophilic and hydrophobic coatings can be used, first of all, for flat surfaces and basic construction materials, such as concrete and reinforced concrete, stone and wood.

In recent times, coatings with phase change (PCMs), used as hidden heat accumulating systems are becoming more common [28]. In general, they are applied in internal and external surfaces, for example, walls, windows, floors [29–31], to control temperature within specified range.

Nanochromic materials, for example, tungsten trioxide (WO_3) [32], nonstoichiometric nickel oxide (NiO_x), titanium dioxide (TiO_2) and vanadium dioxide (VO_2) [33, 34] can be applied in the form of thick film layers on the window glasses as energy-efficient coatings [35]. Electrochromic windows are the most promising solution to decrease cold stress, heat stress and to save consumption of lighting power in buildings in which they are capable to maintain transmission factor up to 68% of all solar spectrum.

Nanoporous films of titanium dioxide (TiO_2) on thin film of tin oxide (SnO_2) has been successfully implemented in photovoltaic (PV) systems to obtain more power [36]. Moreover, [37] describes a method of antireflection with the use of nanosize dot matrix as one of the most efficient method to achieve high efficiency in such systems.

High-strength, high-elastic and impact-resistant coatings make up a special group resistant to chemical impacts and at the same time effective to protect structures from corrosion.

A key concept of nanocoating performance mechanisms is its ability to self-healing through “self-assembly” process [38]. Self-assembly refers to the phenomenon in which the components of a system spontaneously assemble as a result of interaction, forming a larger functional unit. Such spontaneous organization can be caused by direct specific interactions and/or implemented indirectly through its environment [39].

A technology to obtain nanocomposite materials containing of interpenetrating polymer networks (IPN) on the basis of polyurethane, epoxy resins and acrylates modified in liquid phase with nanoparticles SiO_2 , TiO_2 or other metal oxides is of great interest [40]. The basic element of this technology is branched (dendritic) aminosilanes which serve as a curing agent for many oligomers. They allow introducing of siloxane fragments into structure of epoxyamine composition; an additional hydrolysis of aminosilane oligomer makes it possible to obtain secondary nanostructured network polymer which significantly improves performance characteristics of compound. Such nanostructured polymer networks create unique capability to control micro- and nanostructured characteristics of new composite materials. Two-component compound combines high mechanical characteristics of polyurethane with a chemical resistance of epoxy binder. The developed branched dendroamine hardeners are a new direction in the chemical technology of cyclocarbonates, epoxy and acrylic resins [41]. Polymer nanocomposites of a new class are environmentally

friendly materials that do not contain harmful or volatile components.

In [42], the properties of new composite materials and nanoheterogenic compounds based on the use of epoxy resins, liquid rubber, amine hardeners, and fluorine-containing surfactants were studied and developed. The resulting nanostructured epoxy rubber coatings for concrete and reinforced concrete structures dramatically reduce their deformability under short-term and long-term load action. Protective epoxy rubber coatings provide an increase in the tensile strength of concrete during bending by two to three times and, consequently, increase its crack resistance. They have good chemical resistance, high mechanical characteristics and heat resistance.

There are many market players at the market of paints and coatings. Two of them vis Akzo Nobel and PPG – have almost a quarter of the market. One should also note other large manufacturers Sherwin Williams, Dupont and BASF (from 7 to 4%). Almost all major manufacturers of paints and coatings develop nanoproducts, buying nanocomponents in different places and do not distribute them. The exception is Sherwin-Williams because this company possesses DIY store network. Among the numerous specific products, it is possible to distinguish the facade paint with dirt-repellent properties Herbol Symbiotec produced by Akzo Nobel; the product system based on Nanoguard technology (BEHR); the surface protection system with permanent graffiti protection effect based on nanostructured polyurethane-acrylate composites (MC Baishemie); a wide range of coatings, paints with high adhesion to metal, tiles, concrete, glass and unique energy-saving characteristics, dirt-repellent, fire and moisture protection by Nansulate (Nanotechnic) technology [43]. New trends that have a direct impact on the dynamics of the nanoindustry include nanostructured coating for the prevention of biofilm infections and the development of nanocoats for waterproof mobile devices.

Other participants of the market are the following fast growing companies: CTC Nanotechnology, Theta Chemicals, Advenira Enterprises, Inframat, Nanogate, AdMat Innovations, Nanophase Technologies, Tesla NanoCoatings [8].

Speaking of the Russian market, its leader in the segment of coatings and paints – Finnish Tikkurila – does not have a leading global position in nanotechnology products. The only world leader with significant positions in Russia is Akzo Nobel.

Nanocolouring can be performed with maximum accuracy by means of the process which comprises atomic building blocks, where atoms are precipitated in controlled mode to obtain a layer which evenly corresponds to each surface features.

Due to wider introduction of nanotechnological building materials into construction industry, as well as com-

moditization of nanocomponents production, in general, the segment of building materials and, in particularly, segment of coatings, will grow faster compared to other segments.

Generally speaking, the tightening of environmental regulations is the main driver of the popularization of new nanotechnological building materials. The increasing attention of the world community to the problem of sustainable development [44] determines the introduction of new regulatory requirements in the construction industry. At the same time, the main focus is on reducing CO₂ emissions, energy efficiency, and reducing air pollution. A significant role in commercialization is also played by economic factors – an increase in the service life of buildings and structures, the use of fewer building materials, easier maintenance, and shorter construction times. All this, in one degree or another, is ensured by the use of effective nano-coating.

Despite high initial investments into production, the necessity to follow principles of sustainable development [45] can cause dramatical increase of new materials use with respect to considerable decrease of consumption on the basis of entire building life cycle analysis. To preserve environment is the important driver for spreading of innovative materials.

Growth of demand for innovative products in recent years can be explained by changes in life style of people, tendencies towards more comfortability and functionality of residential buildings. Some groups of citizens of Europe and North America require increased sustainability of buildings and are ready to pay high cost for this.

Implementation of tighten environmental codes and energy efficiency standards can really support demand for nanotechnological building materials.

Disconcertingly, Russia still lacks this market, each part of it. First of all, this is due to low demand for nanoproducts by the state as well as by individual consumers. Builders, in general, are not aware about innovative materials and, as a rule, do not look for them on the market, and the manufacturers do not have enough special production capacities in the RF. As a result, despite existing drivers which are opportunities for market development, some negative factors block them.

To our opinion, development of nanotechnological building materials market will be promoted by accomplishing the National programs “Providing Russian Citizens with Affordable and Comfortable Housing and Communal Services”, “Environmental Protection” and “Development of Transport System” as well as by setting tasks to increase energy efficiency of economy and commercialization of innovative activities.

Indeed, the government’s large-scale plans to commission new housing and road infrastructure, ambitious projects to develop the Arctic and ensure national security should lead to the growth of the industry as

a whole, as well as to an increase in demand for more efficient, innovative construction materials. Today, Russia is significantly behind the world's leading countries in terms of housing stock per capita: 2 times compared to the EU and 4 times compared to the United States. From this point of view, the use of new technologies to increase the full life cycle and improve the quality of life should allow us to significantly approach the announced targets.

At the same time, the growing use of nanomaterials raises certain concerns about their safety for human health and the environment. Currently, there are a number of serious uncertainties and knowledge gaps regarding the behavior, chemical and biological interactions, and toxicological properties of nanomaterials [46–49]. Unfortunately, it is unlikely that all of them will be resolved in the near future, since their elimination will require a large amount of complex experimental work and the development of new basic knowledge. It is of great importance to take into account the whole life cycle of nanoproducts to provide systematic detection of any impacts of them [50–51].

CONCLUSION

Today, the studies aimed to improve properties, functionality and application areas of nanocoatings are still being conducted all over the world. These researches are still in the phase of continuous evolution, if not revolution, although even today, through the use of nanocoats of various types and mechanisms of action, a significant modification of the properties of a surface or substance can be achieved in accordance with user-defined parameters. It should be expected that the most significant functionality of nanotechnology products in the near future in the segment of paints and coatings will be to increase their durability

Foundation and intensification of activities of Russian institutes of development that promote innovative nanoproducts, support the organization of their production and use in various industries, including construction, will definitely favor emerging of new building materials which facilitate achieving national targets. Up-to-date progress in the area of nanotechnologies allows us to hope that many tasks, which seem fantastic today, will be successfully solved in the near decade.

REFERENCES

1. Malinetsky G.G. Modernization as a course to the VI technological mode. *Preprints of the IAM named after M.V. Keldysh*. Moscow. 2010; 41:16-19.
2. Zhu W., Bartos P.J.M., Porro A. (eds.). Application of Nanotechnology in Construction. *Mater. Struct.* 2004; 37: 649–659.
3. ISO 4618:2014. Paints and varnishes — Terms and definitions
4. Saji V.S., Cook R. *Corrosion Protection and Control Using Nanomaterials*. Cambridge (UK): Woodhead Publishing; 2012.
5. Li L., Yang Q. (eds.). *Advanced Coating Materials*. Beverly (USA): Scrivener Publishing LLC, Wiley & Sons, Inc.; 2019.
6. GOST 9.072-2017 Unified system of protection against corrosion and aging (ESZKS). Paint and varnish coatings. Terms and definitions.
7. *Nanocoating Market Report: Trends, Forecast and Competitive Analysis*. Research and Markets. Lucintel. January 2018.
8. Global Nanocoatings for Building and Construction Market Report 2020. Market.US. 2020; 138p.
9. Construction Paints and Coatings Market – Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, and Forecast 2013–2019. Transparency Market Research, NY; 2013.
10. Wang Z., Han E., Ke W. Influence of nano-LDHs on char formation and fire-resistant properties of flame-retardant coating. *Prog. Org. Coat.* 2005;53(1):29-37.
11. Wang Z., Han E., Ke W. An investigation into fire protection and water resistance of intumescent nano-coatings. *Surf Coat Tech* 2006;201(3):1528-1535.12. Wang Z, Han E., Liu F., Ke W. Fire and corrosion resistances of intumescent nano-coating containing nano-SiO₂ in salt spray condition. *J Mat Sci Tech.* 2010;26(1):75-81.
13. Barna E., Bommer B., Kysteiner J., Vital A., et al. Innovative, scratch proof nanocomposites for clear coatings. Composites. *Part A: Applied Science and Manufacturing.* 2005; 36(4): 473-480.
14. Quagliarini E., Bondioli F., Goffredo G.B., Licciulli A., Munafò P. Smart surfaces for architectural heritage: preliminary results about the application of TiO₂-based coatings on travertine. *Journal of Cultural. Heritage.* 2012; 13(2): 204-209.

15. Quagliarini E., Bondioli F., Goffredo G.B., Cordoni C., Munafò P. Self-cleaning and de-polluting stone surfaces: TiO₂ nanoparticles for limestone. *Const. Build. Mat.* 2012; 37: 51-57.
16. Munafò P., Quagliarini E., Goffredo G. B., Bondioli F., Licciulli A. Durability of nano-engineered TiO₂ self-cleaning treatments on limestone. *Const. Build. Mat.* 2014; 65: 218-231.
17. Rabea A.M., Mohseni M., Mirabedini S.M., Tabatabaei M.H. Surface analysis and anti-graffiti behavior of a weathered polyurethane-based coating embedded with hydrophobic nanosilica. *Appl. Surf. Sci.* 2012; 258(10): 4391-4396.
18. Montemor M.F. Functional and smart coatings for corrosion protection: A review of recent advances. *Surf. Coat Tech.* 2014; 258: 17-37.
19. Koch K., Ensikat H. J. The hydrophobic coatings of plant surfaces: epicuticular wax crystals and their morphologies, crystallinity and molecular self-assembly, *Micron*, 39(7), 2008, 759-772.
20. Kumar D., Wu X., Fu Q., J.W.C. Ho, Kanhere P.D., Li L., Chen Z., Hydrophobic sol-gel coatings based on polydimethylsiloxane for self-cleaning applications. *Mat. Design.* 2015; 86: 855-862.
21. Caldarelli A., Raimondo M., Veronesi F., Boveri G., Guarini G. Sol-gel route for the building up of superhydrophobic nanostructured hybrid-coatings on copper surfaces. *Surf. Coat Tech.* 2015; 276: 408-415.
22. Wang H., Chen E., Jia X., Liang L., Wang Q. Superhydrophobic coatings fabricated with polytetrafluoroethylene and SiO₂ nanoparticles by spraying process on carbon steel surfaces. *Appl. Surf. Sci.* 2015. 349 ; 724-732
23. Nakajima A., Miyamoto T., Sakai M., Isobe T., Matsushita S. Comparative study of the impact and sliding behavior of water droplets on two different hydrophobic silane coatings. *Appl. Surf. Sci.* 2014; 292: 990-996.
24. Lafuma A., Quéré D. Superhydrophobic states. *Nat. Mat.* 2003; 2(7): 457-460.
25. Muzenski S., Flores-Vivian I., Sobolev K. Hydrophobic engineered cementitious composites for highway applications. *Cement and Concrete Composites.* 2015; 57: 68-74.
26. Falikman V.R., Sobolev K.G. “There’s plenty of room at the bottom”, or how nanotechnologies can change the world of concrete. *Nanotechnologies in Construction.* 2011;1: 21-33. Available from: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (accessed: 15.01.2021).
27. Falikman V. R., Vayner A. Ya. Photocatalytically active building materials with titanium dioxide nanoparticles as a new concept for improving the ecology of megacities. In: Collection of the participants reports from the round table “Issues of the use of nanotechnologies in construction”. Moscow: MGSU, 2009. p. 35–49.
28. Karlessi T., Santamouris M., Synnefa A., Assimakopoulos D., Didaskalopoulos P., Apostolakis K. Development and testing of PCM doped cool colored coatings to mitigate urban heat island and cool buildings. *Buil. Env.* 2011; 46(3): 570-576.
29. Memon S.A. Phase change materials integrated in building walls: A state of the art review. *Renew Sust. Ener. Rev.* 2014;31: 870-906.
30. Ismail K.A., Salinas C.T., Henriquez J.R. Comparison between PCM filled glass windows and absorbing gas filled windows. *Ener. Build.* 2008; 40(5): 710-719.
31. Entrop A.G. Brouwers H.J.H., Reinders A.H.M.E. Experimental research on the use of micro-encapsulated phase change materials to store solar energy in concrete floors and to save energy in Dutch houses. *Sol. Ener.* 2011; 85(5): 1007-1020.
32. Deb S.K. Opportunities and challenges in science and technology of WO₃ for electrochromic and related applications. *Sol. Ener. Mat. Sol. Cel.* 2008; 92(2): 245-258.
33. Granqvist C.G., Lanseker P.C., Mlyuka N.R., Niklasson G.A., Avendano E. Progress in chromogenics: new results for electrochromic and thermochromic materials and devices. *Sol. Ener. Mat. Sol. Cel.* 2009; 93(12): 2032-2039.
34. Baetens R., Jelle B.P., Gustavsen A. Properties, requirements and possibilities of smart windows for dynamic daylight and solar energy control in buildings: A state-of-the-art review. *Sol. Ener. Mat. Sol. Cel.* 2010; 94(2): 87-105.
35. Granqvist C.G. Oxide electrochromics: Why, how, and whither. *Sol. Ener. Mat. Sol. Cel.* 2008; 92(2): 203-208.
36. Jayaweera P.M., Kumarasinghe A.R., Tennakone K. Nano-porous TiO₂ photovoltaic cells sensitized with metallochromic triphenylmethane dyes:[n-TiO₂/triphenylmethane dye/pI-/I3-(or CuI)]. *J. Photochem. Photobio (A: Chemistry).* 1999; 126(1):111-115.
37. *Photovoltaic (PV) system.* Retrieve Sep 6, 2015. Available from: <http://www.sandiego.gov/development-services/graphics/components.jpg>.
38. Patel Abhiyan S., Hiren A.R., Sharma D.N. An overview on application of Nanotechnology in construction industry. *Int. J. Innov. Res.Sci. Eng. and Tech.* 2013; 2(11): 6094-6098.
39. Whitesides G.M., Grzybowski B. Self-assembly at all scales. *Science.* 2002;295(5564): 2418-2421.
40. Figovsky O. L., Beilin D. A., Ponomarev A. N. Successes of the use of nanotechnologies in building materials. *Nanotechnologies in Construction.* 2012; 3: 6-21.

41. Figovsky O., Shapovalov L., Buslov F., Blank N. *Nanostructured Hybrid Nonisocyanate Polyurethane Coatings*. International Conference «Nano and Hybrid Nonisocyanate Polyurethane Coatings». Manchester (UK): 2005. p. 4/1–4/10.
42. Blank N., Figovsky O. Epoxy-Rubber Coatings with Nanoheterogenic Structure. *Paint Industry*. Moscow. 2009;10: 14–16.
43. Gusev B. V., Falikman V. R., Laistner Sh. et al. Industry technological research “Development of the Russian market of nanotechnological products in the construction industry until 2020”. Part 2 Analysis of the world market. *Nanotechnologies in Construction*. 2013; 5(2): 6-20. Available from: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2013.pdf.
44. Gusev B. V., Falikman V. R. Concrete and reinforced concrete in the era of sustainable development. *Industrial and Civil Engineering*. 2016; 2: 30-38.
45. Falikman V. R. GLOBE as a new initiative of specialized international organizations in the field of sustainable construction. *Concrete and reinforced concrete*. 2020;2(602): 3-7.
46. Wiesner M. R., Bottero J. Y. Environmental nanotechnology. *Applications and Impacts of Nanomaterials*. 2007; 395-517.
47. Calkins M. *Materials for sustainable sites: a complete guide to the evaluation, selection, and use of sustainable construction materials*. John Wiley & Sons. 2008.
48. Aschberger K., Micheletti C., Sokull-Klyttgen B., Christensen F.M. Analysis of currently available data for characterising the risk of engineered nanomaterials to the environment and human health-lessons learned from four case studies. *Env. Int.* 2011; 37(6): 1143-1156.
49. Hester R.E., Harrison R.M. (Eds.). *Nanotechnology: Consequences for human health and the environment (Vol. 24)*. Royal Society of Chemistry. 2007.
50. Nowack B., Bucheli T.D. Occurrence, behavior and effects of nanoparticles in the environment. *Env. Pollut.* 2007;150(1): 5-22.
51. Upadhyayula V.K., Meyer D.E., Curran M.A., Gonzalez M.A. Life cycle assessment as a tool to enhance the environmental performance of carbon nanotube products: a review. *J. Clean Prod.* 2012; 26: 37-47.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Vyacheslav R. Falikman, Doctor of Materials Science, Cand. Sci. (Chem.), Head of the Center for scientific and technical assistance at complex construction projects in the Scientific Research Institute for Concrete and Reinforced Concrete after A.A. Gvozdev (NIIZhB). Head of Russian National delegation in fib. fib Honorary Life Member. The Regional Convener of the RILEM in East Europe and Central Asia, RILEM National Delegate. RILEM Honorary Member. Member of ACI.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6232-9862>; e-mail: vfalikman@yandex.ru

Authors declare the absence of any competing interests.

Received: 22.01.2021.

Revised: 05.02.2021.

Accepted: 07.02.2021.



Нанопокрyтия в современном строительстве

В.Р. Фаликман 

Научно-исследовательский центр «Строительство», г. Москва, Россия

Контакты: e-mail: vfalikman@yandex.ru

РЕЗЮМЕ: В обзоре проанализировано состояние рынка нанопокрyтий, приведены основные их виды, а также драйверы и барьеры их разработки и применения. Современный прогресс в области нанотехнологий позволяет отнести нанопокрyтия к высокотехнологичным материалам, структура и свойства которых могут быть «запроектированы» по специфическим функциональным критериям и уровню воздействия на окружающую среду. Они обладают уникальными характеристиками по сравнению с обычными покрyтиями, применяемыми в строительстве. Масштабные планы правительства по введению в эксплуатацию нового жилья и созданию дорожной инфраструктуры, амбициозные проекты освоения Арктики и обеспечения национальной безопасности должны привести к росту индустрии в целом, а также к повышению спроса на более эффективные, инновационные строительные материалы, включая нанопокрyтия и нанокраски.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: строительная индустрия, наноматериалы и нанотехнологии, функциональные покрyтия, мировой рынок, драйверы и барьеры, устойчивое развитие.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Фаликман В.Р. Нанопокрyтия в современном строительстве // Нанотехнологии в строительстве. – 2021. – Том 13, № 1. – С. 5–11. – DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-1-5-11.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленность строительных материалов и строительство, несмотря на их определенно консервативный характер, вынуждены все чаще сталкиваться с тем, что называют «индустриальной революцией XXI века». Новые закономерности, новые методы испытаний и исследований создают значительный потенциал для создания высокотехнологичных продуктов и процессов, отличающихся гарантированными показателями надежности, развивают принципы получения современных «суперматериалов» и характеризуют начало шестого технологического уклада [1].

Среди них, согласно документам ТС 197-NCM Международного союза экспертов и лабораторий в области строительных материалов, систем и конструкций (РИЛЕМ), особое место занимают функциональные покрyтия, многократно повышающие качества материалов, например, их оптические, тепловые свойства, долговечность, истираемость, сопротивляемость различным воздействиям, обеспечивающие самоочищаемость, препятствующие надписи на стенах и т.д. [2].

Согласно стандарту ISO 4618:2014 [3], под термином «покрyтие» понимают слой, образованный в результате однократного или многократного нанесения материала покрyтия на подложку. Материал покрyтия – это продукт в жидкой, пастообразной или порошковой форме, который при нанесении на подложку образует слой, обладающий защитными, декоративными и/или другими специфическими свойствами. При этом «нанопокрyтие» может быть определено как покрyтие, имеющее либо толщину покрyтия в наноразмерном масштабе, либо содержащее частицы второй фазы в наноразмерном диапазоне, которые диспергируются в матрице, либо покрyтие, имеющее наноразмерные зерна/фазы и т. д. [4].

В научно-технической и аналитической литературе краски являются частным случаем покрyтий [5]. Так, в ГОСТ 9.072-2017 [6] «лакокрасочное покрyтие» определено как сплошное покрyтие, сформированное в результате нанесения одного или нескольких слоев лакокрасочного материала на окрашиваемую поверхность, а «нанопокрyтие» как покрyтие с толщиной высохшего слоя в диапазоне от 1 до 100 нм. Интересно отметить, что одним из первых коммерческих применений нанотехно-

логий стало использование углеродных нанотрубок именно в красках [5].

Таким образом, обобщая, можем сделать вывод, что по своей природе нанопокртия относятся, как правило, к очень тонким слоям химических веществ (полимеров, металлов, композитов и др.), которые используются для придания специфических химических и физических характеристик поверхности подложки: гидрофобных и/или олеофобных свойств, коррозионной стойкости, стойкости к истиранию и царапинам, твердости, смазываемости, прозрачности, пластичности и др.

РЫНОК НАНОПОКРЫТИЙ. ДРАЙВЕРЫ И БАРЬЕРЫ

По материалам мировых аналитических агентств, объем мирового рынка нанопокртий в 2019 году оценивался в 6101,8 млн долларов США и, по прогнозам, он достигнет 22,96 млрд долларов США к 2027 году при среднем показателе роста (CAGR) 18,4% в год. Рынок нанопокртий переживает быстрый рост, связанный с их растущим спросом в таких отраслях конечного потребителя, как здравоохранение, автомобилестроение, строительные материалы и строительство, электроника, судостроение, энергетика, водоочистка и упаковка [7–9].

Благодаря свойствам, присущим наноуровню, нанопокртия обычно являются многофункциональными, проявляя одно или комбинации следующих свойств: самозалечивание, самоочистение, антимикробная и антивирусная активность, каталитическая активность, антистатика, сенсорная чувствительность и т.д. Принципиально инновационными являются нанопокртия с памятью формы и чувствительные к отпечаткам пальцев, а также энергоэффективные покртия.

Нанопокртия обеспечивают устойчивость к колебаниям температуры, в результате чего их применение резко растет в изделиях и конструкциях, подверженных воздействию перепадов температур и суровых климатических условий. Керамическая плитка, стеклянные окна, резервуары для хранения сжиженных газов являются типичными примерами.

Эффективные огнезащитные нанопокртия получают путем применения наноразмерных двойных гидроксидов магния-алюминия (LDHs), нанодиоксида титана (TiO_2) и нанодиоксида кремния (SiO_2) [10–12].

Нанопокртия создают прозрачную, бесцветную защиту, которую невозможно обнаружить невооруженным глазом. Это поддерживает эстетический внешний вид изделия, сохраняет его естественный блеск и прозрачность. Кроме того, изделия с нанопокртием практически не накапливают грязь. В тех

редких случаях, когда посторонние загрязнители, такие как пыль и грязь, прилипают к поверхности, их можно легко удалить смыванием.

Нанопокртия способны обеспечить защиту от ультрафиолетового света (УФ) и устойчивость к истиранию. Это значительно увеличивает срок службы изделий и делает их идеальными для сохранения лакокрасочных поверхностей. Наночастицы диоксида кремния (SiO_2), диоксида титана (TiO_2), оксида алюминия (Al_2O_3) и оксида циркония (ZrO_2) широко используются для повышения твердости и механических свойств покртий, тем самым повышая их износостойкость и устойчивость к царапинам. Среди областей их применения – поддержание внешнего вида поверхности и долговечности паркетных полов или оконных стекол [13].

В последние годы широкое распространение приобретают наноструктурированные покртия «анти-граффити» на основе полиуретанов, модифицированных наночастицами кремнезема и диоксида титана [14–17]. Они особенно перспективны на исторических и каменных поверхностях для сохранения культурного наследия.

Нанопокртия значительно повышают коррозионную стойкость конструкций (железобетона, каменных конструкций, металлов и т.д.), что увеличивает их долговечность и срок службы. Самые последние технические решения применения самовосстанавливающихся и интеллектуальных покртий для повышения защиты от коррозии рассмотрены в [18].

Нанопокртия являются антиадгезионными и более гигиеничными по сравнению с обычными покртиями. Они препятствуют росту бактерий и микроорганизмов. Конструкции и детали с нанопокртиями не требуют вошения для поддержания своего блеска. Кроме того, они также являются экологически чистыми, нетоксичными и дышащими, что позволяет эффективно использовать их на различных продуктах, поскольку они подавляют сырость и плесень.

Среди выпускаемых рядом немецких и испанских фирм с конца 90-х годов продуктов, получаемых на основе нанотехнологий, выделяются покртия для полной гидрофобизации поверхностей, для предотвращения ущерба от граффити, для ликвидации потенциальных источников биоповреждений – плесени, грибов, мхов, лишайников, подавления высолообразования.

Гидрофобные покртия [19–23], в основном, используются для придания поверхностям водостойкости и коррозионной стойкости. Так, гидрофобная система на основе нанодиоксида кремния (SiO_2) создает для воды краевой угол смачивания, превышающий 150° , а угол скатывания – менее 10° [24].

Современные кремнийорганические соединения (КОС) могут заметно улучшить эти показатели [25].

Действительно, КОС с их активными группами могут вступать в реакцию с минеральными (неорганическими) субстратами, содержащими силанольные группы (Si–OH), такими как бетон, цемент, камень, кирпич, железобетон, с образованием силоксановых связей (Si–O–Si) между субстратом и молекулами модификатора. Это приводит к стабильной гидрофобизации поверхности. Среди других положительных свойств следует отметить то, что КОС проникают в субстрат на глубину от ~0,5 мм до 1 мм, что помимо устойчивого гидрофобного эффекта алкилсилоксановой поверхности предотвращает ее шелушение. Кроме того, модифицированная поверхность становится устойчивой к атмосферным воздействиям и ультрафиолетовому излучению [5].

Гидрофобизация сегодня активно используется для повышения эффективности минеральных утеплителей («минеральной ваты»), что сводит к минимуму их водо- и паропоглощение. Области применения гидрофобизированных утеплителей включают нефтехимический комплекс, судостроение, гражданские здания (стены, полы и потолки), тепловые станции, нефтеперерабатывающие заводы, электростанции, студии звукозаписи, конференц-залы, аэропорты и метрополитен, системы кондиционирования воздуха, изготовление сэндвич-панелей и т.д. [5].

Знаковые изменения произошли в сфере разработки и применения нового поколения самоочищающихся покрытий. Важно, что последние рассматриваются сегодня в общем контексте борьбы за кардинальное снижение затрат и рабочего времени на обслуживание, ремонт и восстановление конструкций сложных объектов.

Как известно, под воздействием ультрафиолета модифицированный TiO_2 работает как фотокатализатор, выделяя атомарный кислород из паров воды или атмосферного кислорода. Выделенного активного кислорода достаточно для окисления и разложения органических загрязнений, дезодорирования помещений, уничтожения бактерий.

К настоящему времени строительные материалы, содержащие добавки TiO_2 -наночастиц, широко применяются в цементных красках, специальных цементах, строительных растворах, дорожных покрытиях, как бетонных, так и битумных, самоочищающихся материалах и конструкциях, воздухоочищающих материалах и конструкциях, антибактериальных материалах и конструкциях, составах и отделочных материалах для наружных и внутренних работ [26].

Особенно распространено применение таких светочувствительных катализаторов при формировании

самоочищающихся поверхностей бетона за счет открытого явления супергидрофильности, что позволяет поддерживать эстетический вид построенных объектов неизменным в течение продолжительного времени.

Первое очень крупное применение фотокаталитических материалов с самоочищающимися свойствами относится к 1996 году, когда фирма Italcementi приняла участие в строительстве церкви Dives in Misericordia в Риме. Проект предполагал возведение сложной конструкции из трех огромных белых парусов, собираемых из сборного железобетона, что потребовало использования уникального по своим свойствам бетона, который, кроме высокой прочности и долговечности, должен был неограниченно долго сохранять белый цвет благодаря самоочищающимся свойствам поверхности.

Фотокаталитические цементы были использованы и в других престижных европейских архитектурных проектах, прежде всего во Франции – Cité de la Musique в Шамбери (2003 год), Hotel de Police в Бордо, а также Saint John Court в Монте-Карло (Монако), школы в городе Мортара, Италия (1999 год), многоэтажных жилых комплексах в Остенде, Бельгия. Кроме того, были разработаны составы цементных красок и штукатурок, содержащих фотокатализаторы, которые широко применяются в Италии при строительстве жилых зданий в мегаполисах и сложной городской среде, для повышения экологичности тоннелей, подземных парковок, заправок и т.п.

Строительные материалы, содержащие TiO_2 , интересны не только из-за своих свойств самоочищения. Проводимые исследования показывают, что такие материалы имеют хороший потенциал при контроле городского загрязнения. Например, фотокаталитической системой TiO_2 /цемент могут быть уничтожены NO_x , SO_x , NH_3 , CO , летучие органические углеводороды, такие как бензол и толуол, органические хлориды, альдегиды и конденсированные ароматические соединения [27].

Легирование мезопористой пленки TiO_2 небольшим количеством наносеребра может усилить ее антибактериальный эффект даже без облучения ультрафиолетовым светом.

Как гидрофильные, так и гидрофобные покрытия применимы, прежде всего, для плоских поверхностей и базовых строительных материалов, таких как бетон и железобетон, камень и дерево.

В последнее время все большее распространение находят покрытия с фазовым переходом (PCMs), используемые в качестве скрытой системы аккумуляции тепла [28]. В основном, они используются на внутренних и внешних поверхностях, например, стенах, окнах, полах [29–31], чтобы регулировать их температуру в определенном диапазоне.

Нанохромные материалы, например, триоксид вольфрама (WO_3) [32], нестехиометрические оксиды никеля (NiO_x), диоксид титана (TiO_2) и диоксид ванадия (VO_2) [33, 34], могут наноситься в виде тонкопленочных слоев на оконные стекла в качестве энергоэффективных покрытий [35]. Электрохромные окна являются наиболее перспективными для снижения холодовых нагрузок, тепловых нагрузок и экономии энергии освещения в зданиях, где они способны регулировать коэффициент пропускания до 68% всего солнечного спектра.

Нанопористые пленки диоксида титана (TiO_2) на тонкой пленке оксида олова (SnO_2) успешно используются в фотоэлектрических системах (PV) для получения большего количества электроэнергии [36]. Кроме того, в [37] предложен метод антиотражения с использованием наноразмерной точечной матрицы в качестве одного из наиболее эффективных методов достижения высокой эффективности в таких системах.

Особую группу составляют высокопрочные, высокоэластичные и ударостойкие покрытия, которые одновременно стойки к химическим воздействиям и защищают конструкции от коррозии.

Ключевой концепцией механизма обеспечения работы нанопокровов является их способность к самовосстановлению посредством процесса «самосборки» [38]. Под самосборкой понимают явление, при котором компоненты системы самопроизвольно собираются в результате взаимодействия, образуя более крупную функциональную единицу. Такая спонтанная организация может быть обусловлена непосредственными специфическими взаимодействиями и/или реализовываться опосредованно через свое окружение [39].

Интересна технология получения нанокмпозиционных материалов, содержащих взаимопроникающие полимерные сетки (ВПС) на основе полиуретанов, эпоксидных смол и акрилатов, модифицированных в жидкой фазе наночастицами SiO_2 , TiO_2 или другими оксидами металлов [40]. Базовым элементом технологии являются разветвленные (дендровидные) аminosиланы, которые служат отверждающим агентом для многих олигомеров. Они позволяют интродуцировать силоксановые фрагменты в структуру эпоксиаминовой композиции, а дополнительный гидролиз аminosиланового олигомера — получить вторичный наноструктурированный сетчатый полимер, который существенным образом повышает эксплуатационные характеристики компаунда. Такие наномодифицированные полимерные сетки создают уникальную возможность управления микро- и наноструктурными характеристиками новых композиционных материалов. Двухкомпонентный компаунд объединяет высокие механические характеристики

полиуретана и химическую стойкость эпоксидного связующего. Разработанные разветвленные дендроминные отвердители являются новым направлением в химической технологии циклокарбонатов, эпоксидных и акриловых смол [41]. Полимерные нанокмпозиции нового класса являются экологически чистыми материалами, не содержащими вредные или летучие компоненты.

В работе [42] исследованы свойства и разработана технология производства новых композиционных материалов и компаундов наногетерогенной структуры, основанная на использовании эпоксидных смол, жидкого каучука, аминных отвердителей и фторсодержащих поверхностно-активных веществ. Полученные наноструктурированные эпоксикаучуковые покрытия для бетонных и железобетонных конструкций резко уменьшают их деформативность при кратковременном и длительном действии нагрузки. Защитные эпоксикаучуковые покрытия обеспечивают увеличение прочности бетона на растяжение при изгибе в два-три раза и, следовательно, повышают его трещиностойкость. Они обладают хорошей химической стойкостью, высокими механическими характеристиками и термостойкостью.

На рынке красок и покрытий представлено множество игроков, два из которых — Akzo Nobel и PPG — занимают почти четверть рынка. Из других крупных производителей достаточно упомянуть Sherwin Williams, Dupont и BASF (от 7 до 4%). Почти все основные производители красок и покрытий развивают производство нанотехнологической продукции, закупая на стороне нанокмпозиции, и не занимаются дистрибуцией. Исключение составляет Sherwin-Williams, так как компания владеет также сетью DIY. Из многочисленных конкретных продуктов можно выделить фасадную краску с грязеотталкивающими свойствами Herbol Symbiotec производства Akzo Nobel, систему продуктов по технологии Nanoguard (BEHR), систему защиты поверхностей от загрязнений с перманентным эффектом защиты от граффити на основе наноструктурированных полиуретанакрилатных композитов (MC Bauchemie), широкую гамму покрытий, красок с высокой адгезией по металлу, черепице, бетону, стеклу и уникальными характеристиками по энергосбережению, грязеотталкиванию, защите от огня и влаги по технологии Nansulate (Nanotechnic) [43]. Новые тенденции, оказывающие непосредственное влияние на динамику развития наноиндустрии, включают в себя наноструктурированное покрытие для профилактики биопленочных инфекций и разработку нанопокровов для водонепроницаемых мобильных устройств.

Из других участников рынка нанопокровов следует выделить быстро растущие CTC Nanotechnology, Theta Chemicals, Advenira Enterprises, Inframat,

Nanogate, AdMat Innovations, Nanophase Technologies, Tesla NanoCoatings [8].

Говоря о российском рынке, его лидер в сегменте покрытий и красок – финская Tikkurila – не имеет лидирующих мировых позиций по нанотехнологическим продуктам. Единственный здесь мировой лидер с существенными позициями в России – Akzo Nobel.

Наноокрашивание может быть произведено с предельной точностью с помощью процесса, который включает в себя атомные строительные блоки, где атомы осаждаются контролируемым образом, чтобы получить слой, который равномерно соответствует каждой отдельной особенности поверхности.

За счет все более широкого проникновения нанотехнологических стройматериалов в строительную отрасль, а также коммодитизации производства наноконструктивных сегментов производства строительных материалов, в целом, и покрытий, в частности, будет расти быстрее остальных.

Вообще говоря, ужесточение регулирования по охране окружающей среды – главный драйвер популяризации новых нанотехнологических строительных материалов. Повышение внимания мирового сообщества к проблеме устойчивого развития [44] определяет введение новых нормативных требований в строительной отрасли. При этом основной акцент делается на сокращение выбросов CO₂, энергоэффективность, снижение загрязненности воздуха. Существенную роль в коммерциализации играют также экономические факторы – увеличение срока службы зданий сооружений, использование меньшего количества строительных материалов, облегчение обслуживания, сокращение сроков строительства. Все это, в той или иной степени, обеспечивается применением эффективных нанопокровов.

Несмотря на высокие начальные инвестиции в производство, необходимость следования принципам устойчивого развития [45] может вызвать существенное увеличение объемов применения новых материалов с учетом значительного снижения расходов на основе анализа полного жизненного цикла здания. Заинтересованность в сохранении окружающей среды является важным драйвером для проникновения инновационных материалов.

Рост спроса на инновационную продукцию в последнее время обусловлен изменениями в образе жизни населения, тенденции к большому комфорту и функциональности жилых помещений. Определенная категория населения Европы и Северной Америки требует повышения экологичности зданий и готова оплачивать их премиальную стоимость.

Внедрение ужесточенных природоохранных норм и норм по энергоэффективности может существенно

поддержать спрос на нанотехнологические строительные материалы.

С сожалением приходится констатировать, что в России этот рынок во всех своих составляющих фактически пока отсутствует. Прежде всего, это связано тем, что спрос на нанотехнологическую продукцию, как со стороны государства, так и со стороны частных потребителей, минимален. Строители, в основном, не знакомы с инновационными материалами и, как правило, не ищут их на рынке, а производители не имеют достаточного количества специализированных производственных мощностей на территории РФ. В результате, несмотря на существование ряда драйверов, которые предоставляют возможности развития рынка, имеет место ряд негативных факторов, которые этому препятствуют.

С нашей точки зрения, содействовать развитию рынка нанотехнологических стройматериалов в РФ будут реализация национальных программ «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации», «Охрана окружающей среды» и «Развитие транспортной системы», задачи повышения энергоэффективности экономики и коммерциализация инновационной деятельности.

Действительно, масштабные планы правительства по введению в эксплуатацию нового жилья и дорожной инфраструктуры, амбициозные проекты освоения Арктики и обеспечения национальной безопасности должны привести к росту индустрии, в целом, а также к повышению спроса на более эффективные, инновационные строительные материалы. Сегодня Россия существенно отстает от ведущих мировых стран по показателю жилого фонда на душу населения: в 2 раза по сравнению с ЕС и в 4 раза по сравнению с США. С этой точки зрения, использование новых технологий увеличения полного жизненного цикла и повышения качества жизни должно позволить существенно приблизиться к объявленным ориентирам.

Вместе с тем, растущее использование наноматериалов вызывает определенные опасения по поводу их безопасности для здоровья человека и окружающей среды. В настоящее время существует ряд серьезных неопределенностей и пробелов в знаниях в отношении поведения, химических и биологических взаимодействий и токсикологических свойств наноматериалов [46 - 49]. К сожалению, маловероятно, что все они будут разрешены в ближайшем будущем, поскольку их устранение потребует большого объема сложных экспериментальных работ и выработки новых базовых знаний. Важно при этом учитывать весь жизненный цикл нанопродуктов, чтобы обеспечить систематическое обнаружение их возможных воздействий [50–51].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время во всем мире продолжают дальнейшие исследования, направленные на улучшение свойств, функциональных возможностей и областей применения нанопокровов. Эти исследования все еще находятся в фазе непрерывной эволюции, если не революции, хотя уже сегодня, путем использования нанопокровов самого различного вида и механизма действия, может быть достигнута существенная модификация свойств поверхности или вещества в соответствии с заданными пользователями параметрами. Следует ожидать, что наиболее значимым функционалом нанотехнологической про-

дукции в ближайшее время в сегменте красок и покрытий будет являться повышение их долговечности.

Создание и активизация деятельности в России институтов развития, которые продвигают инновационную продукцию, содействуют организации ее производства и применения в различных отраслях, в том числе в строительстве, несомненно, повлечет за собой появление новых строительных материалов, которые обеспечат достижение поставленных национальных целей. Современный прогресс в области нанотехнологий позволяет надеяться, что уже в наступившем десятилетии многие задачи, на сегодня представляющиеся фантастическими, будут успешно решены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малинецкий Г. Г. Модернизация – курс на VI технологический уклад // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. – М., 2010. – № 41. – С. 16–19.
2. Zhu, W., Bartos, P.J.M., Porro, A. (eds.): Application of Nanotechnology in Construction. Mater. Struct. 37, 649–659 (2004).
3. ISO 4618:2014. Paints and varnishes – Terms and definitions.
4. Saji V.S., Cook R. Corrosion Protection and Control Using Nanomaterials. Woodhead Publishing. Cambridge, UK, 2012, 424 p.
5. Li L., Yang Q. (eds.): Advanced Coating Materials. Scrivener Publishing LLC, Wiley & Sons, Inc., Beverly, MA, USA, 2019, 523p.
6. ГОСТ 9.072-2017 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Термины и определения.
7. Nanocoating Market Report: Trends, Forecast and Competitive Analysis. Research and Markets. Lucintel. January 2018, 59 p.
8. Global Nanocoatings for Building and Construction Market Report 2020. Market.US. 2020, 138p.
9. Construction Paints and Coatings Market – Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, and Forecast 2013–2019. Transparency Market Research, NY, 2013.
10. Wang Z., Han E., Ke W., Influence of nano-LDHs on char formation and fire-resistant properties of flame-retardant coating. Prog. Org. Coat., 53(1), 2005, pp. 29–37.
11. Wang Z., Han E., Ke W., An investigation into fire protection and water resistance of intumescent nano-coatings. Surf. Coat Tech., 201(3), 2006, pp. 1528–1535.
12. Wang Z., Han E., Liu F., Ke W., Fire and corrosion resistances of intumescent nano-coating containing nano-SiO₂ in salt spray condition. J Mat Sci Tech, 26(1), 2010, 75–81.
13. Barna E., Bommer B., Kysteiner J., Vital A., et al., Innovative, scratch proof nanocomposites for clear coatings. Composites. Part A: Applied Science and Manufacturing, 36(4), 2005, 473–480.
14. Quagliarini E., Bondioli F., Goffredo G.B., Licciulli A., Munafò P., Smart surfaces for architectural heritage: preliminary results about the application of TiO₂-based coatings on travertine. J. Cult. Heritage, 13(2), 2012, 204–209.
15. Quagliarini E., Bondioli F., Goffredo G.B., Cordoni C., Munafò P., Self-cleaning and de-polluting stone surfaces: TiO₂ nanoparticles for limestone. Const. Build. Mat., 37, 2012, 51–57.
16. Munafò P., Quagliarini E., Goffredo G. B., Bondioli F., Licciulli A., Durability of nano-engineered TiO₂ self-cleaning treatments on limestone. Const. Build. Mat., 65, 2014, 218–231.
17. Rabea A.M., Mohseni M., Mirabedini S.M., Tabatabaei M.H., Surface analysis and anti-graffiti behavior of a weathered polyurethane-based coating embedded with hydrophobic nanosilica. Appl. Surf. Sci., 258(10), 2012, 4391–4396.
18. Montemor M.F., Functional and smart coatings for corrosion protection: A review of recent advances, Surf. Coat Tech., 258, 2014, 17–37.
19. Koch K., Ensikat H. J. The hydrophobic coatings of plant surfaces: epicuticular wax crystals and their morphologies, crystallinity and molecular self-assembly, Micron, 39(7), 2008, 759–772.
20. Kumar D., Wu X., Fu Q., J.W.C. Ho, Kanhere P.D., Li L., Chen Z., Hydrophobic sol–gel coatings based on polydimethylsiloxane for self-cleaning applications, Mat. Design, 86, 2015, 855–862.
21. Caldarelli A., Raimondo M., Veronesi F., Boveri G., Guarini G., Sol–gel route for the building up of superhydrophobic nanostructured hybrid-coatings on copper surfaces, Surf. Coat Tech., 276, 2015, 408–415.
22. Wang H., Chen E., Jia X., Liang L., Wang Q., Superhydrophobic coatings fabricated with polytetrafluoroethylene and SiO₂ nanoparticles by spraying process on carbon steel surfaces. Appl. Surf. Sci., 2015, 349; pp. 724–732.
23. Nakajima A., Miyamoto T., Sakai M., Isobe T., Matsushita S., Comparative study of the impact and sliding behavior of water droplets on two different hydrophobic silane coatings. Appl. Surf. Sci., 292, 2014, 990–996.
24. Lafuma A., Quéré D. Superhydrophobic states, Nat. Mat., 2(7), 2003, 457–460.
25. Muzenski, S., Flores-Vivian, I., Sobolev, K. Hydrophobic engineered cementitious composites for highway applications. Cement and Concrete Composites, 2015; v. 57, pp. 68–74.

26. Фаликман В.Р., Соболев К.Г. «Простор за пределом», или как нанотехнологии могут изменить мир бетона // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. – М. – 2011. – № 1. – С. 21–33. – Гос. регистр. № 0421100108. – URL: <http://www.nanobuild.ru> (дата обращения: 15.01.2021).
27. Фаликман В.Р., Вайнер А.Я. Фотокаталитически активные строительные материалы с наночастицами диоксида титана – новая концепция улучшения экологии мегаполисов // Сборник докладов участников круглого стола «Вопросы применения нанотехнологий в строительстве» – М.: МГСУ, 2009. – С. 35–49.
28. Karlessi T., Santamouris M., Synnefa A., Assimakopoulos D., Didaskalopoulos P., Apostolakis K., Development and testing of PCM doped cool colored coatings to mitigate urban heat island and cool buildings. *Buil. Env.*, 46(3), 2011, 570–576.
29. Memon S.A., Phase change materials integrated in building walls: A state of the art review, *Renew Sust. Ener. Rev.*, 31, 2014, 870–906.
30. Ismail K.A., Salinas C.T., Henriquez J.R., Comparison between PCM filled glass windows and absorbing gas filled windows. *Ener. Build.*, 40(5), 2008, 710–719.
31. Entrop A.G., Brouwers H.J.H., Reinders A.H.M.E., Experimental research on the use of micro-encapsulated phase change materials to store solar energy in concrete floors and to save energy in Dutch houses, *Sol. Ener.*, 85(5), 2011, 1007–1020.
32. Deb S.K., Opportunities and challenges in science and technology of WO₃ for electrochromic and related applications, *Sol. Ener. Mat. Sol. Cel.*, 92(2), 2008, 245–258.
33. Granqvist C.G., Lanseker P.C., Mlyuka N.R., Niklasson G.A., Avendano E., Progress in chromogenics: new results for electrochromic and thermochromic materials and devices, *Sol. Ener. Mat. Sol. Cel.*, 93(12), 2009, 2032–2039.
34. Baetens R., Jelle B.P., Gustavsen A., Properties, requirements and possibilities of smart windows for dynamic daylight and solar energy control in buildings: A state-of-the-art review, *Sol. Ener. Mat. Sol. Cel.*, 94(2), 2010, 87–105.
35. Granqvist C.G., Oxide electrochromics: Why, how, and whither, *Sol. Ener. Mat. Sol. Cel.*, 92(2), 2008, 203–208.
36. Jayaweera P.M., Kumarasinghe A.R., Tennakone K., Nano-porous TiO₂ photovoltaic cells sensitized with metallochromic triphenylmethane dyes: [n-TiO₂/triphenylmethane dye/pI-/I3-(or CuI)], *J. Photochem. Photobio (A: Chemistry)*, 126(1), 1999, 111–115.
37. Photovoltaic (PV) system, Retrieve Sep 6, 2015, <http://www.sandiego.gov/development-services/graphics/components.jpg>.
38. Patel Abhiyan S., Hiren A.R., Sharma D.N., An overview on application of Nanotechnology in construction industry. *Int. J. Innov. Res.Sci. Eng. and Tech.*, 2(11), 2013. pp. 6094–6098.
39. Whitesides G.M., Grzybowski B., Self-assembly at all scales. *Science*, 295(5564), 2002, 2418–2421.
40. Фиговский О.Л., Бейлин Д.А., Пономарев А.Н. Успехи применения нанотехнологий в строительных материалах // Нанотехнологии в строительстве. – 2012. – № 3. – С. 6–21.
41. Figovsky O., Shapovalov L., Buslov F., Blank N. Nanostructured Hybrid Nonisocyanate Polyurethane Coatings // International Conference «Nano and Hybrid Nonisocyanate Polyurethane Coatings». Manchester, UK. 2005. P. 4/1–4/10.
42. Blank N., Figovsky O. Epoxy-Rubber Coatings with Nanoheterogenic Structure. *Paint Industry (in Russian)*. Moscow. 2009. № 10. P. 14–16.
43. Гусев Б.В., Фаликман В.Р., Лайстнер Ш. и др. Отраслевое технологическое исследование «Развитие российского рынка нанотехнологических продуктов в строительной отрасли до 2020 года». Часть 2 Анализ мирового рынка // Нанотехнологии в строительстве. – 2013. – Том 5, № 2. – С. 6–20. – URL: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2013.pdf.
44. Гусев Б.В., Фаликман В.Р. Бетон и железобетон в эпоху устойчивого развития // ПГС. – 2016. – № 2. – С. 30 – 38.
45. Фаликман В.Р. GLOBE – новая инициатива профильных международных организаций в области устойчивого строительства // Бетон и железобетон. – 2020. – № 2 (602). – С. 3–7.
46. Wiesner, M. R., Bottero, J. Y. *Environmental nanotechnology. Applications and Impacts of Nanomaterials*, 2007. pp. 395–517.
47. Calkins M., *Materials for sustainable sites: a complete guide to the evaluation, selection, and use of sustainable construction materials*, John Wiley & Sons, 2008.
48. Aschberger K., Micheletti C., Sokull-Klyttgen B., Christensen F.M., Analysis of currently available data for characterising the risk of engineered nanomaterials to the environment and human health-lessons learned from four case studies, *Env. Int.*, 37(6), 2011, 1143–1156.
49. Hester R.E., Harrison R.M. (Eds.), *Nanotechnology: Consequences for human health and the environment (Vol. 24)*. Royal Society of Chemistry, 2007.
50. Nowack B., Bucheli T.D. Occurrence, behavior and effects of nanoparticles in the environment, *Env. Pollut.*, 150(1), 2007, 5–22.
51. Upadhyayula V.K., Meyer D.E., Curran M.A., Gonzalez M.A. Life cycle assessment as a tool to enhance the environmental performance of carbon nanotube products: a review, *J. Clean Prod.*, 26, 2012, 37–47.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Фаликман Вячеслав Рувимович, доктор материаловедения, руководитель Центра научно-технического сопровождения сложных объектов строительства Научно-исследовательского института бетона и железобетона им. А. А. Гвоздева (НИИЖБ), глава российской Национальной делегации в ФИБ, Почетный пожизненный член ФИБ, региональный представитель RILEM в Восточной Европе и Центральной Азии, национальный делегат RILEM, Почетный член RILEM, член Американского института бетона. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6232-9862>; e-mail: vfalikman@yandex.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 22.01.2021.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 05.02.2021.

Статья принята к публикации: 07.02.2021.



Methodological tools for university transfer of high-demand nanotechnologies to the regional building industry

U.Sh. Shayakhmetov¹, A.A. Larkina², R.M. Khalikov^{*3} , D.A. Sinitsin³ , I.V. Nedoseko³ 

¹ Bashkir State University, Ufa, Russia

² Moscow State University of Technologies and Management, Moscow, Russia

³ Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

* **Corresponding author:** e-mail: rauf_khalikov@mail.ru

ABSTRACT: Introduction. The development of methodological monitoring tools to implement building nanomaterials into production is an integral element of designing a mechanism for effective management of the development of business structures. University entrepreneurship and research and educational centers in the ecosystem trend are considered as central actors in the process of creating tools for university transfer of nanobinders for construction purposes. **Methods and materials.** The process of forming digital competencies among students and teachers in the process of commercialization of scientific developments of a construction university (institute, faculty, department) should be considered as the result of fractal interactions. The development of the innovative ecosystem of the university is achieved by the effective implementation of the process of transferring the results of intellectual activity for the creation of gypsum and ceramic nanocomposites, which are in demand by the regional construction industry. **Results.** The intellectual and technological potential of universities that train bachelor's and master's students for the construction industry determines the prospects for the successful development of the industry in an innovative society. Accelerated promotion of investment developments, requested nanotechnologies of universities, provides universities with additional extra-budgetary funding. On the example of the development of technology for producing small-piece wall and partition products based on nanostructured gypsum binders, they were tested in experimental industrial conditions. **Discussion.** Effective methodological tools for the transfer of nanotechnological university engineering to the construction industry are: the creation of basic departments at enterprises and the successful functioning of research and educational centers, the participation of employers in educational and industrial practice, etc. From the point of view of laborious commercialization and transfer of scientific developments, the effective way from the idea to the widespread introduction of high-tech products is the real application of the intellectual potential of the teaching staff of the university, institute, departments. **Conclusions.** The engineering of methodological tools for reliable monitoring of the attractiveness of the regional business ecosystem for the generation and development of transfer processes of popular nanomaterials is an integral element of designing a mechanism for effective management of business structures in construction. Due to the formation of the innovative ecosystem of the university, an effective implementation of the process of commercialization of the results of intellectual activity in the field of nanotechnology, which are in demand by the construction industry of the region, is achieved.

KEYWORDS: commercialization of nanotechnologies, transfer of intellectual activity, nanostructured gypsum products, ceramic nanocomposites.

FOR CITATION: Shayakhmetov U.Sh., Larkina A.A., Khalikov R.M., Sinitsin D.A., Nedoseko I.V. Methodological tools for university transfer of high-demand nanotechnologies to the regional building industry. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(1): 12–17. Available from: doi:10.15828/2075-8545-2021-13-1-12-17.

INTRODUCTION

The use of the cutting-edge achievements of breakthrough nanotechnological projects gives a strategic advantage to the state and private business in case if innovations are applied in the construction industry.

In the current complicated conditions and instability of interstate agreements, the use of the latest elaborations of scientists and engineers, as well as the introduction of inventions, is an important success factor, contributes to the effective solution of the problems of import substitution and increasing labor productivity in construc-

tion [1]. At the same time, a significant part of the results of research activities of construction universities, as well as required nanotechnology projects, remain unimplemented in practice and do not generate income due to the weak development of organizational and economic transfer mechanisms. In this regard, the search for innovative solutions to increase the efficiency of commercialization of nanotechnology innovations, taking into account the needs of the state and business in the regional construction industry, is still of great importance.

This article is aimed at testing the ecosystem approach in the transfer and commercialization of scientific projects in demand by the building industry of nanotechnology.

MATERIALS AND METHODS

The current challenges the Russian Federation is facing have worsened in the context of the coronavirus pandemic. That is why intensive search for trends in the full-scale modernization of the regional and all-Russian building industry is so urgent and burning. Our state can preserve the “ecological niche” in the accelerated construction of the XXI century only by commercialization and expansion of the entrepreneurial sector of university science: the correlation between the effectiveness of research and development work and the gross domestic product is quite high $r = 0.99$ [2]. Only an integrated approach to each stage of the transfer: from creating new business ideas and evaluating commercial potential [3] to forecasting the scientific and technical development of industries and implementing the development of technological strategies of construction companies leads to success.

The formation of the infrastructure to support the innovation activities of Russian universities is carried out within a number of organizational forms: science and technology parks, technology commercialization centers, small innovative enterprises, research and educational centers of universities, institutes, etc. Today the formation of a productive transfer, which is a tool for overcoming continuous crisis situations, meets various barriers; at the same time, the strategy of technological breakthrough provides a dynamic start for competitive sectors of the Russian economy. Effective solution of such an urgent task is impossible without the involvement of academic high-tech science, because it is practical transfers that act as points of growth of the construction industry.

The calculated indicator of the specific volume of business entities among small and medium-sized businesses in 2010–2015 indicates that only about 70% are engaged in real activities [4]. This means that in

the business environment of the Russian Federation there are diverse and multidirectional factors that restrain the increase in business activity in the construction industry. Many potentially developments will not be identified unless sustainable competitive advantages and opportunities for their transfer in the construction industry are provided.

The key issue of modern nanotechnology in the construction industry is the effective transfer of high-demand development from one market participant to another on a commercial and non-commercial basis. The trend approach, based on the entrepreneurial ecosystem of the construction industry, differs from the cluster approach in that the main subject is an entrepreneur who is able to coordinate efforts and resources, and not a construction company (firm). It should be noted that in the ecosystem trend, entrepreneurship is considered not only as a part of the construction industry, but also as a central actor in the successful functioning of construction organizations and in supporting the transfer of nanotechnological projects.

Within the framework of the system approach [5], the dominant influence is acquired by the environment, where economically active construction companies interact with each other and with the economic sphere. To design effective management systems for the transfer of the results of intellectual activity of universities and the formation of active entrepreneurship at the regional level, it is necessary to take into account fractal interactions in the building industry [6].

RESULTS

The ecosystem approach focuses on the geographical logistics of interconnected construction companies, service providers and related companies, which, while competing with each other, also interact in the format of cooperation and transfer of research activities of construction universities [7]. In the modern conditions

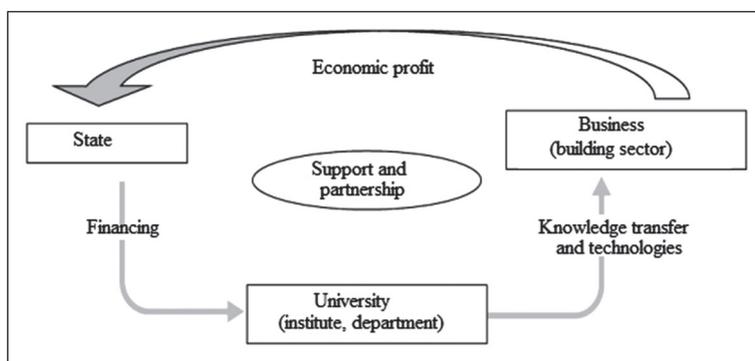


Fig. 1. Interactive and fractal interaction of the state, business and universities in the framework of commercialization of claimed technologies in the building industry

of transformation of post-industrial society, methodological tools for commercialization and transfer of university nanotechnologies to the construction industry are being formed (Fig. 1).

The development of methodological tools for monitoring the attractiveness of the regional business ecosystem for generating development is an integral element of designing a mechanism for effective management of business development in the building industry. In this context, it is important to assess the state of the ecosystem in terms of its attractiveness for the reproduction (birth) of new high-tech enterprises in the building industry [8]. The interpretation of the ecosystem of university science and entrepreneurship as an ensemble of social and economic structures in the region that support the growth of innovative start-ups contributes to the emergence of new business structures with a sufficiently high level of risk.

From the point of view of intensive commercialization and transfer of scientific developments, the effective way is the real application of the intellectual potential of the university, construction institute (faculty), departments; competence and experience to attract additional funding, as well as strengthening the functioning of universities as drivers of technological development of the state. For example, the university transfer of high-demand nanotechnologies with the participation of professors of the Ufa State Petroleum Technical University (USNTU) made it possible to implement (Fig. 2) on the basis of nanostructured gypsum binders with a size of $\approx 2\text{ nm}–100\text{ nm}$ [9] technologies for producing small-piece wall and partition products, which were tested in experimental industrial conditions [10–12].

Higher professional education should provide training of qualified and mobile specialists for the building industry, ready to independently and effectively solve emerging problems [13]. We have identified the effective conditions for the development of professional competencies of bachelors and undergraduates during their studies at the university: the fractal approach allows lecturers and students to look at trivial things outside the box, to adapt to creative thinking. An important role is played by the commercial component of cooperation between **education** ↔ **science** ↔ **technology** [14] with the strengthening of integration processes within the framework of **scientific and educational centers**, implemented in the Architectural and Building Institute of USPTU.

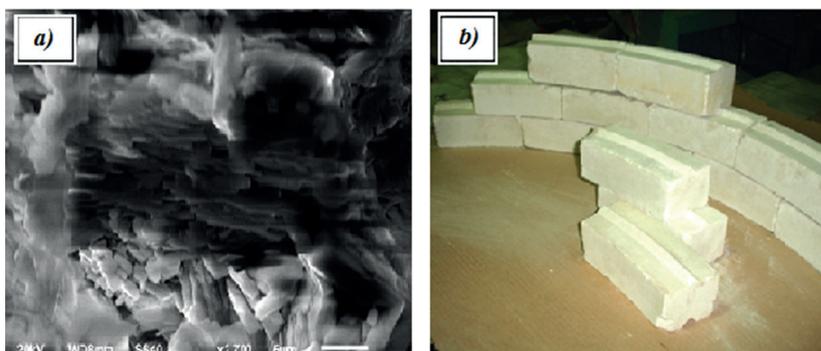
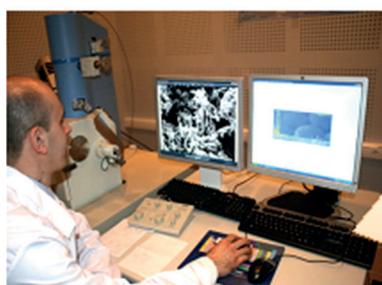


Fig. 2. a – Technological production based on nanostructured gypsum binders; b – pressed partition products

In the innovation center (“Laboratory of Nanotechnologies of Cement Systems named after Professors A.F. Polak and N.H. Karimov”) of the Architectural and Construction Institute of USNTU, leading specialists of the department, as well as bachelors, undergraduates, postgraduates, doctoral students in the field of development of building materials, research of their nanostructure and technological properties are conducting highly-demanded researches. The scanning electron microscope JEOL JSM-6610LV is actively used for microanalysis of nanomaterials at the Department “Building Structures” of USNTU (Fig. 3); to perform X-ray diffraction and phase analysis – X-ray diffractometer D2 PHASER.

DISCUSSION

Each region, including the Republic of Bashkortostan, has its own unique structure of the regional ecosystem of construction entrepreneurship, and its effectiveness in terms of generating development is determined by the quality of interactive interaction of elements (entrepreneurs) of the ecosystem between themselves and universities. One of the mechanisms for the successful implementation and transfer of nanotechnology projects of a construction university (institute, faculty, depart-



Microanalysis of nanocomposites allows:

- ✓ study the morphology of the sample surface;
- ✓ measure the size, shape, elemental composition of samples and other parameters of nanoobjects in the size range from a few centimeters to nanometers with magnifications up to 100000 times and more;
- ✓ to study the orientation of microcrystals, the distribution of chemical elements over the area of the building nanomaterial.

Fig. 3. Scanning electron microscope JEOL JSM-6610LV with the energy dispersive spectrometer Oxford Inca Energy

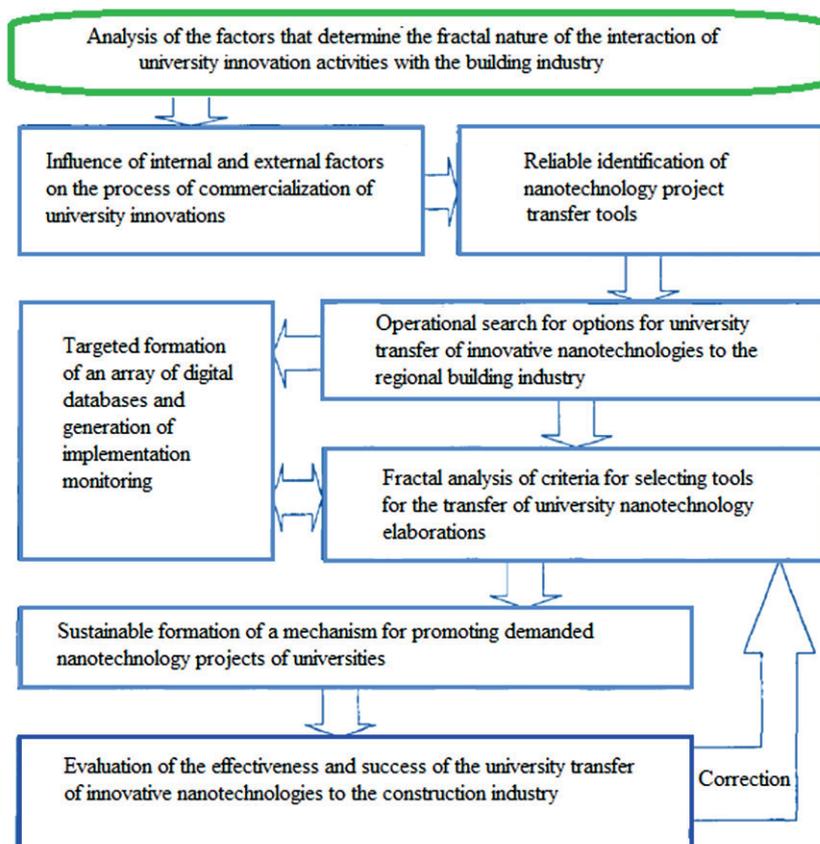


Fig. 4. Dynamics of various factors affecting the speed of introduction of nanotechnological elaborations of universities in the building industry

ment) is the focus on “regional linking” and the creation of research-educational centers.

The effective process of transfer and commercialization of popular nanotechnologies in modern universities cannot be considered in isolation from their main educational activity. Educational activities in terms of content have a synthetic character: it is based on cognitive activity; students of the Architectural and Construction Institute of USPTU in the scientific and educational center form practical competencies. The implementation of innovative activities through the organization and development of the transfer of popular technologies to the real construction industry is an urgent task of domestic universities based on the results of pilot tests and industrial scaling. Nanomaterials (nanosilicon, carbon nanotubes diameter from 1 nm to 50 nm, ceramic nanocomposites, etc.) and microfillers were proved to be suitable components for reducing corrosion damage and increasing the durability of building composites [15–18].

Quite effective methodological tools for the university transfer of nanotechnological elaborations to the regional construction industry are: the creation of basic departments in enterprises, the participation of employers in educational and industrial practice, the development of the university’s innovation ecosystem, etc. A thorough analysis of the impact of various factors on the speed of implementation and transfer of university innovations (Fig. 4) in the building complex based on the fractal concept shows the dynamic nature of commercialization algorithms.

The quality of innovative activities of universities in the form of commercialization and transfer mechanisms should not only be demanded and controlled, but also motivated. One of the final stages of a successful transfer of intellectual activity is the formation of internal protective mechanisms against unfair competition. Interdisciplinary integration with the features of large-scale introduction of nanotechnology products for construction purposes [19–23] promotes the transfer of the future technological and other activities in

the educational process and the formation of professional competencies of bachelors and masters of Architecture and Building Institute of Ufa State Petroleum Technological University.

CONCLUSION

Thus, the advance of methodological tools for monitoring the attractiveness of the regional business ecosystem for generation and development of transfer processes of modern nanomaterials is an integral element of designing mechanism for effective management of the development of business structures in building. Development of the innovation ecosystem in the university (construction institute, faculty, department) is the way to effective commercialization of intellectual activity in the field of nanotechnology, demanded by regional building industry: i.e., the process of transfer of knowledge and technology resulted in certain products and services.

REFERENCES

1. Ivanov L.A., Kapustin I.A., Borisova O.N. et al. Nanotechnologies: a review of inventions and utility models. Part II. *Nanotechnologies in Construction*. 2020;12(2):71–76. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2020-12-2-71-76](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-2-71-76).
2. Pushkarenko A.B. Commercialization of scientific and technical developments as a constituent element of innovative activity of scientific and educational institutions. *News of the Tomsk Polytechnic University*. 2004;3:137–141.
3. Antonets V.L., Nechaeva N.V., Khomkin K.A. et al. *Innovative business: formation of models of commercialization of promising developments*. Moscow: Delo Publishing House; 2009.
4. Morgunov E.V., Zhavoronkov I.V. Development of the high-tech sector of the Russian economy. *Bulletin of the University (SUM)*. 2012;7:116–126.
5. Solodilova N.Z., Malikov R.I., Grishin, K.E. Methodological tools to measure the state of regional entrepreneurial ecosystem. *Economy of Region*. 2018;14(4):1256–1269.
6. Ugnich E.A., Izotov M.A., Voloshchenko I.I. Commercialization of the results of intellectual activity in universities: the concept of an innovative ecosystem. *Internet-journal "Science of science"*. 2015;7(4):48.
7. Acs Z., Audretsch D., Lehmann E. et al. National systems of entrepreneurship. *Small Business Economics*. 2016;16(4):527–535.
8. Doroshenko S., Shelomentsev A. Entrepreneurial ecosystem in modern socio-economic research. *Journal of Economic Theory*. 2017;4:212–221.
9. Khalikov R.M., Sinitsina E.A., Silantyeva E.I. et al. Modifying intensification of the hardening of extruded construction gypsum nanocomposites. *Nanotechnologies in Construction*. 2019;11(5):549–560. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2019-11-5-549-560](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2019-11-5-549-560).
10. Mirsaev R.N., Babkov V.V., Yunusova S.S. et al. *Phosphogypsum waste of the chemical industry in the production of wall products*. Moscow: Chemistry; 2004.
11. Shayakhmetov U.Sh., Mustafin A.G., Nedoseko I.V. et al. *Raw mixture for the production of gypsum binder and products based on it*. Patent RU 2413688. 2011-03-10
12. Gaitova A.R., Akhmadullina I.I., Pechenkina T.V. et al. Nanostructural aspects of hydration and hardening of gypsum and gypsum-slag compositions based on two-water gypsum. *Construction Materials*. 2014;1–2:46–51.
13. *Innovation Project Management*. I.L. Tukell (ed.). St. Petersburg: BHV; 2011.
14. Smirnova L.N., Rucińska T., Zvezdov A.I. Achievements of nanoindustry: projects, applications, economic effect and social significance. *Nanotechnologies in Construction*. 2020;12(1):41–45. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-41-45](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-1-41-45).
15. Sinitsin D.A., Khalikov R.M., Bulatov B.G. et al. Technological approaches to directed structure formation of construction nanocomposites with increased corrosion resistance. *Nanotechnologies in Construction*. 2019;11(2):153–164. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2019-11-2-153-164](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2019-11-2-153-164). (In Russian).
16. Sinitsina E.A., Nedoseko I.V., Khalikov R.M. et al. Application of filtration pressing technology in the production of roofing products. *Construction materials*. 2020;1–2:66–72. Available from: [doi: 10.31659/0585-430X-2020-778-1-2-66-72](https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-778-1-2-66-72).
17. Gusev B.V., Kudryavtseva V.D., Potapova V.A. Concretes with nanoadditive of fired recycled concrete. *Nanotechnologies in Construction*. 2020;12(5):245–249. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2020-12-5-245-249](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-5-245-249).
18. Diab A.M., Elyamany H.E., Abd Elmoaty M. et al. Effect of nanomaterials additives on performance of concrete resistance against magnesium sulfate and acids. *Construction and Building Materials*. 2019; 210: 210–231. Available from: [doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.03.099](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.099).
19. Shayakhmetov U.Sh., Fakhretdinov I.A., Khalikov R.M. et al. The process of formation of professional competencies of bachelor-material scientists in the field of heat-resistant nanostructured composites. *Bulletin of the Bashkir University*. 2014;19(1):248–252.
20. Pashkevich A.V. Fundamentals of designing competence-oriented tasks as an effective way of evaluating metasubject results. *Innovations in education*. 2015;11:50–67.
21. Bakunov V.S., Khalikov R.M., Shayakhmetov U.Sh. et al. Hardening of an alumophosphate composition during heating. *Refractories and technical ceramics*. 2016;3:24–27.
22. Pisarenko Zh.V., Ivanov L.A., Wang Q. Nanotechnology in Construction: State of the Art and Future Trends. *Nanotechnologies in Construction*. 2020;12(4):223–231. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2020-12-4-223-231](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-4-223-231).
23. Chernishov E.M., Artamonova O.V., Slavcheva G.S. Nanomodification of cement-based composites in the technological life cycle. *Nanotechnologies in Construction*. 2020;12(3):130–139. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2020-12-3-130-139](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-3-130-139).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ulfat Sh. Shayakhmetov, Dr. Sci. (Eng.), Department «Engineering physics and physics of materials», Bashkir State University; Ufa, Russia, e-mail: rusairu@ufanet.ru

Alfiya A. Larkina, Senior Lecturer of the Department «Machines and Apparatuses of Food Production», Moscow State University of Technology and Management; Moscow, Russia, e-mail: alfiyaais@mail.ru

Rauf M. Khalikov, Cand. Sci. (Chem.), Associate Professor of the Department «Building Constructions», Ufa State Petroleum Technological University; Ufa, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7584-5516>, e-mail: rauf_khalikov@mail.ru

Dmitry A. Sinitsin, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department «Building Constructions», Ufa State Petroleum Technological University; Ufa, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3780-2800>, e-mail: d4013438@yandex.ru

Igor V. Nedoseko, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Department «Building Constructions», Ufa State Petroleum Technological University; Ufa, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6360-6112>, e-mail: nedoseko1964@mail.ru

Authors declare the absence of any competing interests.

Received: 12.01.2021.

Revised: 05.02.2021.

Accepted: 08.02.2021.



Методологические инструментарины университетского трансфера востребованных нанотехнологий в региональную стройиндустрию

У.Ш. Шаяхметов¹, А.А. Ларькина², Р.М. Халиков³ , Д.А. Синицин³ , И.В. Недосеко³ 

¹ Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

² Московский государственный университет технологий и управления, г. Москва, Россия

³ Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия

*Контакты: e-mail: rauf_khalikov@mail.ru

РЕЗЮМЕ: Введение. Разработка методических инструментаринов мониторинга для генерации внедрения строительных наноматериалов в производство является составным элементом проектирования механизма эффективного управления развитием бизнес-структур. Университетское предпринимательство и научно-образовательные центры в экосистемном тренде рассматриваются в качестве центральных акторов в процессе создания инструментов вузовского трансфера нановяжущих строительного назначения. **Методы и материалы.** Процесс формирования цифровых компетенций у студентов и преподавателей в процессе коммерциализации научных разработок строительного вуза (института, факультета, кафедры) целесообразно рассматривать как результат фрактальных взаимодействий. Развитие инновационной экосистемы университета достигается эффективной реализацией процесса трансфера результатов интеллектуальной деятельности по созданию гипсовых и керамических нанокompозитов, востребованных региональной стройиндустрией. **Результаты.** Интеллектуально-технологический потенциал университетов, готовящих бакалавров и магистрантов для стройиндустрии, определяют в инновационном обществе перспективы успешного развития отрасли. Ускоренное продвижение инвестиционных разработок, востребованных нанотехнологий университетов обеспечивает вузы дополнительным внебюджетным финансированием. На примере разработки технологии получения мелкоштучных стеновых и перегородочных изделий на базе наноструктурированных гипсовых вяжущих были апробированы в опытно-промышленных условиях. **Обсуждение.** Эффективными методологическими инструментарины трансфера нанотехнологических вузовских разработок в стройиндустрию являются: создание базовых кафедр на предприятиях и успешное функционирование научно-образовательных центров, участие работодателей в учебно-производственной практике и др. С точки зрения трудоемкой коммерциализации и трансфера научных разработок эффективным путем от идеи до широкого внедрения наукоемкой продукции служит реальное приложение интеллектуального потенциала профессорско-преподавательского состава вуза, института, кафедр. **Заключение.** Разработка методологического инструментарины надежного мониторинга привлекательности региональной предпринимательской экосистемы для генерации и развития процессов трансфера востребованных наноматериалов является составным элементом проектирования механизма эффективного управления бизнес-структурами в строительстве. Благодаря формированию инновационной экосистемы университета достигается эффективная реализация процесса коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности в сфере нанотехнологий, которые востребованы строительной отраслью региона.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: коммерциализация нанотехнологий, трансфер интеллектуальной деятельности, наноструктурированные гипсовые изделия, керамические нанокompозиты.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Шаяхметов У.Ш., Ларькина А.А., Халиков Р.М., Синицин Д.А., Недосеко И.В. Методологические инструментарины университетского трансфера востребованных нанотехнологий в региональную стройиндустрию // Нанотехнологии в строительстве. – 2021. – Том 13, № 1. – С. 12–17. – DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-1-12-17.

ВВЕДЕНИЕ

Использование авангардных достижений прорывных нанотехнологических проектов дает стра-

тегическое преимущество государству и частному бизнесу при внедрении новаций в стройиндустрию. В нынешних обострившихся условиях и неустойчивости межгосударственных договоренностей при-

менение новейших разработок ученых и инженеров, а также внедрение изобретений является важным фактором успеха, способствует эффективному решению проблем импортозамещения и повышения производительности труда в строительстве [1]. Вместе с тем существенная часть результатов научно-исследовательской деятельности строительных вузов, а также востребованные нанотехнологические проекты остаются невнедренными в практику и не приносят доходы вследствие слабой разработанности организационных и экономических механизмов трансфера. В этой связи актуальным остается поиск инновационных решений повышения эффективности коммерциализации нанотехнологических инноваций с учетом запросов государства и предпринимательства в региональной стройиндустрии.

Данная статья нацелена на апробирование экосистемного подхода трансфера и коммерциализации научных проектов, востребованных стройиндустрией нанотехнологий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Современные вызовы, которые стоят перед Российской Федерацией, обострились в условиях коронавирусной пандемии, делают злободневными и животрепещущими ускоренный поиск трендов полноформатной модернизации региональной и общероссийской строительной отрасли. Наше государство может сохранить «экологическую нишу» в ускоренном строительстве XXI столетия лишь только коммерциализацией и расширением предпринимательского сектора вузовской науки: корреляция между результативностью научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ и валовым внутренним продуктом достаточно высока $r = 0,99$ [2]. Только интегральный подход к каждому этапу трансфера: от создания идей нового бизнеса и оценки коммерческого потенциала [3] до прогнозирования научно-технического развития отраслей и внедрения разработок технологических стратегий строительных компаний - приводят к успеху.

Формирование инфраструктуры поддержки инновационной деятельности вузов России осуществляется в рамках ряда организационных форм: научно-технологические парки, центры коммерциализации технологий, малые инновационные предприятия, научно-образовательные центры университетов, институтов и др. В реалиях современности формирование результативного трансфера — одного из инструментов преодоления непрерывных кризисных ситуаций — встречает разнообразные барьеры; в то же время стратегия технологического прорыва обеспечивает динамичный старт конкурентоспособных секторов экономики РФ. Результативное

решение такой актуальной задачи невыполнимо без вовлечения университетской высокотехнологичной науки, т.к. именно практичные трансферы выступают в качестве точек роста стройиндустрии.

Расчетный показатель удельного объема хозяйствующих субъектов предпринимательства среди предприятий малого и среднего бизнеса в 2010–2015 годах указывает, что только $\approx 70\%$ ведут реальную деятельность [4]. Это значит, что в деловой среде РФ имеются многообразные и разнонаправленные факторы, которые сдерживают увеличение активности бизнеса в стройиндустрии. Многие потенциально прорывные разработки не выявляются до тех пор, пока не будут обеспечены устойчивые конкурентные преимущества и возможности их трансфера в строительной отрасли.

Узловым вопросом современных нанотехнологий в стройиндустрии становится эффективная передача (трансфер) востребованных разработок от одних участников рынка другим на коммерческой и некоммерческой базе. Трендовый подход, основанный на предпринимательской экосистеме стройиндустрии, отличается от кластерного подхода тем, что главным субъектом выступает предприниматель, способный координировать усилия и ресурсы, а не строительная компания (фирма). Следует отметить, что в экосистемном тренде предпринимательство рассматривается не только как часть стройиндустрии, но и в качестве центрального актора успешного функционирования строительных организаций и в поддержке трансфера нанотехнологических проектов.

В рамках системного подхода [5] доминирующее влияние приобретает окружение, где происходит интерактивное взаимодействие экономически активных строительных компаний между собой и экономической сферой. Для конструирования эффективных систем управления трансфера результатов интеллектуальной деятельности вузов и формирования активного предпринимательства на региональном уровне необходимо учитывать фрактальные взаимодействия в стройиндустрии [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Экосистемный подход фокусируется на географической логистике взаимосвязанных стройфирм, поставщиков услуг и компаний-смежников, которые, соперничая между собой, при этом также взаимодействуют в формате сотрудничества и трансфера научно-исследовательской деятельности строительных вузов [7]. В современных условиях трансформации постиндустриального общества формируются методологические инструменты коммерциализации и трансфера университетских нанотехнологий в стройиндустрию (рис. 1).

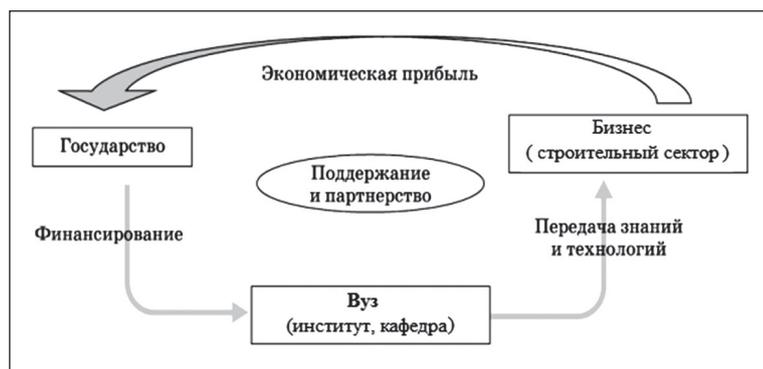


Рис. 1. Интерактивное и фрактальное взаимодействие государства, бизнеса и вузов в рамках коммерциализации востребованных технологий в стройиндустрии

Разработка методических инструментариев мониторинга привлекательности региональной предпринимательской экосистемы для генерации развития является составным элементом проектирования механизма эффективного управления развитием бизнеса в стройиндустрии. В таком контексте важно оценить состояние экосистемы с точки зрения ее привлекательности для воспроизводства (рождения) новых высокотехнологичных предприятий в строительной отрасли [8]. Интерпретация экосистемы вузовской науки и предпринимательства в качестве ансамбля социальных, экономических структур в регионе, которые поддерживают рост инновационных стартапов, способствует зарождению новых бизнес-структур с достаточно высоким уровнем риска.

С точки зрения трудоемкой коммерциализации и трансфера научных разработок эффективным путем служит реальное приложение интеллектуального потенциала профессорско-преподавательского состава вуза, строительного института (факультета), кафедр; компетентность и опыт для привлечения дополнительного финансирования, а также усиление функционирования университетов в качестве драйверов технологического развития государства. Например, вузовский трансфер востребованных нанотехнологий с участием преподавателей Уфимского государственного нефтяного технического университета (УГНТУ) позволил реализовать (рис. 2) на базе

наноструктурированных гипсовых вяжущих размером $\approx 2 \text{ нм} - 100 \text{ нм}$ [9] технологии получения мелкоштучных стеновых и перегородочных изделий, которые были апробированы в опытно-промышленных условиях [10–12].

Высшее профессиональное образование должно обеспечить подготовку квалифицированных и мобильных специалистов для строительной отрасли, готовых самостоятельно и эффективно решать возникающие проблемы [13]. Нами обозначены результативные условия развития профессиональных компетенций бакалавров и магистрантов в период обучения в вузе: фрактальный подход дает возможность преподавателю и студентам нестандартно посмотреть на тривиальные вещи, перестроиться на креативное мышление. Немаловажную роль при этом играет коммерческая составляющая сотрудничества образование↔наука↔технологии [14] с усилением интеграционных процессов в рамках научно-образовательных центров, реализованная в архитектурно-строительном институте УГНТУ.

лю и студентам нестандартно посмотреть на тривиальные вещи, перестроиться на креативное мышление. Немаловажную роль при этом играет коммерческая составляющая сотрудничества образование↔наука↔технологии [14] с усилением интеграционных процессов в рамках научно-образовательных центров, реализованная в архитектурно-строительном институте УГНТУ.

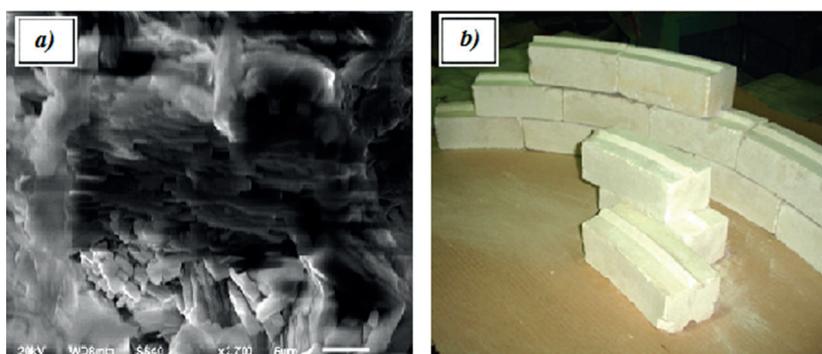


Рис. 2. Технологичное производство на основе: а) наноструктурированных гипсовых вяжущих; б) прессованных перегородочных изделий



- Микроанализ нанокомпозитов позволяет:**
- ✓ изучать морфологию поверхности образца;
 - ✓ проводить измерения размеров, формы, элементный состав образцов и других параметров нанообъектов в диапазоне размеров от нескольких сантиметров до нанометров с увеличениями до 100000 крат. и более;
 - ✓ изучать ориентацию микрокристаллов, распределение химических элементов по площади строительного наноматериала.

Рис. 3. Растровый электронный микроскоп JEOL JSM-6610LV с энергодисперсионным спектрометром Oxford Inca Energy



Рис. 4. Динамичность многообразных факторов, влияющих на скорость внедрения нанотехнологических разработок вузов в строительную отрасль

В Инновационном центре («Лаборатория нанотехнологий цементных систем имени профессоров А.Ф. Полака и Н.Х. Каримова») архитектурно-строительного института УГНТУ проводят востребованные исследования ведущие специалисты кафедр, а также бакалавры, магистранты, аспиранты, докторанты по направлению разработки строительных материалов, исследование их наноструктуры и технологических свойств. Для проведения микроанализа наноматериалов на кафедре «Строительные конструкции» УГНТУ активно используется растровый электронный микроскоп JEOL JSM-6610LV (рис. 3); для выполнения рентгеноструктурного и фазового анализа – рентгеновский дифрактометр D2 PHASER.

ОБСУЖДЕНИЕ

Каждый регион, в том числе и Республика Башкортостан, имеет свою уникальную архитектуру региональной экосистемы строительного предпринимательства, а ее эффективность с точки зрения генерации развития определяется качеством инте-

рактивного взаимодействия элементов (предпринимателей) экосистемы между собой и университетами. Одним из механизмов успешного внедрения и трансфера нанотехнологических проектов строительного ВУЗа (института, факультета, кафедры) является ориентация на «региональную привязку» и создание научно-образовательных центров.

Эффективный процесс трансфера и коммерциализации востребованных нанотехнологий в современных вузах не может рассматриваться в отрыве от их главной – образовательной деятельности. Учебная деятельность по содержанию имеет синтетический характер: ее основу составляет познавательная деятельность; студенты архитектурно-строительного института УГНТУ в научно-образовательном центре формируют практические компетенции. Осуществление инновационной деятельности посред-

ством организации и развития трансфера востребованных технологий в реальную стройиндустрию является актуальной задачей отечественных университетов по результатам опытно-промышленных испытаний и промышленного масштабирования. Наноматериалы (нанокремнезем, углеродные нанотрубки диаметром от 1 нм до 50 нм, керамические нанокompозиты и т.п.) и микронаполнители оказались подходящими компонентами для уменьшения коррозионных повреждений и повышения долговечности строительных композитов [15–18].

Достаточно эффективными методологическими инструментами вузовского трансфера нанотехнологических разработок в региональную стройиндустрию являются: создание базовых кафедр на предприятиях, участие работодателей в учебно-производственной практике, развитие инновационной экосистемы университета и др. Тщательный анализ воздействия разнообразных факторов на скорость внедрения и трансфера университетских инноваций (рис. 4) в строительный комплекс на базе фрактальной концепции показывает динамичный характер алгоритмов коммерциализации.

Качество инновационной деятельности вузов в виде механизмов коммерциализации и трансфера необходимо не только требовать и контролировать, но и мотивировать. Одним из завершающих этапов успешного трансфера интеллектуальной деятельности является формирование внутренних защитных механизмов от недобросовестной конкуренции. Междисциплинарная интеграция с учетом особенностей широкомасштабного внедрения нанотехнологических разработок строительного назначения [19–23] способствует «переносу» будущей производственно-технологической и других видов деятельности в образовательный процесс и формирования профессиональных компетенций бакалавров и магистрантов архитектурно-строительного института Уфимского государственного нефтяного технического университета.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ВЫВОДЫ)

Таким образом, разработка методологического инструментария мониторинга привлекательности региональной предпринимательской экосистемы для генерации и развития процессов трансфера современных наноматериалов является составным элементом проектирования механизма эффективного управления развитием бизнес-структур в строительстве. Благодаря развитию инновационной экосистемы университета (строительного института, факультета, кафедры) достигается эффективная реализация процесса коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности в сфере нанотехнологий, востребованных региональной стройиндустрией: т.е. в процессе трансфера знания и технологии превращаются в конкретные продукты и услуги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов Л.А., Капустин И.А., Борисова О.Н. и др. Изобретения, основанные на использовании нанотехнологий, позволяют получить принципиально новые технические результаты. Часть II // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 2. – С. 71–76. – DOI: [10.15828/2075-8545-2020-12-2-71-76](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-2-71-76).
2. Пушкаренко А.Б. Коммерциализация научно-технических разработок как составляющий элемент инновационной деятельности научно-образовательных учреждений // Известия Томского политехн. унив. – 2004. – № 3. – С. 137–141.
3. Антонец В.Л., Нечаева Н.В., Хомкин К.А. и др. Инновационный бизнес: формирование моделей коммерциализации перспективных разработок. – М.: Дело, 2009. – 302 с.
4. Моргунов Е.В., Жаворонков И.В. Развитие высокотехнологического сектора российской экономики // Вестник университета (ГУУ). – 2012. – № 7. – С. 116–126.
5. Солодилова Н.З., Маликов Р.И., Гришин К.Е. Методический инструментарий оценки состояния региональной предпринимательской экосистемы // Экономика региона. – 2018. – Том 14, вып. 4. – С. 1256–1269.
6. Угнич Е.А., Изотов М.А., Волощенко И.И. Коммерциализация результатов интеллектуальной деятельности в университетах: концепция инновационной экосистемы // Интернет-журнал «Науковедение». – 2015. – Том 7, № 4. – С. 48.
7. Acs Z., Audretsch D., Lehmann E. et al. National systems of entrepreneurship // Small Business Economics. – 2016. – V.16, No. 4. – P. 527–535.
8. Дорошенко С., Шеломенцев А. Предпринимательская экосистема в современных социоэкономических исследованиях // Журнал экономической теории. – 2017. – № 4. – С. 212–221.
9. Халиков Р.М., Синицина Е.А., Силантьева Е.И. и др. Модифицирующее усиление твердения пресованных строительных гипсовых нанокompозитов // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 5. – С. 549–560. – DOI: [10.15828/2075-8545-2019-11-5-549-560](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2019-11-5-549-560).
10. Мирсаев Р.Н., Бабков В.В., Юнусова С.С. и др. Фосфогипсовые отходы химической промышленности в производстве стеновых изделий. – Москва: Химия, 2004. – 176 с.
11. Шаяхметов У.Ш., Мустафин А.Г., Недосеко И.В. и др. Сырьевая смесь для получения гипсового вяжущего и изделий на его основе // Патент RU 2413688. Оpubл. 10.03.2011.
12. Гайтова А.Р., Ахмадуллина И.И., Печенкина Т.В. и др. Наноструктурные аспекты гидратации и твердения гипсовых и гипсошлаковых композиций на основе двуводного гипса // Строительные материалы. – 2014. – № 1–2. – С. 46–51.
13. Управление инновационными проектами / Под ред. И.Л. Тукелля. – СПб.: БХВ, 2011. – 416 с.
14. Смирнова Л.Н., Ручинска Т., Звездов А.И. Достижения наноиндустрии: проекты, область применения, экономический эффект и общественная значимость // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 1. – С. 41–45. – DOI: [10.15828/2075-8545-2020-12-1-41-45](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-1-41-45).

15. Синицин Д.А., Халиков Р.М., Булатов Б.Г. и др. Технологичные подходы направленного структурообразования нанокompозитов строительного назначения с повышенной коррозионной устойчивостью // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 2. – С. 153–164. – DOI: [10.15828/2075-8545-2019-11-2-153-164](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2019-11-2-153-164).

16. Синицина Е.А., Недосеко И.В., Халиков Р.М. и др. Применение технологии фильтрационного пресования в производстве кровельных изделий // Строительные материалы. – 2020. – № 1–2. – С. 66–72. DOI: [10.31659/0585-430X-2020-778-1-2-66-72](https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-778-1-2-66-72).

17. Гусев Б.В., Кудрявцева В.Д., Потапова В.А. Бетоны с нанодобавкой из обожженного вторичного бетона // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 5. – С. 245–249. – DOI: [10.15828/2075-8545-2020-12-5-245-249](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-5-245-249).

18. Diab A.M., Elyamany H.E., Abd Elmoaty M. et al. Effect of nanomaterials additives on performance of concrete resistance against magnesium sulfate and acids // Construction and Building Materials. – 2019. – V. 210. – P.210–231. DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2019.03.099](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.099).

19. Шаяхметов У.Ш., Фахретдинов И.А., Халиков Р.М. и др. Процесс формирования профессиональных компетенций у бакалавров-материаловедов в области термостойких наноструктурированных композитов // Вестник Башкирского университета. – 2014. – Том 19, № 1. – С. 248–252.

20. Пашкевич А.В. Основы проектирования компетентностно-ориентированных заданий как эффективный способ оценивания метапредметных результатов // Инновации в образовании. – 2015. – № 11. – С. 50–67.

21. Бакунов В.С., Халиков Р.М., Шаяхметов У.Ш. и др. Твердение алюмофосфатной композиции при нагреве // Огнеупоры и техническая керамика. – 2016. – № 3. – С. 24–27.

22. Писаренко Ж.В., Иванов Л.А., Ванг Ц. Нанотехнологии в строительстве: современное состояние и тенденции развития // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 4. – С. 223–231. – DOI: [10.15828/2075-8545-2020-12-4-223-231](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-4-223-231).

23. Чернышов Е.М., Артамонова О.В., Славчева Г.С. Наномодифицирование цементных композитов на технологической стадии жизненного цикла // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 3. – С. 130–139. – DOI: [10.15828/2075-8545-2020-12-3-130-139](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-3-130-139).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шаяхметов Ульфат Шайхизаманович, доктор технических наук, зав. кафедры «Инженерная физика и физика материалов», ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»; г. Уфа, Россия, e-mail: rusairu@ufanet.ru

Ларькина Альфия Алпыспаевна, ст. преп. кафедры «Машины и аппараты пищевых производств», ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления»; г. Москва, Россия, e-mail: alfiaais@mail.ru

Халиков Рауф Музагитович, кандидат химических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции», архитектурно-строительный институт, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; г. Уфа, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7584-5516>; e-mail: rauf_khalikov@mail.ru

Синицин Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; г. Уфа, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3780-2800>; e-mail: d4013438@yandex.ru

Недосеко Игорь Вадимович, доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные конструкции», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; г. Уфа, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6360-6112>; e-mail: nedoseko1964@mail.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 12.01.2021.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 05.02.2021.

Статья принята к публикации: 08.02.2021.



WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IS ONE OF THE LEADING CHINESE UNIVERSITIES

About Wuhan University of Technology

Wuhan University of Technology (hereafter referred to as WUT) was merged on May 27th 2000, from the former Wuhan University of Technology (established in 1948), Wuhan Transportation University (established in 1946) and Wuhan Automotive Polytechnic University (established in 1958). WUT is one of the leading Chinese universities under the direct administration of the Ministry of Education and one of the universities in the country's construction plan of world-class universities and first-class disciplines. WUT is also jointly constructed by the Ministry of Education, the Ministry of Transport, the State Oceanic Administration and the State Administration of Science, Technology and Industry for National Defense. In the past 70 years, WUT has fostered over 500,000 engineers and technicians, maintaining itself the largest scale university under the direct administration of the Ministry of Education for nurturing talents oriented in the three industrial sectors: building materials industry, transportation industry and automobile industry and retaining itself an important base of nurturing high-level talents for the three indus-

trial sectors as well as providing significant scientific and technological achievements.

With the practice of long-term student's education, WUT has formed educational ideology system with distinctive characteristics: focusing on the lofty ideal of building an excellent university to win a worldwide recognition and admiration, the University has forged the spirit of «Sound in Morality, Broad in Learning and Pursuing Excellence», promoted the guiding principle of «take the students cultivation as our essence, and take academic development as our priority», and exercised the educational concept of «implementing excellent education, nurturing excellent talents and creating an excellent life». WUT is committed to building an excellent university that provides an excellent education to lead our students to a fulfilled life with excellent pursuit and excellent capability.

The University has three main campuses, namely, the Mafangshan Campus, the Yujiatou Campus and the South Lake Campus, with a total occupying land area of 267 hectares. Currently, WUT has 5,508 staff members, including 3,282 full-time academic staff members, 1 academician of China Academy of Science, 3 aca-



demicians of China Academy of Engineering, 1 foreign member of the Russian Academy of Engineering, 1 member of European Academy of Sciences, 1 fellow of Australian Academy of Technological Sciences and Engineering and 1 member of World Academy of Ceramics. Besides, the University has held public global recruitment of 30 world-renowned professors to be its «Strategic Scientists» in the area of Materials Science & Engineering, Mechanical Engineering, Information Technology and Naval Architecture & Ocean Engineering. WUT owns a great number of academic staff members listed in national high-level talents programs, with 28 of them listed in the Recruitment Program of Global Experts»(known as »the Thousand Talents Plan»), 6 listed in «Ten Thousand Talents Program», 14 listed in «Cheung Kong Scholars Program», 7 listed in «The National Science Fund for Distinguished Young Scholars», 3 listed in «National Renowned Teachers» and 11 listed in «The New Century National Hundred, Thousand and Ten Thousand Talent Project».

The University owns 24 academic schools, 4 State Key Laboratories, 8 State key Disciplines, 77 Doctoral programs, 226 Master's programs as well as 90 Bachelor's programs. The University has 54,986 students, including 36,452 undergraduates, 17,224 postgraduates (Master and PhD students), and 1,310 international students. Besides, Material Science, Engineering Science and Chemistry rank the top 5% in ESI (Essential Science Indicators) global discipline ranking list.

WUT owns 34 innovative research centers with international leading level including two State Key Laboratories, one State Engineering Laboratory, one National Engineering Research Center and ministerial or provincial level laboratories in the areas of new materials and build-

ing materials, transportation and logistics, mechatronics and automobile, information technology, new energy, resources and environmental technology as well as Public Safety and Emergency Management. Meanwhile, the University has established about 230 Joint Research Centers with local governments and enterprises. From 2010, WUT has obtained 14 National Science and Technology Awards, ranking in the forefront of Chinese higher education institutions.

WUT has established cooperative relations for students exchange and scientific research with more than 190 foreign universities and research institutions from USA, UK, Japan, France, Australia, Russia and the Netherlands, etc. and invited over 300 international famous scholars to be strategic scientist, guest professors or honorary professors. From 2007, WUT was authorized to establish 5 Bases of Foreign Outstanding Expertise-Introduction for Disciplines Innovation in China Leading Universities in Advanced Technology for Materials Synthesis and Processing, Advanced Technology for High Performance Ship, Advanced Technology for Functional Film Materials Fabrication and Its Application in Engineering, Key Technology for New Energy Vehicles and Environmental-friendly Building Materials. As well, the International Joint Laboratory of Advanced Technology for Materials Synthesis and Processing, the Base of International Science and Technology Cooperation in Environmental-friendly Building Materials, the base of International Science and Technology Cooperation on Smart Shipping and Maritime Safety. From 2009, WUT has established 14 International Joint Research Centers with internationally renowned institutions from USA, UK, Italy and the Netherlands, including

the «WUT-UM Joint New Energy Material and Conversion Technology Key Laboratory» with the University of Michigan, the «WUT-UoS High Performance Ship Technology Joint Center» with the University of Southampton and the «Joint Research Center for Intelligent Ship and Traffic» with Delft University of Technology. In 2016, an international college initiative – the UWTSW Wuhan Ligong College was established in Swansea in partnership with the University of Wales Trinity Saint David, UK.

In 2017, the University was listed in *Times Higher Education World University Rankings*, *QS Asia University Rankings*, *U.S. News Best Global Universities Rankings* and *ShanghaiRanking's Academic Ranking of World Universities*.

Overview of the International School of Materials Science and Engineering

Driven by the great demand for national higher education reformation, the International School of Materials Science and Engineering (hereafter referred to as ISMSE), Wuhan University of Technology (hereafter referred to as WUT) is aimed to build the top-notch innovative talent training base and knowledge innovation centre of Materials Science and Engineering.

WUT is one of the leading Chinese universities under the direct administration of the Ministry of Education and one of the universities constructed in priority by the «State 211 Project» for Chinese higher education institutions.

Since 1996, WUT has implemented the talent cultivation system reforms through setting up pilot classes, including international cultivation programs, under-

graduate-Master program and undergraduate-PhD program. In April 2014, ISMSE was founded and approved by the Hubei Provincial Department of Education. In June 2015, ISMSE was selected into the list of the «Network of International Centers for Education» supported by the Ministry of Education of P. R. China and the State Administration of Foreign Experts Affairs. ISMSE is devoted to building the world-leading MSE discipline through optimization of a high-level research and teaching team and establishment of an innovative talents training system, thereby to support the development of materials industry as a technology platform as well as a talent pool.

WUT's Discipline «Material Science and Engineering» enters Top 2% in the Fourth China Discipline Ranking

China Academic Degrees & Graduate Education Development Center (CDGDC) has recently announced the results of the Fourth China Discipline Ranking, with WUT's Discipline «Material Science and Engineering» listed at the highest level: Level A+ (3 universities listed in all, ranking Top 2% in China).

Among the evaluated disciplines, four disciplines of WUT including Mechanical Engineering, Transportation Engineering, Design Science and Marxist Theory are listed at the Level B+ (ranking top 10%–20%), and six disciplines are listed at the Level B (ranking top 20%–30%), including Applied Economics, Civil Engineering, Information and Communication Engineering, Computer Science and Technology, Environmental Science and Engineering and Management Science and Engineering.





Compared with the former three China Discipline rankings, the discipline rankings of WUT has witnessed a substantial improvement, with the discipline of Top 2% rising from scratch. Meanwhile, the number of Top 10%–20% disciplines has increased from zero to four, Top 20%–30% disciplines from four to six. The followings are the disciplines with remarkable improvements: Material Science and Engineering, Mechanical Engineering, Transportation Engineering, Marxist Theory and Applied Economics, etc.

Since the merge of three schools in 2000, driven by the national construction of significant projects such as «State Project 211» and «985 Innovation Platform for Superior Disciplines», WUT's discipline of «Material Science and Engineering» has witnessed a significant growth in disciplinary connotations presented in high-level faculty, scientific researches, cultivation of innovative talents, and international cooperation communications, etc. The discipline's overall strength and level have been boosted in the past years, ranking rising from No. 22 in 2002 to No. 5 in 2012, and further up to No. 3 in this year. Over the past 70 years, the discipline has cultivated a large number of high-level talents for our national building materials and new materials industry with more than 100 significant scientific and technological achievements. It has made historic contributions to the development of the national building materials industry, promoting the Chinese building materials industry to grow steadily to take the lead in the world building industries now.

State Key Laboratory of Advanced Technology for Materials Synthesis and Processing (Wuhan University of Technology)

The State Key Laboratory of Advanced Technology for Materials Synthesis and Processing (short for SKL) is a state key Laboratory in the area of advanced materials which was funded by the National Planning Commission and established in Wuhan University of Technology in 1987. The SKL is under supervision of the administration of the Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China. Professor Gu Binglin, an Academician of Chinese Academy of Sciences, is the director of the academic committee of SKL and Professor Zhengyi Fu is the current director of SKL.

SKL aims at the frontiers of world materials science and major national needs, builds a world-class material composite and preparation technology platform, and develops key new materials for the development of national sophisticated weapons and emerging industries to support national strategies; SKL produces original and systematic research results with international influence in transformative technology and frontier new materials and their intersecting fields, leading international development in the research of a number of strategic frontier new material; SKL leads in the training of top-notch innovation talents in world-class disciplines of materials science and engineering with outstanding scientific research, creating an international

collaborative innovation culture, conducting «strong-strong» international cooperation research to enhance the laboratory's international influence, attractiveness and cohesion.

Focusing on the overall positioning and goals, SKL will create and develop multi-component, multi-scale, multi-level composite principle and material design theory as important guides to build material gradient composite technology, in-situ composite technology, nano-composite technology and integrated innovation platform as the core support, to study advanced composite materials for advanced weaponry and equipment for defense, efficient energy conversion and storage materials for new energy technologies, nano-composite biomaterials for life sciences, information functional materials for information technology and transformation-oriented technology. SKL has formed the following five distinctive research directions: gradient composite technology and new materials, in-situ composite technology and new materials, nano-composite technologies and new materials, transformative technologies and cutting-edge new materials, material composite principles and material design.

SKL employs 103 full time researchers, including 1 academician of Chinese Academy of Sciences, 2 academicians of Chinese Academy of Engineering, 1 academician of Belgian Royal Academy of Sciences and European Academy of Sciences, 1 academician of World Academy of Ceramics, 12 Distinguished Foreign Experts, 1 973 Program Chief Scientist, 5 winners for Outstanding Youth Training Fund, 4 leading talents of National Ten Thousand People Program, 7 winners for Pacesetter Engineering in the New Century, 5 Cheung-Kong Scholars, and 18 winners for the New Century Excellent Talents Support Plan of the Ministry of Education. It is a spirited team of innovation and creation. SKL encourages young scholars to visit famous international universities or research institutes for further improvement and cooperation. In recent years, the lab has sent more than 20 young scholars to engage in studies and research collaboration abroad.

SKL has accomplished win-win cooperation with internationally renowned research institutes such as the University of Michigan, the Japan Aerospace Technology Development Agency, the Institute of Metal Materials of Tohoku University in Japan, the Material Research Center of the University of Oxford in the United



Kingdom, the Composite Materials Research Center of the University of California, and the National Institute of Fuel Cell Research in Canada. Based on SKL, the Ministry of Science and Technology has established the International Joint Laboratory for New Materials and Compound Technologies, which is one of the first batches of 33 international joint laboratories in the China. The State Administration of Foreign Experts Affairs and the Ministry of Education established the Innovation and Intelligence Base for Material Composite new Technology and Advanced Functional Materials and Advanced Preparation Technology and Application Engineering of new Functional Thin Film Materials. SKL has established the WUT – Harvard University Nano Joint Laboratory, Joint Laboratory of New Energy Materials and Technology of Wuhan University of Technology–University of Michigan, Wuhan University of Technology–University of California, Davis, Multiplex Multi-scale New Technology Laboratory for Composite Materials, Wuhan University of Technology–Oxford Advanced Composite Ceramics Laboratory Etc.. Relying on those important international collaborative research platforms, SKL has undertaken a number international cooperation projects.

With an area of 25350 m², SKL possesses the required equipment for advanced materials synthesis and processing, material structure analysis, characterization and performance test, in total value of about 225.38 million RMB.

Contact information

Address: 122 Luoshi Road, Hongshan District, Wuhan, Hubei, P. R. China

Postal Code: 430070

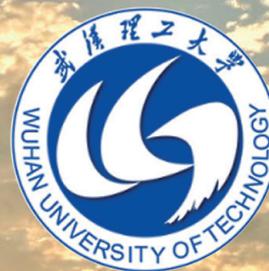
Supporting Institution: Wuhan University of Technology

Tel: 86-27-87884448; Fax: 86-27-87879466

E-mail: sklwut@whut.edu.cn

Contacts: Zhao Xiang, Zhou Lihua

R



УХАНЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ – ОДИН ИЗ ВЕДУЩИХ КИТАЙСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ

Об Уханьском университете технологий

Уханьский университет технологий (далее УУТ) был образован 27 мая 2000 года от бывшего Уханьского университета технологий (основан в 1948 г.), Уханьского университета транспорта (основан в 1946 г.) и Уханьского автомобильно-строительного политехнического университета (основан в 1958 г.). УУТ является одним из ведущих китайских университетов, подчиняющихся Министерству образования, и одним из университетов, входящих в государственную программу по созданию университетов мирового уровня с высокопрофессиональной подготовкой по основным специальностям. УУТ также совместно курируется Министерством образования, Министерством транспорта, Государственным океаническим управлением и Государственным управлением по науке, технологиям и национальной безопасности. В предыдущие 70 лет УУТ выпустил более 500 000 инженеров и технических специалистов, став, таким образом, крупнейшим университетом по подготовке кадров в трех областях промышленности – строительных материалах, транспорте и автомобилестроении. Помимо подготовки высокопрофессиональных специалистов для вышеуказанных областей промышленности, УУТ также достигает значительных научных и технологических результатов.

На основе длительного обучения студентов УУТ сформировал образовательную модель с отличительными особенностями: уделяя много внимания и сил высокому идеалу развития учреждения, который обладал бы всемирным уважением и признанием, университет несет идею «твердости в этике, всесторонности в образовании и развитии высокого мастерства» и следует основному принципу: «развитие студентов – это наша сущность, развитие науки – приоритет». УУТ реализует образовательную концепцию «обеспечения превосходного обучения, возвращения высококвалифицированных специалистов и создания прекрасной жизни». УУТ несет ответственность за создание учреждения, который обеспечит качественное образование с целью подготовки студентов к жизни с востребованной профессией и отличными навыками.

Университет обладает тремя основными кампусами: Мафангшан, Юдзитоу и Сауф Лейк, которые занимают, в общей сложности, площадь 267 гектаров. В настоящий момент численность штата УУТ составляет 5 508 человек, включая 3 282 штатных единицы профессорско-преподавательского состава, 1 академика Китайской академии наук, 3 академиков Китайской инженерной академии, 1 иностранного члена Российской инженерной академии, 1 члена Европейской академии наук, 1 члена Австралийской академии технологических наук и инженерного искусства и 1 члена Международной

академии керамики. Кроме того, Университет привлёк к работе 30 профессоров с мировой известностью в качестве «стратегических ученых» в области материаловедения и инженерного дела, машиностроения, информационных технологий, кораблестроения и морского строительства. В УУТ работает много академических сотрудников из национальной программы поддержки высококвалифицированных кадров, из них 28 входят в Программу рекрутинга международных экспертов (также известной как Программа тысячи специалистов), 6 – в Программу десяти тысяч специалистов, 14 – в Программу ученых Ченг Конг, 7 являются лауреатами Национального научного фонда для молодых выдающихся ученых, 3 входят в Национальную программу заслуженных преподавателей и 11 – в Национальный проект сотни, тысячи и десяти тысяч специалистов нового века.

Университет включает 24 научные школы, 4 государственных ключевые лаборатории, 8 государственных ключевых специальностей, 77 образовательных программ аспирантуры и докторантуры, 226 программ магистратуры, а также 90 программ бакалавриата. В университете 54 986 обучающихся, среди которых 36 452 студентов бакалавриата, 17 224 студентов магистратуры и аспирантов, а также 1 310 иностранных студентов. Более того, публикации по материаловедению, инженерному делу и химии занимают верхние 5% в наукометрической базе Института научной информации США (Essential Science Indicators) международного рейтинга областей знаний.

УУТ располагает 34 инновационными исследовательскими центрами международного уровня, включая две государственных ключевые лаборатории, одну государственную инженерную лабораторию, один национальный инжиниринговый исследовательский центр, а также лаборатории ведомственного или областного подчинения в сфере новых материалов и строительных материалов, транспорта и логистики, мехатроники и автомобилестроения, информационных технологий, новых видов энергии, ресурсов и технологий защиты окружающей среды, а также управления общественной безопасностью и чрезвычайными ситуациями. Вместе с тем, университет основал около 230 исследовательских центров совместно с муниципальными властями и местными предприятиями. Начиная с 2010 года, УУТ получил 14 государственных премий по науке и технологиям, заняв топовые позиции в рейтинге китайских высших учебных заведений.

УУТ установил связи для студенческого обмена и научных исследований с более, чем 190 иностранными университетами и научными институтами из США, Великобритании, Японии, Франции,

Австралии, России, Нидерландов и др., а также пригласил более 300 всемирно известных исследователей в качестве стратегических ученых, приглашенных и почетных профессоров. С 2007 года УУТ получил право основать в ведущих китайских университетах 5 базовых центров внедрения иностранных профессиональных направлений в следующих областях: перспективные технологии для синтеза и обработки материалов, перспективные технологии для высокопроизводительных кораблей, перспективные технологии для производства функциональных пленочных материалов и его использование в инженерии, ключевые технологии для транспортных средств с использованием альтернативных видов энергии и экологических строительных материалов. Кроме того, университетом были основаны: Международная совместная лаборатория перспективных технологий для синтеза и обработки материалов, База международного научно-технического сотрудничества в области экологических строительных материалов, База международного научно-технического сотрудничества в области интеллектуального кораблестроения и морской безопасности. С 2009 года УУТ создал 14 международных совместных исследовательских центров с международно признанными институтами из США, Великобритании, Италии и Нидерландов, включая ключевую лабораторию технологий новых энергоносителей и конверсии (совместно с Мичиганским университетом). В этом плане с ним активно сотрудничали Саутгемптонский университет, центр технологий высокопроизводительных кораблей, а также Совместный исследовательский центр интеллектуального кораблестроения и движения (вместе с Делфтским техническим университетом). В 2016 году в партнерстве с Университетом Уэльс Тринити Сейнт Дэвид (Великобритания) в Суонси был основан международный UWTSD Уханьский Лигонг Колледж.

В 2017 Университет вошел в такие рейтинги, как *Times Higher Education World University Rankings*, *QS Asia University Rankings*, *U.S. News Best Global Universities Rankings* and *Shanghai Ranking's Academic Ranking of World Universities*.

Обзор деятельности Международной школы материаловедения и инженерного дела

В связи с большой необходимостью реформы национальной системы высшего образования, деятельность Международной школы материаловедения и инженерного дела (далее МШМиИД) УУТ направлена на создание первоклассной инновационной площадки для подготовки высококвалифи-

цированных кадров и инновационного центра знаний материаловедения и инженерного дела.

УУТ – один из ведущих китайских университетов под управлением Министерства образования и один из университетов, приоритетно построенного в рамках государственного проекта «State 211 Project» для китайских высших учебных заведений.

С 1996 года УУТ реализовал изменения в системе подготовки кадров путем проведения пилотных занятий, включая международные программы, программы магистратуры и аспирантуры. МШМиИД была основана в апреле 2014 года и утверждена Департаментом образования провинции Хубэй. В июне 2015 года МШМиИД была внесена в перечень «Сети международных образовательных центров», поддерживаемый Министерством образования КНР и Министерством международного сотрудничества. Деятельность МШМиИД посвящена разработке знаний в области материаловедения и инженерного дела за счет оптимизации высокоуровневых исследований и преподавательского состава, а также основанию инновационной системы подготовки специалистов с целью развития индустрии материалов как технологической платформы и кузницы кадров.

Специальность УУТ «Материаловедение и инженерное дело» вошла в топовые 2% в четвертом рейтинге специальностей Китая

Центр развития китайского академического образования недавно объявил результаты четвертого рейтинга специальностей Китая: специальность УУТ «Материаловедение и инженерное дело» заняла самый высокий уровень – уровень А+ (3 университета занимают этот уровень, образуя топовые 2% в Китае).

Среди оцениваемых специальностей – 4 специальности УУТ (машиностроение, транспортная инженерия, дизайн и теория марксизма) заняли уровень В+ (10–20% верхних позиций рейтинга) и 6 специальностей расположились на уровне В (20–30% верхних позиций рейтинга), а это: прикладная экономика, гражданское строительство, информационные и коммуникационные технологии, теория вычислительных машин и систем, защита окружающей среды и инженерное дело, менеджмент и инженерное дело.

По сравнению с бывшими тремя рейтингами специальностей в Китае позиции УУТ значительно улучшились, поднявшись до верхних 2% практи-





чески с нуля. Вместе с тем, число специальностей, занимающих верхние 10–20% строчек, выросло с 0 до 4, из 20–30% верхних строчек – с 4 до 6. Такие специальности, как материаловедение и инженерное дело, машиностроение, транспортная инженерия, теория марксизма и прикладная экономика, показали заметные результаты.

В связи с тем, что в 2000 году появились три школы в рамках реализации государственных крупномасштабных проектов, таких как «Государственный проект 211» и «985 Инновационная платформа для высших специальностей», значимость специальности «Материаловедение и инженерное дело» в рамках факультета, научных изысканий, подготовки инновационных кадров и международного сотрудничества значительно выросла. За последние несколько лет важность специальности и ее уровень были расширены, подняв ее с 22 места в рейтинге в 2002 году до 5 места в 2012 и до 3 места в текущем году. За 70 лет обучения по этой специальности для страны были подготовлены высококвалифицированные кадры для строительства и индустрии производства строительных материалов и получены более 100 научно-технических достижений. Все это стало историческим вкладом в развитие национальной индустрии стройматериалов, обеспечивая ее стабильный рост для занятия ведущего положения в мировом производстве строительных материалов.

Государственная ключевая лаборатория перспективных технологий синтеза и обработки материалов

Государственная ключевая лаборатория перспективных технологий синтеза и обработки материалов (кратко ГКЛ) – это государственная лаборатория в области передовых материалов, основанная Государственным плановым комитетом в УУТ в 1987 г. ГКЛ находится под руководством Министерства науки и технологий КНР. В настоящий момент научный комитет ГКЛ возглавляет член Китайской академии наук профессор Гу Бинглин и нынешний директор ГКЛ профессор Эфу Дженги.

Деятельность ГКЛ направлена на передовые достижения в материаловедении и выполнение государственных заказов в этой области. В ГКЛ занимаются созданием высококачественных композитных материалов и разработкой стратегически важных материалов с целью их использования в национальной системе обороны и развивающихся промышленности для обеспечения политики государства; ГКЛ проводит нестандартные и системные исследования мирового опыта в трансформативных технологиях и новейших материалов, а также в междисциплинарных областях, выполняя международные разработки некоторых ключевых новей-

ших материалов; ГКЛ является ведущей лабораторией по подготовке высококвалифицированных специалистов по материаловедческим специальностям и инженерному делу с научными изысканиями. ГКЛ развивает международную культуру инновационного сотрудничества, проводя совместные межгосударственные исследования для расширения сотрудничества с другими странами, влияния отечественной культуры и ее привлекательности в мире.

Фокусируясь на общих целях и задачах, ГКЛ создает и разрабатывает многокомпонентную, разномасштабную и многоуровневую теорию проектирования материалов. Она станет важным руководством для разработки технологии градиентных композитных материалов, технологии композитных сборных материалов, технологии нанокompозитов и интегрированной инновационной платформы в качестве главной опоры. Она также позволит изучать перспективные композитные материалы для улучшения военного оснащения и вооружения, материалы, способствующие рациональному использованию энергетических ресурсов для новых энергоэффективных технологий, нанокompозитные биоматериалы для медико-биологических наук, функциональные материалы для информационных технологий и трансформационно-ориентированных технологий. ГКЛ определил 5 научных направлений исследований: градиентные композиционные технологии и новые материалы, технологии композитных сборных материалов, нанокompозитные технологии и новые материалы, преобразующие технологии и передовые материалы, проектирование материалов и основы композитных материалов.

В ГКЛ работают 103 штатных научных сотрудника, 1 академик Китайской академии наук, 2 академика Китайской инженерной академии, 1 академик Бельгийской королевской академии наук и Европейской академии наук, 1 академик Международной академии керамики, 12 почетных иностранных экспертов, 1973 научных руководителей программ, 5 стипендиатов Фонда подготовки талантливой молодежи, 4 ведущих специалиста из Национальной программы десяти тысяч специалистов, 7 победителей премии Pacesetter Engineering in the New Century, 5 стипендиатов премии Ченг Конг и 18 победителей Проекта поддержки высококлассных

специалистов нового века Министерства образования. Это команда, вдохновленная инновациями и созидательным процессом. ГКЛ мотивирует молодых ученых посещать знаменитые международные университеты или исследовательские институты в целях установления сотрудничества. За последнее время лаборатория отправила более 20 молодых специалистов для участия в совместных исследованиях за границу.

ГКЛ установило взаимовыгодное сотрудничество со всемирно известными научными институтами: Мичиганским университетом, Японским агентством авиакосмических технологий, Институтом металлов университета Тохоку в Японии, Центром материаловедения Оксфордского университета в Великобритании, Научным центром композитных материалов Калифорнийского университета и Национальным институтом исследования топливных элементов в Канаде. На основе ГКЛ Министерство науки и технологий основал Международную лабораторию новых материалов и комплексных технологий, которая стала одним из первых филиалов из 33 международных совместных лабораторий в Китае. Руководство Министерства международного сотрудничества и Министерства образования учредили Базу инноваций и знаний для новых технологий создания композитных материалов и улучшенных функциональных материалов, а также для усовершенствованной технологии производства и разработки инженерных решений новых функциональных тонких пленочных материалов. ГКЛ основал совместную нанолaborаторию между УУТ и Гарвардским университетом, совместную лабораторию новых энергоносителей и технологий между УУТ и Мичиганским университетом, комплексную лабораторию разномасштабных технологий композиционных материалов между УУТ и Лабораторией улучшенной композитной керамики Оксфорда. Опираясь на указанные международные исследовательские площадки, ГКЛ приняло участие в целой серии совместных международных проектов.

На площади 25 350 кв.м. ГКЛ расположено необходимое оборудование для синтеза и обработки улучшенных материалов и для проведения структурного анализа материалов, испытаний их эксплуатационных характеристик общей стоимостью около 22 538 млн юаней.

Контактная информация

Address: 122 Luoshi Road, Hongshan District, Wuhan, Hubei, P. R. China

Postal Code: 430070

Supporting Institution: Wuhan University of Technology

Tel: 86-27-87884448; Fax: 86-27-87879466

E-mail: sklwt@whut.edu.cn

Contacts: Zhao Xiang, Zhou Lihua

R



Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies. Part I

L.A. Ivanov^{1*} , L.D. Xu² , E.S. Bokova³ , A.D. Ishkov⁴ , S.R. Muminova⁵ 

¹ Russian Academy of Engineering, Moscow, Russia

² Old Dominion University, Norfolk, Virginia, USA

³ A.N. Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art), Moscow, Russia

⁴ Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia

⁵ Russian State University of Tourism and Service; Cherkizovo, Moscow region, Russia

* **Corresponding author:** e-mail: L.a.ivanov@mail.ru

ABSTRACT: The article provides an abstract review of patents. The results of creative activity of scientists, engineers and specialists, including inventions in the field of nanotechnology and nanomaterials, being implemented, allow achieving a significant effect in construction, housing and community services, and related sectors of the economy. For example, the invention «A method to produce graphene-containing suspensions by means of graphite exfoliation and a device to perform it» refers to chemical and construction industries and can be used in modification of plastic lubricant, epoxy resins and concretes. The technical task of the invention is to increase efficiency of graphite exfoliation, to produce graphene-containing suspensions in continuous mode and to decrease unit labor costs for production of such suspensions.

The task is achieved due to the following steps of the method: preparation of mixture of crystal graphite and liquid, graphite concentration is from 10 to 20 mass percent in container for initial suspension, supply of initial suspension into rotor plant, exfoliation of graphite and withdrawal of treated suspension from rotor plant, exfoliation of graphite is performed in several rotor plants one after another, and initial suspension is supplied into the first rotor plant by pump with fixed consumption, after treated suspension has been withdrawn from one of rotor plant, it is supplied into next rotor plant, and from the last rotor plant treated suspension is delivered into centrifugal separator, after separation centrifuge effluent is supplied into container of finish product and precipitate is delivered to a container of initial suspension in which graphite and liquid are added to obtain specified concentration of graphite in initial suspension.

The specialists can also be interested in the following inventions in the area of nanotechnologies: Evolution of PV technology from conventional to nano-materials; a composition of coating for colored decoration of building walls; ferroelectric nanocomposite on the basis of porous glass and monopotassium phosphate materials; innovative technology of municipal wastewater treatment for rapid sludge sedimentation and enhancing pollutants removal with nano-material, a method to obtain powder mixture of bidispersed ceramic and metal particles, micro- and nano-plastic pollution: behavior, microbial ecology, and remediation technologies; a method to obtain multilayer wear-resistant diamond like coatings; fuel element with composite protective coating et al.

KEYWORDS: nanotechnologies in construction, nanoparticles, nanostructures, nanofibers, nanomaterials.

FOR CITATION: Ivanov L.A., Xu L.D., Bokova E.S., Ishkov A.D., Muminova S.R. Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies. Part I. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(1): 23–31. Available from: doi: 10.15828/2075-8545-2020-13-1-23-31.

INTRODUCTION

Advanced technologies impress people's imagination demonstrating the latest achievements (materials, methods, systems, technologies, devices etc.) that dra-

matically change the world. This, first of all, concerns nanotechnological inventions designed by scientists, engineers and specialists from different countries.

MAIN PART

A method to produce graphene-containing suspensions by means of graphite exfoliation and a device to perform it (RU 2737925 C1)

The invention refers to chemical and construction industries and can be used in modification of plastic lubricant, epoxy resins and concretes. The technical task of the invention is to increase efficiency of graphite exfoliation, to produce graphene-containing suspensions in continuous mode and to decrease unit labor costs for production of such suspensions.

The task is achieved due to the following steps of the method: preparation of mixture of crystal graphite and liquid, graphite concentration is from 10 to 20 mass percent in container for initial suspension, supply of initial suspension into rotor plant, exfoliation of graphite and withdrawal of treated suspension from rotor plant, exfoliation of graphite is performed in several rotor plants one after another, and initial suspension is supplied into the first rotor plant by pump with fixed consumption, after treated suspension has been withdrawn from one of rotor plant, it is supplied into next rotor plant, and from the last rotor plant treated suspension is delivered into centrifugal separator, after separation centrifuge effluent is supplied into container of finish product and precipitate is delivered to a container of initial suspension in which graphite and liquid are added to obtain specified concentration of graphite in initial suspension.

Fig. 1 is a general assembly system. A mixture which contains liquid and 10-20 mass.% of crystalline graphite is prepared in the container for initial suspension. Container 1 comprises a feed unit for liquid from container 7, flow transmitter 6 and a doser of graphite 8. There is a pump 9

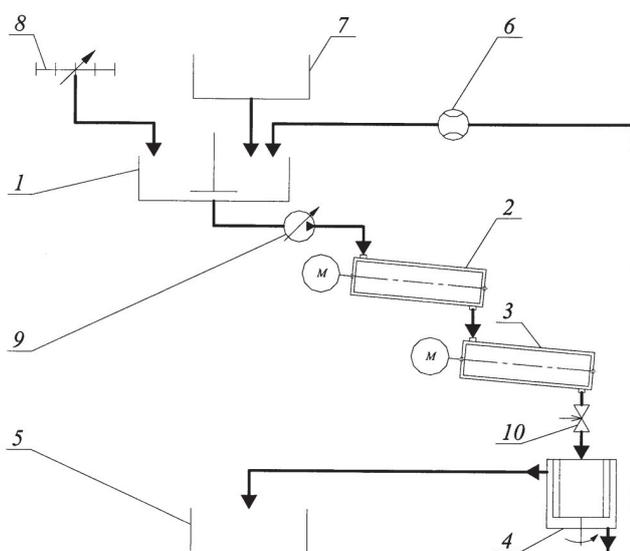


Fig. 1. A general assembly system

with controlled performance between container 1 and the first rotor plant 2. Due to this pump initial suspension is supplied into exfoliation unit, comprising 5–10 rotor plants, consistently connected in such a way that the suspension withdrawal hole of each previous plant is connected to the suspension supply hole of each follow plant, and suspension withdrawal hole from the last plant 3 is connected to the suspension supplying nozzle into centrifugal separator 4 through controlled valve 10. Each rotor plant contains a stator in the form of cylindrical shell with holes for supply and withdrawal of suspension, rotor with vanes and a rotary drive of rotor. After separation centrifuge effluent is supplied into container of finish graphene-containing suspension 5 and precipitate is delivered to a container of initial suspension 1.

Evolution of PV technology from conventional to nano-materials

To meet the increasing demand of clean and green energy, solar cells are one of the choices [2]. The advantages of utilizing solar energy is that the solar energy is both sustainable and reliable. In addition to this, this resource is always available throughout the year in most of the regions in the world, which is sunlight. This is accomplished through the use of photovoltaic (PV) solar cells. Conventional solar cells are not efficient enough and are expensive, relatively speaking. Improvement in performance of the solar cell is the challenge we are facing to make solar energy widely usable in our daily life. Until now, a variety of ideas and research have been generated to enhance the performance of the solar cell. In fact, nanotechnology can open the doors for production of cost effective and efficient solar system on a large scale. The main aim of this research is to provide an introduction about the PV cells, its design, parameters, and characteristics. Further, this research explores the evolution of PV technology from conventional to new materials such as nano materials. The paper covers conventional PV cell and photovoltaic cell. A descriptive comparative analysis of different solar cells according to their materials, efficiency, life span, benefits, and limitations associated with them are discussed. Finally, a conclusion of the presented study and future perspectives are provided. It is envisaged that in the future, the carbon nanoparticles and its allotrope forms such as graphene, carbon nanotubes and fullerenes will offer high performance as compared to conventional silicon based cell and thus will help in providing a new outlook for the solar commercial market.

A composition of coating for colored decoration of building walls (RU 2738655 C2)

It is a long time numerous coating systems used for colored decoration of building walls have been known.

As an example, they can be based on dispersed paints, silicate paints or dispersed-silicate paints. The use of the coating composition as a coating for building facades or as a coating for inner walls determines the range of their characteristics that should be met. In particular, the use of coating composition as an interior paint imposes high requirements to gloss grade. For example, it is necessary to reach reproducible required gloss grade, such as matt, medium gloss, also called silk-sparkling and sparkling (for example, it is stated in DIN 13300). However, it is not always achievable.

The task of the invention is to design a coating composition that allows obtaining special coatings with gloss grade matt, medium gloss, also called silk-sparkling and sparkling [3]. The coating composition contains at least one organic binder comprising polyethylene-co-vinyl acetate, copolymer on the basis vinylarene compounds and acrylate or copolymers on the basis of pure acrylates, liquid glass, kieselsool, at least one the first filler and/or at least one the first pigment with particle size D_{50} , less or equal 2 μm . At this, mass content of kieselsool solids is higher than mass content of liquid glass solids, in conversion to total mass of solid of coating composition in each case. The patent also proposes a coating obtained from such composition, and application of coating composition to obtain coating on the surface of underlayment.

One should note, kieselsool are available at the market in the form of aqueous colloid suspensions of molecules of polysilicic acid. Kieselsool is preferably to be alkaline and possess $\text{pH} > 9$. It has been also revealed that it is very profitable, especially if one needs to control desired gloss grade and matte grade, to use fine-dispersed kieselsools. At this, the average size of kieselsool particles is preferably to be 80 nm or less, more preferably – less or equal 40 nm, the most preferably – less or equal 20 nm. The average size of kieselsool particles is even more preferably to be less or equal 10 nm. For each option of invention, the average size of kieselsool particles also can be determined according to DIN ISO 9276-1:2004-09 and ISO 9276-2:2014-05. The invention makes it possible to produce silk-sparkling or sparkling coatings, which are high resistant to wet abrasion, if preservative-free, unchanging in storage place composition is used.

Ferroelectric nanocomposite on the basis of porous glass and monopotassium phosphate materials (RU 2740563 C1)

At present more and more attention is focused on synthetic materials with specified properties, the production of which is based on the influence of nanosized effects on the properties of materials. Leading position among such materials belongs to ferroelectric nanocomposites which properties are highly sensible to nanoeffects. That is due surface or boundary effects. Moreover, possibility to vary

parameters of ferroelectric nanocomposites is quite high due to the presence of phase transitions in them, these transitions cause softened structure of nanocomposites and make it particularly transportable.

The invention refers to nanostructured materials with signified ferroelectric activity used as functional materials in the modern micro- and nanoelectronics [4]. Ferroelectric nanocomposite material contains matrix of porous glass and ferroelectric salt of monopotassium phosphate or ammonium dihydrophosphate as a filler. Diameter of transverse pores in matrix of porous glass is 7nm and volume ratio of filler to nanocomposite material is 0,2–0,25. The technical result is ferroelectric nanocomposite material with expanded temperature range of polar phase.

Innovative technology of municipal wastewater treatment for rapid sludge sedimentation and enhancing pollutants removal with nano-material

The rapid development of the economy and the acceleration of urbanization has caused increasingly scarce water supply worldwide. The massive increase of municipal wastewater and low utilization efficiency of municipal infrastructures has seriously affected the operation efficiency of urban system and threatened the ecological environment and human health. In this study, an innovative technique was developed by periodically adding nanofloc®, a commercial nano-type flocculant, to the compact, land-efficient modified SBR for treating municipal wastewater. Firstly, a laboratory-scale SBR was performed under different operation modes and parameters, and an innovative experimental method with adding anoxic reflux and nanofloc® was selected due to the efficient pollutant removal efficiency. And to investigate the effect of reactor size on SBR performance, and further verify the superior overall performance of the modified SBR and provide technical reference for practical applications, the same operation parameters were applied in a pilot-scale SBR. In addition, the mixed liquid suspended solids (MLSS), mixed liquid volatile suspended solids (MLVSS)/MLSS, SVI, and sludge particle size in both laboratory- and pilot-scale modified SBRs were tested to investigate the influence of nanofloc® on sludge properties. The nutrients removal mechanism is discussed, and the novel technology was compared with AGS [5].

This study provides an alternative technique by adding nano-type composite flocculant to a modified SBR system. Efficient effluent quality and rapid sludge settling efficiency were obtained in both laboratory-scale and pilot-scale modified SBRs with a low HRT of 8 h, which was due to the electrical neutralization and bridging effects. From the perspectives of settleability of the sludge, the space, stability, and feasibility of this technology in the operation of municipal wastewater treatment plants, it

could be used as an alternative method for upgrading and reconstructing municipal wastewater treatment plants.

A method to obtain powder mixture of bidispersed ceramic and metal particles (RU 2740495 C1)

The invention refers to powder metallurgy and can be used in technologies aimed at forming nanocomposite materials and alloys. Mixtures are necessary to obtain composite materials on the basis of nanosize ceramic particles and microsize metal particles with evenly distributed in volume particles of matrix, that provides increased mechanical characteristics [6].

The technical result is the method to obtain powder mixture of bidispersed ceramic and metal particles that comprises mixing of powders in liquid-saturated medium in several steps. Mixing of powders in liquid-saturated medium is performed in two steps. Solution of petroleum-ether and stearic acid, mass ratio 199/1, is used as liquid-saturated medium. At the first step ceramic particles are mixed in liquid-saturated medium for not less than 15 minutes. At the second stage metal microparticles are added into the mixture and are mixed for not less than 15 minutes with further removal of liquid in drying oven under the temperature not less than 80°C for not less than 24 hours. Diameters of ceramic nanoparticles are chosen within the range (30÷140) nm, diameters of metal microparticles - within the range (20÷180) μm, weight parts of powders and liquid are chosen in ratio 1/2, weight parts of nanoparticles and microparticles – in ratio 1/19.

The essence of the invention is shown in figures 2a and 2b.

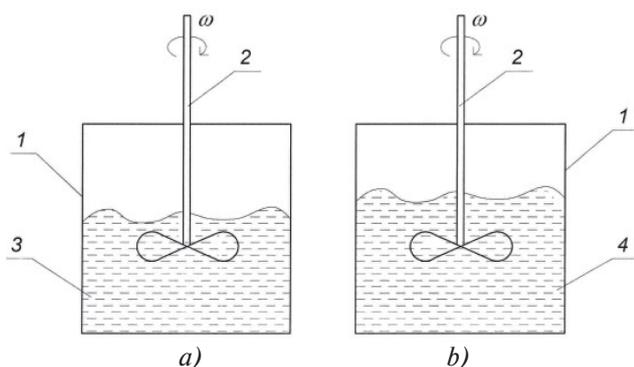


Fig. 2a. The design of device to obtain powder mixture at the first stage: 1 – cylindrical container; 2 – mechanical agitator; 3 – mixture of ceramic nanoparticles with solution petroleum ether/stearic acid

Рис. 2b. The design of device to obtain powder mixture at the second stage: 1 – cylindrical container; 2 – mechanical agitator; 4 – mixture of ceramic nanoparticles and metal microparticles with solution petroleum ether/stearic acid

Micro- and nano-plastic pollution: Behavior, microbial ecology, and remediation technologies

The increase of plastic waste has become one of the most serious global environmental issues, and a variety of strategies have been proposed to control the increasing volume of contaminants caused by plastic waste. Although many studies have been conducted, only a few studies have conducted to investigate the microbial remediation of contaminants using cutting edge nano technology [7]. This study aims at addressing the environmental problems caused by micro-plastic (MP) and nano-plastic (NP) particles in the context of nanoscience such as synthetic nanoparticle plastic integrated research, microbial ecology, and remediation technologies to help elucidate their environmental effects, behavior, transport, eco-toxicity, etc. Interactions between plastic and microbes generally cause biofilm formation, which has biological effects that range from genes by influencing horizontal gene transfer to whole ecosystems by influencing biogeochemical cycling, carbon (C) sequestration, and climate. Plastic waste remediation via chemical and bio-nanotechnologies such as coagulation, membrane bioreactors, biodegradation, and phytoremediation are also studied. In this respect, thermochemical conversion of plastic waste into energy is a promising option. Further, molecular and -omics technologies can also facilitate the microbial biodegradation of MPs/NPs by enhancing enzymatic activity levels.

A method to obtain multilayer wear-resistant diamond like coatings (RU 2740591 C1)

It is known the main cause of wear in heavy-loaded friction nodes (gear and spline systems) is appearance of cracks in its contact zone, which results in shearing distortions and spallings related to fatigue damage and fretting. One of the ways to rise resistant and performance of spline systems with coating is to apply multilayer coatings. The layers with certain thermophysical and mechanical properties inside the coating are capable to slow down processes of crack formation and crack proliferation without decreasing microhardness, to improve thermos-stressed state of splines with coating and rise wear-resistant. One should also note that high rate and high surge of the friction intensify fretting-oxidation processes which cause softening of coating and base material.

The technical result of the invention is a technology to obtain ultra-hard carbon-metal coating with specified properties, namely, improved quality of diamond like films due to the change of their structure and composition, at this, the lower layer should have high adhesion with substrate material, middle layer – high hardness and high wear-resistance, top layer – proper thermal conductivity and heat-resistance with low friction index [8]. The technical result is achieved due to the following condi-

tion: a surface of the product is preliminary treated before the multilayer diamond like coating application process starts. Preliminary treatment comprises clearing of products with electropulse finishing in aqueous ammonia solution of low concentration (3–6%) for 2–3 min. The duration of finishing is chosen in accordance to degree of pollution and product sizes. After electropulse finishing ultrasound treatment of the products is performed. For this the products are placed into ultrasound bath filled with pure alcohol without contact of cutting edge and clearing is conducted for 2–5 min. The duration of clearing is chosen in accordance to degree of pollution and product sizes. Deposition of nanosize wear-resistant coatings on the products is held by means of vacuum plant BRV600Φ.

The invention can be used in industry or transport to increase performance characteristics of mechanisms, parts of friction nodes and details of precision engineering and to prolong their life-cycle.

A method to obtain nanocomposite magnetic and electrically-conductive material (RU 2739030 C1)

The invention can be used in manufacturing of the parts for electronics, sensors, supercondensers, electromagnetic screens, contrast materials applied in magnetic resonance imaging, in the information magnetic record systems, as materials absorbing electromagnetic radiation, etc. Hybrid metal-polymer nanocomposites on the basis of polymers with interface system are materials of new generation with wide range of functional characteristics [9]. Special place among these hybrid materials belongs to magnetic nanocomposites. Functional properties of such nanocomposites are determined by specific electronic structure of polyconjugated system as well as by nature of magnetic nanoparticles, that provides combination of magnetic, electric, electrochemical and other physicochemical characteristics in one material. The aim of the invention is to create nanocomposite magnetic material possessing simultaneously electric (electrically conductive) and superparamagnetic properties, high saturation magnetization and thermal stability, high electric conductivity, and to develop simple and efficient method to produce it.

The imposed task is solved due to proposed method of obtaining nanocomposite magnetic and electrically conductive material by joint dissolving Co (II) and Fe (III) salts in organic dissolvent and polymer matrix – polyphenoxazine (PPOA), removing dissolvent with precursor formation and further IR-heating of obtained precursor, characterized in that joint dissolving is performed simultaneously with single wall carbon nanotubes (SCNT) additionally added in solution, removal of dissolvent in conducted under temperature 60–85°C, and IR-heating is performed in argon atmosphere under

350–600°C for 2–10 min till formation of nanocomposite material which contains 5–10 mass.% of weight of polymer of SCNT on which Co–Fe particles are fixed, the total content of Co–Fe particles in material is 2–45 mass. %.

Fuel element with composite protective coating (RU 2740701 C2)

After breakdown at APS “Fukushima-1” (Japan) in 2011 and the loss of fuel element, the world witnessed the start of the program on creation of “tolerant” fuel (Accident Tolerant Fuel, ATF), which eliminates production of hydrogen evolving in zirconium oxidation (zirconium-steam reaction $Zr + 2H_2O \rightarrow ZrO_2 + 2H_2\uparrow$) and causing formation of explosive hydrogen mixture in the top part of reactor. Hydrogen explosion is the most dangerous phenomenon in the course of radiation emergency and it results in spreading of radioactive matters at distance more than 100 km. The technical task being solved in this invention is to prevent both ballooning and leakage of fuel elements at early stage of heavy accident with loss of heat carrier medium and evolving of zirconium-steam reaction.

The technical task is solved due to the following steps: a multilayer protective coating is created on fuel-element cladding; one or several barrier layers in the protective coating are made of materials selected from the group comprising tantalum, molybdenus, wolfram, niobium, vanadium, hafnium (refractory body-centered cubic metals which form continuous series of solid solutions in connection with Ti) and outer layer is made of alloy on the basis of Cr–Al, characterized in that coating contains a composite layer consisting of bundles of nanotubes placed in plastic matrix of titanium alloy [10].

The new technical result of the invention is that carbon-containing material, in particularly, nanotubes with high specific strength that weakly depends on temperature up to 2500°C, convoluted on fuel element, provide “abdominal support” which stops ballooning and explosion of shells at the initial stage of accident accompanied with loss of heat carrier agent. Outer corrosion-resistant layer on the basis of Cr–Al alloy slows down oxidation of zirconium and hydrogen formation. Theoretical evaluations showed that fuel-element cladding’s radial rift strength under temperature 1000°C and corrosion resistance under 1400°C increase by more than one order when the proposed composite coating is applied. Stripping under radiation exposure is not expected due to hardness of composite layer. It is possible to choose such a final thickness of the proposed composite coating (for example, not more than 30 μm) that the invention won’t cause significant changes in fuel-air composition production technology and that is obvious advantage of the present invention.

The science and technology of using nano-materials in engine oil as a lubricant additives

Nano technology is a developing field. The understanding of structures and procedures at the nuclear and sub-atomic scale (nanoscience) and the usage and control of nano scale phenomenon for particular purposes (nanotechnology), have advanced in recent years. The intersection of nanotechnology with many fields will increase human capability at various levels [11].

This study concentrates on the new application patterns for nanofluids notwithstanding the heat transfer characteristics of fluids at nano scale. This study describes the impact of adding lubricant additives on the visco-elastic and thermo-physical properties of engine oils. The engine oils used in automotive industry are one of the most widely used consumable entities. There has been an increasing demand to improve the performance of engine oil lubricants. For that purpose, performance enhancing additives have been added to engine oil lubricants. Subsequently, there is an increasing need to show the contribution lubricant additives make towards the automotive industry, the consumer, and the impact on the environment. Such additives encompass applications for lubrication of passenger car (diesel and gasoline engine) lubricants, truck, coach and bus diesel engine lubricants, heavy duty engine oil etc. This study demonstrates the contribution made by lubricant additives in these applications to the consumer, industry, and the environment, through their ability to optimise desirable lubricant properties while suppressing unwanted ones. The study was conducted in perspectives of nanotechnology.

A method to produce hollow microspheres from aluminium oxide (RU 2740748 C1)

The invention refers to the methods used to produce non-organic fillers from hollow nanospheres of aluminium oxide, used as the basis for sorbents, catalyst carriers, fillers for heat-resistant and thermal insulating coatings and other functional materials [12].

The task of the technical solution was to develop a method for manufacturing of hollow microspheres from aluminium oxide as it is aluminium that provides average size of microsphere in the range from 40 to 100 nm and at the same time facilitates manufacturing process. The imposed task is solved in the following way. The method to produce hollow microspheres from aluminium oxide comprises: hydrothermal treatment of aqueous solution of aluminium nitrate and monosaccharide, washing-out of the product of hydrothermal treatment in the form of carbon core with aluminium oxide coating in distilled water, its drying and annealing in air till obtaining hollow microspheres of aluminium oxide. The novelty of the method is that hydrothermal treatment of aqueous

solution (0,001–0,050) mol/l of aluminium nitrate and (0,01–0,50) mol/l of fructose is performed under the temperature (100–125)°C and pressure (0,5–1,0) MPa for (1–4) hours to create large amount of nucleating seeds of new phase in the volume of reaction solution and then under (175–200)°C and pressure (3–5) MPa for (5–25) hours to provide growth of these nucleating seeds up to the sizes of several tens of nanometers.

Annealing of the product of hydrothermal treatment can be performed under temperature (600–800)°C. Hydrothermal treatment of the initial solution of aluminium nitrate and fructose in two-stage mode makes it possible to specify precisely functional parameters of the final product due to control of crystal nucleation process (the first stage) and growth process (the second stage) which antecede the main product of composite spheres with the structure “carbon nuclear – oxide coating”. At the first stage of hydrothermal treatment of solution comparatively soft temperature and time conditions provide appearance of large number of new phase nucleating seeds in reaction volume. At the second stage, more rigid conditions of hydrothermal treatment cause rapid growth of nucleating seeds up to size of several tens of nanometers and formation of their composition structure “carbon nuclear – oxide shell” which further determines values of specific surface and porosity of the product – hollow spheres Al_2O_3 – obtained in future thermal treatment.

A method to obtain powders of high-borated diamond (RU 2740933 C1)

The invention refers to diamond synthesis and, in particularly, to the methods of synthesis of diamond powders alloyed with boron in concentration more than 10^{21} atom/cm⁻³. The particular characteristic of the material is metal type of conductivity and hyper conductivity under low temperatures, that makes it to be used in such areas as electrochemistry, biochemistry, electroanalysis, electronic and electromechanical devices. The need in micronic and submicronic powders of high boron-doped diamond is caused by the fact that they can be used to produce conducting and hyper conducting composites with extraordinary hardness [13].

The aim of the given technical solution is to eliminate some drawbacks, and in particularly, to eliminate application of hydrogenous material and to obtain diamond powders of micron approximately 1–10 μ m and submicron 0.1–1 μ m sizes, containing alloying boron additive in concentration not less than 10^{21} atom/cm⁻³. Moreover, the task to obtain diamond powders of specified size of grain in micron and submicron ranges is also considered.

The study of the proposed solution revealed that dispersiveness and boron impurity level of the obtained diamond powders is determined by the state of initial

carbon material and, in particular, by its dispersiveness and its boron impurity level. It was determined that initial carbon material can be borated graphite which can be obtained from the mixture of nanoglobular carbon and X-ray amorphous boron under the impact of high pressure and temperature, at this the pressure must be lower than the pressure for diamond synthesis. It was also determined that variation of atomic ratio of boron and carbon in the mixture of nanoglobular carbon and X-ray amorphous boron as well as variation of parameters of thermobaric treatment makes it possible to obtain boron-doped graphite powders of different grain size and crystalline perfection. The imposed aim is achieved due to the following consequence of stages: nanoglobular carbon and X-ray amorphous boron are taken according to boron-to-carbon atom ratio from 1/10 to 1/20, are mixed and are treated under the pressure within the range 3–6 GPa and temperature within the range 1400–1700°C, that allows obtaining borated graphite powders which further will be treated under the pressure 8 GPa and temperature 1600–1800°C.

The specialists can also be interested in the following inventions related to nanotechnologies:

- A method to produce dry construction mixtures [14].
- A method to produce nanostructured hollow microspheres of vanadium oxide [15].
- A method to produce water suspensions of nanocomposite material on the basis of graphene oxide and zirconium trisulfides with antibacterial properties [16].
- A method to produce ferrum-based composite material strengthened with metal nanopowder oxides [17].
- A method to produce metal ferrites of eighth group fourth period [18].
- A method to form contact surface of lithium-ion anode battery [19].
- Broadband radiant of infrared and THz-bands of wave length [20].
- A method to produce metal-polymer nanocomposite materials with metal nanoparticles [21].
- A method to obtain modified magnetite nanoparticles gadolinium-doped [22].
- Hybrid magnetic and electric conductive material on the basis of polymer, bimetal nanoparticles and carbon nanotubes and a method to produce it [23].
- A method to form micro- and nanofiber material [24].

CONCLUSION

One of the most challenging tasks the economy of every country face is to increase industrial competitiveness through technological upgrade. From the side of the state and companies the principal object to control in this process are the people and enterprises dealing with introduction of inventions and new technologies.

Therefore, we hope that the information published in this section will be in demand and useful for specialists.

REFERENCES

1. Pershin V.F., Al-Jakhar R.A., Mansur V. et al. *A method to produce graphene-containing suspensions by means of graphite exfoliation and a device to perform it*. Russian Federation Patent 2737925. 04.12.2020.
2. Sharma P., Goyal, P. (2020). Evolution of PV technology from conventional to nano-materials. *Materials Today: Proceedings*, 28, 1593-1597.
3. Gengenbach P., Brenner T., Befurt U. *A composition of coating for colored decoration of building walls*. Russian Federation Patent 2738655. 15.12.2020.
4. Tarnavich V.V., Sidorkin A.S., Korotkova T.N. et al. *Ferroelectric nanocomposite on the basis of porous glass and monopotassium phosphate materials*. Russian Federation Patent 2740563. 15.01.2021.
5. He W., Wang Q., Zhu Y., Wang K., Mao J., Xue X., Shi Y. Innovative technology of municipal wastewater treatment for rapid sludge sedimentation and enhancing pollutants removal with nano-material. *Bioresource Technology*. 124675.
6. Vorozhtsov A.B., Arkhipov V.A., Chrustalev A.P., Danilov P.A. *A method to obtain powder mixture of bidispersed ceramic and metal particles*. Russian Federation Patent 2740495. 14.01.2021.
7. Rai P. K., Lee J., Brown R. J., Kim K. H. Micro-and Nanoplastic Pollution: Behavior, Microbial Ecology, and Remediation Technologies. *Journal of Cleaner Production*, 2020; 125240.
8. Kolesnikov V.I., Sychev A.P., Kolesnikov I.V. et al. *A method to obtain nanocomposite magnetic and electrically-conductive material*. Russian Federation Patent 2740591. 15.01.2021.

9. Ozkan S.Zh., Karpacheva G.P. *A method to obtain nanocomposite magnetic and electrically-conductive material*. Russian Federation Patent 2739030. 21.12.2020.
10. Yakushkin A.A., Borisov V.M., Trofimov V.N. *Fuel element with composite protective coating*. Russian Federation Patent 2740701. 19.01.2021.
11. Tonk R. The science and technology of using nano-materials in engine oil as a lubricant additives. *Materials Today: Proceedings*. 2020. Available from: [doi: 10.1016/j.matpr.2020.09.384](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.384).
12. Martinson K.D., Popkov V.I., Bachina A.K. et al. *A method to produce hollow microspheres from aluminium oxide*. Russian Federation Patent 2740748. 20.01.2021.
13. Brazhkin V.V., Bagramov R.Kh., Filonenko V.P., Zibrov I.P. *A method to obtain powders of high-borated diamond*. Russian Federation Patent 2740933. 21.01.2021.
14. Ivanov L.A., Xu L.D., Bokova E.S., Ishkov A.D., Muminova S.R. Nanotechnologies: are view of inventions and utility models. Part V. *Nanotechnologies in Construction*. 2020; 12(6): 331–338. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2020-12-6-331-338](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-6-331-338).
15. Vladimirova E.V., Gyrdasova O.I., Dmitriev A.V. *A method to produce nanostructured hollow microspheres of vanadium oxide*. Russian Federation Patent 2739773. 28.12.2020.
16. Gusev A.A., Zaharova O.V., Muratov D.S. *A method to produce water suspensions of nanocomposite material on the basis of graphene oxide and zirconium trisulfides with antibacterial properties*. Russian Federation Patent 2739922. 29.12.2020.
17. Ivanov L.A., Bokova E.S., Muminova S.R., Katuhin L.F. Nanotechnologies: a review of inventions and utility models. Part I. *Nanotechnologies in Construction*. 2020; 12(1): 27–33. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-27-33](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-1-27-33).
18. Belaya E.A., Kovalev I.A., Viktorov V.V. *A method to produce metal ferrites of eighth group fourth period*. Russian Federation Patent 2738940. 18.12.2020.
19. Povoroznyuk S.N., Nesov S.N., Korusenko P.M., Bolotov V.V. *A method to form contact surface of lithium-ion anode battery*. Russian Federation Patent 2739574. 28.12.2020.
20. Bagraev N.T., Klyachkin L.E., Kukushkin S.A. et al. *Broadband radiant of infrared and THz-bands of wave length*. Russian Federation Patent 2739541. 25.12.2020.
21. Ivanov L.A., Kapustin I.A., Borisova O.N., Pisarenko Zh.V. Nanotechnologies: a review of inventions and utility models. Part II. *Nanotechnologies in Construction*. 2020; 12(2): 71–76. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2020-12-2-71-76](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-2-71-76).
22. Tsareva Ya.O., Petukhova A.Yu., Nizamov T.R. et al. *A method to obtain modified magnetite nanoparticles gadolinium-doped*. Russian Federation Patent 2738118. 08.12.2020.
23. Ozkan S.Zh., Karpacheva G.P. *Hybride magnetic and electric conductive material on the basis of polymer, bimetal nanoparticles and carbon nanotubes and a method to produce it*. Russian Federation Patent 2737184. 25.11.2020.
24. Bokova E.S., Kovalenko G.M., Pawlova M., Kapustin I.A., Evsyukova N.V., Ivanov L. Electrospinning of Fibres Using Mixed Compositions Based on Polyetherurethane and Hydrophylic Polymers for the Production of Membrane Materials. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*. 2020; 28, 4(142): 49-51. Available from: [doi: 10.5604/01.3001.0014.0933](https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.0933).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Leonid A. Ivanov, Cand. Sci. (Eng.), Vice President of the Russian Academy of Engineering, Member of the International Journalist Federation; Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9513-8712>, e-mail: L.a.ivanov@mail.ru

Li D. Xu, Ph.D., Prof., Old Dominion University, of Information Technologies & Decision Sciences Department; Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Norfolk, Virginia, USA, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3263-5217>, e-mail: LXu@odu.edu

Elena S. Bokova, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Department of Chemistry and Technology of Polymers and Nanocomposites, A.N. Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7769-9639>, e-mail: esbokova@ya.ru

Aleksandr D. Ishkov, Cand. Sci. (Psychology), Associated Professor, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Head of the Department of Social, Psychological and Legal Communications, Moscow, Russia, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1709-0175>, e-mail: aishkov@gmail.com

Svetlana R. Muminova, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, Russian State University of Tourism and Service; Cherkizovo, Moscow region, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5236-607X>, e-mail: it.rguts@mail.ru

All authors declare the absence of any competing interests.

Received: 21.01.2021.

Revised: 07.02.2021.

Accepted: 09.02.2021.



Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть I

Л.А. Иванов^{1*} , Л.Д. Сюй² , Е.С. Бокова³ , А.Д. Ишков⁴ , С.Р. Муминова⁵ 

¹ Российская инженерная академия, г. Москва, Россия

² Университет Олд Доминион, г. Норфолк, Вирджиния, США

³ Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) (РГУ им. А.Н. Косыгина), г. Москва, Россия

⁴ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия

⁵ Российский государственный университет туризма и сервиса; пос. Черкизово, Московская область, Россия

*Контакты: e-mail: L.a.ivanov@mail.ru

РЕЗЮМЕ: В статье проводится в реферативной форме обзор изобретений. Результаты творческой деятельности ученых, инженеров и специалистов, в т.ч. и изобретения в области нанотехнологий и наноматериалов позволяют при их внедрении добиться значительного эффекта в строительстве, жилищно-коммунальном хозяйстве, смежных отраслях экономики. Например, изобретение «Способ получения графеносодержащих суспензий эксфолиацией графита и устройство для его реализации» относится к химической промышленности и строительству и может быть использовано при модифицировании пластичных смазок, эпоксидных смол и бетонов. Технической задачей изобретения является повышение эффективности эксфолиации графита, получение графеносодержащих суспензий в непрерывном режиме и снижение удельных энергозатрат на производство этих суспензий.

Задача решается тем, что в способе получения графеносодержащей суспензии, включающем приготовление смеси кристаллического графита с жидкостью с концентрацией графита от 10 до 20 массовых процентов в емкости для исходной суспензии, подачу исходной суспензии в роторный аппарат, эксфолиацию графита и отвод обработанной суспензии из роторного аппарата, эксфолиацию графита осуществляют последовательно в нескольких роторных аппаратах, причем подачу исходной суспензии в первый роторный аппарат осуществляют насосом с фиксированным расходом, после отвода обработанной суспензии из одного роторного аппарата ее подают в следующий роторный аппарат, а из последнего роторного аппарата обработанную суспензию подают в центробежный сепаратор и после сепарации фугат подают в емкость готового продукта, а осадок подают в емкость для исходной суспензии, в которую добавляют графит и жидкость до получения требуемой концентрации графита в исходной суспензии.

Также представляют интерес для специалистов следующие изобретения в области нанотехнологий: эволюция фотоэлектрической технологии от традиционных до наноматериалов, композиция покрытия для цветового оформления стен зданий, сегнетоэлектрический нанокompозитный материал на базе пористого стекла и материалов группы дигидрофосфата калия, инновационная технология очищения сточных вод с целью быстрого отстаивания осадка и улучшения очистки от загрязнений с помощью наноматериалов, способ получения порошковой смеси бидисперсных керамических и металлических частиц, загрязнение микро- и нанопластиком: характер, микробиальная экология и технологии нейтрализации, способ получения многослойных износостойких алмазоподобных покрытий, тепловыделяющий элемент с композитным защитным покрытием и др.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нанотехнологии в строительстве, наночастицы, наноструктуры, наночастицы, нановолокна, наноматериалы.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Бокова Е.С., Ишков А.Д., Муминова С.Р. Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть I // Нанотехнологии в строительстве. – 2021. – Том 13, № 1. – С. 23–31. – DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-1-23-31.

ВВЕДЕНИЕ

Высокие технологии поражают воображение людей, демонстрируя все новые и новые достижения (материалы, способы, системы, технологии, устройства и др.), кардинально меняющие окружающий мир. Это, прежде всего, можно отнести к изобретениям ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Способ получения графеносодержащих суспензий эксфолиацией графита и устройство для его реализации (RU 2737925 C1)

Изобретение относится к химической промышленности и строительству и может быть использовано при модифицировании пластичных смазок, эпоксидных смол и бетонов [1]. Технической задачей настоящего изобретения является повышение эффективности эксфолиации графита, получение графеносодержащих суспензий в непрерывном режиме и снижение удельных энергозатрат на производство этих суспензий.

Задача решается тем, что в способе получения графеносодержащей суспензии, включающем приготовление смеси кристаллического графита с жидкостью с концентрацией графита от 10 до 20 массовых процентов в емкости для исходной суспензии, подачу исходной суспензии в роторный аппарат, эксфолиацию графита и отвод обработанной суспензии из роторного аппарата, эксфолиацию графита осуществляют последовательно в нескольких роторных аппаратах, причем подачу исходной суспензии в первый роторный аппарат осуществляют насосом с фиксированным расходом, после отвода обработанной суспензии из одного роторного аппарата ее подают в следующий роторный аппарат, а из последнего роторного аппарата обработанную суспензию подают в центробежный сепаратор и после сепарации фугат подают в емкость готового продукта, а осадок подают в емкость для исходной суспензии, в которую добавляют графит и жидкость до получения требуемой концентрации графита в исходной суспензии.

На рис. 1 показана принципиальная схема устройства. В емкости для исходной суспензии 1 готовят смесь, содержащую жидкость и 10–20 мас.% кристаллического графита. Емкость 1 снабжена узлом подачи жидкости из емкости 7, датчиком расхода 6 и дозатором графита 8. Между емкостью 1 и первым роторным аппаратом 2 установлен насос 9 с регулируемой производительностью, посредством которого исходную суспензию подают в блок эксфолиации, состоящий из 5–10 роторных аппаратов, соединен-

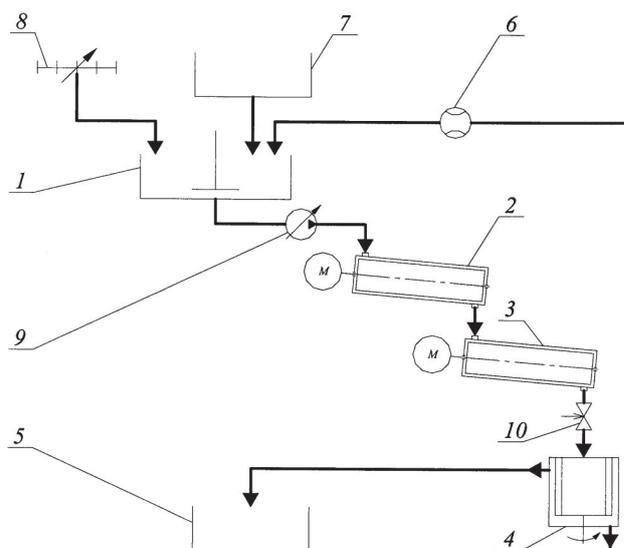


Рис. 1. Принципиальная схема устройства

ных последовательно таким образом, что отверстие для отвода суспензии каждого предыдущего аппарата соединено с отверстием для подачи суспензии каждого последующего аппарата, а отверстие для отвода суспензии из последнего аппарата 3 соединено с патрубком для подачи суспензии в центробежный сепаратор 4 через регулируемый вентиль 10. Каждый роторный аппарат содержит статор в виде цилиндрической оболочки с отверстиями для подвода и отвода суспензии, ротор с лопастями и привод вращения ротора. После сепарации фугат подают в емкость готовой графеносодержащей суспензии 5, а осадок – в емкость для исходной суспензии 1.

Эволюция фотоэлектрической технологии от традиционных до наноматериалов

Солнечные панели – это один из способов удовлетворить возрастающий спрос на экологически безопасную энергию [2]. Преимуществами использования солнечной энергии являются ее устойчивость (безопасность для окружающей среды) и надежность. Более того, солнечный свет как ресурс доступен на протяжении всего года в большинстве регионов. Данный вид энергии обеспечивается за счет фотоэлектрических (ФЭ) солнечных панелей. Традиционные солнечные панели недостаточно эффективны и дороги. Улучшение эксплуатационных качеств солнечных панелей – это задача, которую необходимо решить, чтобы солнечная энергия вошла в повседневную жизнь. До сих пор появлялись разнообразные идеи, и было проведено немало исследований, цель которых состояла в повышении эксплуатационных характеристик солнечных панелей. На самом деле, нанотехнологии способны стать отправной точкой на пути к созданию

экономичных и эффективных систем, использующих солнечную энергию в промышленном масштабе. Цель данного исследования – сделать вводный обзор, посвященный ФЭ батареям, их проектированию, техническим параметрам и характеристикам. Далее рассматривается развитие ФЭ технологий от традиционных материалов к новым, таким, как, например, наноматериалы. Сравнительный анализ описывает различные солнечные панели по типу их материала, эффективности, срока эксплуатации, преимуществ и ограничений. В заключительной части статьи приводятся выводы и оценка перспектив данной технологии. Прогнозируется, что в будущем углеродные материалы, а также их аллотропные формы, такие, как графен, углеродные нанотрубки и фуллерены смогут повысить производительность по сравнению с традиционными панелями на основе кремния и, таким образом, повлияют на образование рынка систем солнечной энергии.

Композиция покрытия для цветового оформления стен зданий (RU 2738655 C2)

Для цветового оформления стен зданий уже давно известны многочисленные системы покрытий. Они основываются, например, на дисперсионных красках, силикатных красках или дисперсионно-силикатных красках. В зависимости от того, предназначена композиция покрытия для нанесения на фасады здания или на его внутренние поверхности, должны соблюдаться самые разные профили свойств (характеристик). В частности, при использовании композиций покрытия в качестве интерьерных красок иногда предъявляются очень высокие требования к степени глянца. Например, требуется достигнуть воспроизводимой желаемой степени глянца, такой, как матовый, средний глянец, называемый также шелковисто-блестящим, и блестящий (например, как это трактует DIN 13300). Однако сделать это безупречно удается далеко не всегда.

В основу настоящего изобретения положена задача создания композиции покрытия, которая позволяет получить особенные покрытия со степенью глянца: матовый, средний глянец, шелковисто-блестящий и блестящий [3]. Композиция покрытия содержит, по меньшей мере, одно органическое связующее, включающее сополимеры винилацетата с этиленом, сополимеры на основе винилароматических соединений и акрилатов или сополимеры на основе чистых акрилатов, жидкое стекло, кизельзоль, по меньшей мере, один первый наполнитель и/или, по меньшей мере, один первый пигмент с размером частиц D_{50} , менее или равным 2,0 мкм. При этом массовая доля сухого вещества кизельзоля выше, чем массовая доля сухого вещества жидкого стекла, в пересчете

в каждом отдельном случае на общую массу сухого вещества композиции покрытия. Предложено также покрытие, полученное из такой композиции, и применение композиции покрытия для получения покрытия на поверхности подложки.

Следует отметить, что кизельзоли реализуются на рынке в виде водных коллоидных суспензий молекул поликремниевой кислоты. Кизельзоль предпочтительно является щелочным и предпочтительно имеет, в частности, $pH > 9$. Также выяснилось, что очень выгодно, особенно в плане регулирования желаемой степени глянца и матовости, использовать тонкодисперсные кизельзоли. При этом средний размер частиц кизельзоля должен предпочтительно составлять 80 нм или менее, более предпочтительно – менее или равно 40 нм, особенно предпочтительно – менее или равно 20 нм. Даже более предпочтительно, чтобы средний размер частиц кизельзоля составлял менее или равно 10 нм. В одном варианте осуществления изобретения средний размер частиц кизельзоля также может определяться по DIN ISO 9276-1:2004-09 и ISO 9276-2:2014-05.

Изобретение позволяет получать шелковисто-блестящие или блестящие покрытия, отличающиеся высокой стойкостью к влажному истиранию, при использовании стабильной при хранении композиции, не содержащей консервантов.

Сегнетоэлектрический нанокompозитный материал на базе пористого стекла и материалов группы дигидрофосфата калия (RU 2740563 C1)

В настоящее время все большее внимание уделяется искусственным материалам с заранее заданными свойствами, получение которых основано на влиянии наноразмерных эффектов на свойства материалов. Среди таких материалов одно из ведущих мест занимают сегнетоэлектрические нанокompозиты, свойства которых чрезвычайно чувствительны к размерным эффектам, что обусловлено значительной ролью в них поверхностных или граничных эффектов. Кроме этого, возможность вариации параметров сегнетоэлектрических композитов значительно усиливается из-за наличия в них фазовых переходов, размягчающих их структуру и делающих ее особенно мобильной.

Изобретение относится к наноструктурированным материалам с выраженной сегнетоэлектрической активностью, используемым в качестве функциональных материалов в современной микро- и нанoeлектронике [4]. Сегнетоэлектрический нанокompозитный материал содержит матрицу из пористого стекла и в качестве наполнителя сегнетоэлектрическую соль дигидрофосфата калия или дигидрофосфата аммония. Диаметр сквозных пор в матрице

из пористого стекла составляет 7 нм, а объемное соотношение наполнителя ко всему нанокompозитному материалу 0,2–0,25. Технический результат заключается в получении сегнетоэлектрического нанокompозитного материала с расширенным температурным интервалом существования полярной фазы.

Инновационная технология очищения сточных вод с целью быстрого отстаивания осадка и улучшения очистки от загрязнений с помощью наноматериалов

Стремительное развитие экономики и ускорение темпов урбанизации привели к недостатку воды во всем мире. Массовое увеличение сточных вод и низкая эффективность использования муниципальных инженерных сетей серьезно повлияли на производительность городских систем и стали угрозой для экологии и здоровья человека. В рамках данного исследования была разработана инновационная методика путем периодического добавления коммерческого коагулянта нанотипа — *nanofloc®* — в компактный биореактор для очистки сточных вод. Сначала лабораторный образец биореактора изготавливался в различных условиях и с различными техническими характеристиками; инновационный экспериментальный метод подачи бескислородной орошающей фракции и *nanofloc®* был выбран исходя из эффективности удаления загрязнителя. С целью изучения влияния размера реактора на производительность биореактора и дальнейшей верификации общей производительности модифицированного биореактора, а также для разработки практического руководства по его использованию, те же самые параметры были применены и в пилотной версии биореактора. Дополнительно взвешенные твердые частицы в смешанном растворе (ВТЧСР), летучие взвешенные вещества в смешанном растворе (ЛВВСР)/ ВТЧСР, показатель уплотняемости объема осадка (УОО) и размер частиц осадка были протестированы как в лабораторном, так и в пилотном образце биореактора, чтобы исследовать влияние *nanofloc®* на свойства осадка. Описан механизм удаления биогенных элементов, сравнивается новая технология и AGS [5].

В данной работе предлагается альтернативный метод, предусматривающий добавление нанокompозитного коагулирующего агента в модифицированный биореактор. Более качественный сливной сток и быстрый процесс осаждения были получены как в лабораторных условиях, так и в пилотной модели биореактора с низким показателем времени гидравлического задержания сточных вод — 8 часов — что стало возможным благодаря электрической нейтрализации и мостичным эффектам. С точки зрения осаждаемости осадка, объема, устойчивости и простоты данного метода в условиях городских водо-

очистных сооружений, он может быть использован в качестве альтернативного метода для их модернизации и реновации.

Способ получения порошковой смеси бидисперсных керамических и металлических частиц (RU 2740495 C1)

Изобретение относится к порошковой металлургии и может быть использовано в технологиях формирования нанокompозитных материалов и лигатур. Смеси необходимы для получения композитных материалов на основе наноразмерных керамических частиц и микроразмерных металлических частиц с равномерно распределенными по объему матрицы частицами, что обеспечивает повышение механических характеристик [6].

Технический результат достигается тем, что разработан способ получения порошковой смеси бидисперсных керамических и металлических частиц, включающий перемешивание порошков в жидкой среде в несколько этапов. Перемешивание порошков в жидкой среде проводят в два этапа. В качестве жидкой среды используют раствор петролейного эфира и стеариновой кислоты в массовом соотношении 199/1. На первом этапе перемешивают керамические наночастицы в жидкой среде в течение не менее 15 минут. На втором этапе в полученную смесь добавляют металлические микрочастицы и перемешивают в течение не менее 15 минут с последующим удалением жид-

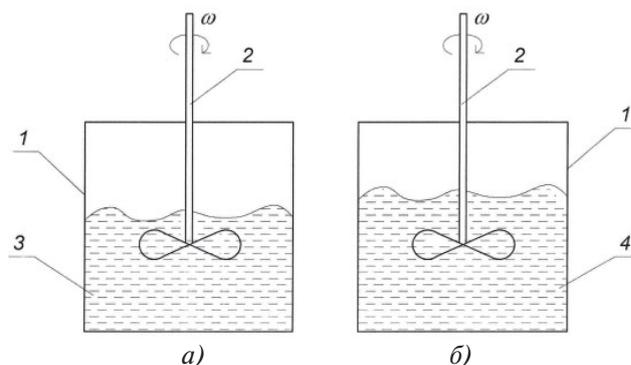


Рис. 2а. Схема устройства для получения порошковой смеси на первом этапе: 1 — цилиндрический контейнер; 2 — механический смеситель; 3 — смесь керамических наночастиц с раствором петролейный эфир/стеариновая кислота

Рис. 2б. Схема устройства для получения порошковой смеси на втором этапе: 1 — цилиндрический контейнер; 2 — механический смеситель; 4 — смесь керамических наночастиц и металлических микрочастиц с раствором петролейный эфир/стеариновая кислота

кости в сушильном шкафу при температуре не менее 80°C в течение не менее 24 часов. Диаметры керамических наночастиц выбирают в диапазоне (30÷140) нм, диаметры металлических микрочастиц – в диапазоне (20÷180) мкм, массовые доли порошков и жидкости выбирают в соотношении 1/2, массовые доли наночастиц и микрочастиц – в соотношении 1/19.

Сущность изобретения поясняется рис. 2а и 2б.

Загрязнение микро- и нанопластиком: характер, микробиальная экология и технологии нейтрализации.

Увеличение объемов пластикового мусора стало серьезной глобальной проблемой. Для борьбы с ней были предложены различные стратегии и подходы. Несмотря на многочисленные исследования, только некоторые из них проводились с целью изучения бактериальных очистных процессов с использованием современных нанотехнологий [7]. Данное исследование нацелено на поиск решения для экологических проблем, вызванных частицами микропластика (МП) и нанопластика (НП), в таких областях наноауки, как системное изучение синтетических наночастиц пластика, микробиальная экология и ремедиационные технологии. Это должно способствовать объяснению процессов влияния микропластика на экологию, его поведению, распространению, эко-токсичности и т.д. Взаимодействия между пластиком и микробами обычно сопровождается формированием биопленки, которая создает различные эффекты, начиная от возникновения генов за счет влияния на горизонтальный трансфер генов и заканчивая целыми экосистемами под воздействием биохимических циклов, поглощения углерода (С) и климата. Также изучены процессы нейтрализации пластиковых отходов с помощью следующих бионанотехнологий: коагуляция, мембранные биореакторы, биоразложение и фиторемедиация. С этой точки зрения, термохимическое превращение пластиковых отходов в энергию – заманчивая перспектива. Более того, молекулярные и постгеномные технологии способны упростить микробиальное биоразложение МП/НП благодаря улучшенным уровням каталитической активности.

Способ получения многослойных износостойких алмазоподобных покрытий (RU 2740591 С1)

Как известно, основной причиной износа тяжело нагруженных узлов трения (зубчатые и шлицевые передачи) является возникновение трещин в его контактирующей части, являющихся причиной появления сколов и выкрашиваний, связанных с усталостным разрушением и явлением фреттинга. Одним из путей повышения стойкости и работоспособности шлицевых соединений с покрытием является нане-

сение покрытий многослойного типа. Наличие в покрытии слоев с определенными теплофизическими и механическими свойствами способно тормозить процессы образования и распространения трещин без снижения микротвердости, улучшить термонапряженное состояние шлицов с покрытием и повысить износостойкость. Также необходимо отметить, что при трении с высокими скоростями и колебаниями интенсифицируются процессы фреттинг-окислительного износа, способствующие разупрочнению материала покрытия и основы.

Техническим результатом изобретения является разработка технологии получения сверхтвердого углерод-металлического покрытия с заданными свойствами, а именно, улучшения качества алмазоподобных пленок за счет изменения их структуры и состава, при этом нижний слой должен обладать высокой адгезией с материалом подложки, средний – высокой твердостью и повышенной износостойкостью, верхний – хорошей теплопроводностью и теплостойкостью с низким коэффициентом трения [8]. Указанный технический результат достигается за счет того, что поверхность изделия предварительно обрабатывают перед началом процесса нанесения многослойного алмазоподобного покрытия. Предварительная обработка включает очистку изделий электроимпульсным полированием в водном растворе солей аммония низкой концентрации (3–6%) в течение 2–8 мин. Время очистки выбирается в зависимости от степени загрязненности и размеров изделий. После электроимпульсного полирования проводится ультразвуковая обработка изделий. Для этого обрабатываемые изделия помещаются в ультразвуковую ванну полностью со спиртом без соприкосновения режущих кромок и проводится их очистка в течение 2–5 мин. Время очистки выбирается в зависимости от степени загрязненности и размеров изделий. Осаждение наноразмерных износостойких покрытий на изделия осуществляется на вакуумной установке BRV600Ф.

Изобретение может быть использовано в промышленности, транспорте для повышения эксплуатационных характеристик изделий и увеличения их ресурса работы, деталей узлов трения, деталей точного машиностроения.

Способ получения нанокompозитного магнитного и электропроводящего материала (RU 2739030 С1)

Изобретение может быть использовано при создании компонентов электронной техники, сенсоров, суперконденсаторов, электромагнитных экранов, контрастирующих материалов для магниторезонансной томографии, в системах магнитной записи информации как материалы, поглощающие элект-

тромагнитное излучение и др. Гибридные металл-полимерные нанокомпозиты на основе полимеров с системой сопряжения представляют собой материалы нового поколения с широким спектром функциональных характеристик [9]. Особое место в этом классе гибридных материалов занимают магнитные нанокомпозиты. Функциональные свойства таких нанокомпозитов определяются как специфической электронной структурой полисопряженной системы, так и природой магнитных наночастиц, что обеспечивает сочетание в одном материале магнитных, электрических, электрохимических и других физико-химических свойств. Задача изобретения заключается в создании нанокомпозитного магнитного материала, обладающего одновременно электрическими (электропроводящими) и суперпарамагнитными свойствами, высокой намагниченностью насыщения и термостойкостью (термостабильностью), высокой электропроводностью, и разработке простого и эффективного способа его получения.

Задача решается тем, что предложен способ получения нанокомпозитного магнитного и электропроводящего материала путем совместного растворения солей Со (II) и Fe (III) в органическом растворителе и полимерной матрицы – полифеноксазина (ПФОА), удаления растворителя с формированием прекурсора и последующего ИК-нагрева полученного прекурсора, отличающийся тем, что совместное растворение проводят одновременно с дополнительно добавленными в раствор одностенными углеродными нанотрубками (ОУНТ), удаление растворителя осуществляют при температуре 60–85°C, а ИК-нагрев проводят в атмосфере аргона при 350–600°C в течение 2–10 мин до образования нанокомпозитного материала, содержащего 5–10 масс. % от массы полимера ОУНТ, на которых закреплены наночастицы Со–Fe при общем содержании их в материале 2–45 масс. %.

Тепловыделяющий элемент с композитным защитным покрытием (RU 2740701 C2)

После аварии в 2011 году на АЭС «Фукусима-1» (Япония), связанной с потерей теплоносителя, в мире началась программа по созданию «толерантного» топлива (Accident Tolerant Fuel, ATF), исключающего наработку водорода, выделяющегося при окислении циркония (пароциркониевая реакция $Zr + 2H_2O \rightarrow ZrO_2 + 2H_2 \uparrow$) и приводящего к образованию взрывоопасной водородной смеси в верхней части реактора. Водородный взрыв является наиболее опасным явлением в процессе развития радиационной аварии и приводит к распространению радиоактивных веществ на расстоянии более 100 км.

Техническая задача, решаемая в данном изобретении – это предотвращение как вздутия и разгер-

метизации твэлов на раннем этапе тяжелой аварии с потерей теплоносителя, так и возникновения пароциркониевой реакции.

Техническая задача решается за счет того, что на оболочке твэла из циркониевого сплава создается многослойное защитное покрытие, в котором один или несколько промежуточных барьерных слоев выполняются из материалов, выбранных из группы, включающей тантал, молибден, вольфрам, ниобий, ванадий, гафний (тугоплавкие ОЦК металлы, образующие непрерывный ряд твердых растворов с соединением с Ti), а внешний слой выполняется из сплава на основе Cr–Al, отличающийся тем, что в покрытии содержится композитный слой, состоящий из жгутов нанотрубок, помещенных в пластичную матрицу из сплава титана [10].

Новый технический результат изобретения состоит в том, что углесодержащий материал, в частности, нанотрубки, обладающие высокой удельной прочностью, слабо зависящей от температуры вплоть до 2500°C, накрученные на твэл, создают «бандаж», который остановит распухание и разрыв оболочек на начальной стадии аварии с потерей теплоносителя. Внешний коррозионноустойчивый слой на основе Cr–Al сплава замедлит окисление циркония и образование водорода. Теоретические оценки показали, что прочность на радиальный разрыв при температуре 1000°C и коррозионная стойкость при 1400°C оболочки твэла при использовании предлагаемого композитного покрытия повышаются более чем на порядок. Отслаивание покрытия при радиационном облучении не ожидается вследствие жесткости композитного слоя. Возможен выбор такой итоговой толщины предлагаемого композитного покрытия (например, не более 30 мкм), так что предлагаемое изобретение не требует существенных изменений технологии изготовления ТВС, что является несомненным достоинством настоящего изобретения.

Научные основы и технологии применения наноматериалов в качестве присадки к смазочному маслу

Нанотехнология – быстро развивающееся направление науки. В течение последних нескольких лет значительно продвинулись понимание структур и процедур на атомном и субатомном уровне (нанонаука), а также процессы использования и управления наноразмерными явлениями для особых целей (нанотехнологии). Пересечение нанотехнологий с другими сферами повысит человеческие возможности на различных уровнях [11].

Данное исследование сфокусировано на новых примерах использования нанофлюидов вне зависимости от теплообменных характеристик флюидов на наноуровне. Данное исследование описывается

как добавление присадочных средств, влияет на вязко-упругие и термо-физические свойства машинных масел. Машинное масло, используемое в транспортной индустрии, является одним из самых потребляемых продуктов. В связи с этим, наблюдается спрос на повышение производительности присадок. Для этого в присадки вводят добавки, улучшающие их эксплуатационные качества. Следовательно возникает необходимость демонстрации того, как добавки к присадкам меняют автоиндустрию, потребителей и каким образом влияют на окружающую среду. Подобные добавки охватывают следующие сферы использования: смазочные материалы для пассажирского транспорта (дизельные и газовые двигатели), двигателей грузовиков и автобусов, а также для мощных двигателей. Исследование показало вклад, производимый присадками к смазкам в данных сферах по отношению к потребителям, отрасли и окружающей среде за счет их способности оптимизировать желаемые качества присадок, одновременно предотвращая появление нежелательных эффектов.

Способ изготовления полых микросфер из оксида алюминия (RU 2740748 C1)

Изобретение относится к способам изготовления неорганических наполнителей из полых наносфер оксида алюминия, применяемых в качестве основы сорбентов, носителей катализаторов, наполнителей для термостойких и теплоизоляционных покрытий и других функциональных материалов [12].

Задачей технического решения являлась разработка способа изготовления полых микросфер из оксида алюминия, обеспечивающего их средний размер в диапазоне от 40 до 100 нм при одновременном упрощении процесса их изготовления. Поставленная задача решается тем, что способ изготовления полых микросфер оксида алюминия включает гидротермальную обработку водного раствора нитрата алюминия и моносахарида, промывку продукта гидротермальную обработку в виде углеродного ядра с оболочкой из оксида алюминия дистиллированной водой, его сушку и отжиг в воздушной среде до получения полых микросфер оксида алюминия. Новым в способе является то, что проводят гидротермальную обработку водного раствора (0,001–0,050) моль/л нитрата алюминия и (0,01–0,50) моль/л фруктозы при температуре (100–125)°С и давлении (0,5–1,0) МПа в течение (1–4) часов с целью создания в объеме реакционного раствора большого количества зародышей новой фазы, а затем при (175–200)°С и давлении (3–5) МПа в течение (5–25) часов для осуществления роста этих зародышей до размеров в несколько десятков нанометров.

Отжиг продукта гидротермальной обработки можно проводить при температуре 600–800°С. Гидротермальная обработка исходного раствора нитрата алюминия и фруктозы в двухстадийном режиме позволяет осуществлять тонкую настройку функциональных характеристик готового продукта за счет управления процессами зародышеобразования (первая стадия) и роста (вторая стадия) предшествующих основному продукту композиционных сфер со структурой «углеродное ядро – оксидная оболочка». На первой стадии гидротермальной обработки раствора сравнительно мягкие температурные и временные условия обеспечивают появление в реакционном объеме большого числа зародышей новой фазы. На второй стадии при более жестких условиях гидротермальной обработки протекает интенсивный рост зародышей до размеров в несколько десятков нанометров и организация их композиционной структуры по типу «углеродное ядро – оксидная оболочка», которая затем определяет значения удельной поверхности и пористости продукта последующей термической обработки – полых сфер Al_2O_3 .

Способ получения порошков высокоборированного алмаза (RU 2740933 C1)

Изобретение относится к области синтеза алмаза, и, в частности, к методам синтеза порошков алмазов, легированных бором в концентрации выше 10^{21} атом/см³. Отличительной особенностью данного материала является металлический тип проводимости и наличие сверхпроводимости при низких температурах, что определяет его востребованность в таких областях как электрохимия, биохимия, электроанализ, электронные и электромеханические устройства. Потребность в микронных и субмикронных порошках высоколегированного бором алмаза обусловлена тем, что они могут быть использованы для получения проводящих и сверхпроводящих композитов, которые обладают исключительной твердостью [13].

Задачей предлагаемого технического решения является устранение недостатков, и в частности, исключение использования водородсодержащего вещества, и получение алмазных порошков микронных около 1–10 мкм и субмикронных 0,1–1 мкм размеров, содержащих легирующую добавку бора в концентрации не менее 10^{21} атом/см³. Кроме того, решается задача получения алмазных порошков заданной зернистости в микронном и субмикронном диапазонах.

Исследование предлагаемого решения позволило установить, что дисперсность и уровень легирования бором получаемых алмазных порошков определяется состоянием исходного углеродного материала,

и, в частности, его дисперсностью и уровнем легирования бором. Было установлено, что исходный углеродный материал может быть борированным графитом, который может быть получен из смеси наноглобулярного углерода и рентгеноаморфного бора путем воздействия высоким давлением и температурой, при этом давление должно быть ниже, чем давление, необходимое для синтеза алмаза. Было установлено, что варьирование атомного соотношения бора и углерода в смеси наноглобулярного углерода и рентгеноаморфного бора, а также варьирование параметров термобарической обработки позволяет получать легированные бором порошки графита различной зернистости и кристаллического совершенства. Цель достигается тем, что наноглобулярный углерод и рентгеноаморфный бор берут в атомном соотношении бор/углерод от 1/10 до 1/20, смешивают и обрабатывают давлением в диапазоне 3–6 ГПа температурой в диапазоне 1400–1700°C и получают порошки борированного графита, которые затем обрабатывают при давлении 8 ГПа и температуре 1600–1800°C.

Также представляют интерес для специалистов следующие изобретения в области нанотехнологий:

- Метод производства сухих строительных смесей [14].
- Способ получения наноструктурированных полых микросфер оксида ванадия [15].
- Способ получения водных суспензий нанокompозитного материала на основе оксида графена и трисульфида циркония с противомикробными свойствами [16].

- Метод производства железосодержащих композитных материалов, усиленных оксидами металлического нанопорошка [17].
- Способ получения ферритов металлов восьмой группы четвертого периода [18].
- Способ формирования контактной поверхности анода литий-ионных аккумуляторов [19].
- Широкополосный излучатель инфракрасного и терагерцевого диапазонов длин волн [20].
- Метод производства метал-полимерных нанокompозитных материалов с металлическими наночастицами [21].
- Способ получения модифицированных наночастиц магнетита, легированных гадолинием [22].
- Гибридный магнитный и электропроводящий материал на основе полимера, биметаллических наночастиц и углеродных нанотрубок, и способ его получения [23].
- Способ формирования микро- и нановолокнистых материалов [24].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одна из актуальных задач экономики любой страны – повышение конкурентоспособности промышленности за счет ее технологического переоснащения. И в этом направлении главным объектом внимания со стороны государства и компаний становятся люди или предприятия, чья основная работа связана с изобретением и внедрением новых технологий. Поэтому надеемся, что публикуемая в данной рубрике информация будет востребованной и полезной для специалистов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Першин В.Ф., Аль-Джахар Р.А., Мансур В. и др. Патент 2737925 РФ МПК С1. Способ получения графеносодержащих суспензий эксфолиацией графита и устройство для его реализации / 2020. Бюл. № 34.
2. Sharma, P., & Goyal, P. (2020). Evolution of PV technology from conventional to nano-materials. *Materials Today: Proceedings*, 28, 1593–1597.
3. Генгенбах П., Бреннер Т., Бефурт У. Патент 2738655 РФ МПК С2. Композиция покрытия для цветового оформления стен зданий / 2020. Бюл. № 30.
4. Тарнавич В.В., Сидоркин А.С., Короткова Т.Н. и др. Патент 2740563 РФ МПК С1. Сегнетоэлектрический нанокompозитный материал на базе пористого стекла и материалов группы дигидрофосфата калия / 2021. Бюл. № 2.
5. He, W., Wang, Q., Zhu, Y., Wang, K., Mao, J., Xue, X., & Shi, Y. Innovative technology of municipal wastewater treatment for rapid sludge sedimentation and enhancing pollutants removal with nano-material. *Bioresource Technology*, 124675.
6. Ворожцов А.Б., Архипов В.А., Хрусталёв А.П., Данилов П.А. Патент 2740495 РФ МПК С1. Способ получения порошковой смеси бидисперсных керамических и металлических частиц / 2021. Бюл. № 2.
7. Rai, P. K., Lee, J., Brown, R. J., & Kim, K. H. (2020). Micro- and Nanoplastic Pollution: Behavior, Microbial Ecology, and Remediation Technologies. *Journal of Cleaner Production*, 125240.
8. Колесников В.И., Сычев А.П., Колесников И.В. и др. Патент 2740591 РФ МПК С1. Способ получения многослойных износостойких алмазоподобных покрытий / 2021. Бюл. № 2.
9. Озкан С.Ж., Карпачева Г.П. Патент 2739030 РФ МПК С1. Способ получения нанокompозитного магнитного и электропроводящего материала / 2020. Бюл. № 36.

10. Якушкин А.А., Борисов В.М., Трофимов В.Н. Патент 2740701 РФ МПК С2. Тепловыделяющий элемент с композитным защитным покрытием / 2021. Бюл. № 2.
11. Tonk, R. (2020). The science and technology of using nano-materials in engine oil as a lubricant additives. Materials Today: Proceedings. doi: 10.1016/j.matpr.2020.09.384.
12. Мартинсон К.Д., Попков В.И., Бачина А.К. и др. Патент 2740748 РФ МПК С1. Способ изготовления полых микросфер из оксида алюминия / 2021. Бюл. № 2.
13. Бражкин В.В., Баграмов Р.Х., Филоненко В.П., Зибров И.П. Патент 2740933 РФ МПК С1. Способ получения порошков высокоборированного алмаза / 2021. Бюл. № 3.
14. Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Бокова Е.С., Ишков А.Д., Муминова С.Р. Изобретения, основанные на использовании нанотехнологий, позволяют получить принципиально новые технические результаты. Часть V // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 6. – С. 331–338. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-6-331-338.
15. Владимиров Е.В., Гырдасова О.И., Дмитриев А.В. Патент 2739773 РФ МПК С1. Способ получения наноструктурированных полых микросфер оксида ванадия / 2020. Бюл. № 1.
16. Гусев А.А., Захарова О.В., Муратов Д.С. Патент 2739922 РФ МПК С1. Способ получения водных суспензий нанокompозитного материала на основе оксида графена и трисульфида циркония с противомикробными свойствами / 2020. Бюл. № 1.
17. Иванов Л.А., Бокова Е.С., Муминова С.Р., Катухин Л.Ф. Изобретения, основанные на использовании нанотехнологий, позволяют получить принципиально новые технические результаты. Часть I // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 1. – С. 27–33. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-27-33.
18. Белая Е.А., Ковалев И.А., Викторов В.В. Патент 2738940 РФ МПК С2. Способ получения ферритов металлов восьмой группы четвертого периода / 2020. Бюл. № 35.
19. Поворознюк С.Н., Несов С.Н., Корусенко П.М., Болотов В.В. Патент 2739574 РФ МПК С1. Способ формирования контактной поверхности анода литий-ионных аккумуляторов / 2020. Бюл. № 1.
20. Баграев Н.Т., Клячкин Л.Е., Кукушкин С.А. и др. Патент 2739541 РФ МПК С1. Широкополосный излучатель инфракрасного и терагерцового диапазонов длин волн / 2020. Бюл. № 36.
21. Иванов Л.А., Капустин И.А., Борисова О.Н., Писаренко Ж.В. Изобретения, основанные на использовании нанотехнологий, позволяют получить принципиально новые технические результаты. Часть II // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 2. – С. 71–76. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-2-71-76.
22. Царева Я.О., Петухова А.Ю., Низамов Т.Р. и др. Патент 2738118 РФ МПК С1. Способ получения модифицированных наночастиц магнетита, легированных гадолинием / 2020. Бюл. № 34.
23. Озкан С.Ж., Карпачева Г.П. Патент 2737184 РФ МПК С1. Гибридный магнитный и электропроводящий материал на основе полимера, биметаллических наночастиц и углеродных нанотрубок, и способ его получения / 2020. Бюл. № 33.
24. Bokova E.S., Kovalenko G.M., Pawlova M., Kapustin I.A., Evsyukova N.V., Ivanov L. Electrospinning of Fibres Using Mixed Compositions Based on Polyetherurethane and Hydrophilic Polymers for the Production of Membrane Materials. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2020; 28, 4(142): 49-51. DOI: 10.5604/01.3001.0014.0933.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Иванов Леонид Алексеевич, канд. техн. наук, вице-президент Российской инженерной академии, член Международной федерации журналистов; г. Москва, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9513-8712>, e-mail: L.a.ivanov@mail.ru

Сюй Ли Да, д-р философии, профессор, Университет Олд Доминион, отдел информационных технологий; Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE), г. Норфолк, Вирджиния, США, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3263-5217>, e-mail: LXu@odu.edu

Бокова Елена Сергеевна, д.т.н., профессор кафедры химии и технологии полимерных материалов и нанокompозитов, Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) (РГУ им. А.Н. Косыгина), г. Москва, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7769-9639>, e-mail: esbokova@ya.ru

Ишков Александр Дмитриевич, канд. психол. наук, доцент, Национальный исследовательский московский государственный строительный университет, зав. кафедрой Социальных, психологических и правовых коммуникаций, г. Москва, Россия, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1709-0175>, e-mail: aishkov@gmail.com

Муминова Светлана Рашидовна, канд. техн. наук, доцент, Высшая школа сервиса, Российский государственный университет туризма и сервиса; пос. Черкизово, Московская область, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5236-607X>, e-mail: it.rguts@mail.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 21.01.2021.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 07.02.2021.

Статья принята к публикации: 09.02.2021.



Biodegradable polymer materials and modifying additives: state of the art. Part II

A.K. Mazitova , G.K. Aminova, I.I. Zaripov , I.N. Vikhareva* 

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia

* **Contacts:** e-mail: irina.vikhareva2009@yandex.ru

ABSTRACT: One of the most demanded materials on the planet is plastic, the excellent performance of which contributes to the accumulation of a significant amount of waste on its basis. In this regard, a new approach to the development of these materials has been formed in scientific circles: the production of polymer composites with constant performance characteristics for a certain period and then capable of destruction under the influence of environmental factors. Analysis of the current state of the industry of polymeric materials shows that the most urgent is the use of such classical polymers as polyolefins and polyvinyl chloride. First of all, the optimal solution to this problem due to the lack of a suitable replacement for traditional polymers is the development of composites based on them with the use of biodegradable additives. In this case, a set of problems associated with waste disposal is solved: the decomposition period of the recycled waste is significantly reduced, the territories required for plastic waste are reduced. The paper outlines the preconditions for the emergence and further development of the field of biodegradable polymers. The main quantitative characteristics of the production capacities of manufactured bioplastics by types, regions and industries of application are given. Modern methods of reducing and regulating the degradation time of polymer materials are presented. The main global and domestic manufacturers of biodegradable polymers and their products are listed, as well as a list of the main manufacturers of biodegradable additives for polymeric materials. Modern types of bioplastics based on renewable raw materials, composites with their use, as well as modified materials from natural and synthetic polymers are listed. The main methods for determining the biodegradability of existing bioplastics are described.

KEYWORDS: biodegradation, biodegradable additives, petrochemical raw materials, polymers, plasticizers, plant sources.

FOR CITATION: Mazitova A.K., Aminova G.K., Zaripov I.I., Vikhareva I.N. Biodegradable polymer materials and modifying additives: state of the art. Part II. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(1):32–38. Available from: doi: 10.15828/2075-8545-2021-13-1-32-38.

MAIN PART

Overview of Biodegradable Polymers

Biodegradable polymers are polymers that decompose in the environment under the action of microorganisms (bacteria or fungi) and physical factors (UV radiation, temperature, oxygen) [25].

Biodegradation is a biological process that changes the chemical structure of a material, resulting in natural metabolic end products.

There are two types of biodegradation of materials: aerobic and anaerobic [25].

Aerobic decomposition (composting) is the biological decomposition of organic matter PM with the consump-

tion of free oxygen or air during the life of microorganisms. The products in this case are carbon dioxide, water, minerals and biomass.

Anaerobic decomposition (biogasification) is the biological decomposition of organic substances PM in the absence of consumption of free oxygen or air during the life of microorganisms. The products in this case are methane, water, minerals and biomass.

Classification of bioplastics by the type of raw material from which the polymer is made:

- renewable raw materials;
- non-renewable (fossil).

Another criterion for classification is the ability of PM to spontaneously degrade in the natural environment, that is, biodegradation:

- biodegradable;
- non-biodegradable.

According to these characteristics, all plastics can be divided into four groups [26].

Group 1. Non-biodegradable plastics from fossil raw materials – all “traditional” large-scale polymers: polyethylene, polypropylene, PVC, polyethylene terephthalate, polystyrene, polybutylene terephthalate, polycarbonates, polyurethanes, etc.

Group 2. Biodegradable plastics from fossil raw materials – synthetic materials obtained by traditional methods based on petrochemical hydrocarbon raw materials, but due to their structural features are capable of biodegradation: polybutyrates (copolymers of adipic acid, dimethyl terephthalate and 1,4-butanediol (PBAT), polybutylene succinates (PBS), polyvinyl alcohol (PVAL), polycaprolactones (PCL), and polyglycolic acid (PGA). These include traditional plastics modified with depolymerization promoters (group 2a) or obtained with the introduction of copolymers unstable to hydrolysis (group 2b). It is mainly modified PET, where, for example, PBAT is used as a copolymer.

Group 3. Non-biodegradable plastics based on natural raw materials – classical polymers (biopolyethylene, bioPVC, terephthalic biopolyesters PET or PBTF), the raw material for which is biomass. These are bioethylene and bimonoethylene glycol obtained from it, as well as bio-1,4-butanediol and monoethylene glycol of direct fermentation of sugars. And also polyamide-11, which is made from vegetable oil.

Group 4. Biodegradable plastics from natural raw materials, which are divided by the method of obtaining the polymer into subgroups:

Group 4a. Biodegradable plastics from natural raw materials, in which the polymer chain is formed naturally. The tasks of their production are reduced to their isolation from biological raw materials or to modifying their structure without synthesizing the polymer chain (biopolymers based on starch, modified cellulose);

Group 4b. Biodegradable plastics from natural raw materials, in which the polymer chain is formed due to the vital activity of microorganisms in a certain environment (polyhydroxyalkanoates (PHA));

Group 4c. Biodegradable plastics from natural raw materials, in which a monomer is formed as a result of a biological process, the polymer itself is assembled using synthesis (polylactic acid (PLA)).

For biodegradable composites, it is important that all ingredients are also biodegradable and non-toxic. Thus, standards for compostable PM require testing of polymers and all additives in order to exclude their negative impact on the biosphere [27–29].

In general, the biodegradability of PM does not depend on the nature of raw materials, but is directly related to the size and chemical structure of the molecule,

the presence and nature of substituents, and the supramolecular micro- and macrostructure [30–35]. To activate biodegradation, composite must contain the following fragments [36]:

- 1) heteroatoms;
- 2) biodegradable bonds ($R = CH_2$; $R = CH-R^1$; $R-CH_2-OH$; $R-CH(OH)-R$; $R-CO-H$; $R-CO-R^1$ и др.);
- 3) fragments of the carbon chain of less than five groups CH_2 ;
- 4) bulky substituents;
- 5) natural foods for microorganism nutrition as fillers: starch, cellulose, lactose, magnesium, urea.

There are five main ways of degradation of synthetic polymers, depending on external factors [37–38]:

- 1) bacterial destruction;
- 2) chemical destruction;
- 3) photodegradation by exposure to sunlight;
- 4) thermal degradation;
- 5) mechanical degradation.

Biodegradation of polymers occurs through two mechanisms: biological hydrolysis or biological oxidation [39–40].

Biological hydrolysis occurs under the action of special depolymerase enzymes for each type of hydrolysable bond. Biological oxidation can proceed without enzymes. Both destructive processes work synergistically.

The first stage of polymer damage begins with the adsorption of microorganisms on the surface. The second stage of damage proceeds depending on the chemical composition of the monomer unit of the polymer. There is either the utilization of the polymer as a source of nutrition for microorganisms, or destruction under the influence of the metabolic products of microorganisms – metabolites, which destroy the sample throughout the volume.

Each polymer is associated with microorganisms capable of initiating its depolymerization. The resulting mono- and oligomers undergo mineralization under the action of enzymes.

Bacterial destruction is characteristic of natural polymers and PMs containing natural components. Methods for bacterial decomposition of polymers using specially selected microorganisms have also been developed. This expensive process allows the destruction of petrochemical-based plastics.

Chemical degradation is carried out using aqueous solutions of chemical compounds and is especially accelerated in an alkaline environment. Initially, PM is dissolved in an aqueous solution, then complete biodegradation of the aqueous solution is carried out due to the microbial reagent.

Photodegradation. Under the influence of UV irradiation, photodegradable polymers gradually crack, then crumble into pieces, which then turn into powder. Further decomposition of PM proceeds under the ac-

tion of microorganisms. Polyolefins are especially prone to photodegradation. To increase the efficiency of the process, the following additives are added to the PM formulation [41–44]:

- sensitizers – initiators of photochemical reactions (benzophenone, diphenyl sulfide);
- compounds containing variable valence metals (Cu, Fe);
- compounds which, as a result of copolymerization of compound units, lead to the formation of aldehyde or ketone groups (comonomers vinyl ketones);
- compounds that contribute to the formation of a large number of carbonyl groups that absorb UV radiation.

Biodegradation of basic synthetic polymers is usually initiated by non-biological processes (thermal, photooxidative, mechanical degradation, etc.).

The biodegradation of synthetic polymers consists of two stages: depolymerization and mineralization of residues [45]. Extracellular enzymes are capable of destroying macroceps by initiating a depolymerization reaction. Endoenzymes have the form of a cavity in the form of a “lodge” and randomly destroy internal bonds in polymers. The active center of exoenzymes has the shape of a cavity in the form of a “pocket” and sequentially break macroceps into mono- and oligomeric fragments (Fig. 5) [39–40].

Their coherent serial-parallel catalytic transformations contribute to the rapid destruction of PM [39–40].

Currently, methods for producing recombinant enzymes from genetically modified (mutant) strains of microorganisms have been developed and polyenzyme complexes with the desired set of individual components have been created.

The obtained low molecular weight fragments are further mineralized with intracellular enzymes to form final products (carbon dioxide, water, salts, methane).

Classification of additives that accelerate the decomposition of PM [46]:

- Oxo additives. All toxic properties are preserved, and the complete decomposition of small pieces is not accelerated.

- Additives that accelerate the breakdown of polymer molecular chains under the influence of sunlight, a certain air temperature, moisture and other activating factors.
- Additives that cause the release of carbon and hydrogen molecules from plastic, which are readily absorbed by bacteria and fungi.

Biodegradable plastics based on traditional polymers. To create such PMs, special additives are used during processing. Some of them make it possible to modify the period of PM biodegradation up to 1–3 years, depending on the polymer structure. There are *OXO-degradable and hydrodecomposed PM*.

The d2w additive is a catalyst for the oxidation of carbon bonds in a polymer molecule under the action of ultraviolet light, atmospheric oxygen after a certain period of time. The resulting PMs are called OXO-degradable. In this case, after the oxidation process, the growth of microorganisms on the polymer surface is observed.

Hydrodegradable PM are materials based on renewable sources of plant raw materials or synthetic plastics that contain special additives (starch) that are decomposed by a hydrolysis reaction without oxygen. For this reason, methane is released during the biodegradation of these plastics. The final decomposition products are similar to OXO-degradable PM [37]. In both cases, the surface of the oxidized polymer has hydrophilic properties, in contrast to the initial PM, and therefore is easily exposed to the action of water and bacteria. The general scheme of destruction is shown in Figure 6 [24].

Biodegradable PM based on natural polymers

In the production of biodegradable packaging, the most widespread are polysaccharides (starch, dextrans, chitosan, cellulose, wood processing waste) [47–48].

Typically, starch contains 30–40% bound moisture, which is used as the most readily available plasticizer in the production of starch-based PM. It is also known to use urea, mono-, di- and polyethylene glycols as plasticizers. Foamed starch-based PMs are used as soundproof packaging. By extrusion of mixtures of corn starch and micro-

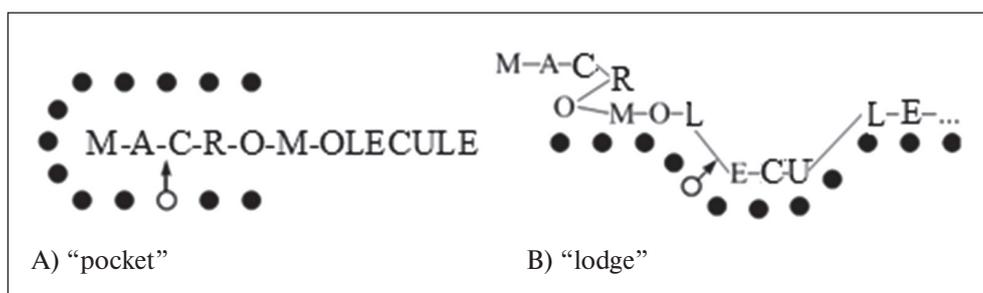


Fig. 5. Schemes of interaction of the active center of enzymes with certain areas of the polymer macromolecule

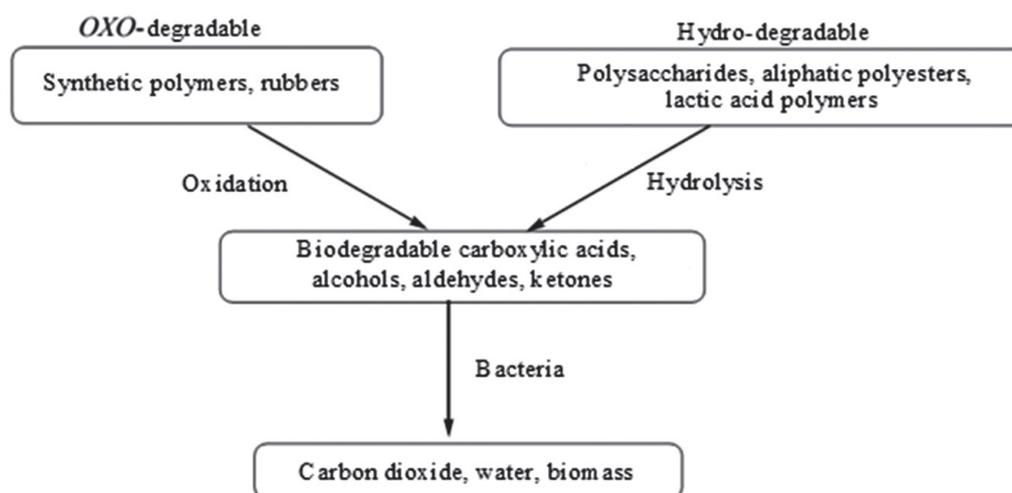


Fig. 6. General scheme of biodegradation of polymeric materials

crystals of cellulose and methylcellulose, PM is obtained to protect food products from weight loss and spoilage.

Mixtures of chitin and chitosan are becoming increasingly important as a basis for the production of biodegradable packaging films and textile fibers. Films based on chitosan are formed from acetic acid solutions, adjusting the solubility and swelling of the films by crosslinking chitosan with glutaraldehyde or oligomeric diepoxide.

Composite biodegradable polymers

When creating biodegradable polymer composites, as a rule, the following principle is applied: biodegradable natural polymer mixtures (starch, cellulose, chitin) or synthetic ones are added to a synthetic polymer binder [37]. Biodegradation of polyolefins in the presence of starch is a very complex process, in which various factors play an important role, including the oxidation reactions of carbon chain macromolecules [49–50].

For example, a complex of valuable characteristics inherent in chitin polysaccharide: low density, layered structure, ability to film formation, tendency to selective interaction with microorganisms, radio absorption and radioprotective properties, suggests the possibility of developing biodegradable electromagnetic screens based on its mixtures with polyethylene [51–52].

Another example, biodegradable copolymers of the product of joint polymerization of ethylene with caprolactone were prepared by graft copolymerization [53].

To protect PM from the effects of microorganisms, modification of PM properties is controlled using the following factors [43, 25]:

- by varying the structure of the material: an increase in the degree of crystallinity and orientation of polymers, crosslinking of macromolecules with the formation of network structures (the crystalline supramolecular

structure of the polymer provides greater resistance to biodegradation, since the compact arrangement of structural fragments of such polymers prevents swelling in water and the penetration of enzymes into the polymer matrix);

- by varying the chemical structure: by introducing substituents into the polymer macromolecules that sterically hinder the approach of aggressive metabolites to chemically unstable bonds;
- varying the composition of the material: introducing mineral fillers capable of diffusing to the surface and creating a protective layer at the interface;
- modification of the surface of the material: the formation of an insulating layer on it with other physicochemical properties, resistant to metabolites;
- modification of the nature of the stress state of the surface layers of the material, parts, product: the creation of residual compressive stresses that prevent the facilitation of cracking of the material in the presence of metabolites;
- modification of environmental conditions in order to minimize the rates of sorption, chemical, electrochemical processes.

To protect PM from biodegradation, compounds with biocidal properties are used: phenol derivatives, quaternary ammonium compounds, salicylanilides, copper 8-hydroxyquinolate, trilan, trichloroethyl phosphate, 1-fluoro-3-bromo-4,6-dinitrobenzene, phenyl mercury salicylate, phenyl mercury phthalate, pentachlorophenol [25]. Organometallic, organochlorine, quaternary ammonium and inorganic compounds are also used as biocides. Biocides can be divided into four groups:

- inorganic (ZnO , $CuSO_4$, NaF , NH_4BF_4 , $Ca(CN)_2$);
- organic (phenol derivatives, phosphorus-containing compounds, amines, etc.);

DEVELOPMENT OF NEW POLYMER MATERIALS

- organometallic (containing mercury, lead, tin, sodium, silver);
- polyfunctional (synthetic biologically active compounds).

It has been found that calcium carbonate as a filler reduces, and asbestos and talc increases the growth rate of microorganisms; zinc oxide in the composition of polymer composites inhibits the growth of microorganisms, titanium dioxide is inert, and iron and magnesium oxides stimulate it [25].

However, PMs that are absolutely resistant to the action of living organisms do not exist [25]. Studies have shown that materials such as neoprene and nylon are attacked by the fungi *A. niger*, *A. Flavus* and noticeably deteriorate their properties. There is no unambiguous

opinion regarding a number of other polymers: caprone, polyurethane, cellulose acetate, cellulose acetate butyrate, phenol aniline formaldehyde resin, melamine formaldehyde resin.

It has been established that the products of fungi vital activity are acetic, propionic, butyric, fumaric, succinic, malic, citric, tartaric, gluconic, and oxalic acids [25]. The resulting acids, due to their aggressiveness, lead to a change in the physical and mechanical characteristics of PM and are food for the development of fungi.

However, the resistance of PM to fungi does not mean their resistance to bacteria [45, 25]. For example, shale PVC is a fungus, but is destroyed by dinitrophenyl and hydrocarbon-oxidizing bacteria.

Table 2

Methods for assessing the biological degradation of polymer composite materials

Method	The essence of the method	Experiment time	Experimental conditions	Applied cultures	Standard
Mycological test	Determination of material resistance to the effects of mold cultures	28 days	Temperature 29±2°C Humidity over 90% Illumination 200–300 lx	Mold and microscopic fungi	ISO 846 ASTM G 21-96 State standard 9.049-91
Bacterial test	Determination of material resistance to bacteria cultures	–	Temperature 20°C Humidity over 58% Illumination 200–300 lx	Bacterial cells	ISO 846
Biodegradability of insoluble substances	Determination of the amount of O ₂ absorbed during aerobic degradation	4 months	Anaerobic conditions, Buffer mineral medium, Solid medium	Inoculant from activated sludge or waste water	ISO 10708 OECD 301 D
Free space test at 25/50°C	Determination of the amount of CO ₂ released during incubation of the material	48 days	Temperature 25–50°C Humidity 60–70% Illumination 200–300 lx Anaerobic environment	Mixed population of microorganisms	ASTM D5988-96 OECD 301 A
Shturm Method	Determination of the released CO ₂ in the process of material degradation	6 months	Temperature 20–25°C Illumination 200–300 lx Water solution Aerobic environment	Fungal or bacterial flora	ISO 9439 ISO 14852 DIN EN 29439 ASTM D 5209
Determination of released CO ₂ (aerobic test in compost)	Determination of released CO ₂ in the process of material degradation in compost	6 months	Aerobic environment Compost based on the organic fraction of municipal solid waste	Aerobic bacteria	ISO 14855 ASTM D 6400
Determination of the degree of decomposition in compost	Determination of the degree of decomposition of material in a model industrial compost	90 days	Temperature 58±2°C Air exchange Darkness or stray light Industrial compost	Inoculant, thermo-philic bacteria	ISO 16929 ISO 20200 BS EN 14045
Soil test	Determination of absorbed O ₂ or released CO ₂ in the process of material degradation in natural soil of the upper layer of fields	6 months	Temperature 28±2°C Soil moisture 30±5% pH–7,5 Soil biological activity coefficient 0,65–1,5	Soil microorganisms	ISO 17556 DIN 53739 State standard 9.060-75

Major producers of biodegradable additives

Symphony Environmental (Great Britain) produces additives for the production of conventional plastics, biodegradable plastic products. The main product is d2w (degradable to water), used in more than 60 countries [25].

Environmental Products Inc. (EPI, Canada) produces oxo-biodegradable plastics, the developer of Totally Degradable Plastic Additives TDPA. The additive is added at a ratio of 2–3% to the total volume of the base plastic (polyethylene, polypropylene, polystyrene). Non-toxic and safe for food contact [25].

Willow Ridge Plastics (WRP, USA) – manufacturer of oxo-biodegradable additives for plastics. The additives of the company are non-toxic, safe for use in the food industry [25].

Bio-Tec Environmental (USA) manufactures oxo additives EcoPure, which are used for more than 15 polymers, are biodegradable [25].

ECM BioFilms (USA) produces additives for polystyrene, polyurethanes and PET. The additive decomposes by microorganisms [25].

Nor-X Industry AS (Norway) produces an iron-based ingredient Renatura, which is used for biodegradation of polyolefins [25].

Wells Plastics Ltd (Great Britain) releases additives and masterbatches containing prodegradants from metal ions to give the main polymer photo- and thermal decomposability, a biodegradation enhancer of the second stage, in which a reaction rate modifier

is used to control the initiation and duration of oxo-biodegradation[25].

P-Life Japan Inc. (Japan) produces a mixture of catalysts based on fatty acids of a special proprietary formulation of the P-Life company. Content in the base polymer (PE or PP): 0.3% to 1% [25].

TOSAF (Israel). The product OX5854 based on polysaccharides is introduced in a ratio of 2–8% of the total polymer weight. For decomposition within a month, UV radiation, high humidity and temperatures up to 90°C [54].

ADD-X BIOTECH (Switzerland). Add flex grade HE01010 FF for LDPE. When 1.5% of the additive is added, spontaneous decomposition of the LDPE film heated to 60°C is observed after 140 hours. The Addiflex brand is presented in four grades for polymers for various purposes: A-grade, The HES grade, The HEV grade, The BOPP grade [55].

Methods for assessing the biodegradability of PM

The most commonly used methods for testing the biodegradability of composite materials are shown in Table 2.

The most productive is an integrated approach to the study of PM biodegradation. To determine reliable parameters and elucidate the mechanism of the process, a comparative analysis of the results of a number of independent physicochemical, biochemical, microbiological experiments carried out in laboratory and in vivo is necessary.

REFERENCES

25. Kostin A. Bioplastics: prospects in Russia. *Plastics*. 2015; 3: 44–50.
26. Information and Analytical Center in Russian Oil Industry. Available from: <http://www.rupec.ru/> (08.10.2020).
27. Vlasov S.V., Olkhov A.A. Biodegradable polymer materials. *Polymer materials: products, equipment, technologies*. 2006; 7: 23–26; 8: 35–36; 10: 28–33.
28. Popov A. Biodegradable polymeric materials. *Container and packing*. 2007; 3: 43–47.
29. Anisimov A.A., Smirnov V.F., Veselov A.P. *Microorganisms damage polymers*. Moscow: Knowledge; 1982.
30. Rybkina S.P., Paharenko V.A., Shostak T.S., Paharenko V.V. The main directions in the field of creation of biodegradable thermoplastics. *Plastic mass*. 2008; 10: 47–54.
31. Orekhov D.A., Vlasova G.M., Makarevich A.V., Pinchuk L.S. Biodegradable membranes based on thermoplastics. *Reports of the National Academy of Sciences of Belarus*. 2000; 44 (6): 100–103.
32. Legonkova O., Melitskova E., Peshekhonova A. Biodegradation is the future. *Container and packaging*. 2003; 2: 62–63.
33. Legonkova O.A., Sdobnikova O.A., Bokarev A.A. Biodegradable materials in packaging technology. *Container and packaging*. 2003; 6: 58–66.
34. Sherieva, M.L., Shustov G.B., Shetov R.A. Biodegradable compositions based on starch. *Plastic mass*. 2004; 10: 29–31.
35. Bogatova I.B. *Polymers and Polymeric Materials in the Food Industry*. Togliatti: Cassandra; 2010.
36. Legonkova O. Once again about the biodegradation of polymeric materials. *Container and packaging*. 2006; 2: 57–58.

37. Buriak V.P. Biopolymers – Present and Future. *Polymer materials*. 2005;12: 22-27.
38. Klesov A.A. *Enzymatic Catalysis*. Moscow: Izdatelstvo Mosk. Univ; 1984.
39. Stepanenko B.N. *Chemistry and Biochemistry of Carbohydrates. Monosaccharides*. Moscow: Vysshaya Shkola; 1977.
40. Rabek J.F. Photosensitized Degradation of Polymers. *Ultraviolet Light Induced Reactions in Polymers*. 1976; 25: 255-271. Available from: [doi: 10.1021/bk-1976-0025.ch018](https://doi.org/10.1021/bk-1976-0025.ch018).
41. Yousif E., Haddad R. Photodegradation and photostabilization of polymers, especially polystyrene: review. *SpringerPlus*. 2013;2, 398. Available from: [doi: 10.1186/2193-1801-2-398](https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-398).
42. Daglen B.C., Tyler D.R. Photodegradable plastics: end-of-life design principles. *Green Chemistry Letters and Reviews*. 2010; 3(2): 69-82. Available from: [doi: 10.1080/17518250903506723](https://doi.org/10.1080/17518250903506723).
43. Berezov T.T., Korovkin B.F. *Biological chemistry: Textbook*. Debova S.S.(ed.), 2nd ed. Moscow: Medicine; 1990.
44. Zamyslov E. OXO-biodegradable polymeric materials. *International news of the world of plastics*. 2008; 7/8: 10-14.
45. Legonkova O.A. Analysis of modern ideas about biodegradable polymeric materials. *Paints and varnishes and their application*. 2006; 4: 43–45.
46. Legonkova O.A. Analysis of existing concepts of biodegradable polymer materials. *Paints and varnishes and their application*. 2006; 6: 37-43.
47. Vinidiktova N.S., Ermolovich O.A., Gol'dade V.A., Pinchuk L.S. Strength of biodegradable polypropylene flat belts filled with modified starch. *Mechanics of Composite Materials*. 2006; 42(3): 389-400.
48. Sherieva M.L., Shustov G.B., Beslaneeva Z.L. Biodegradable compositions based on high density polyethylene and starch. *Plastic mass*. 2007; 8: 46–48.
49. Rogovina S.Z., Aleksanyan K.V., Prut E. Biodegradable mixtures of chitin and chitosan with synthetic polymers. *Encyclopedia of a chemical engineer*. 2011; 6:32–38.
50. Nikitenko P. Chitosan – polymer of the future. *Science and innovation*. 2013; 9: 14-17.
51. Vasnev V.A. Biodegradable polymers. *High molecular compounds, Series B*. 1997;39(12): 2073-2086.
52. Leontyeva O.A. *One thousand and one polymer from biostable to biodegradable*. Moscow: Radiosoft; 2007.
53. Shtilman M.I., Tzatzarakis M., Lotger M.M., Tsatsakis A.M. Polymer fungicides. *High-molecular compounds, Series B*. 1999; 41(8): 1363-1376.
54. Rogovina S., Aleksanyan K., Vladimirov L. et al. Development of Novel Biodegradable Polysaccharide-Based Composites and Investigation of Their Structure and Properties. *J Polym Environ*. 2018; 26: 1727-1736. Available from: [doi: 10.1007/s10924-017-1069-3](https://doi.org/10.1007/s10924-017-1069-3).
55. Yu L., Dean K., Li L. Polymer blends and composites from renewable resources. *Progress in Polymer Science*. 2006; 3(6): 576-602.

The paper «Biodegradable polymer materials and modifying additives: state of the art. Part I» was published in the journal «Nanotechnologies in Construction» N 6/2020. The paper «Biodegradable polymer materials and modifying additives: state of the art. Part III» will be published in the journal «Nanotechnologies in Construction» N 2/2021.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Aliya K. Mazitova, Dr. Sci. (Chem.), Prof., Head of Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2304-1692>, e-mail: elenaasf@yandex.ru

Guliya K. Aminova, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia, e-mail: aminovagk@inbox.ru

Ilnar I. Zaripov, Undergraduate, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2594-3753>, e-mail: ilnar.zaripov1998@mail.ru

Irina N. Vikhareva, Assistant, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5681-2767>, e-mail: irina.vikhareva2009@yandex.ru

Authors declare the absence of any competing interests.

Received: 15.10.2020.

Revised: 26.11.2020.

Accepted: 29.11.2020.



Биоразлагаемые полимерные материалы и модифицирующие добавки: современное состояние. Часть II

А.К. Мазитова , Г.К. Аминова, И.И. Зарипов , И.Н. Вихарева* 

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия

*Контакты: e-mail: irina.vikhareva2009@yandex.ru

РЕЗЮМЕ: Один из самых востребованных материалов на планете – пластик, отличные эксплуатационные характеристики которого способствуют накоплению значительного количества отходов на его основе. В связи с этим в научных кругах сформировался новый подход к разработке данных материалов: получение полимерных композитов с постоянными эксплуатационными характеристиками в течение определенного срока и способных затем к деструкции под действием факторов окружающей среды. Анализ современного состояния отрасли полимерных материалов показывает, что наиболее актуальным остается применение таких классических полимеров, как полиолефины и поливинилхлорид. В первую очередь оптимальным решением данной проблемы в связи с отсутствием подходящей замены традиционным полимерам является разработка композитов на их основе с привлечением биоразлагающих аддитивов. В таком случае решается комплекс проблем, связанных с утилизацией отходов: значительно сокращается период разложения утилизируемых отходов, сокращаются территории, необходимые для пластиковых отходов.

В работе изложены предпосылки возникновения и дальнейшего развития области биоразлагаемых полимеров. Приведены основные количественные характеристики производственных мощностей выпускаемых биопластиков по типам, регионам и отраслям применения. Представлены современные способы снижения и регламентации времени деградации полимерных материалов. Перечислены основные мировые и отечественные производители биоразлагаемых полимеров и выпускаемая ими продукция, а также список основных производителей биоразлагающих добавок для полимерных материалов. Перечислены современные виды биопластиков на основе возобновляемого сырья, композитов с их применением, а также модифицированных материалов из природных и синтетических полимеров. Описаны основные методы определения биоразлагаемости существующих биопластиков.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: биодegradация, биоразлагаемые добавки, нефтехимическое сырье, полимеры, пластификаторы, растительные источники.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Мазитова А.К., Аминова Г.К., Зарипов И.И., Вихарева И.Н. Биоразлагаемые полимерные материалы и модифицирующие добавки: современное состояние. Часть II // Нанотехнологии в строительстве. – 2021. – Том 13, № 1. – С. 32–38. – DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-1-32-38.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Общие сведения о биоразлагаемых полимерах

Биоразлагаемые полимеры – полимеры, которые в окружающей среде под действием микроорганизмов (бактерий или грибов) и физических факторов (УФ-излучение, температура, кислород) разлагаются [25].

Биоразложение – это вызванный биологической деятельностью процесс изменения химической структуры материала, приводящий к получению натуральных конечных продуктов обмена веществ.

Различают два вида биоразложения материалов: аэробное и анаэробное [25].

Аэробное разложение (компостирование) – биологическое разложение органических веществ ПМ с потреблением свободного кислорода или воздуха

в процессе жизнедеятельности микроорганизмов. Продуктами в данном случае являются углекислый газ, вода, минеральные вещества и биомасса.

Анаэробное разложение (биогазификация) – биологическое разложение органических веществ ПМ при отсутствии потребления свободного кислорода или воздуха в процессе жизнедеятельности микроорганизмов. Продуктами в данном случае являются метан, вода, минеральные вещества и биомасса.

Классификация биопластиков по типу сырья, из которого изготавливается полимер:

- возобновляемое сырье;
- невозобновляемое (ископаемое).

Другим критерием для классификации является способность ПМ к самопроизвольному распаду в природной среде, то есть биоразложение:

- биоразлагаемые;
- небiorазлагаемые.

Согласно этим характеристикам все пластики можно разделить на четыре группы [26].

Группа 1. Небиоразлагаемые пластики из ископаемого сырья – все «традиционные» крупнотоннажные полимеры: полиэтилены, полипропилен, ПВХ, полиэтилентерефталат, полистиролы, полибутилентерефталат, поликарбонаты, полиуретаны и т. п.

Группа 2. Биоразлагаемые пластики из ископаемого сырья – синтетические материалы, полученные традиционными методами на основе нефтехимического углеводородного сырья, но благодаря своим структурным особенностям способные к биодegradации: полибутираты (сополимеры адипиновой кислоты, диметилтерефталата и 1,4-бутандиола (PBAT), полибутиленсукцинаты (PBS), поливиниловый спирт (PVAL), поликапролактоны (PCL) и полигликолевая кислота (PGA). К этому виду можно отнести традиционные пластики, модифицированные с помощью промоторов деполимеризации (группа 2а), или полученные с введением нестойких к гидролизу сополимеров (группа 2б). Это в основном модифицированный ПЭТФ, где в качестве сополимера используется, например, PBAT.

Группа 3. Небиоразлагаемые пластики на основе природного сырья – классические полимеры (биополетилен, биоПВХ, терефталевые биополиэферы ПЭТФ или ПБТФ), сырьем для которых является биомасса. Это биоэтилен и получаемый из него биомоноэтиленгликоль, а также био-1,4-бутандиол и моноэтиленгликоль прямого брожения сахаров. А также полиамид-11, который производится из растительного масла.

Группа 4. Биоразлагаемые пластики из природного сырья, которые делят по способу получения полимера на подгруппы:

Группа 4а. Биоразлагаемые пластики из природного сырья, у которых полимерная цепь образуется

естественным путем. Задачи их производства сводятся к выделению их из биосырья или к модификации их структуры без синтеза полимерной цепи (биополимеры на основе крахмала, модифицированной целлюлозы).

Группа 4б. Биоразлагаемые пластики из природного сырья, у которых полимерная цепь образуется благодаря жизнедеятельности микроорганизмов в определенной среде (полигидроксиалканоаты (PHA)).

Группа 4в. Биоразлагаемые пластики из природного сырья, у которых в результате биологического процесса образуется мономер, сборка самого полимера осуществляется с помощью синтеза (полимолочная кислота (PLA)).

Для биоразлагаемых композитов важно, чтобы все ингредиенты также являлись биоразлагаемыми и нетоксичными. Так, стандарты для компостируемых ПМ требуют тестирования полимеров и всех добавок, чтобы исключить их отрицательное влияние на биосферу [27–29].

В общем, биоразлагаемость ПМ не зависит от природы сырьевых источников, а напрямую связана с размером и химическим строением молекулы, наличием и природой заместителей, надмолекулярной микро- и макроструктурой [30–35]. Для активации биоразложения композит должен содержать следующие фрагменты [36]:

- 1) гетероатомы;
- 2) доступные для биодegradации связи ($R = CH_2$; $R = CH-R^1$; $R-CH_2-OH$; $R-CH(OH)-R$; $R-CO-H$; $R-CO-R^1$ и др.);
- 3) фрагменты углеродной цепи менее пяти групп CH_2 ;
- 4) объемные заместители;
- 5) в качестве наполнителей естественные продукты для питания микроорганизмов: крахмал, целлюлозу, лактозу, магний, мочевины.

Выделяют пять основных способов дegradации синтетических полимеров в зависимости от внешних факторов [37–38]:

- 1) бактериальная деструкция;
- 2) химическая деструкция;
- 3) фотодegradация в результате воздействия солнечного света;
- 4) термическая дegradация;
- 5) механическая дegradация.

Биодegradация полимеров протекает по двум механизмам: биологический гидролиз или биологическое окисление [39–40]. Биологический гидролиз происходит под действием специальных ферментов-деполимераз для каждого типа гидролизуемой связи. Биологическое окисление может протекать без ферментов. Оба деструктивных процесса работают с синергетическим эффектом.

Первая стадия повреждения полимера начинается с адсорбции микроорганизмов на поверхности. Вторая стадия повреждения протекает в зависимости от химического состава мономерного звена полимера. Происходит либо утилизация полимера в качестве источника питания для микроорганизмов, либо деградация под действием продуктов жизнедеятельности микроорганизмов – метаболитов, которые разрушают образец по всему объему.

Каждому полимеру соответствуют микроорганизмы, которые способны инициировать его деполимеризацию. Образующиеся моно- и олигомеры под действием ферментов подвергаются минерализации.

Бактериальная деградация характерна природным полимерам и ПМ, содержащим в составе природные компоненты. Разработаны также способы бактериального разложения полимеров с помощью специально отобранных микроорганизмов. Данный дорогостоящий процесс позволяет разрушать пластики на нефтехимической основе.

Химическая деградация осуществляется с помощью водных растворов химических соединений и особенно ускоряется в щелочной среде. Первоначально ПМ растворяют в водном растворе, затем осуществляют полное биоразложение водного раствора за счет микробного реагента.

Фотодegradация. Под действием УФ-облучений фоторазрушаемые полимеры постепенно растрескиваются, затем рассыпаются на кусочки, которые далее превращаются в порошок. Дальнейшее разложение ПМ протекает под действием микроорганизмов. Особенно склоны к фотодegradации полиолефины. Чтобы повысить эффективность процесса, в рецептуру ПМ вносят следующие добавки [41–43]:

- сенсibilизаторы – инициаторы фотохимических реакций (бензофенон, дифенилсульфид);
- соединения, содержащие металлы переменной валентности (Cu, Fe);
- соединения, которые в результате сополимеризации составных звеньев приводят к образованию альдегидных или кетонных групп (сомономеры винилкетоны);
- соединения, способствующие образованию большого количества карбонильных групп, поглощающих УФ-излучение.

Биодegradацию основных синтетических полимеров обычно инициируют процессами небиологического характера (термическая, фотоокислительная, механическая деградация и т. п.).

Процесс биоразложения синтетических полимеров состоит из двух этапов: деполимеризации и минерализации остатков [45]. Внеклеточные ферменты способны разрушать макроцепи, инициируя реакцию деполимеризации. Эндоферменты имеют форму полости в виде «ложбины» и беспорядочно

разрушают внутренние связи в полимерах. Активный центр экзоферментов имеет форму полости в виде «кармана» и последовательно разрушает макроцепи на моно- и олигомерные фрагменты (рис. 5) [39–40].

Их слаженные последовательно-параллельные каталитические превращения способствуют быстрому разрушению ПМ [39–40].

В настоящее время разработаны методики получения рекомбинантных ферментов от генетически модифицированных (мутантных) штаммов микроорганизмов и созданы полиферментные комплексы с желаемым набором индивидуальных компонентов.

Полученные низкомолекулярные фрагменты далее подвергаются минерализации внутриклеточными ферментами с образованием конечных продуктов (углекислый газ, вода, соли, метан).

Классификация добавок, ускоряющих разложение ПМ [46]:

- Оксо-добавки. Все токсические свойства при этом сохраняются, а полное разложение мелких кусочков не ускоряется.
- Добавки, ускоряющие распад молекулярных цепей полимера под воздействием солнечного света, определённой температуры воздуха, влаги и других активизирующих факторов.
- Добавки, вызывающие освобождение молекул углерода и водорода из пластика, которые уже свободно усваиваются бактериями и грибами.

Биоразлагаемые пластики на основе традиционных полимеров. Для создания подобных ПМ используют специальные добавки при переработке. Некоторые из них позволяют модифицировать период биоразложения ПМ до 1–3 лет в зависимости от структуры полимера. Существуют *ОХО-разлагаемые* и *гидро-разлагаемые* ПМ.

Добавка d2w – катализатор реакции окисления углеродных связей в молекуле полимера под действием ультрафиолетового света, кислорода воздуха через определенный период времени. Получаемые ПМ называют *ОХО-разлагаемыми*. При этом после процесса окисления наблюдается рост микроорганизмов на поверхности полимера.

Гидро-разлагаемые ПМ – материалы на основе возобновляемых источников растительного сырья либо

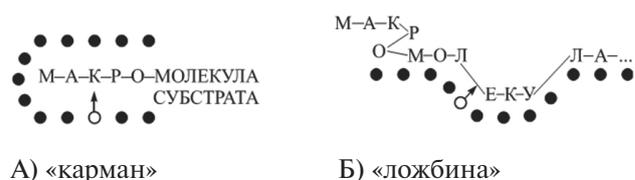


Рис. 5. Схемы взаимодействия активного центра ферментов с определенными участками макромолекулы полимера

синтетические пластики, которые содержат специальные добавки (крахмал), разлагаемые реакцией гидролиза без доступа кислорода. По этой причине в процессе биоразложения таких пластиков выделяется метан. Конечные продукты разложения аналогичны ОХО-разлагаемым ПМ [37]. Поверхность окисленного полимера в обоих случаях обладает гидрофильными свойствами в отличие от первоначального ПМ и поэтому легко подвержена действию воды и бактерий. Общая схема деструкции приведена на рис. 6 [24].

Биоразлагаемые ПМ на основе природных полимеров

В производстве биоразлагаемой упаковки наибольшее распространение получили полисахариды (крахмал, декстрины, хитозан, целлюлоза, отходы деревопереработки) [47–48].

Обычно крахмал содержит 30–40% связанной влаги, которую используют как наиболее доступный пластификатор при производстве ПМ на основе крахмала. В качестве пластификаторов также известно применение мочевины, моно-, ди- и полиэтиленгликолей. Вспененные ПМ на основе крахмала применяют в качестве звукоизолирующей упаковки. Экструзией смесей кукурузного крахмала и микрокристаллов целлюлозы и метилцеллюлозы получают ПМ для защиты пищевых продуктов от потери массы и порчи.

Возрастающее значение в качестве основы для производства биоразлагаемых упаковочных пленок и текстильных волокон приобретают смеси хитина и хитозана. Пленки на основе хитозана формируют из уксуснокислых растворов, регулируя растворимость и набухаемость пленок сшивкой хитозана глутаровым альдегидом или олигомерным диэпоксидом.

Композиционные биоразлагаемые полимеры

При создании биоразлагаемых полимерных композитов, как правило, применяют следующий прин-

цип: к синтетическому полимерному связующему добавляют биоразлагаемые природные полимерные смеси (крахмал, целлюлозу, хитин) или синтетические [37]. Биоразложение полиолефинов в присутствии крахмала является очень сложным процессом, большую роль в котором играют различные факторы, в том числе реакции окисления карбоцепных макромолекул [49–50].

Например, комплекс ценных характеристик, присущих полисахариду хитина: низкая плотность, слоистая структура, способность к пленкообразованию, склонность к избирательному взаимодействию с микроорганизмами, радиопоглощение и радиопротекторные свойства – предполагает возможность разработки биоразлагаемых электромагнитных экранов на основе его смесей с полиэтиленом [51–52].

Другой пример, методами привитой сополимеризации изготовлены биоразлагаемые сополимеры продукта совместной полимеризации этилена с капролактоном [53].

Для защиты ПМ от воздействия микроорганизмов модификацию свойств ПМ регулируют с помощью следующих факторов [25, 43]:

- варьированием структуры материала: увеличением степени кристалличности и ориентации полимеров, сшиванием макромолекул с образованием сетчатых структур (кристаллическая надмолекулярная структура полимера обеспечивает большую стойкость к биодеструкции, поскольку компактное расположение структурных фрагментов подобных полимеров препятствует набуханию в воде и проникновению ферментов в полимерную матрицу);
- варьированием химического строения: введением в макромолекулы полимеров заместителей, стерически затрудняющих подход агрессивных метаболитов к химически нестойким связям;
- варьированием состава материала: введением минеральных наполнителей, способных диффундировать к поверхности и создавать на границе раздела защитный слой;
- модификацией поверхности материала: формированием на ней изолирующего слоя с другими физико-химическими свойствами, стойкого к метаболитам;
- модификацией характера напряженного состояния поверхностных слоев материала, деталей, изделия: созданием остаточных напряжений сжатия, препятствующих облегчению растрескивания материала в присутствии метаболитов;



Рис. 6. Общая схема биодegradации полимерных материалов

– модификацией условий внешней среды в целях минимизации скоростей протекания сорбционных, химических, электрохимических процессов.

Для защиты ПМ от биологического разложения используют соединения с биоцидными свойствами: производные фенолов, четвертичные аммониевые соединения, салициланилиды, 8-оксихинолят меди, трилан, трихлорэтилфосфат, 1-фтор-3-бром-4,6-динитробензол, салицилат фенил ртути, фталат фенилртути, пентахлорфенол [25]. В качестве биоцидов используют также металлорганические, хлорорганические, четвертичные аммониевые и неорганические соединения. Биоциды можно разделить на четыре группы:

- неорганические (ZnO , $CuSO_4$, NaF , NH_4BF_4 , $Ca(CN)_2$);
- органические (производные фенола, фосфорсодержащие соединения, амины и др.);
- металлорганические (содержащие ртуть, свинец, олово, натрий, серебро);
- полифункциональные (синтетические биологически активные соединения).

Установлено, что карбонат кальция в качестве наполнителя уменьшает, а асбест и тальк увеличивает интенсивность роста микроорганизмов; оксид цинка в составе полимерных композитов ингибирует рост микроорганизмов, диоксид титана инертен, а оксиды железа и магния стимулируют его [25].

Однако абсолютно устойчивых к действию живых организмов ПМ не существует [25]. Исследования показали, что такие материалы, как неопрен и нейлон, поражаются под действием грибов *A. niger*, *A. Flavus* и заметно ухудшают свои свойства. Однозначного мнения нет и в отношении ряда других полимеров: капрон, полиуретан, ацетат целлюлозы, ацетобутират целлюлозы, фенолоанилиноформальдегидная смола, меламиноформальдегидная смола.

Установлено, что продуктами жизнедеятельности грибов являются уксусная, пропионовая, масляная, фумаровая, янтарная, яблочная, лимонная, винная, глюконовая и щавелевая кислоты [25]. Образующиеся кислоты в силу агрессивности приводят к изменению физико-механических характеристик ПМ и являются пищей для развития грибов.

Однако грибостойкость ПМ не означает их бактериостойкость [25, 45]. Так, например, сланцевый ПВХ грибостоек, но разрушается динитрофицирующими и углеводородокисляющими бактериями.

Основные производители биоразлагающих добавок

Symphony Environmental (Великобритания) выпускает добавки для производства обычных пластмасс, биоразлагаемых пластмассовых изделий. Основным продуктом – d2w (degradable to water), используется более чем в 60 странах [25].

Environmental Products Inc. (EPI, Канада) выпускает оксобиоразлагаемые пластики, разработчик полностью разлагаемых пластиковых добавок TDPA (Totally Degradable Plastic Additives). Добавка вводится в соотношении 2–3% к общему объему основного пластика (полиэтилен, полипропилен, полистирол). Нетоксична и безопасна для применения в контактах с пищей [25].

Willow Ridge Plastics (WRP, США) – производитель оксобиоразлагаемых добавок для пластиков. Добавки фирмы нетоксичны, безопасны для использования в пищевой отрасли [58].

Bio-Tec Environmental (США) выпускает оксо добавки EcoPure, которые применяют более чем для 15 полимеров, они разлагаются микроорганизмами [25].

ECM BioFilms (США) выпускает добавки для полистирола, полиуретанов и ПЭТФ. Добавка разлагается микроорганизмами [25].

Nor-X IndustryAS (Норвегия) выпускает ингредиент на основе железа Renatura, который используется для биоразложения полиолефинов [25].

Wells Plastics Ltd (Великобритания) выпускает добавки и маточные смеси, содержащие продеграданты из ионов металла, для придания основному полимеру фото- и терморазлагаемости, усилитель биоразложения второго этапа, на котором используется модификатор скорости реакции для управления иницированием и сроками оксобиоразложения [25].

P-Life Japan Inc. (Япония) выпускает смесь катализаторов на основе жирных кислот специальной собственной рецептуры компании P-Life. Содержание в основном полимере (ПЭ или ПП): от 0,3 до 1% [25].

TOSAF (Израиль). Продукт OX5854 на основе полисахаридов, вводится в соотношении 2–8% от общей массы полимера. Для разложения в течение месяца необходимо УФ облучение, высокая влажность и температура до 90°C [54].

ADD-X BIOTECH (Швейцария). Марка Addiflex HE01010 FF для ПВД. При вводе 1,5% добавки наблюдается самопроизвольное разложение пленки ПВД, нагретой до 60°C, через 140 часов. Марка Addiflex представлена в четырех классах для полимеров различного назначения: A-grade, The HES grade, The HEV grade, The BOPP grade [55].

Методы оценки биоразлагаемости ПМ

Наиболее часто применяемые на практике методы тестирования способности композиционных материалов к биоразложению приведены в табл. 2.

Наиболее продуктивным является комплексный подход к изучению биодegradации ПМ. Для опреде-

ления достоверных параметров и выяснения механизма процесса необходим сравнительный анализ результатов ряда независимых физико-химических,

биохимических, микробиологических экспериментов, проводимых в лабораторных и в естественных условиях.

Таблица 2

Методы оценки биологической деструкции полимерных композиционных материалов

Метод	Сущность метода	Время эксперимента	Условия эксперимента	Применяемые культуры	Стандарт
Микологический тест	Определение устойчивости материала к воздействию культур плесневых грибов	28 суток	Температура 29±2°C Влажность более 90% Освещенность 200–300 лк	Плесневые и микроскопические грибы	ISO 846 ASTM G 21-96 ГОСТ 9.049-91
Бактериальный тест	Определение устойчивости материала к воздействию культур бактерий	—	Температура 20°C Влажность более 58% Освещенность 200–300 лк	Бактериальные клетки	ISO 846 ASTM G 22-76
Биоразлагаемость нерастворимых веществ	Определение количества O ₂ поглощенного при аэробной деградации	4 месяца	Анаэробные условия Буферная минеральная среда Твердая среда	Инокулянт из активного ила или сточной воды	ISO 10708 OECD 301 D
Тест в свободном пространстве при 25/50°C	Определение количества CO ₂ , выделившегося при инкубации материала	48 дней	Температура 25–50°C Влажность 60–70% Освещенность 200–300 лк Анаэробная среда	Смешанная популяция микроорганизмов	ASTM D5988-96 OECD 301 A
Метод Штурма	Определение выделившегося CO ₂ в процессе деградации материала	6 месяцев	Температура 20–25°C Освещенность 200–300 лк Водный раствор Аэробная среда	Грибная или бактериальная флора	ISO 9439 ISO 14852 DIN EN 29439 ASTM D 5209
Определение выделившегося CO ₂ (аэробный тест в компосте)	Определение выделившегося CO ₂ в процессе деградации материала в компосте	6 месяцев	Аэробная среда Компост на основе органической фракции твердых коммунальных отходов	Аэробные бактерии	ISO 14855 ASTM D 6400
Определение степени разложения в компосте	Определение степени разложения материала в модельном промышленном компосте	90 дней	Температура 58±2°C Воздухообмен Темнота или рассеянный свет Промышленный компост	Инокулянт, термофильные бактерии	ISO 16929 ISO 20200 BS EN 14045
Почвенный тест	Определение поглощенного O ₂ или выделившегося CO ₂ в процессе деградации материала в природной почве верхнего слоя полей	6 месяцев	Температура 28±2°C Влажность почвы 30±5% pH – 7,5 Коэффициент биологической активности почвы 0,65–1,5	Почвенные микроорганизмы	ISO 17556 DIN 53739 ГОСТ 9.060-75

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

25. Костин А. Биопластики: перспективы в России // Пластикс. – 2015. – № 3. – С. 44–50.
26. Информационно-аналитический центр Rupec. – Режим доступа: <http://www.rupec.ru>. (дата обращения: 08.10.2020).
27. Власов С. В., Ольхов А.А. Биоразлагаемые полимерные материалы // Полимерные материалы: изделия, оборудование, технология. – 2006. – № 7. – С. 23–26; № 8. – С. 35–36; № 10. – С. 28–33.
28. Попов А. Биоразлагаемые полимерные материалы // Тара и упаковка. – 2007. – № 3. – С. 43–47.
29. Анисимов А.А., Смирнов В.Ф., Веселов А.П. Микроорганизмы повреждают полимеры // На грани химии и биологии. – М.: Знание, 1982. – 64 с.
30. Рыбкина С.П., Пахаренко В.А., Шостак Т.С., Пахаренко В.В. Основные направления в области создания биоразлагаемых термопластов // Пластические массы. – 2008. – № 10. – С. 47–54.
31. Орехов Д.А., Власова Г.М., Макаревич А.В., Пинчук Л.С. Биоразлагаемые пленки на основе термопластов // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2000. – Т. 44, № 6. – С. 100–103.
32. Легонькова О., Мелицкова Е., Пешехонова А. Будущее за биоразложением // Тара и упаковка. – 2003. – № 2. – С. 62–63.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

33. Легонькова О.А., Сдобникова О.А., Бокарев А.А. Биоразлагаемые материалы в технологии упаковки // Тара и упаковка. – 2003. – № 6. – С. 58–66.
34. Шериева М.Л., Шустов Г.Б., Шетов Р.А. Биоразлагаемые композиции на основе крахмала // Пластические массы. – 2004. – № 10. – С. 29–31.
35. Богатова И.Б. Полимеры и полимерные материалы в пищевой промышленности: Учебное пособие. – Тольятти: Кассандра, 2010. – 93 с.
36. Легонькова О. Еще раз о биоразложении полимерных материалов // Тара и упаковка. – 2006. – № 2. – С. 57–58.
37. Буряк В.П. Биополимеры – настоящее и будущее // Полимерные материалы. – 2005. – № 12. – С. 22–27.
38. Клесов А.А. Ферментативный катализ. – М.: Изд-во МГУ, 1977. – 156 с.
39. Степаненко Б.Н. Химия и биохимия углеводов. М.: Изд-во Высшая школа, 1984. – 204 с.
40. Rabek J.F. Photosensitized Degradation of Polymers // Ultraviolet Light Induced Reactions in Polymers. – 1976. – Т. 18. – P. 255–271. DOI: [10.1021/bk-1976-0025.ch018](https://doi.org/10.1021/bk-1976-0025.ch018).
41. Yousif E., Haddad R. Photodegradation and photostabilization of polymers, especially polystyrene: review. – 2013. – No. 2. – P. 398. DOI: [10.1186/2193-1801-2-398](https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-398).
42. Daglen B.C., Tyler D.R. Photodegradable plastics: end-of-life design principles // Green Chemistry Letters and Reviews. – 2010. – Vol. 3, No. 2. – P. 69–82. DOI: [10.1080/17518250903506723](https://doi.org/10.1080/17518250903506723).
43. Berezov T.T., Korovkin V.F. Biological chemistry: Textbook. – М.: Medicine, 1990. – 528 p.
44. Замыслов Э. ОХО-биоразлагаемые полимерные материалы // Международные новости мира пластмасс. – 2008. – № 7/8. – С. 10–14.
45. Legonkova O.A. Analysis of modern ideas about biodegradable polymeric materials // Paints and varnishes and their application. – 2006. – No. 4. – 43–45 p.
46. Легонькова О.А. Анализ существующих представлений о биоразлагаемых полимерных материалах // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2006. – № 6. – С. 37–43.
47. Прочность биоразлагаемых полипропиленовых плоских лент, наполненных модифицированным крахмалом // Механика композитных материалов. – 2006. – Т. 42, № 3. – С. 389–400.
48. Шериева М.Л., Шустов Г.Б., Бесланеева З.Л. Биоразлагаемые композиции на основе полиэтилена высокой плотности и крахмала // Пластические массы. – 2007. – № 8. – С. 46–48.
49. Роговина С.З., Алексанян К.В., Прут Э.В. Биоразлагаемые смеси хитина и хитозана с синтетическими полимерами // Энциклопедия инженера-химика. – 2011. – № 6. – С. 32–38.
50. Никитенко П. Хитозан – полимер будущего // Наука и инновации. – 2013. – № 9. – С. 14–17.
51. Васнев В.А. Биоразлагаемые полимеры // Высокомолекулярные соединения. – Серия Б. – 1997. – Том 39, № 12. – С. 2073–2086.
52. Леонтьева О.А., Сухарева Л.А. Тысяча и один полимер от биостойких до биоразлагаемых. – М.: Радиософт, 2007. – 176 с.
53. Штильман М.И., Tzatzarakis M., Лотгер М.М., Tsatsakis A.M. Полимерные фунгициды // Высокомолекулярные соединения. – Серия Б. – 1999. – Том 41, № 8. – С. 1363–1376.
54. Rogovina S., Aleksanyan K., Vladimirov L. et al. Development of Novel Biodegradable Polysaccharide-Based Composites and Investigation of Their Structure and Properties // J Polym Environ. – 2018. – No. 26. – P. 1727–1736. DOI: [10.1007/s10924-017-1069-3](https://doi.org/10.1007/s10924-017-1069-3).
55. Yu L., Dean K., Li L. Polymer blends and composites from renewable resources // Progress in Polymer Science. – 2006. – Vol. 3, 6. – P. 576–602.

Статья «Биоразлагаемые полимерные материалы и модифицирующие добавки: современное состояние. Часть I» опубликована в журнале «Нанотехнологии в строительстве» № 6/2020.

Статья «Биоразлагаемые полимерные материалы и модифицирующие добавки: современное состояние. Часть III» будет опубликована в журнале «Нанотехнологии в строительстве» № 2/2021

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мазитова Алия Карамовна, доктор химических наук, профессор, заведующий каф. «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; г. Уфа, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2304-1692>, e-mail: elenaasf@yandex.ru

Аминова Гулия Карамовна, доктор технических наук, профессор каф. «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; г. Уфа, Россия, e-mail: aminovagk@inbox.ru

Зарипов Ильнар Ильгизович, магистрант каф. «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; г. Уфа, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2594-3753>, e-mail: ilnar.zaripov1998@mail.ru

Вихарева Ирина Николаевна, ассистент каф. «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; г. Уфа, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5681-2767>, e-mail: irina.vikhareva2009@yandex.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 15.10.2020.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 26.11.2020.

Статья принята к публикации: 29.11.2020.

PUBLICATION ETHICS AND PREVENTION OF MALPRACTICE PUBLICATION

Compliance requirements of publication ethics in the preparation and publication of the journal Science Editor and Publisher apply to all members of the publishing process, i.e., authors, editors, reviewers, and the publisher of the journal. The editorial board monitors compliance with the ethics requirements based on the manuals prepared by international specialized organizations, associations and publishers, as well as the Association of Science Editors and Publishers. The main standards relied on by the journal «Nanotechnologies in construction» are those developed by the Committee on Publication Ethics ([Committee on Publication Ethics](#)) in the United Kingdom, by the [publisher Elsevier](#) (Netherlands), and other non-Russian editorial associations and information systems, as well as the [declaration of «Ethical Principles of Scientific Publications»](#), adopted by the Association of Science Editors and Publishers (Russia).

The responsibility of the authors of material for the journal «Nanotechnologies in construction»

1. The author submits materials for review, which have not been previously published. If the article is based on previously published material which are not academic articles or based on materials presented on the Internet, the author should notify the editorial staff of the journal.
2. The author does not submit the same article to different journals for review.
3. All co-authors consent to the submission of their articles to the journal.
4. The author should inform the editorial staff about a potential conflict of interest. In the case of the absence of any competing interests the author should claim that by writing «Author declare the absence of any competing interests» in the paper.
5. The author takes the necessary steps to ensure the correctness of citations in the submitted article.
6. The list of authors included only individuals who have made significant contributions to the research.
7. The author correctly cites his or her previous work as to avoid self-plagerism in the manuscript and the artificial increase of volume of publications (salami-slicing).
8. The author, who is acting as the contact with journal, informs all other co-authors of all changes and suggestions from the editorial staff, and does not make decisions regarding the article alone without the written consent of all co-authors.
9. The author properly corresponds with the reviewer through contact with the editor and responds to comments and observations if they arise.
10. If necessary, the authors either adjust the data presented in the article, or refute them.

Responsibility of the editors of the journal «Nanotechnologies in construction»

1. The editors are personally and independently responsible for the content of the materials published and recognize that responsibility. The reliability of the work in question and its scientific significance should always be the basis in the decision to publish.
2. The editors of the journal can check the materials with anti-plagiarism system «Antiplagiat» detecting borrowed fragments to provide copyright protection.
3. The editors make fair and objective decisions, regardless of any commercial considerations and provide a fair and efficient process for the independent review.
4. The editors evaluate manuscripts' intellectual content without regard to race, gender, sexual orientation, religion, origin, nationality, and/or the political preferences of the authors.
5. The editors do not work with articles for which they have a conflict of interest.
6. The editors resolve conflict situations arising during the editorial process, as well as use all available means to resolve these situations.
7. The editors of the journal publish information concerning corrections, rebuttals, and review articles in case the need arises.
8. The editors of the journal do not publish the final version of the article without the consent of the authors.

The responsibility of the reviewers of the journal «Nanotechnologies in construction»

1. The reviewer evaluates his or her own availability before the examination of the manuscript and accepts materials for review only if the reviewer is able to allow for sufficient time as to ensure the quality his or her work.

2. The reviewer must use the form created by the editors and delivered with paper. The reviewer may give extended review.

3. The reviewer notifies the editorial staff of any conflict of interest (if one exists) before the start of the review of the paper.

In the case of the absence of any competing interests the reviewer should claim that by writing «The reviewer declares the absence of any competing interests» in the review.

4. The reviewer does not send information about the article and or any of the data contained within the article to any third party.

5. The reviewer does not use the information obtained from the article for any personal and or commercial purposes.

6. The reviewer does not make conclusions about the quality of the article on the basis of subjective data, e.g. the personal relationship to the author, gender, age, religion, etc.

7. The reviewer uses only proper and appropriate language and explanations in respect to the articles, avoiding any personal remarks.

The responsibility of the publisher of the journal «Nanotechnologies in construction»

1. The publisher not only supports scientific communication and invests in the process, but is also responsible for complying with all current guidelines and standards for publishing scientific work.

2. The publisher does not affect the editorial policy of the journal.

3. The publisher provides legal support to the journal if necessary.

4. The publisher provides for the timely release of futures issues of the journal.

5. The publisher publishes changes, explanations, and recalls articles that have been identified to contain scientific misconduct and or critical errors.

The responsibility of the editor-in-chief of the journal «Nanotechnologies in construction»

1. The editor-in-chief is responsible for making a decision which of submitted papers are to be published in the journal. This decision always must be based on the examination of paper reliability and its importance for scientists and readers. The editor-in-chief may be guided by methodical recommendation elaborated by the editorial board of the journal. He also may take into account legal requirements, such as exclusion of libel, infringement of copyright and plagiarism. When making decision on the publication, the editor-in-chief may consult with the members of editorial board, reviewers.

2. The editor-in-chief evaluates submitted papers by the intellectual content, regardless of the race, sex, sexual preference, religion, ethnic origins, citizenship and political views of the author.

3. The editor-in-chief, editorial staff, members of the editorial board must not disclose information on the submitted manuscript to the third person except for the author, reviewers, potential reviewers, and the publisher.

4. The information contained in the submitted paper cannot be used in the paper of the editor-in-chief, members of the editorial board without author's written permission. Confidential information or ideas obtained during review must be kept in secret and must not be used for self-profit.

5. The editor-in-chief should not review the paper if there is a conflict of the interests evolving from competition, cooperation or other relations with someone from the authors, companies and organizations which are related to the paper.

6. The editor-in-chief should ask all authors to present information on the certain competitive interests and publish corrections if the conflict of the interests has been revealed after the publication. If necessary another appropriate action such as publication of disproof or expression of a concern can be performed.

7. The editor-in-chief should take reasoned and prompt measures if he gets complaints of ethnic character in respect to the submitted manuscript or issued paper, contacting with the editors and publisher.

Complaints and appeals handling

In the case of incoming complaints and appeals a commission is formed. The commission can consist of the publisher, the editor-in-chief, deputy editor-in-chief, members of editorial council, authors and specialists which are competent in the considering subjects.

An investigation is held and the results of it are reported to all interested parties. According to laws, if it is necessary, the materials are delivered to competent state bodies.

Policy of disclosure and conflicts of interest /competing interests

Unpublished data from manuscripts submitted for consideration can not be used for personal research without the expressed written consent of the author.

Information or ideas obtained through peer review and related activities, which potentially can be beneficial to any party other than the author, must be kept confidential and not be used for personal gain.

The editors and reviewers should not participate in the examination of manuscripts in the event of a conflict of interest that is a result of any competitive, cooperative, and or other interactions and relationships with any of the authors, companies, and or other organizations involved in the creation or presentation of the works.

The politics of the journal concerning data exchange and reproducibility

The journal papers (metadata of papers) are available for free access at the journal's website and at the websites of different citation systems (data bases).

The authors of the materials published in the journal permit using their content according to the license Creative Commons CC-BY «Attribution». This kind of license allows other people to distribute, edit, correct and base on the work of the authors, even with commercial purpose, while the authors mention them as co-authors. The license is recommended to distribute widely and use licensed materials.

The politics of the journal concerning data exchange and reproducibility are aimed at providing «transparent» science and transparency is a guarantee of high-quality research and innovations.

Ethical oversight of the published materials

The publisher and the editor-in-chief should deal with protection of reputation of the published materials by studying and evaluating claimed or potential delinquency (research, publications, reviews and editorial activities) jointly with scientific community.

That means interaction with the author of the manuscript and detailed consideration of the complaints or declared reclamations. To detect such delinquencies as plagiarism, the editor must use proper license software or systems.

If the editor-in-chief obtains proved evidence of delinquency, he must inform the publisher and the members of editorial council about this, as well as immediately notify the author about necessity to correct the paper or paper retraction (in dependence on the situation).

Derivation and plagiarism

During the consideration of an article, the editorial staff of the journal «Nanotechnologies in construction» may conduct a verification of the submitted materials with the help the Anti-plagiarism system. In the case of the discovery of multiple incidents of content matching, the editorial staff acts in accordance with the rules of COPE.

Intellectual property

The editors should carefully deal with the issues concerning intellectual property and interact with the publisher when settling the cases of probable delinquencies and agreements on intellectual property protection.

The editors aside from using plagiarism detecting tools can also:

- support the authors whose copyright was infringed or those who suffered from plagiarism;
- cooperate with the publisher to protect copyright and to pursue infringer (for example, by applying for paper retraction or removing materials from websites).

Discussion of the papers published in the journal. Corrections made after publication

The editors must be open for the researches that oppose the papers published earlier in the journal; to encourage and to be ready to consider valid criticism of the papers published in the journal.

The authors of the criticized works should have an opportunity to respond the criticism. The papers describing only negative results can also be published.

Preprint and postprint policy

During the submission process, the author must confirm that the article has not been published and or accepted for publication in any other journal. When citing articles published in the journal «Nanotechnologies in construction», the publisher requests the authors to provide a link (the full URL of the material) to the official website of the journal.

Articles, which have been previously posted by the author on personal and or public websites that have no relationship to any other publishers, are allowed to be submitted to the journal.

On the procedure in case of abusive practice (infringement)

Publisher, editor-in-chief, each member of editorial staff member of editorial board, author, reviewer or reader must comply journal's Publication Ethics and are obliged to report any known facts concerning committed or potential infringement.

The journal's editors immediately launch investigation on all messages that state abusive practice (infringements). If the information is confirmed, the measures to eliminate claimed abusive practice (infringements) will be taken. According to legislation, all materials, if it is necessary, are referred to proper state bodies.

In response to all author's claims the editors give full and substantiated replies and make great efforts to resolve any conflicts.

ЭТИКА НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ НЕДОБРОСОВЕСТНОЙ ПРАКТИКИ ПУБЛИКАЦИЙ

Требования соблюдения публикационной этики при подготовке и издании журнала «Нанотехнологии в строительстве» касаются всех участников редакционно-издательского процесса – авторов, редакторов, рецензентов и издателя, создающих этот журнал. Редакция журнала следит за выполнением требований этики, опираясь на руководства, подготовленные зарубежными профильными организациями, ассоциациями и издательствами, а также Ассоциацией научных редакторов и издателей. Основными документами, на которые опирается редакция журнала «Нанотехнологии в строительстве», являются разработки Комитета по публикационной этике ([Committee on Publication Ethics](#)), Великобритания, [издательства Elsevier](#) (Нидерланды) и других зарубежных редакторских ассоциаций и информационных систем, а также [Декларация «Этические принципы научных публикаций»](#), принятая Ассоциацией научных редакторов и издателей (Россия).

Ответственность авторов журнала «Нанотехнологии в строительстве»

1. Автор отправляет на рассмотрение статью, материалы которой ранее не были опубликованы. Если статья основана на ранее опубликованных материалах не статейного характера или материалы представлены в Интернете, следует уведомить об этом редакцию журнала.
2. Автор не отправляет на рассмотрение одну статью в разные журналы.
3. Все соавторы согласны на представление статьи в журнал.
4. Автор уведомляет редакцию о потенциальном конфликте интересов. Об отсутствии конфликта интересов автор указывает в статье – «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».
5. Автор предпринимает необходимые меры, чтобы убедиться в корректности представленных в статье цитирований.
6. В список авторов включаются только лица, внесшие значительный вклад в проведение исследования.
7. Автор корректно цитирует свои предыдущие работы и избегает самоплагиата в рукописи и искусственно-го увеличения объема публикаций (*salami-slicing*).
8. Контактный автор уведомляет своих соавторов обо всех изменениях и предложениях со стороны редакции журнала и не принимает решений относительно статьи единолично, без письменного согласия всех соавторов.
9. Автор корректно ведет переписку с рецензентом через редактора и отвечает на комментарии и замечания, если они возникают.
10. При необходимости авторы корректируют представленные в статье данные или опровергают их.

Ответственность редакторов журнала «Нанотехнологии в строительстве»

1. Редакторы журнала самостоятельно и независимо несут ответственность за содержание публикуемых материалов и признают эту ответственность. Достоверность рассматриваемой работы и ее научная значимость всегда должны лежать в основе решения о публикации.
2. Редакторы журнала могут проверить полученные материалы в системе [Антиплагиат](#) по обнаружению заимствований, способствуя защите авторского права.
3. Редакторы принимают честные и объективные решения независимо от коммерческих соображений и обеспечивают честный и эффективный процесс независимого рецензирования.
4. Редакторы оценивают интеллектуальное содержание рукописей вне зависимости от расы, пола, сексуальной ориентации, религиозных взглядов, происхождения, гражданства или политических предпочтений Авторы.
5. Редакторы не работают со статьями, в отношении которых у них есть конфликт интересов.
6. Редакторы журнала разрешают конфликтные ситуации, возникающие в процессе работы, и используют для их разрешения все доступные средства.
7. Редакторы журнала публикуют информацию об исправлениях, опровержениях и отзывах статей в случае возникновения такой необходимости.
8. Редакторы журнала не публикуют конечный вариант статьи без его согласования с авторами.

Ответственность рецензентов журнала «Нанотехнологии в строительстве»

1. Рецензент оценивает свою занятость перед согласием на экспертизу рукописи и соглашается на рецензирование только при наличии достаточного времени на качественную работу.

2. Рецензент использует разработанную редакцией журнала форму, которую он получает вместе со статьей. Рецензент вправе дать более расширенную рецензию.

3. Рецензент предупреждает редакцию о наличии конфликта интересов (если он возник) до начала работы со статьей.

Об отсутствии конфликта интересов рецензент указывает в рецензии – «Рецензент заявляет об отсутствии конфликта интересов».

4. Рецензент не передает сведения о статье и данные, которые в ней содержатся, третьим лицам.

5. Рецензент не использует информацию, полученную из статьи, в личных и коммерческих целях.

6. Рецензент не делает выводов о качестве статьи на основе субъективных данных: личного отношения к автору, его пола, возраста, вероисповедания.

7. Рецензент использует только корректные выражения и объяснения в отношении статьи, не переходит на личности.

Ответственность издателя журнала «Нанотехнологии в строительстве»

1. Издатель не только поддерживает научные коммуникации и инвестирует в данный процесс, но также несет ответственность за соблюдение всех современных рекомендаций в публикуемой работе.

2. Издатель не влияет на редакционную политику журнала.

3. Издатель оказывает юридическую поддержку редакции журнала при необходимости.

4. Издатель обеспечивает своевременность выхода очередных выпусков журнала.

5. Издатель публикует правки, пояснения и отзывает статьи, в которых были выявлены нарушения научной этики или критические ошибки.

Ответственность главного редактора журнала «Нанотехнологии в строительстве»

1. Главный редактор отвечает за принятие решения о том, какие из представленных в редакцию журнала работ следует опубликовать. Это решение всегда должно приниматься на основе проверки достоверности работы и ее важности для исследователей и читателей. Главный редактор может руководствоваться методическими рекомендациями, разработанными редколлекцией журнала, и такими юридическими требованиями как недопущение клеветы, нарушения авторского права и плагиата. Также при принятии решения по публикации главный редактор может советоваться с членами редсовета, редколлекции, рецензентами.

2. Главный редактор оценивает представленные работы по их интеллектуальному содержанию, невзирая на расу, пол, сексуальную ориентацию, религию, этническое происхождение, гражданство или политические взгляды автора.

3. Главный редактор, сотрудники редакции, члены редколлекции не должны раскрывать информацию о представленной рукописи кому-либо другому, за исключением автора, рецензентов, потенциальных рецензентов, а также издателя.

4. Сведения, содержащиеся в представленной статье, не должны использоваться в какой-либо собственной работе главного редактора и членов редсовета и редколлекции без письменного разрешения автора. Конфиденциальная информация или идеи, полученные при рецензировании, должны храниться в секрете и не использоваться для получения личной выгоды.

5. Главному редактору следует отказаться от своего участия в рецензировании в случае, если присутствует конфликт интересов, проистекающий из конкуренции, сотрудничества или других отношений с кем-либо из авторов, компаний или учреждений, имеющих отношение к статье.

6. Главному редактору следует требовать от всех авторов журнала предоставлять сведения о соответствующих конкурирующих интересах и публиковать исправления, если конфликт интересов был разоблачен после публикации. В случае необходимости, может выполняться другое подходящее случаю действие, такое как публикация опровержения или выражения озабоченности.

7. Главному редактору следует принимать разумно быстрые меры при поступлении жалоб этического характера в отношении представленной рукописи или опубликованной статьи, имея контакт с редакцией, издателем.

Обработка жалоб и апелляций

В случае поступления жалоб и апелляций назначается комиссия, в состав которой могут входить: издатель, главный редактор, заместитель главного редактора, члены редакционной коллегии, авторы и специалисты, компетентные в рассматриваемых вопросах. Проводится расследование, результаты которого доводятся всем заинтересованным лицам. При необходимости и в соответствии с законодательством материалы передаются в соответствующие государственные органы.

Политика раскрытия и конфликты интересов/конкурирующих интересов

Неопубликованные данные, полученные из представленных к рассмотрению рукописей, нельзя использовать в личных исследованиях без письменного согласия Автора.

Информация или идеи, полученные в ходе рецензирования и связанные с возможными преимуществами, должны сохраняться конфиденциальными и не использоваться с целью получения личной выгоды.

Редакторы и рецензенты не должны участвовать в рассмотрении рукописей в случае наличия конфликтов интересов вследствие конкурентных, совместных и других взаимодействий и отношений с любым из авторов, компаниями или другими организациями, связанными с представленной работой.

Политики журнала в отношении обмена данными и воспроизводимости

Статьи из журнала (метаданные статей) размещаются в открытом доступе на сайте журнала и на сайтах различных систем цитирования (баз данных). Авторы публикуемых в журнале материалов допускают использование контента в соответствии с лицензией Creative Commons CC-BY «Attribution» («Атрибуция»). Эта лицензия позволяет другим распространять, редактировать, поправлять и брать за основу произведение авторов, даже коммерчески, до тех пор, пока они указывают ваше авторство. Лицензия рекомендована для максимального распространения и использования лицензированных материалов.

Политика журнала в отношении обмена данными и воспроизводимости в конечном итоге способствует более «открытой» науке, а открытость научной информации есть гарант исследований и инноваций высокого качества.

Этический надзор за опубликованными материалами

Издатель и главный редактор должны работать над защитой репутации опубликованных материалов путем изучения и оценки заявленных или предполагаемых нарушений (исследований, публикаций, рецензий и редакторской деятельности) совместно с научным сообществом.

Это включает в себя взаимодействие с автором рукописи или тщательное рассмотрение соответствующей жалобы или высказанных претензий. Для выявления таких нарушений, как плагиат, редактор должен пользоваться соответствующими лицензионными системами.

Главный редактор, получивший убедительное свидетельство нарушения, должен сообщить об этом издателю, членам редколлегии, организовав немедленное уведомление автора о необходимости внесения поправок или отзыва публикации, в зависимости от ситуации.

Заимствования и плагиат

Редакция журнала «Нанотехнологии в строительстве» при рассмотрении статьи может произвести проверку материала с помощью системы [Антиплагиат](#). В случае обнаружения многочисленных заимствований редакция действует в соответствии с правилами [COPE](#).

Интеллектуальная собственность

Редакторы должны внимательно относиться к вопросам, касающимся интеллектуальной собственности, и взаимодействовать с издателем при урегулировании случаев возможных нарушений законов и соглашений об охране интеллектуальной собственности.

Редакторы, кроме применения инструментов обнаружения плагиата, могут также:

- поддерживать авторов, чье авторское право было нарушено, или тех, кто стал жертвой плагиата;
- быть готовыми к совместной работе с издателем по защите авторских прав и к преследованию нарушителей (например, путём подачи запросов для отзыва статей или удаления материалов с веб-сайтов).

Обсуждение работ, опубликованных в журнале. Исправления после публикаций

Редакторы должны быть открытыми для исследований, которые оспаривают предыдущие работы, опубликованные в журнале; поощрять и с готовностью рассматривать обоснованную критику работ, публикуемых в их журнале.

Авторы критикуемых материалов должны иметь возможность ответить на критику. Работы, сообщающие только об отрицательных результатах, также могут публиковаться.

Политика размещения препринтов и постпринтов

В процессе подачи статьи автору необходимо подтвердить, что статья не была опубликована или не была принята к публикации в другом научном журнале. При ссылке на опубликованную в журнале «Нанотехнологии в строительстве» статью издательство просит размещать ссылку (полный URL материала) на официальный сайт журнала.

К рассмотрению допускаются статьи, размещенные ранее авторами на личных или публичных сайтах, не относящихся к другим издательствам.

О процедурах в случае злоупотреблений (нарушений)

Издатель, главный редактор, каждый сотрудник редакции, член редакционной коллегии, автор, рецензент и читатель обязаны соблюдать этику научных публикаций в журнале действующих законов, правил или положений и обязуются сообщать о любых известных у случаях уже совершенного или потенциального злоупотребления (нарушения).

Редакцией журнала незамедлительно проводится расследование по всем сообщениям о злоупотреблениях (нарушениях) и, если информация подтверждается, принимаются меры по устранению злоупотреблений (нарушений). Если это требуется в соответствии с законодательством, материалы передаются в соответствующие государственные органы.

На все претензии авторов редакция предоставляет развернутые и обоснованные ответы, прилагая все усилия для разрешения конфликтных ситуаций.

AUTHOR GUIDELINES

Admission of articles

The authors submit to the editors:

- electronic manuscript by e-mail: info@nanobuild.ru;
- accompanying letter (the editors send the sample of the letter to the authors on demand).

The authors of the materials published in the journal permit using their content according to the license Creative Commons CC-BY «Attribution»; agree to publish full texts (parts or metadata) of the paper in free access in Internet at the official website of the edition (www.nanobuild.ru), citation systems (data bases). All that authors indicate in the cover letter. More details about the license Creative Commons CC-BY are available here <http://creativecommons.ru/>.

When submitting articles to the journal, it is presumed that:

- the work has not been previously published in any other journal;
- the article is not under consideration in any other journal;
- all co-authors consent to the publication of the article;
- there is implicit or explicit consent of the organization in which the study was conducted.

Information about the conflict of interest

The article should include any actual or potential conflict of interest. If there is no conflict of interest, you should write that «the author declares no conflict of interest.»

When submitting a manuscript to the journal, authors should ensure that the content of the paper corresponds the topic of the journal; the structure and the format of the paper meet the editorial requirements; all citations are properly formatted and the source of tables and figures are shown (unless otherwise indicated, it is assumed that the tables and figures created by the author).

Basic the sections of the journal:

- construction material science;
- the study of the properties of nanomaterials;
- the results of the specialists' and scientists' researches;
- manufacturing technology for building materials and products;
- international scientific and technical cooperation;
- overview of inventions in the field of nanotechnology;
- development of new materials;
- rational use of natural sources;
- efficient use of recycled resources;
- the application of nanotechnology and nanomaterials;
- system solutions for technological problems;
- in related sectors;
- forums, exhibitions, conferences and events in the area of construction and nanoindustry.

These are the topics of the papers published in the journal: creation of new functional materials; nanostructured systems strength and penetrability formation theory development; the problems of nanomaterials and nanotechnologies implementation in construction and building materials; cement and other binders with mineral and organic additives; diagnostics of building systems nanostructures and nanomaterials; modification of building materials with nanofibers; disperse composite materials with nanocoating; formation of nanostructure coatings by means of laser sputtering; technologies aimed at studying nanomaterial properties; the systems of teaching the fundamentals of nanotechnologies; technological principles of nanostructures creation (liquid melts, sol and gel synthesis). The topics may be different, directly or indirectly related to the areas mentioned above.

The journal can also publish: original papers; reviews; discussing materials, comments, other information materials.

The structure of the paper

Article type (In English)

Title (In English)

Author(s): Place of employment for each author (university (institute), enterprise or other companies, city, country (In English) (it is necessary to link author's profile on ORCID website orcid.org)

***Corresponding author:** e-mail:

ABSTRACT: the source of information, which is independent on the paper and which allows

Russian and foreign specialists to make conclusion about the quality of the content of the paper (extended abstracts must be informative, original, novelty, contain main results of research, structured according to IMRAD (Introduction, Methods and Materials, Results and Discussion), compact – 200–250 words) (In English)

KEYWORDS: (In English)

ACKNOWLEDGMENTS: (if available) (In English)

FOR CITATION: (In English)

Text of the paper: (In English, number of words 3000–6000)

- **INTRODUCTION**
- **METHODS AND MATERIALS**
- **RESULTS**
- **DISCUSSION**
- **CONCLUSIONS**

REFERENCES (In English)

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR(S) (In English)

Name, patronymic name (if available), last name, academic degree, academic status, position, employment, city, country, e-mail

All authors declare the absence of any competing interests.

Article type (In Russian)

Title (In Russian)

Author(s): Place of employment for each author (university (institute), enterprise or other companies, city, country (In Russian) (it is necessary to link author's profile on ORCID website orcid.org)

***Corresponding author:** e-mail:

ABSTRACT: the source of information, which is independent on the paper and which allows Russian and foreign specialists to make conclusion about the quality of the content of the paper (extended abstracts must be informative, original, novelty, contain main results of research, structured according to IMRAD (Introduction, Methods and Materials, Results and Discussion), compact – 200–250 words) (In Russian)

KEYWORDS: (In Russian)

ACKNOWLEDGMENTS: (if available) (In Russian)

FOR CITATION: (In Russian)

Text of the paper: (In Russian, number of words 3000–6000)

- **INTRODUCTION**
- **METHODS AND MATERIALS**
- **RESULTS**
- **DISCUSSION**
- **CONCLUSIONS**

REFERENCES (In Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR(S) (In Russian)

Name, patronymic name (if available), last name, academic degree, academic status, position, employment, city, country, e-mail

All authors declare the absence of any competing interests.

Manuscript text

File format

The editors accept texts saved using Microsoft Word in .rtf format.

Text layout

- Use the font Times New Roman, font size – 14 pt., and 1.5 line spacing;
- Do not use an underscore in the text (for subtitles – use bold, to highlight text – use italics);
- Non-Russian languages titles (journals, organizations, etc.) should be left in the original, enclosed in quotes.

Abbreviations

All abbreviations should be defined when first used. If the article contains a large number of abbreviations, a list deciphering each of them can be included before the text of the article

Tables and Figures

All tables and figures must be numbered and identified, they should be a reference in the text. The tables should not contain empty columns. Figures should be of good quality, suitable for printing. Figures should be submitted together with the article, with each figure submitted as an individual file.

One way to check the quality of the image, is to increase its size using any image manipulation software. A high quality image is not burred or distorted when enlarged.

Footnotes

If necessary, use footnotes with continuous numbering (Arabic numerals) throughout the document. Footnotes can be quotes from the works mentioned in the text, for more information.

Citations and bibliography

The journal requires the use of the Vancouver citation style (a reference in the text in square brackets, full bibliographic description of the source in the bibliography in the order mentioned in the text of the article).

References

The list of references includes sources used in the text.

References accepted for publication but not yet published articles must be labeled with the words “in press”; authors should obtain written permission to refer to these documents and evidence that they are accepted for publication. Information from unpublished sources must be marked with the words “unpublished data / documents,” the authors must also receive written confirmation of the use of such materials.

References to non-Russian language articles:

Surname Intials, Surname Intials Article title. Name of journal. Year, Volume (Number): 00-00. DOI: 10.13655/1.6.1234567.

Example: Bokova E.S., Kovalenko G.M. Electrospinning of Fibres Using Mixed Compositions Based on Polyetherurethane and Hydrophylic Polymers for the Production of Membrane Materials. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe. 2020: 4(142): 49-51. DOI: 10.5604/01.3001.0014.0933

References to non-Russian language monographs:

With 1–3 authors:

Surname initials, Surname initials. Book title. Number of reprinting. City: Publisher; The year of publishing.

Indication to the editor or compiler:

Surname initials. Surname initials. Surname initials, editors. Title. Number of reprinting. City: Publisher; Year of publishing.

Example: Mehta P.K., Monteiro P.J.M. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. New York: McGraw-Hill; 2006.

Harris B. Fatigue in composites. England: Woodheard Publish Lmt.; 2003.

Journal title and the title of monographs and collections are written in italics. After the initials a period (.) is used. Between the author’s name and initials no comma is used.

Reference to Russian language sources:

Example: Lindorf L.S., Mamikonians L.G. Operation of turbine-generator with direct cooling. Moscow: Energia; 1972. (In Russ.)

References to internet sources:

The name of the material on the site [site]. Name of the site; year [updated: date of update; date of citation]. Available: link to the site.

Note: preferably indicate a link to the material from the site, which is mentioned in the article. A link to your homepage is not informative and does not allow for verification of the information.

Copyright Notice

Authors who publish in journal agree to the following:

1. Authors retain copyright of the work and provide the journal right of first publication of the work.
2. The authors retain the right to enter into certain contractual agreements relating to the non-exclusive distribution in the published version of the work here form (eg, post it to an institutional repository, the publication of the book), with reference to its original publication in this journal.
3. The authors have the right to post their work on the Internet (eg in the institute store or personal website) prior to and during the review process of its data log, as this may lead to a productive discussion and a large number of references to this work.

Privacy Statement

Specified when registering the names and addresses will be used solely for technical purposes of a contact with the Author or reviewers (editors) when preparing the article for publication. Private data will not be shared with other individuals and organizations.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Прием статей

Авторы представляют в редакцию:

- рукописи в электронном виде по e-mail: info@nanobuild.ru;
- сопроводительное письмо (редакция высылает авторам образец по их предварительному запросу).

Авторы публикуемых в журнале материалов допускают использование контента в соответствии с лицензией Creative Commons CC-BY «Attribution» («Атрибуция»); согласны с размещением в открытом доступе полных текстов статей (их составных частей или метаданных) в Интернете на сайте издания (www.nanobuild.ru), в системах цитирования (базах данных). Об этом авторы указывают в сопроводительном письме. Подробно о лицензии Creative Commons CC-BY смотрите здесь <http://creativecommons.ru/>.

Представление статьи в журнал подразумевает, что:

- работа не была опубликована ранее в другом журнале;
- не находится на рассмотрении в другом журнале;
- все соавторы согласны с публикацией статьи;
- получено согласие – неявное или явное – организации, в которой исследование было проведено.

Информация о конфликте интересов

В статье следует указать на реальный или потенциальный конфликт интересов. Если конфликта интересов нет, то следует написать, что «автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

При представлении рукописи в журнал авторы должны убедиться, что содержание статьи соответствует тематике журнала; структура статьи и оформление соответствуют требованиям редакции; все цитирования оформлены корректно, указаны источники для таблиц и рисунков (если не указано иное, предполагается, что таблицы и рисунки созданы автором).

Основные разделы журнала:

- строительное материаловедение;
- исследование свойств наноматериалов;
- результаты исследований ученых и специалистов;
- технологии производства строительных материалов и изделий;
- международное научно-техническое сотрудничество;
- обзор изобретений в области nanoиндустрии
- разработка новых материалов;
- рациональное использование природных ресурсов;
- эффективное использование вторичного сырья;
- применение нанотехнологий и наноматериалов;
- системные решения технологических проблем;
- в смежных отраслях;
- форумы, выставки, конференции, мероприятия строительной отрасли и nanoиндустрии.

В журнале публикуются работы по следующим темам: создание новых функциональных материалов; разработка теории формирования прочности и непроницаемости наноструктурированных систем; проблемы применения наноматериалов и нанотехнологий в строительстве и строительных материалах; цементные и другие вяжущие с минеральными и органическими добавками; диагностика наноструктур и наноматериалов строительных систем; технологии исследования свойств наноматериалов; модифицирование строительных материалов нановолокнами; дисперсные композиционные материалы с нанопокрывом; формирование наноструктурных покрытий лазерным напылением; системы преподавания основ нанотехнологий; технологические принципы создания наноструктур (расплавы, золь-гелевый синтез и др.). Тематика статей может быть иной, прямо или косвенно связанной с перечисленными направлениями.

Журнал принимает к публикации: оригинальные статьи; обзоры; дискуссионные материалы, комментарии, другие информационные материалы.

Структура статьи

Тип статьи (на английском языке)

Заглавие (на английском языке)

Автор(ы) (на английском языке): обязательное указание места работы каждого автора, город, страна (необходимо указывать ORCID авторов – зеленый значок рядом с фамилией с указанной под ним гиперссылкой на страницу ORCID на orcid.org)

***Контакты:** e-mail:

РЕЗЮМЕ: независимый от статьи источник информации, который позволяет российским и зарубежным специалистам сделать вывод о качестве и содержании статьи (резюме должны быть информационными, оригинальными, содержать новизну, основные результаты исследований, структурированными по IMRAD (Introduction, Methods and Materials, Results and Discussion), компактными – укладываться в 200–250 слов) (на английском языке)

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: (на английском языке)

БЛАГОДАРНОСТИ: (при наличии) (на английском языке)

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: (на английском языке)

Статья (на английском языке, объем – 3–6 тыс. слов):

- **ВВЕДЕНИЕ**
- **МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ**
- **РЕЗУЛЬТАТЫ**
- **ОБСУЖДЕНИЕ**
- **ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ВЫВОДЫ)**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ: (на английском языке)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ(АХ): (на английском языке)

Имя, отчество (при наличии), фамилия, ученая степень, ученое звание, должность, место работы, город, страна, e-mail

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК

Тип статьи (на русском языке)

Заглавие (на русском языке)

Автор(ы) (на русском языке): обязательное указание места работы каждого автора, город, страна (на русском языке) (необходимо указывать ORCID авторов – зеленый значок рядом с фамилией с указанной под ним гиперссылкой на страницу ORCID на orcid.org)

***Контакты:** e-mail:

РЕЗЮМЕ: независимый от статьи источник информации, который позволяет российским и зарубежным специалистам сделать вывод о качестве и содержании статьи (резюме должны быть информационными, оригинальными, содержать новизну, основные результаты исследований, структурированными по IMRAD (введение, методы и материалы, результаты, обсуждение, заключение (выводы)), компактными – укладываться в 200–250 слов) (на русском языке)

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: (на русском языке)

БЛАГОДАРНОСТИ: (при наличии) (на русском языке)

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: (на русском языке)

Статья (на русском языке, объем – 3–6 тыс. слов)

- **ВВЕДЕНИЕ**
- **МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ**

- РЕЗУЛЬТАТЫ
- ОБСУЖДЕНИЕ
- ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ВЫВОДЫ)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ: (на русском языке)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ(АХ): (на русском языке)

Фамилия, имя, отчество (при наличии), ученая степень, ученое звание, должность, место работы, город, страна, e-mail

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Оформление текста рукописи

Формат

Редакция принимает тексты, сохраненные в программе Microsoft Word в формате .rtf.

Оформление

- используйте шрифт 14 Times New Roman и интервал 1,5 строки;
- не используйте подчеркивание внутри текста (для подзаголовков используйте полужирное начертание, для выделения в тексте – курсив);
- иностранные названия (журналов, организаций и т.д.) следует оставлять в оригинале, заключать в кавычки.

Аббревиатуры

Все аббревиатуры должны быть расшифрованы при первом употреблении. Если аббревиатур много, можно сделать список с расшифровкой каждой из них перед текстом статьи.

Таблицы и рисунки

Все таблицы и рисунки должны быть пронумерованы и названы, на них должна быть ссылка в тексте статьи. В таблицах не должно быть пустых граф. Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Прикладываются к статье отдельными файлами.

Чтобы проверить качество изображения, можно увеличить его. Хорошее изображение не размывается при увеличении.

Сноски

При необходимости используются сноски со сквозной нумерацией (арабские цифры) по всему документу. В сносках могут быть цитаты из работ, которые упоминаются в тексте, дополнительная информация.

Оформление цитат и списка литературы

В журнале принят Ванкуверский стиль цитирования (ссылка в тексте в квадратных скобках, полное библиографическое описание источника в списке литературы в порядке упоминания в тексте статьи).

Список литературы

В список литературы включаются источники, используемые в тексте статьи. Ссылки на принятые к публикации, но еще не опубликованные статьи, должны быть помечены словами «в печати»; авторы должны получить письменное разрешение для ссылки на такие документы и подтверждение того, что они приняты к печати. Информация из неопубликованных источников должна быть отмечена словами «неопубликованные данные/документы», авторы также должны получить письменное подтверждение на использование таких материалов.

Ссылки на статьи из иностранных источников:

¹Фамилия И.О., ²Фамилия И.О. Название статьи. Название журнала. Год; Том (Номер): 00-00. DOI: 10.13655/1.6.1234567.

Пример: Vokova E.S., Kovalenko G.M. Electrospinning of Fibres Using Mixed Compositions Based on Polyetherurethane and Hydrophilic Polymers for the Production of Membrane Materials. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe. 2020; 4(142): 49-51. DOI: 10.5604/01.3001.0014.0933

Ссылки на монографии на иностранном языке:

С 1–3 авторами:

¹Фамилия И.О., ²Фамилия И.О. Название книги. Номер переиздания. Город: Издательство; Год издания.

Указание на редактора или составителя:

¹Фамилия И.О., ²Фамилия И.О., ³Фамилия И.О., редакторы. Название. Номер переиздания. Город: Издательство; Год издания.

Пример: Mehta P.K., Monteiro P.J.M. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. New York: McGraw-Hill; 2006.

Harris B. Fatigue in composites. England: Woodhead Publish Lmt.; 2003.

Глава из монографии или сборника:

¹Фамилия И.О. ¹Название. В: ²Фамилия И.О., редактор. ²Название. Номер переиздания. Город: Издательство; Год издания.

Название журнала и название монографий и сборников выделяется курсивом, после инициалов ставятся точки. Между фамилией автора и инициалами запятая не ставится.

Ссылки на статьи на русском языке

¹Фамилия И.О., ²Фамилия И.О. Название статьи // Название журнала. – Год. – Том (Номер):00-00. [¹Familia I.O., ²Familia I.O. Перевод названия статьи. Транслит названия журнала/Официальное название на английском языке. Год; Том (Номер):00-00. (In Russ.)]]

Пример: Иванов Л.А., Муминова С.Р. Нанотехнологии и наноматериалы: обзор новых изобретений. Часть 1 // Нанотехнологии в строительстве. – 2017. – 9 (1): 88–106. – DOI: 10.15828/2075-8545-2017-9-1-88-106.

[Ivanov L.A., Muminova S.R. Nanotechnologies and nanomaterials: review of inventions. Part 1. Nanotechnologies in Construction. 2017; 9 (1): 88–106. DOI: 10.15828/2075-8545-2017-9-1-88-106. (In Russian)]

Ссылки на монографии на русском языке:

¹Фамилия И.О. Название монографии. – Город: Издательство, год. – 000 с. [¹Familia I.O. Перевод названия монографии. Gorod: Izdatelstvo; god. (In Russ.)]

Пример: Линдорф Л.С., Мамикониантс Л.Г. Эксплуатация турбогенераторов с непосредственным охлаждением. – М.: Энергия, 1972. – 352с.

Ссылки на интернет-ресурсы:

Название сайта [Электронный ресурс] – URL. – (дата обращения).

Примечание: предпочтительно указывать ссылку на материал с сайта, который упоминается в статье. Ссылка на главную страницу не информативна и не дает возможность проверить информацию.

Авторские права

Авторы, публикующие в журнале, соглашаются со следующим:

1. Авторы сохраняют за собой авторские права на работу и предоставляют журналу право первой публикации работы.

2. Авторы сохраняют право заключать отдельные контрактные договорённости, касающиеся неэксклюзивного распространения версии работы в опубликованном здесь виде (например, размещение ее в институтском хранилище, публикацию в книге), со ссылкой на ее оригинальную публикацию в этом журнале.

3. Авторы имеют право размещать их работу в сети Интернет (например, в институтском хранилище или на персональном сайте) до и во время процесса рассмотрения ее данным журналом, так как это может привести к продуктивному обсуждению и большему количеству ссылок на данную работу.

Приватность

Имена и адреса электронной почты, введенные на сайте этого журнала, будут использованы исключительно для целей, обозначенных этим журналом, и не будут использованы для каких-либо других целей или предоставлены другим лицам и организациям.