

IN THE ISSUE:

В НОМЕРЕ:

- The Journal «Nanotechnologies in Construction» is the laureate of the I.A. Grishmanov Prize 2021
- Improving the performance characteristics of gas concrete impregnated with calcium polysulfide
- Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies
- Evaluation of the efficiency of using new environmentally friendly PVC additives based on adipic acid

Happy New Year 2022!

- Журнал «Нанотехнологии в строительстве» – лауреат премии имени Гришманова И.А. 2021 года
- Улучшение эксплуатационных характеристик газобетона пропиткой полисульфидом кальция
- Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий
- Оценка эффективности использования новых экологически чистых добавок ПВХ на основе адипиновой кислоты

С Новым 2022 годом!

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)

*Happiness, Joy
and Realization of Your Wishes
In New Year!*



2022

The Editors, Editorial Council and Editorial Board of the Electronic Edition
«Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal»

e-mail: info@nanobuild.ru

*Счастья, радости
и исполнения желаний
в НОВОМ ГОДУ!*



2022

Редакция, редакционный совет и редакционная коллегия электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал»

e-mail: info@nanobuild.ru

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, I.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, Center for New Technologies «NanoStroitelstvo», Moscow, 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 «NanoStroitel'stvo», 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., Associate Professor, West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Department of General Civil Engineering, Szczecin, Poland

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 № 6 (Vol. 13) is 17.12.2021

ISSUED WITH SUPPORT OF



RUSSIAN ACADEMY OF ENGINEERING



**INTERNATIONAL ACADEMY
OF ENGINEERING**



**WUHAN UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY (CHINA)**

CONTENTS

HAPPY NEW YEAR 2022!	338
PUBLISHER INFORMATION	339
TO THE AUTHORS AND READERS	
Electronic edition "Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal" is the laureate of the I.A. Grishmanov Prize 2021	342
MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS	
<i>Massalimov I.A., Massalimov B.I., Mustafin A.G.</i> Improving the performance characteristics of gas concrete impregnated with calcium polysulfide	343
APPLICATION OF NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION	
<i>Boev E.V., Islamutdinova A.A., Aminova E.K.</i> Method of obtaining calcium silicate for construction	350
SYSTEM SOLUTIONS FOR TECHNOLOGICAL PROBLEMS	
<i>Mazitova A.K., Bulatasov Zh.F., Zaripov I.I., Sapozhnikov E.Yu., Vikhareva I.N.</i> Evaluation of the efficiency of using new environmentally friendly PVC additives based on adipic acid	358
INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL COOPERATION	
Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities	365
REVIEW OF NANOTECHNOLOGICAL INVENTIONS	
<i>Ivanov L.A., Xu L.D., Razumeev K.E., Pisarenko Zh.V., Demenev A.V.</i> Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies. Part VI	370
DEVELOPMENT OF NEW POLYMER MATERIALS	
<i>Aminova G.K., Maskova A.R., Yarmukhametova G.U., Gareeva N.B., Mazitova A.K.</i> Obtaining new phthalate plasticizers	379
CONTENT OF THE ISSUES PUBLISHED IN 2021	386
PUBLISHING ETHICS	392
AUTHOR GUIDELINES	396
CALENDAR 2022	401

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 доктора 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, Центр новых технологий «НаноСтроительство», г. Москва, 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 «Нanomатериалы 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, доктор наук, Западно-Поморский технологический университет, факультет гражданского и экологического строительства, факультет общего гражданского строительства, г. Щецин, Польша

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 № 6, Том 13, 2021: 17.12.2021 г.

ИЗДАЕТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



РОССИЙСКОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ



МЕЖДУНАРОДНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ
АКАДЕМИИ



УХАНЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ТЕХНОЛОГИЙ (КИТАЙ)

СОДЕРЖАНИЕ

С НОВЫМ 2022 ГОДОМ!	338
ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ	339
К АВТОРАМ И ЧИТАТЕЛЯМ	
Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» – лауреат премии имени Гришманова И.А. 2021 года	342
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ	
Массалимов И.А., Массалимов Б.И., Мустафин А.Г. Улучшение эксплуатационных характеристик газобетона пропиткой полисульфидом кальция	343
ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	
Боев Е.В., Исламутдинова А.А., Аминова Э.К. Получение строительного силиката кальция	350
СИСТЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ	
Мазитова А.К., Булатасов Ж.Ф., Зарипов И.И., Сапожников Е.Ю., Вихарева И.Н. Оценка эффективности использования новых экологически чистых добавок ПВХ на основе адипиновой кислоты	358
МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	
Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов	365
ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ	
Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Разумеев К.Э., Муминова С.Р., Деменев А.В. Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть VI ...	370
РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
Аминова Г.К., Маскова А.Р., Ярмухаметова Г.У., Гареева Н.Б., Мазитова А.К. Получение новых фталатных пластификаторов	379
СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРОВ ЖУРНАЛА, ВЫШЕДШИХ В 2021 ГОДУ	386
ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА	392
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ	396
КАЛЕНДАРЬ НА 2022 ГОД	401

Dear colleagues!

We are glad to inform you that the meeting of Presidium of All-Russia Public Organization “Russian Academy of Engineering” was held on the 2nd December 2021 in Moscow. The aim of this meeting was to review the results of awarding professional I.A. Grishmanov prize in the area of science, technologies, organization of building materials production, construction and promoting innovations in construction in 2021.

Having considered proposals by the experts of the I.A. Grishanov contest and by the members of the Presidium of Russian Academy of Engineering, the participant decided **to award I.A. Grishmanov prize 2021 and title “Laureate of I.A. Grishmanov prize” to electronic edition “Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal”** for information support of creating and applying science-intensive technologies (mainly nanotechnological products) in construction, communal and housing service and joint fields (industries, energy development et al.) and high publication activity (the journal is included in the List of Higher Certification Committee of the RF, Web of Science, Scopus et al.; (two-year impact-factor RIC-2020 – 1,507; 5-year impact-factor RIC-2020 – 1,019).



More information is here – <http://grishmanov.ru/laureaty-2021-g/>

Organizing Committee of the professional contest for awarding I.A. Grishmanov prize congratulates the editorial staff, authors and readers of the journal with this award and wish them health and new creative success!

Уважаемые коллеги!

Сообщаем Вам, что 2 декабря 2021 года в Москве состоялось заседание Президиума Общероссийской общественной организации «Российской инженерной академии», на котором подведены итоги профессионального конкурса по присуждению премии имени Гришманова И.А. в области науки, техники и организации производства промышленности строительных материалов и строительной индустрии, популяризации достижений в области строительства по результатам 2021 года.

Рассмотрев предложения экспертов конкурса по присуждению премии имени Гришманова И.А. и членов Президиума Российской инженерной академии, участники приняли решение **присудить премию им. Гришманова 2021 года и присвоить звание «Лауреат премии имени Гришманова И.А.»** электронному изданию «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» за информационное обеспечение процесса создания и внедрения наукоемких технологий (прежде всего – нанотехнологической продукции) в области строительства, жилищно-коммунального хозяйства, смежных отраслей (промышленности, энергетики и др.) и высокую публикационную активность журнала (включен в Перечень ВАК РФ, Web of Science, Scopus и др.; (двухлетний импакт-фактор РИНЦ-2020 – 1,507; пятилетний импакт-фактор РИНЦ-2020 – 1,019).



Более подробная информация – <http://grishmanov.ru/laureaty-2021-g/>

Организационный комитет профессионального конкурса по присуждению премии имени Гришманова И.А. поздравляет редакцию, авторов и читателей журнала с этой заслуженной наградой и желает всем здоровья и новых творческих успехов!

Original article

<https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-6-343-349>



Improving the performance characteristics of gas concrete impregnated with calcium polysulfide

Ismail A. Massalimov^{1*} , Burhan I. Massalimov² , Akhat G. Mustafin¹

¹ Bashkir State University, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia

² The Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

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

ABSTRACT: Introduction. Impregnation with a solution based on calcium polysulfide showed excellent results in the hydrophobization of concrete, brick and shell rock due to the formation of a water-repellent coating of sulfur nanoparticles on the surface of their pores. This paper presents the data of studying the properties of aerated concrete, widespread in construction practice, which has a widely developed pore system. **Materials and methods.** The data on the penetration of water into the studied samples of aerated concrete using the methods of visual examination, including electron microscopy, as well as methods for measuring the water absorption and strength of the samples impregnated with a solution based on calcium polysulfide are presented. **Results.** It is shown that aerated concrete impregnated with calcium polysulfide, despite the developed pore system, acquires pronounced water-repellent properties. It was found that the optimal processing time is 20 minutes, and the increase in the water-repellent properties of aerated concrete depends on the density of the impregnating solution. As a result of impregnation of aerated concrete by immersion in a solution with a density of 1.16 g/cm³, a decrease in 3.7 times occurs, and when treated with a solution with a density of 1.25 g/cm³, it decreases 6.8 times and becomes equal to 6%. For samples processed with the use of vacuum, in the case of processing a solution with a density of 1.16 g/cm³, water absorption decreases by 7.9 times, and when processing with a solution using vacuum, it decreases 19.8 times, while the compressive strength increases by 1.7 once. Samples of aerated concrete, treated with a polysulfide-based solution with a brush, showed that in this case, water absorption in the sprinkling mode decreases to values of 1.5–2.0%. **Discussion.** It is noted that during the surface treatment of aerated concrete, a chemically resistant, water-repellent layer 3–3.5 cm thick is formed, which reliably protects the material from the penetration of water and chemicals. The results of the performed experiments give reason to believe that on the surface of the pores of aerated concrete treated with a solution based on calcium polysulfide, as well as on the surface of the pores of previously investigated materials, a nanosized coating is formed of sulfur particles that hydrophobic aerated concrete. **Conclusions.** Comparison of the results for aerated concrete with excellent data for concrete, brick, shell rock shows that the efficiency for aerated concrete is no less and allows us to recommend the specified solution for long-term protection of the surface of aerated concrete walls.

KEYWORDS: sulfur, nanoparticle, aerated concrete, water absorption, strength, hydrophobicity, protective coating.

FOR CITATION: Massalimov I.A., Massalimov B.I., Mustafin A.G. Improving the performance characteristics of gas concrete impregnated with calcium polysulfide. *Nanotechnologies in Construction*. 2021;13(6): 343–349. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-6-343-349>.

INTRODUCTION

The main reason for the degradation of porous building structures is the atmospheric-chemical factor. The use of protective coatings makes it possible to increase the durability of buildings and structures by reducing the amount of water penetrating into the pores, but the main problem in this area is the service life of the coating itself, especially under conditions of constant exposure to water and sign-changing temperatures. The problem

of long-term protection of concrete structures exposed to intense exposure to moisture and groundwater has not yet been resolved – the available deep penetration impregnating compositions are quite expensive and cannot be effectively used in all the cases. In this regard, it is urgent to search for a new effective and convenient method of long-term protection of building structures and products using various methods [1–2]. One of the methods of protection is based on the creation of a water-repellent effect in building materials by the use of impregnation

© Massalimov I.A., Massalimov B.I., Mustafin A.G., 2021

with sulfur melt [3–4], however, the application of the method is limited by the complexity of use associated with obtaining a melt and the need for evacuation.

In works [5–8], a new method is proposed that allows increasing the durability of buildings and structures by reducing the amount of water penetrating into the pores. The developed impregnating composition based on sulfur provides protection of building materials from weathering and corrosive environments for a long time. The technology for processing structural elements and products is simple and affordable: like most paints and varnishes, they are applied with a brush, pouring, spraying, dipping at any positive temperatures. The fundamental novelty of the proposed solution lies in the fact that hydrophobization is achieved using a material of inorganic nature – sulfur. The presence of sulfur in the pores of building materials gives them water-repellent properties for a long time – in contrast to organic paints and varnishes. The uniqueness of the approach lies in the fact that at the stage of impregnation a water-soluble substance is used, within which sulfur molecules fall into the smallest pores of the material.

During the drying stage this substance decomposes and a water-insoluble (hydrophobic) layer of elemental sulfur is formed on the surface of the pores. At the drying stage, this substance decomposes and a water-insoluble (hydrophobic) layer of elemental sulfur nanoparticles is formed on the pore surface. The use of deep impregnation allows, along with an increase in strength and frost resistance, a decrease in water absorption, to significantly increase resistance to atmospheric factors, chemical resistance to acids, saline solutions, oil products. The mineral nature of the coating, formed from sulfur nanoparticles, ensures its durability, and the water-repellent properties inherent in elemental sulfur blocks the access of water. The surfaces treated with the proposed composition acquire not only hydrophobic properties, but also pronounced bactericidal properties, as a result, the processes of decay and mold formation are prevented.

This method improves the mechanical characteristics of building structures (piles, bridges, floor arches, tunnels, trays, culverts, wells, sidewalk and road slabs, curb stones, etc.) operating in conditions of atmospheric factors and groundwater. The method of hydrophobization with polysulfide solutions is also protected by a Russian and Eurasian patent [9, 11]. Currently, the method has become widespread and is used to strengthen wells [12–14].

At the same time, there are other building materials (foam concrete, aerated concrete, wood, etc.), which also need long-term and reliable protection from atmospheric factors. For this purpose, aerated concrete was investigated, which has a developed porous structure and is exposed to water. Autoclaved aerated concrete is one of the most popular building materials used in the construction of individual houses. It is popular due to its excellent consumer properties: low thermal conductivity

and environmental friendliness. But at the same time aerated concrete is characterized by a high value of water absorption (30–50%) and relatively low values of compressive strength, which significantly limits its use. This material is also popular abroad, work is underway to obtain materials and methods for protecting aerated concrete [15–22]. In this work, a composition based on calcium polysulfide was used to modify the properties of aerated concrete; the latter was impregnated with the material and its properties were studied.

METHODS AND MATERIALS

To carry out the work, a solution based on calcium polysulfide (calcium pentasulfide CaS_5) with different densities in the range from 1.16 g/cm³ to 1.25 g/cm³ was used, and aerated concrete with a density of 0.547 g/cm³ with dimensions of 16×4×4 cm was used as samples. Since aerated concrete is mainly used as a wall material, it was processed with a brush, in addition, it was also tested by immersing the samples in a solution based on calcium polysulfide. The impregnation of aerated concrete samples was carried out by completely immersing them in a bath with a polysulfide solution so that the solution level exceeded the level of the upper edge of the samples by at least 5 cm. The impregnation of aerated concrete samples was carried out with various durations (from 10 to 80 minutes) 20 minutes.

Water absorption measurements were carried out according to the method described in GOST 12730.3-2020. Determination of water absorption with preliminary evacuation of the samples was carried out in a chamber from which air was evacuated and an impregnating solution was supplied until the samples were completely covered with the solution. The strength measurements of the initial and impregnated samples were carried out in accordance with GOST 10180-2012. The depth of penetration of the impregnating solution into the depth was checked by analyzing sections of freshly impregnated samples. The analysis of the size of sulfur nanoparticles and the distribution of the hydrophobizing material in the pores was carried out by Shimadzu Wing SALD-7071 and an AXIOVERT.A1 microscope.

RESULTS

Since aerated concrete, like most building materials, is an inorganic material and is wetted with water, and gradually water fills the pores of aerated concrete (Fig. 1a). Treatment with a solution based on calcium polysulfide leads to the coloring of aerated concrete in a light green color, in addition, the appearance of sulfur nanoparticles on the surface of aerated concrete leads to the appearance of water-repellent properties (Fig. 1b), a drop of water on the surface of the sample is not absorbed.

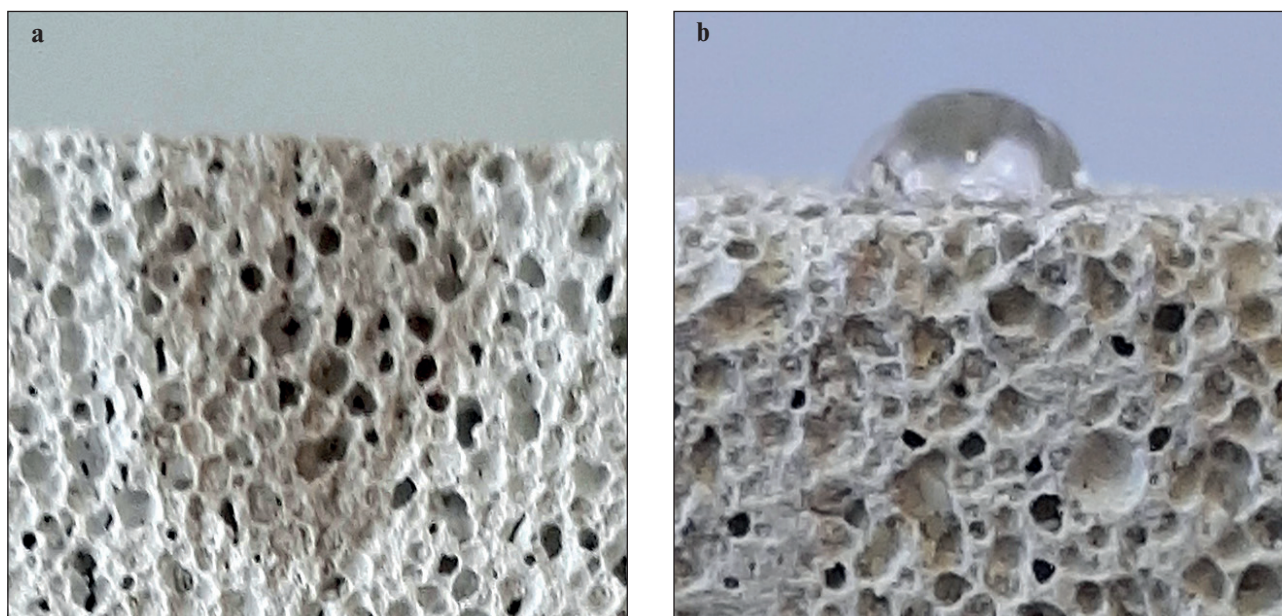


Fig. 1. The appearance of aerated concrete: a – untreated; b – processed

The samples were processed by immersion in a solution based on calcium polysulfide of various densities for 1 hour; the results are shown in Fig. 2. The water absorption of the original non-impregnated samples was 35.6%. The data presented in Fig. 3 show that water absorption decreases when using a solution with a density equal to 1.16 g/cm³, water absorption decreases by 3.7 times, and when treated with a solution with a density of 1.25 it decreases by 6.8 times. For samples processed with the use of evacuation, in the case of processing a solution with a density of 1.16 g/cm³, water absorption decreases by 7.9 times, and when processing with a solution with

a density of 1.25, it decreases 19.8 times. Thus, a solution based on calcium polysulfide effectively hydrophobizes aerated concrete and can be used to protect structures made of this material. For example, the walls of low-rise buildings that have water-repellent properties can be laid out of aerated concrete blocks.

Samples impregnated under vacuum with different duration of keeping in solution were tested for compressive strength (Fig. 3). The data on the dependence of the strength on the residence time in the solution show that the residence time in the solution equal to 20 minutes is sufficient for the solution to be absorbed. The results

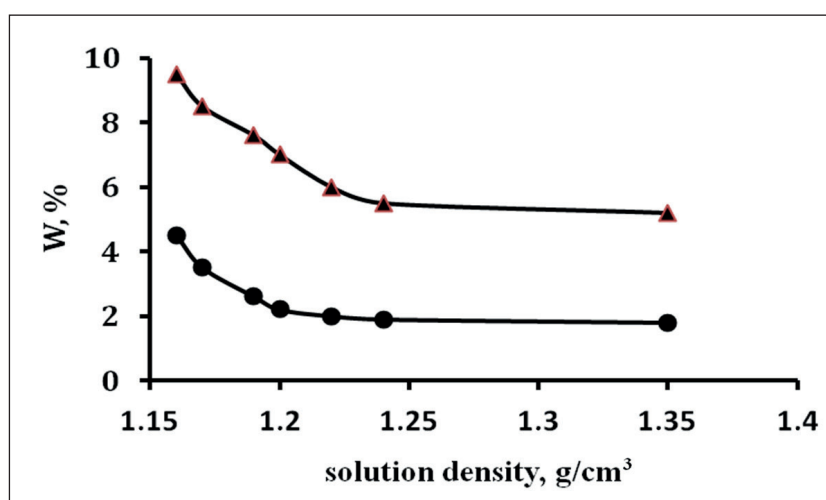


Fig. 2. Water absorption of aerated concrete samples impregnated by immersion in a solution based on calcium polysulfide of various densities at atmospheric pressure (Δ) and using vacuum (•)

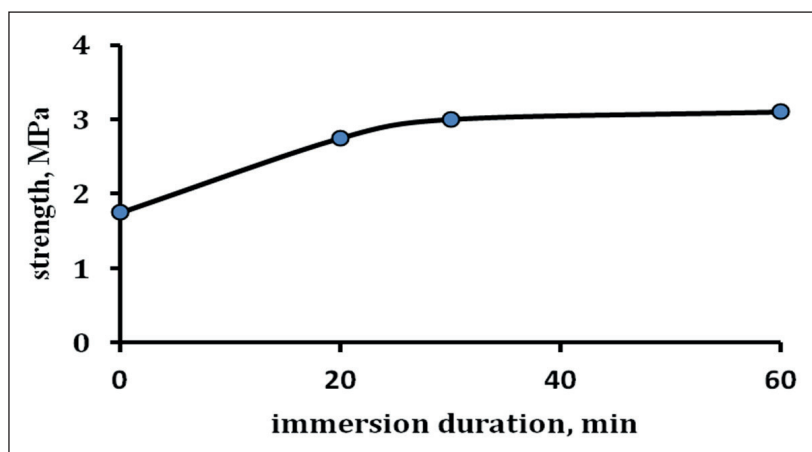


Fig. 3. Dependence of the compressive strength of aerated concrete samples impregnated by immersion in a solution based on calcium polysulfide on the duration of holding in the solution

show an increase in compressive strength from 1.75 MPa to 3 MPa when held in solution for more than 20 minutes; further holding does not lead to a noticeable increase in strength.

Since the main application of aerated concrete is supposed to be the protection of walls that are exposed to moisture in the sprinkling mode, the samples were repeatedly brushed and dried under natural conditions. The processing was carried out as follows. Repeated brush strokes were applied layer by layer until the solution was absorbed by the aerated concrete. Then, after it was absorbed, but not dried, a second layer was applied in the same way. Then the process was repeated a third time. Figure 4 shows sections of dried samples after three brush treatments; it can be seen that the solution applied with a brush successively penetrates into the depth of the sample. The treatment was carried out with a solution

with a density equal to 1.24 g/cm³. The results showed that after passing the hand three times, the penetration depth exceeds 2 cm.

Samples treated with a brush were tested for water absorption, for this purpose they were processed in the spray mode. For this purpose, the samples were exposed to water droplets in a similar manner to rainfall for 1 hour. It was found that water absorption does not exceed 1.5–2.0% for those treated three times with a brush (Fig. 5). Thus, brushing or spraying a solution based on calcium polysulfide on a wall lined with aerated concrete can protect the material from water penetration, even without using additional protection measures, by applying plaster or other water repellents to the wall.

Samples soaked in a solution of calcium polysulfide were examined by direct observation in reflected light on an AXIOVERT.A1 microscope. Figure 6 shows the mi-

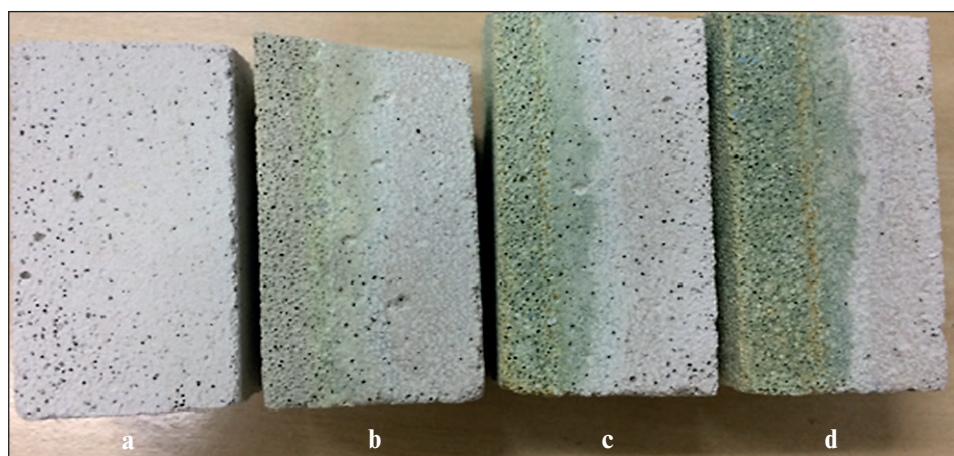


Fig. 4. Samples of aerated concrete cut impregnated with a solution based on calcium polysulfide with a density equal to 1.24 g/cm³: a) initial non-impregnated; b) processing with a single pass of the brush; c) processing with a double pass of the brush; d) processing by three passes of the brush

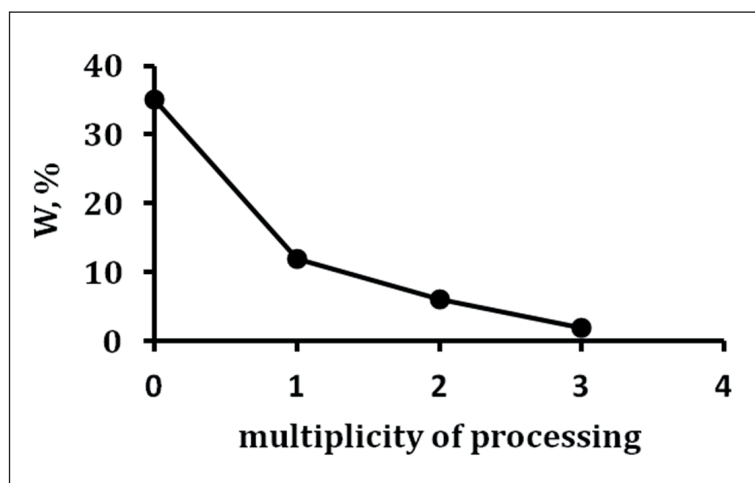


Fig. 5. Dependence of water absorption of aerated concrete under sprinkling conditions, depending on the frequency of treatment

crostructure of aerated concrete samples impregnated with polysulfide solutions. From Figure 6 it can be seen that the voids between the grains of aerated concrete are filled with a composite of sulfur nanoparticles and calcium carbonate, as a result, the compressive strength increases (Fig. 3) and water absorption decreases (Fig. 6).

DISCUSSION

The data obtained in the work show that aerated concrete is successfully hydrophobized by impregnation with a solution based on calcium polysulfide, despite the fact that it has a well-developed pore system, that is, there are many voids inside aerated concrete. To find out at the expense of which particles the aerated concrete is hydrophobized from the polysulfide solution, after impregnation and drying, particles were separated from the pore space

of the material. For this, the impregnated sample of aerated concrete was dried and dissolved in a solution of hydrochloric acid. The dispersed powder that precipitated was washed with distilled water and dried, then the coarse fraction was separated from the fine fraction in a centrifuge. Then the fine fraction was analyzed using a laser analyzer, as a result, differential and integral distributions of the sizes of sediment particles were obtained, similar to those in ([8], Fig. 2). They showed that the average particle size is 20 nm, and X-ray phase analysis showed that the particles are elemental sulfur with an orthorhombic crystal lattice structure similar to the results ([8], Fig. 3).

The impregnating solution in this case is a carrier of a hydrophobizing agent (sulfur nanoparticles), which in the composition of calcium polysulfide molecules, the size of which does not exceed 0.5 nm, easily penetrates not only into the pores, but also into the smallest capillary

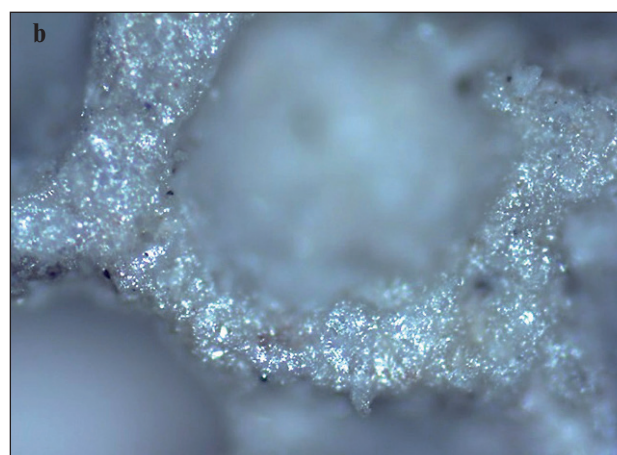
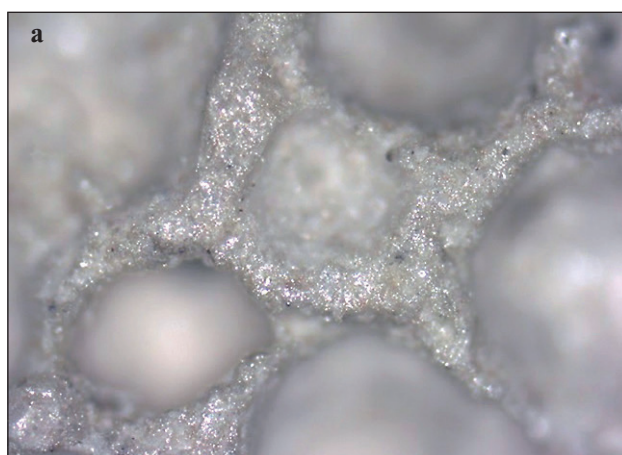


Fig. 6. Image of the pore space of aerated concrete impregnated with a polysulfide solution: a – an increase of 500 times; b – an increase of 1000 times

tracts of aerated concrete. At the drying stage, the calcium polysulfide molecule is destroyed, and sulfur nanoparticles are formed, which are hydrophobic by their chemical nature. Microscope data (Fig. 6) show how nanoparticles crystallized from a polysulfide solution at the stage of aerated concrete drying form a protective coating in the pore structure, taking up free space in the pores.

Due to the low viscosity, the impregnating solution easily penetrates deep into the material, if applied with a brush, it penetrates to a depth of 3–3.5 cm (Fig. 4), when immersed in the solution, it can completely impregnate the sample, reduce it from 35.6% to a value equal to 5%, and in the case of vacuumization, it reduces water absorption to 2% (Fig. 2). The fact that this material is excellently hydrophobized by a polysulfide solution can be seen with the naked eye: for an untreated sample, water immediately penetrates deep into the material, and in a processed sample it lies in the form of a spherical drop until it evaporates (Fig. 1). The data on water absorption are comparable with the corresponding data for shell rock 2–3% [7, 8], concrete 0.5–2.5% [6, 15], brick 4–5% [5]. An improvement in the parameters of water absorption and strength, as well as a slight change in color (acquiring a weak green color) when modifying aerated concrete with a polysulfide solution, make it possible to hope that this method of hydrophobization will be widely used. The presented data on the penetration of water into the studied samples of aerated concrete shows that the method of improving the properties of aerated concrete by impregnating samples with a solution based on calcium polysulfide works excellently in this case and can be recommended for use in low-rise construction of cottages, as well as when using aerated concrete as a material for internal partitions of buildings.

CONCLUSIONS

1. Treatment of aerated concrete with a solution based on calcium polysulfide demonstrates that a pronounced hydrophobic effect is observed (see Fig. 1).

2. Impregnation of aerated concrete samples with a solution based on calcium polysulfide showed that with an increase in the density of the solution, the efficiency of impregnation increases to density values equal to 1.25 g/cm³, treatment at atmospheric pressure reduces water absorption by 6.8 times, and when using a solution of calcium polysulfide water absorption is reduced by 7.9 times, and when treated with a solution of calcium polysulfide with the use of evacuation, it is reduced by 19.8 times.

3. Water absorption of the original aerated concrete equal to 35% decreases as a result of surface treatment with a solution based on calcium polysulfide to water absorption of 1.5–2.0% in the sprinkling mode, which allows using aerated concrete for laying walls without additional hydrophobization (Fig. 5).

4. Studies on the AXIOVERT.A1 microscope (Fig. 6) made it possible to find out that after impregnation of aerated concrete, its pores are filled with hydrophobic sulfur, which causes a water-repellent effect and an increase in strength.

5. As a result of the experiments, it was found that the effect of hydrophobization of aerated concrete is achieved due to the formation of a nanoscale coating consisting of sulfur nanoparticles with a size of 20 nm, which is formed during the transformation of calcium polysulfide into hydrophobic sulfur particles, as a result, significantly reduces water absorption, which leads to an increase in durability.

REFERENCES

1. Bazhenov Yu.M. *Concrete polymers*. Moscow: Stroyizdat; 1983.
2. Pokrovsky N.S. *Concrete impregnating waterproofing*. Moscow: Energy; 1964.
3. Ramachandran V., Feldman R., Baudouin J. *Concrete Science. Physicochemical Concrete Science*. Concrete science: treatise on current research. London: 1981.
4. Paturoev V.V., Volgushev A.N. *The main characteristics of concrete impregnated with sulfur*. Moscow: TsINIS Gosstroy USSR; 1976.
5. Massalimov I.A., Yanakhmetov M.R., Chuykin A.E., Mustafin A.G. Protection of Building Constructions with Sulfur Impregnating Solution. *Study of Civil Engineering and Architecture (SCEA)*. 2013; 2(2): 19–24. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/287432901> [Accessed 5th November 2021].
6. Massalimov I.A., Yanakhmetov M.R., Chuykin A.E. Strength and durability of concrete, modified impregnating composition based on sulfur. *Nanotechnologies in Construction*. 2015; 7(3): 61–75. Available from: http://www.nanobuild.ru/en_EN/journal/Nanobuild-3-2015/61-75.pdf [Accessed 5th November 2021].
7. Massalimov I.A., Massalimov B.I., Akhmetshin B.S., Urakaev F.Kh., Burkitbaev M.M. Improving the operational characteristics of wastes from the extraction of shell limestone by impregnation with polysulfide solutions. *Nanotechnologies in Construction*. 2020; 12(2): 77–83. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-2-77-83>.

8. Massalimov I.A., Chuikin A.E., Massalimov B.I., Urakaev F.Kh., Uralbekov B.M., Burkitbaev M.M. Improvement of the operational properties of building materials from limestone-shell rock by impregnation with polysulfide solutions. *Nanotechnologies in Construction*. 2017; 9(3): 66–80. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2017-9-3-66-80>.
9. Massalimov I.A., Babkov V.V., Mustafin A.G. *Composition for processing building materials and method of their processing*. RF Patent 2416589. 2009-09-23.
10. Massalimov I.A., Yanakhmetov R.R., Chuikin A.E., Khusainov A.N., Mustafin A.G. *Method of processing building materials with polysulfide solutions*. Eurasian Patent 024383. 2016-09-30.
11. Galiakhmetov R.N., Massalimov I.A., Mustafin A.G. *Wood protection method*. RF Patent 2481944. 2011-10-17.
12. Agzamov F.A., Tokunova E.F., Sabirzyanov R.R. The application of calcium polysulfide to increase corrosion resistance of the timbering of wells. *Nanotechnologies in Construction*. 2019; 11(3): 308–324. DOI: [10.15828/2075-8545-2019-11-3-308-324](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2019-11-3-308-324).
13. Sabirzyanov R.R. Improvement of the quality of plugging stone in corrosive environments. In: *75 Years of Oil Education in the Republic of Bashkortostan: Abstracts of All-Russian Scientific and Technical Conf., dedicated to the 70th anniversary of USPTU, 29 November 2018, Ufa*. Ufa: 2018. p. 53.
14. Agzamov F.A., Sabirzyanov R.R., Karimov I.N. *Backfill material*. RF Patent 2717317. 2019-06-14
15. Massalimov I.A., Yanakhmetov, Chuykin A.E., Massalimov B.I., Urakaev F.H., Uralbekov B.M., Burkitbaev M.M. Hydrophobization of dense and fine concrete by polysulfide solutions. *Nanotechnologies in Construction*. 2016; 8(5): 85–99. DOI: [10.15828/2075-8545-2016-8-5-85-99](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2016-8-5-85-99).
16. Struharova A. Chemical grouting method and its effectiveness for protection of autoclaved aerated concrete masonry. *Advanced Materials Research*. 2014; 923: 112–116. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.923.112>
17. Xue Li Jin, Xiang Yu Luo, Qing Lin Meng. Effect of equilibrium moisture contents on insulating performance of autoclaved aerated concrete blocks. *Advanced Materials Research*. 2011; 216: 479–484.
18. Fenglan Li, Gonglian Chen, Yunyun Zhang, Yongchang Hao, Zhengkai Si. Fundamental properties and thermal transferability of masonry built by autoclaved aerated concrete self-insulation blocks. *Materials (Basel)*. 2020; 13(7): p.1680. DOI: [10.3390/ma13071680](https://doi.org/10.3390/ma13071680)
19. Narayanan N., Ramamurthy K. Structure and properties of aerated concrete: a review. *Cement & Concrete Composites*. 2000; 22: 321–329.
20. Suleimanova L. A., Lesovik V. S. *Aerated concrete of non-autoclave hardening on composite binders*. Belgorod: Publishing house BSTU; 2013.
21. Ahmed Ash, Kamau John. Sustainable construction using autoclaved aerated concrete (aircrete) blocks. *Res Dev Material Sci*. 1(4). RDMS.000518. 2017. DOI: [10.31031/RDMS.2017.01.000518](https://doi.org/10.31031/RDMS.2017.01.000518)
22. Masodkar S.P. Vasatkar A.R. A study on properties of autoclaved aerated concrete for feasibility in construction. *International journal of innovative research in technology*. 2018; 5(7): 373–377.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ismail A. Massalimov – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Bashkir State University (BashSU), Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, ismail_mass@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4789-9469>

Burhan I. Massalimov – Junior researcher, the Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, b.massalimov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2456-5113>

Akhat G. Mustafin – Dr. Sci. (Chem.), Professor, Bashkir State University (BashSU), Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, agmustafin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8342-8787>

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Massalimov I.A. – conceived the idea, collected and processed necessary material, wrote the manuscript.

Massalimov B.I. – performed measurements with microscope and measurements of water absorption.

Mustafin A.G. – collected relevant data, edited the manuscript and prepared final version of the publication.

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 05.10.2021; approved after reviewing 30.10.2021; accepted for publication 03.11.2021.

Научная статья

УДК 691:620.3

<https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-6-343-349>



Улучшение эксплуатационных характеристик газобетона пропиткой полисульфидом кальция

Исмаил Александрович Массалимов^{1*}, Бурхан Исмаилович Массалимов²,
Ахат Газизьянович Мустафин¹

¹ Башкирский государственный университет, Уфа, Республика Башкортостан, Россия

² Физический институт им. П.Н. Лебедева, РАН, Москва, Россия

*Автор, ответственный за переписку: e-mail: ismail_mass@mail.ru

АННОТАЦИЯ: Введение. Пропитка раствором на основе полисульфида кальция показала превосходные результаты гидрофобизации бетона, кирпича и ракушечника за счет образования на поверхности их пор водоотталкивающего покрытия из наночастиц серы. В данной работе представлены данные изучения свойств широко распространенного в строительной практике газобетона, который обладает широко развитой системой пор. **Материалы и методы.** Представлены данные по проникновению воды в исследуемые образцы газобетона с применением методов визуального исследования, включая электронную микроскопию, а также методов измерения водопоглощения и прочности пропитанных образцов раствором на основе полисульфида кальция. **Результаты.** Показано, что газобетон, пропитанный полисульфидом кальция, несмотря на развитую систему пор приобретает ярко выраженные водоотталкивающие свойства. Установлено, что оптимальное время обработки равно 20 минутам, а увеличение водоотталкивающих свойств газобетона зависит от плотности пропиточного раствора. В результате пропитки газобетона погружением в раствор плотностью 1,16 г/см³ происходит снижение в 3,7 раз, а при обработке раствором плотностью 1,25 г/см³ снижается в 6,8 раз и становится равным 6%. Для образцов, обработанных с применением вакуумирования, в случае обработки раствора плотностью, равной 1,16 г/см³, водопоглощение снижается в 7,9 раз, а при обработке раствором с использованием вакуумирования снижается в 19,8 раз, одновременно прочность на сжатие увеличивается в 1,7 раз. Образцы газобетона, обработанные раствором на основе полисульфида кистью, показали, что и в этом случае водопоглощение в режиме дождевания снижается до значений 1,5–2,0%. **Обсуждение.** Отмечается, что при поверхностной обработке газобетона образуется химически стойкий водоотталкивающий слой толщиной 3–3,5 см, надежно защищающий материал от проникновения воды и химических веществ. Результаты проведенных экспериментов дают основания полагать, что на поверхности пор газобетона, обработанного раствором на основе полисульфида кальция, так же как и на поверхности пор ранее исследованных материалов образуется наноразмерное покрытие из частиц серы, гидрофобизирующих газобетон. **Выводы.** Сопоставление результатов для газобетона с превосходными данными для бетона, кирпича, ракушечника показывает, что эффективность для газобетона не меньше, и позволяет рекомендовать указанный раствор для долговременной защиты поверхности стен из газобетона.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сера, наночастица, газобетон, водопоглощение, прочность, гидрофобность, покрытие.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Массалимов И.А., Массалимов Б.И., Мустафин А.Г. Улучшение эксплуатационных характеристик газобетона пропиткой полисульфидом кальция // Нанотехнологии в строительстве. 2021. Т. 13, № 6. С. 343–349. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-6-343-349>.

ВВЕДЕНИЕ

Основной причиной деградации пористых строительных конструкций является атмосферно-химический фактор. Применение защитных покрытий позволяет повысить долговечность зданий и сооружений за счет уменьшения количества воды, про-

никающей в поры, но основной проблемой в этой области является срок службы самого покрытия, особенно в условиях постоянного воздействия воды и знакопеременных температур. Проблема долговременной защиты бетонных конструкций, подверженных интенсивному воздействию влаги и грунтовых вод, не решена до сих пор — имеющиеся пропиточ-

© Массалимов И.А., Массалимов Б.И., Мустафин А.Г., 2021

ные составы глубокого проникновения достаточно дороги и не во всех случаях могут быть эффективно использованы. В связи с этим актуальным является поиск нового эффективного и удобного метода долговременной защиты строительных конструкций и изделий с применением различных способов [1–2]. Один из методов защиты основан на создании водоотталкивающего эффекта у строительных материалов с применением пропитки расплава серы [3–4], однако применение метода ограничено сложностью использования, связанного с получением расплава и необходимостью вакуумирования.

В работах [5–8] предложен новый метод, позволяющий повысить долговечность зданий и сооружений за счет уменьшения количества воды, проникающей в поры. Разработанный пропиточный состав на основе серы обеспечивает защиту строительных материалов от атмосферных воздействий и агрессивных сред в течение длительного времени. Технология обработки элементов конструкций и изделий проста и доступна: как и большинство лакокрасочных материалов, они наносятся кистью, наливом, распылением, погружением при любых положительных температурах. Принципиальная новизна предлагаемого решения заключается в том, что гидрофобизация достигается с применением материала неорганической природы — серы. Наличие серы в порах строительных материалов придает им водоотталкивающие свойства на длительное время — в отличие от органических лакокрасочных материалов. Оригинальность подхода заключается в том, что на стадии пропитки используется растворимое в воде вещество, в составе которого молекулы серы попадают в мельчайшие поры материала.

На этапе сушки это вещество распадается, и на поверхности пор образуется нерастворимый в воде (гидрофобный) слой из наночастиц элементной серы. Применение глубокой пропитки позволяет наряду с повышением прочности и морозостойкости, уменьшением водопоглощения существенно повысить стойкость к атмосферным факторам, к кислотам, солевым растворам, нефтепродуктам. Минеральная природа покрытия, сформированного из наночастиц серы, обеспечивает его долговечность, а присущие элементной сере водоотталкивающие свойства перекрывают доступ воды. Поверхности, обработанные предлагаемым составом, приобретают не только гидрофобные свойства, но также и ярко выраженные бактерицидные свойства, в результате предотвращаются процессы гниения и образования плесени.

Этот метод повышает механические характеристики строительных конструкций, эксплуатирующихся в условиях воздействия атмосферных факторов и грунтовых вод. Метод гидрофобизации поли-

сульфидными растворами также защищен патентами российским и евразийским [9, 11]. В настоящее время метод получил распространение и используется для укрепления скважин [12–14].

В то же время имеются другие строительные материалы (пенобетон, газобетон, дерево и др.), которые тоже нуждаются в долговременной и надежной защите от атмосферных факторов. С этой целью был исследован газобетон, обладающий развитой пористой структурой и подверженный воздействию воды. Автоклавный газобетон — это один из самых популярных строительных материалов, используемых при строительстве индивидуальных домов. Популярен он за счет прекрасных потребительских свойств: низкой теплопроводности и экологичности. Но в то же время газобетону свойственно высокое значение водопоглощения (30–50%) и относительно низкие значения прочности на сжатие, что существенно ограничивает его применение. Этот материал пользуется популярностью и за рубежом, проводятся работы по получению материалов и методов защиты газобетона [15–22]. В настоящей работе для модификации свойств газобетона использован состав на основе полисульфида кальция, последним пропитывали материал и изучали его свойства.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Для проведения работ использовались растворы на основе полисульфида кальция (пентасульфид кальция CaS_5) разной плотности в диапазоне от 1,16 до 1,25 г/см³ и в качестве образцов использовали газобетон плотностью 0,547 г/см³ размерами 16×4×4 см. Так как газобетон используется, в основном, в качестве материала стен, он обрабатывался с помощью кисти, кроме того, он также тестировался методом погружения образцов в раствор на основе полисульфида кальция. Пропитка образцов газобетона проводилась полным погружением их в ванну с полисульфидным раствором так, чтобы уровень раствора превышал уровень верхней кромки образцов минимум на 5 см. Пропитка образцов газобетона проводилась с различной длительностью (от 10 до 80 минут), установлено, что оптимальное время погружения в полисульфидный раствор равно 20 минутам.

Измерения водопоглощения проводили по методике, изложенной в ГОСТ 12730.3-2020. Определение водопоглощения с предварительным вакуумированием образцов проводили в камере, из которой откачивали воздух и подавали пропиточный раствор до тех пор, пока образцы полностью покрывались раствором. Измерения прочности исходных и пропитанных образцов проводили согласно ГОСТ 10180-2012. Проверка глубины проникновения пропиточного раствора вглубь производили путем анализа

срезов свежeproпитанных образцов. Анализ размеров наночастиц серы и распределение гидрофобизирующего материала в порах проводилось Shimadzu Wing SALD-7071 в микроскопе AXIOVERT.A1.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Так как газобетон, как и большинство строительных материалов, является неорганическим материалом и смачивается водой, постепенно вода заполняет поры газобетона (рис. 1а). Обработка раствором на основе полисульфида кальция приводит к окрашиванию газобетона в светло-зеленый цвет, кроме этого, появление наночастиц серы на поверхности газобетона приводит к появлению водоотталкивающих свойств (рис. 1б), капля воды на поверхности образца не впитывается.

Образцы обрабатывались погружением в раствор на основе полисульфида кальция различной плотности в течение 1 часа, результаты представлены на рис. 2. Водопоглощение исходных непропитанных образцов равнялось 35,6%. Данные, представленные на рис. 3, показывают что водопоглощение уменьшается при использовании раствора плотностью, равной 1,16 г/см³, водопоглощение снижается в 3,7 раз, а при обработке раствором плотностью 1,25 снижается в 6,8 раз. Для образцов, обработанных с применением вакуумирования, в случае обработки раствора плотностью, равной 1,16 г/см³, водопоглощение снижается в 7,9 раз, а при обработке раствором плотностью 1,25 снижается в 19,8 раз. Таким образом, раствор на основе полисульфида кальция эффективно гидрофобизирует газобетон и может

быть использован для защиты конструкций из этого материала. Например, из газобетонных блоков могут быть выложены стены малоэтажных домов, которые обладают водоотталкивающими свойствами.

Образцы, пропитанные под вакуумом с разной продолжительностью выдерживания в растворе, были испытаны на прочность на сжатие (рис. 3). Данные зависимости прочности от продолжительности выдерживания в растворе показывают, что времени выдерживания в растворе, равного 20 минутам, достаточно, чтобы раствор впитался. Результаты показывают увеличение прочности на сжатие с 1,75 до 3 МПа при выдерживании в растворе более 20 минут, дальнейшая выдержка не приводит к заметному увеличению прочности.

Так как основным направлением применения газобетона предполагается защита стен, которые подвергаются воздействию влаги в режиме дождевания, образцы были многократно обработаны кистью и просушены в естественных условиях. Обработка проводилась следующим образом. Многократными движениями кистью наносился слой за слоем до тех пор, пока раствор впитывается газобетоном. Затем, после того как он впитался, но не высох, наносился аналогичным образом второй слой. Потом процесс повторяли в третий раз. На рис. 4 показаны срезы высушенных образцов после трех обработок кистью, на них видно, что раствор, наносимый кистью, последовательно проникает в глубь образца. Обработка проводилась раствором плотностью, равной 1,24 г/см³. Результаты показали, что после трехкратного прохождения кисти глубина проникновения превышает 2 см.

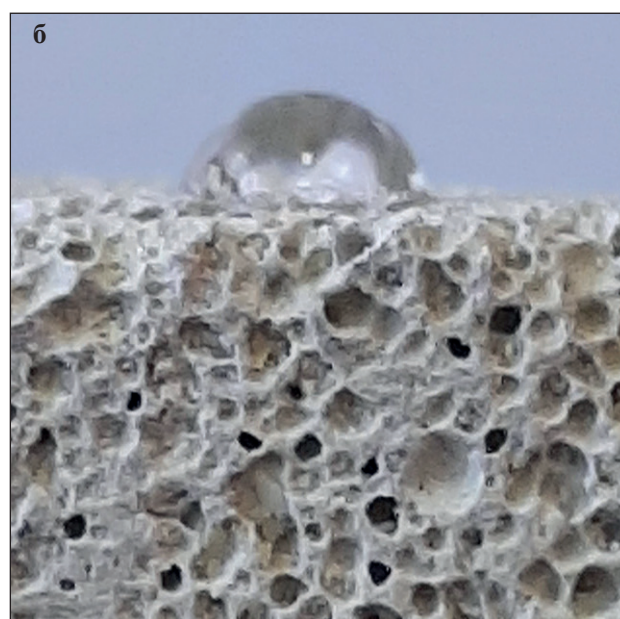
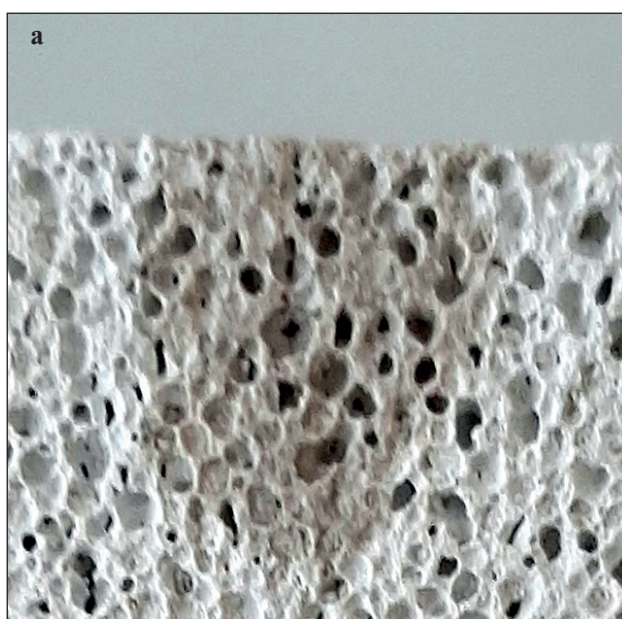


Рис. 1. Внешний вид газобетона: а — необработанный; б — обработанный

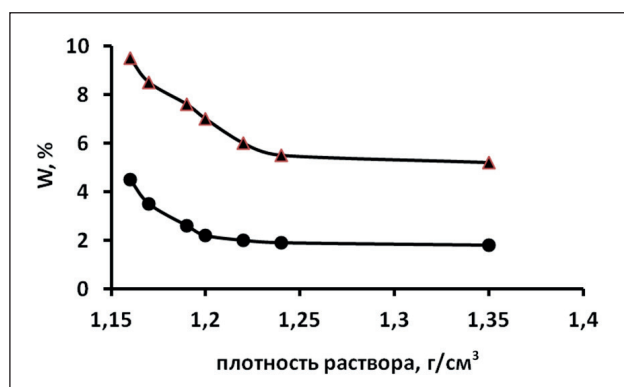


Рис. 2. Водопоглощение образцов газобетона, пропитанных погружением в раствор на основе полисульфида кальция различной плотности при атмосферном давлении (Δ) и при использовании вакуумирования ($\bullet$)

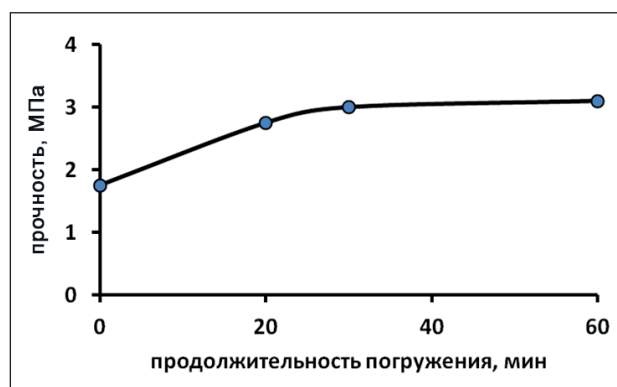


Рис. 3. Зависимость прочности на сжатие образцов газобетона, пропитанных погружением в раствор на основе полисульфида кальция, от продолжительности выдерживания в растворе

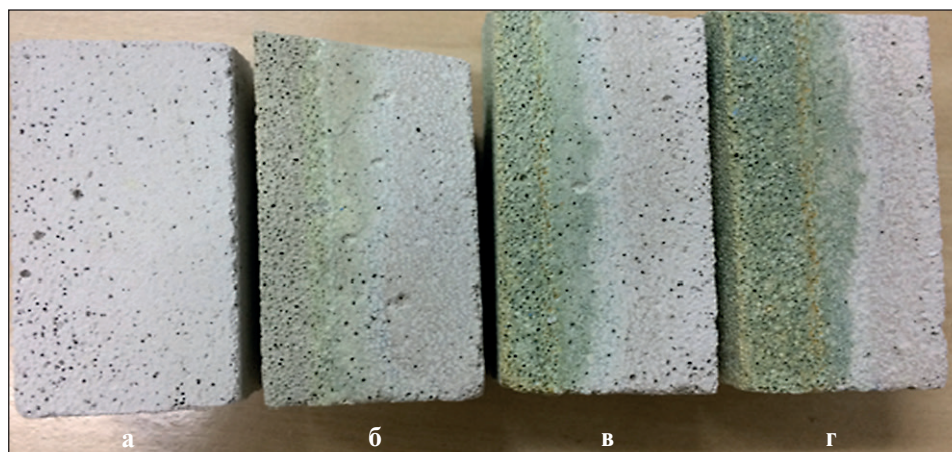


Рис. 4. Образцы среза газобетона, пропитанные раствором на основе полисульфида кальция с плотностью, равной $1,24 \text{ г/см}^3$: а) исходный непропитанный; б) обработка однократным прохождением кисти; в) обработка двукратным прохождением кисти; г) обработка трехкратным прохождением кисти

Образцы, обработанные кистью, были протестированы на водопоглощение, для этой цели они были обработаны в режиме дождевания. Для этой цели образцы подвергались воздействию капель воды аналогично воздействию во время дождя в течение 1 часа. Было установлено, что для трехкратно обработанных кистью водопоглощение не превышает $1,5\text{--}2,0\%$ (рис. 5). Таким образом, обработка стены кистью или распылением раствора на основе полисульфида кальция, выложенной газобетоном, может защитить материал от проникновения воды даже без применения дополнительных средств защиты, путем нанесения на стену штукатурки или других гидрофобизаторов.

Образцы, пропитанные в растворе полисульфида кальция, исследовались методом прямого

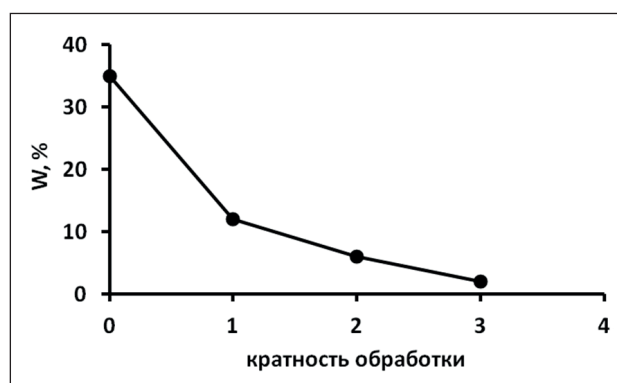


Рис. 5. Зависимость водопоглощения газобетона в условиях дождевания в зависимости от кратности обработки

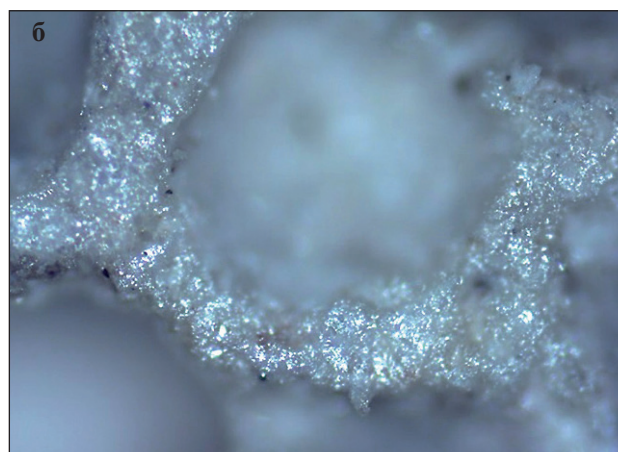
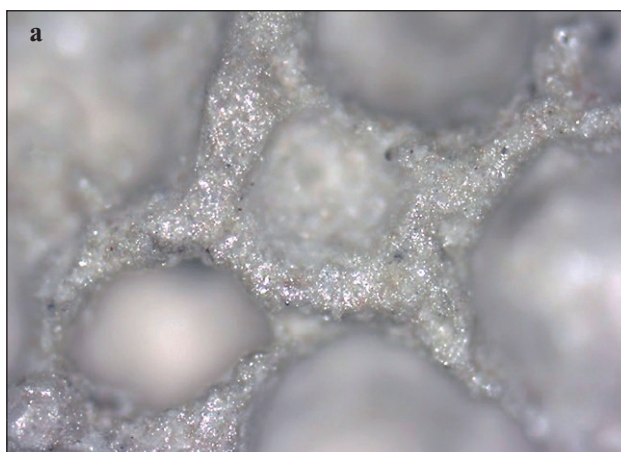


Рис. 6. Изображение порового пространства газобетона, пропитанного полисульфидным раствором: а — увеличение в 500 раз; б — увеличение в 1000 раз

наблюдения в отраженном свете на микроскопе AXIOVERT.A1. На рис. 6 представлена микроструктура образцов газобетона, пропитанных растворами полисульфидов. Из рис. 6 можно заметить, что пустоты между зернами газобетона заполняются композитом наночастиц серы и карбоната кальция, в результате увеличивается прочность на сжатие (рис. 3) и уменьшается водопоглощение (рис. 6).

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные в работе данные показывают, что газобетон успешно гидрофобизируется пропиткой раствором на основе полисульфида кальция несмотря на то, что обладает широко развитой системой пор, то есть внутри газобетона много пустот. Чтобы узнать, за счет каких частиц происходит гидрофобизация газобетона из полисульфидного раствора после пропитки и высушивания, были выделены частицы из порового пространства материала. Для этого пропитанный образец газобетона был высушен и растворен в растворе соляной кислоты. Дисперсный порошок, выпавший в осадок, был промыт дистиллированной водой и высушен, затем на центрифуге отделены крупная фракция от мелкой. Затем мелкая фракция анализировалась с помощью лазерного анализатора, в результате получены дифференциальное и интегральное распределения по размерам частиц осадка, аналогичные распределениям в [8] (рис. 2). Они показали, что средний размер частиц составляет 20 нм, а рентгенофазовый анализ показал, что частицы являются элементной серой с орторомбической структурой кристаллической решетки, аналогичные результатам [8] (рис. 3).

Пропиточный раствор в данном случае является носителем гидрофобизирующего агента (наночастиц серы) в составе молекул полисульфида каль-

ция, размер которых не превышает 0,5 нм. Он легко проникает не только в поры, но и в мельчайшие капиллярные тракты газобетона. На стадии высыхания молекула полисульфида кальция разрушается, и образуются наночастицы серы, которые по своей химической природе являются гидрофобными. Данные микроскопа (рис. 6) показывают, что выкристаллизованные из полисульфидного раствора наночастицы на этапе сушки газобетона формируют защитное покрытие в поровой структуре, занимая свободное место в порах.

По причине низкой вязкости пропиточный раствор легко проникает в глубь материала, в случае нанесения кистью он проникает на глубину 3–3,5 см (рис. 4), при погружении в раствор может полностью пропитать образец, снизить его с 35,6% до значения, равного 5%, а в случае применения вакуумирования снижает водопоглощение до 2% (рис. 2). То, что этот материал превосходно гидрофобизируется полисульфидным раствором, видно невооруженным глазом: для непропитанного образца вода сразу проникает в глубь материала, а в обработанном образце лежит в виде сферической капли до тех пор, пока не испарится (рис. 1). Данные по водопоглощению сравнимы с соответствующими данными для ракушечника 2–3% [7, 8], бетона 0,5–2,5% [6, 15], кирпича 4–5% [5]. Улучшение параметров водопоглощения и прочности, а также незначительное изменение цвета (приобретение слабого зеленого цвета) при модификации газобетона полисульфидным раствором позволяют надеяться на широкое распространение этого метода гидрофобизации. Представленные данные по проникновению воды в исследуемые образцы газобетона показывают, что метод улучшения свойств газобетона пропиткой образцов раствором на основе полисульфида кальция превосходно работает в этом случае и может быть рекомендован для применения

в малоэтажном строительстве коттеджей, а также при использовании газобетона в качестве материала для внутренних перегородок зданий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ВЫВОДЫ)

1. Обработка газобетона раствором на основе полисульфида кальция демонстрирует ярко выраженный гидрофобный эффект (см. рис. 1).

2. Пропитка образцов газобетона раствором на основе полисульфида кальция показала, что при увеличении плотности раствора эффективность пропитки увеличивается до значений плотности, равных $1,25 \text{ г/см}^3$, обработка при атмосферном давлении снижает водопоглощение в 6,8 раз, при использовании раствора полисульфида кальция водопоглощение снижается в 7,9 раз, а при обработке раствором полисульфида кальция с применением вакуумирования снижается в 19,8 раз.

3. Водопоглощение исходного газобетона, равно 35%, снижается в результате поверхностной обработки раствором на основе полисульфида кальция до водопоглощения 1,5–2,0% в режиме дождевания, что позволяет использовать газобетон для укладки стен без дополнительной гидрофобизации (рис. 5).

4. Исследования на микроскопе AXIOVERT.A1 (рис. 6) позволили выяснить, что после пропитки газобетона его поры заполняются гидрофобной серой, что обуславливает и водоталкивающий эффект, и увеличение прочности на 30% (рис. 3).

5. В результате проведенных экспериментов установлено, что эффект гидрофобизации газобетона достигается за счет образования наноразмерного покрытия, состоящего из наночастиц серы размерами 20 нм, которое формируется в процессе трансформации полисульфида кальция в гидрофобные частицы серы, в результате существенно снижает водопоглощение, что приводит к увеличению долговечности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Баженов Ю.М. Бетонополимеры // М.: Стройиздат, 1983. 472 с.
2. Покровский Н.С. Пропиточная гидроизоляция бетона. М.: Энергия, 1964. 112 с.
3. Рамачандран В., Фельдман Р., Бодуэн Дж. Наука о бетоне. Физикохимическое бетоноведение. Пер. с англ. Под ред. Ратинова В.Б. М.: Стройиздат, 1986. 278 с.
4. Патуроев В.В., Волгушев А.Н. Основные характеристики бетонов, пропитанных серой. М.: ЦИНИС Госстрой СССР, 1976. 15 с.
5. Massalimov I.A., Yanakhmetov M.R., Chuykin A.E., Mustafin A.G. Protection of Building Constructions with Sulfur Impregnating Solution. *Study of Civil Engineering and Architecture (SCEA)*. 2013; 2(2): 19–24. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/287432901> [Accessed 5th November 2021].
6. Массалимов И.А., Янахметов М.Р., Чуйкин А.Е. Прочность и долговечность бетона, модифицированного пропиточными составами на основе серы // Нанотехнологии в строительстве. 2015. Т. 7, № 3. С. 61–75. URL: http://www.nanobuild.ru/en_EN/journal/Nanobuild-3-2015/61-75.pdf (дата обращения 24.04.2017).
7. Массалимов И.А., Массалимов Б.И., Ахметшин Б.С., Уракаев Ф.Х., Буркитбаев М.М. Улучшение эксплуатационных характеристик отходов добычи известняка-ракушечника пропиткой полисульфидными растворами // Нанотехнологии в строительстве. 2020. Т. 12, № 2. С. 77–83. DOI: [10.15828/2075-8545-2020-12-2-77-83](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-2-77-83).
8. Массалимов И.А., Чуйкин А.Е., Массалимов Б.И., Уракаев Ф.Х., Уралбеков Б.М., Буркитбаев М.М. Улучшение эксплуатационных свойств строительных материалов из известняка-ракушечника пропиткой полисульфидными растворами // Нанотехнологии в строительстве. 2017. Т. 9, № 3. С. 66–80. DOI: [10.15828/2075-8545-2017-9-3-66-80](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2017-9-3-66-80).
9. Массалимов И.А., Бабков В.В., Мустафин А.Г. Состав для обработки строительных материалов и способ их обработки // Патент РФ № 2416589. С04В 41/45. / № 2009135548/03; заявл. 23.09.2009; опубл. 20.04.2011. Бюл. № 11. 6 с.
10. Массалимов И.А., Янахметов Р.Р., Чуйкин А.Е., Хусаинов А.Н., Мустафин А.Г. Способ обработки строительных материалов полисульфидными растворами // Патент 024383 Евразийский, С04В 41/50. С04В 28/36 / № 201400277; заявл. 26.03.2014; опубл. 30.09.2016. Бюл. № 9. 5 с.
11. Галиахметов Р.Н., Массалимов И.А., Мустафин А.Г. Способ защиты древесины. Патент России № 2481944 от 17.10.2011.

12. Agzamov F.A., Tokunova E.F., Sabirzianov R.R. The application of calcium polysulfide to increase corrosion resistance of the timbering of wells. *Nanotechnologies in Construction*. 2019; 11(3): 308–324. DOI: [10.15828/2075-8545-2019-11-3-308-324](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2019-11-3-308-324).
13. Сабирзянов Р.Р. Улучшение качества тампонажного камня в коррозионно-активных средах / Р.Р. Сабирзянов // 75 лет нефтяному образованию в Республике Башкортостан: тез. докл. Всерос. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию УГНТУ, г. Уфа, 29 нояб. 2018 г. Роснефть. — Уфа, 2018. С. 53.
14. Агзамов Ф. А., Сабирзянов Р.Р., Каримов И.Н. Тампонажный материал Патент РФ №2 717 317, от 2019.06.14
15. Массалимов И.А., Янахметов М.Р., Чуйкин А.Е., Массалимов Б.И., Уракаев Ф.Х., Уралбеков Б.М., Буркитбаев М.М. Гидрофобизация плотного и мелкозернистого бетонов полисульфидными растворами // Нанотехнологии в строительстве. 2016. Т. 8, № 5. С. 85–99. DOI: [10.15828/2075-8545-2016-8-5-85-99](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2016-8-5-85-99)
16. Struharova A. Chemical grouting method and its effectiveness for protection of autoclaved aerated concrete masonry. *Advanced Materials Research*. 2014; 923: 112–116. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.923.112>
17. Xue Li Jin, Xiang Yu Luo, Qing Lin Meng. Effect of equilibrium moisture contents on insulating performance of autoclaved aerated concrete blocks. *Advanced Materials Research*. 2011; 216: 479–484.
18. Fenglan Li, Gonglian Chen, Yunyun Zhang, Yongchang Hao, Zhengkai Si. Fundamental properties and thermal transferability of masonry built by autoclaved aerated concrete self-insulation blocks. *Materials (Basel)*. 2020; 13(7): p.1680. DOI: [10.3390/ma13071680](https://doi.org/10.3390/ma13071680)
19. Narayanan N., Ramamurthy K. Structure and properties of aerated concrete: a review. *Cement & Concrete Composites*. 2000; 22: 321–329.
20. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С. Газобетоны неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 303 с.
21. Ahmed Ash, Kamau John. Sustainable construction using autoclaved aerated concrete (aircrete) blocks. *Res Dev Material Sci*. 1(4). RDMS.000518. 2017. DOI: [10.31031/RDMS.2017.01.000518](https://doi.org/10.31031/RDMS.2017.01.000518)
22. Masodkar S.P. Vasatkar A.R. A study on properties of autoclaved aerated concrete for feasibility in construction. *International journal of innovative research in technology*. 2018; 5(7): 373–377.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Массалимов Исмаил Александрович – доктор технических наук, профессор, Башкирский государственный университет, Уфа, Республика Башкортостан, Россия, ismail_mass@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4789-9469>

Массалимов Бурхан Исмаилович – младший научный сотрудник Физического института им. П.Н. Лебедева, Российская академия наук, Москва, Россия, burhan@mephist.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2456-5113>

Мустафин Ахат Газизьянович – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой физической химии и химической экологии Башкирского государственного университета, Уфа, Республика Башкортостан, Россия, agmustafin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8342-8787>

ВКЛАД АВТОРОВ

Массалимов И. А. – личный вклад автора заключается в предложении идеи, написании статьи, сбора материала, обработке материала.

Массалимов Б.И. – личный вклад автора заключается в измерении на микроскопе, в измерении водопоглощения.

Мустафин А.Г. – личный вклад автора заключается в сборе материала, научном редактировании статьи и подготовке публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 05.10.2021; одобрена после рецензирования 30.10.2021; принята к публикации 03.11.2021.

Original article

<https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-6-350-357>



Method of obtaining calcium silicate for construction

Evgeny V. Boev* , Aigul A. Islamutdinova , Elmira K. Aminova 

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

* Corresponding author: e-mail: 9196011116@mail.ru

ABSTRACT: Introduction. Calcium silicate is one of the well-known building materials. Its structure determines the ability of such nanostructured additives to form a secondary structure – a fractal (volumetrical) network with which cement grains interact. The addition of nanomodifying additives to improve the technology of cement production will reduce the space dimension in which molecules are sorbed on the cement grain, and, accordingly, increase the rate and efficiency of its blocking. **Methods and materials.** The paper proposes a method for obtaining calcium silicate from soda ash production waste. The sol-gel method for the synthesis of individual nanomodifiers in the silicate form will improve the technology for producing concretes by forming a solid phase state of the modified structure of a cement stone. In the production of soda ash, the land plots (sludge accumulators) are allocated for the collection of production waste (distiller liquid). In this regard, the acute problem is a disposition of industry waste, because the area allocated for sludge accumulators is limited. **Results and discussions.** The study revealed that the addition of certain components allows us not only to reduce the required firing temperature, but also to affect the nanostructure of the resulting product. The range of values of the content of additives per 5 g of calcium silicate: C – $0.2 \div 0.4$; S – $0.3 \div 0.5$; ZnO – $0.1 \div 0.3$; P_2O_5 – $0.3 \div 0.5$; NH_2CONH_2 – $0.3 \div 0.3$. According to the obtained matrix of conditions, 16 samples of substances were prepared. Nanomodification of cement stone leads to its hardening in the early stages of structure formation. **Conclusion.** The addition of hydroperite to calcium silicate significantly increases the hardness of the final product; when coal, sulfur, zinc oxide and phosphorus pentoxide are added as components, the hardness and structure of the compound changes. Thus, the use of a nanostructured cement additive based on calcium silicate obtained by qualified processing of the main waste that is part of the distiller liquid - calcium oxide, will improve the quality of concrete by improving the technology of cement production.

KEYWORDS: distiller liquid, nanomodifier, calcium silicate, nanotechnology, nanostructure, cement stone, concrete.

FOR CITATION: Boev E.V., Islamutdinova A.A., Aminova E.K. Method of obtaining calcium silicate for construction. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(6): 350–357. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-6-350-357>.

INTRODUCTION

In recent years, in the production of materials based on portland cement, micro- and nanoscale silicon compounds have been used in increasing volumes, along with carbon nanosized particles. Silicate-based particles are cheaper than carbon tubes. Particular attention is drawn to ways of the development of the best possible synthesis methods and the study of the possibilities of practical application of calcium silicates such as wollastonite and xonotlite, which is an intermediate product of the hydrothermal synthesis of wollastonite. This is due to the valuable physicochemical, physicomechanical, thermal properties of xonotlite and wollastonite and a variety of mineral raw materials, which are a potential source for their production. In addition, in Russia, over

the years of operation of various industrial enterprises, millions of tons of practically non-recyclable waste based on silicon and calcium have been accumulated. Until the early 90s there was a program of the State Committee for Science and Technology, which provided for research on methods of disposal of such waste. In subsequent years, studies devoted to the “silicate problem” were not carried out.

Currently, there are a large number of methods for producing calcium silicates from various calcium and silicon-containing compounds: melt methods for producing wollastonite, hydrothermal (autoclave) synthesis of calcium hydrosilicates, synthesis by direct solid phase reactions at elevated temperatures. The most promising method for producing calcium silicates is synthesis based on the interaction of the initial components in an aqueous

medium under normal conditions of 20°C and a pressure of 1.013–105 Pa).

Fine-grained powders have found wide application as a basis in the study of the processes of obtaining functional materials for various purposes: sorbing agents, solid extractants, composite ceramic and organomineral pigments, hybrid phosphors, pigments, pharmaceutical compounds, etc. [1–5]. In this case, the main task in the selection of raw materials and methods for obtaining hydrosilicates and calcium silicates is to increase the dispersion of powders down to nanometer sizes. Processes for obtaining synthetic calcium silicates from a variety of available raw materials are being investigated in various organizations in our country [6–12]. The first studies in this direction were carried out by Armenian scientists [13]. The use of modern methods for the synthesis of nanostructured calcium silicates, such as the sol-gel process, hydrothermal-microwave synthesis, hydrothermal processes using structuring agents, etc., allows the properties of the target products to be varied over a wide range and thereby ensures their compliance with the requirements for a specific use. Technological processes have been developed for the production of calcium silicates (xonotlite and wollastonite) from technogeneous raw materials (phosphogypsum, silica gel), natural raw materials (diatomite, calcium carbonate), industrial products (lump silicate, calcium chloride), chemical reagents (chloride, nitrate and calcium acetate, sodium silicate, (tetraethoxysilane), established the chemical and technological parameters of the main stages of the processes, developed basic technological schemes, proposed methods of waste management. In case of use of the water-soluble raw materials, processes have been developed for obtaining nanopowders of calcium hydrosilicates using surfactants, in particular, salts of quaternary ammonium bases as structuring additives [14]. It is shown that the obtained precursors with a particle size of 30–70 nm can be used as sorbents of inorganic salts and organic compounds, as well as for the production of TVEX, organomineral pigments, as fillers in polishing pastes, acrylic paints, etc. The obtained samples of fine-grained nanohydrosilicates of calcium and wollastonite were used to obtain composite ceramic pigments, hybrid luminophors and other materials [15–20].

In the development of the chemical and technological foundations of the processes of joint processing of various types of natural and man-made calcium- and silicon-containing raw materials, we formulated methodological principles and obtained experimental results that allow, on the one hand, to develop rational technological methods for processing specific types of raw materials and to determine the areas of application of the resulting products, and on the other hand, to carry out the choice of raw materials and processing technologies to obtain materials with a given structure and properties [21, 22].

It should be noted that the formation processes, phase and elemental composition, and physicochemical properties of calcium silicates normally synthesized in various systems remain understudied. Therefore, the problem of developing and optimizing the synthesis of calcium hydrosilicates and wollastonite from available raw materials is urgent.

METHODS AND MATERIALS

It is widely known that at enterprises for the production of soda ash, land plots (sludge collectors) are allocated for the collection of production waste for storing distilled liquid. Similarly, JSC “Soda” in Sterlitamak stores its waste. A territory with an area exceeding 5 million square meters is allocated for sludge collectors. In this regard, there is the acute problem of waste disposing, since the area allotted for sludge collectors is limited. In addition, the open storage of these wastes threatens the surrounding flora and fauna, because it is located 30 meters from the banks of the Belaya River. The volume of stored waste is reduced by discharging the settled solution into the Belaya River basin during flood periods, as well as by spontaneous evaporation of water. As a result, “white seas” are formed.

Characteristics of the distilled liquid produced by the production of soda ash of JSC “Soda”:

Component	Content, g/l
<i>Liquid phase</i>	
CaCl ₂	up to 120
NaCl	up to 65
CaSO ₄	up to 1.3
Ca(OH) ₂ + NH ₄ OH	up to 1.7
<i>Solid phase</i>	
CaCO ₃	4.3–5.2
Ca(OH) ₂	0.5–1.6
CaSO ₄	0.8–1.8

Also, the distiller liquid has the following physico-chemical characteristics: pH = 11,0–11,6 at 20°C, ρ about 1,12 g/cm³ at 20°C, t_{boiling} = 75–95°C, t_{freezing} = around –10°C.

The final volume occupied by the solid sediment after settling process is up to 18% of the volume of the original liquid.

Based on the composition of the distiller liquid, it is obvious that the main components of the soda ash production waste are calcium chloride and sodium chloride. Waste storage problem has been partially resolved by JSC “Soda”, area No. 2. The company sells the salts extracted from the distilled liquid to municipalities as a means of de-icing on

highways. But due to the fact that these products are hazardous to the environment (for example, in Moscow and the Moscow region, because of the use of these salts as an anti-icing agent, about 250 thousand trees die annually), the proposed processing method is of limited applicability. In addition, the use of calcium and sodium chlorides on roads and sidewalks leads, firstly, to corrosion of the car body, and secondly, to damage of shoes and wear and tear of car tires. Owing to the above problems, the demand for these salts has recently dropped sharply. In addition, they are used in this area only in the cold season. Despite this use of soda ash production waste, with the current production volume of approximately 1.7 million tons per year, the problem of disposal remains unresolved. 1 ton of soda ash accounts for about 9–10 tons of distilled liquid (or 1:0.5 tons in terms of pure calcium chloride and sodium chloride, respectively). As a consequence, the amount of distilled liquid stored in special tanks continues to increase. Due to the fact that the disposal method proposed by the enterprise itself does not allow solving the problem being a threat to the environment, it is required to find a more rational and acceptable solution from an environmental and economic point of view.

Wollastonite is a mineral from the silicate class, a natural calcium silicate with the chemical formula $\text{Ca}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)$, which has a peculiar acicular structure, which is widely used in industry. This mineral is widely used in all industries. Wollastonite is used as a filler additive in plastics, in nonferrous metallurgy, in the tire, asbestos-cement and paint and varnish industries, and in the production of ceramics. Tobermorite is a mineral, hydrous calcium silicate $[\text{SiO}_3]_5\text{Ca}_4\text{H}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. It is a degradation product of wollastonite. Crystals are acicular, fine-needle like to piliform; form radial-fibrous, stellate and parallel-fibrous intergrowths, fine-needle bundles. There are also fibrous-divers and fine-grained aggregates. An artificial analogue of tobermorite is formed in portland cement. Mineral compounds similar to those of the tobermorite group are well known in the cement industry – they are formed by the reaction of cement with water and play an important role in the process of binding cement (concrete). Xonotlite is a product of wollastonite alteration, $\text{Ca}_6\text{Si}_6\text{O}_{17}(\text{OH})_2$. The differential characteristic is in its high hardness.

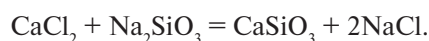
Table 1

Range of values of the content of additives per 100 g of calcium silicate

Chemical component	Minimal value	Maximum value
C	5.26	7.37
S	5.26	10.52
ZnO	1.052	1.578
P_2O_5	2.63	3.16

Amorphous calcium silicate does not contain impurities and water of crystallization and is the main form of calcium silicate obtained synthetically in an aqueous medium.

As the main method for obtaining these compounds, the interaction of calcium chloride from a distilled liquid with sodium silicate from liquid glass is used:



This reaction is carried out with thorough stirring and slowly beating water glass to the distilled liquid. Initially, the distillation liquid is filtered, which precipitates calcium carbonate and aqueous calcium sulfate. These valuable products (chalk, gypsum, asbestos) can be used in the preparation of building materials, for example, dry building mixtures. Then to the resulting filtrate is added in small portions, with stirring, a solution of liquid glass. Due to the high temperature that the distilled liquid has (up to 95°C) after passing through the production cycle and entering for disposal, the above reaction will take place with a high yield. The resulting colloidal solution is concentrated, and calcium metasilicate settles in the form of opalescence at the bottom. With the help of purification, sufficiently pure sodium chloride can be isolated from the resulting filtrate, the concentration of which in the solution will be about 14.5%, which can later be reused in the production of soda ash. The sediment is purified by vacuum filtration and drying. Further, additional components are introduced into it, affecting the structure and quality of the final product. The resulting mixture is sent for firing at an appropriate temperature for 2.5 hours. Depending on the process conditions, we obtain the following valuable products: amorphous calcium silicate, wollastonite, tobermorite and xonotlite of the corresponding structure.

Based on the literature review and patent study, we concluded that the addition of certain components allows us not only to reduce the required firing temperature, but also to affect the structure of the resulting product. Such components are, in particular, coal, microcrystalline sulfur, zinc oxide and phosphorus pentoxide.

Since elemental sulfur and carbon are good reducing agents, we proposed hydroperite – urea with inclusions of

hydrogen peroxide molecules as a counterexample of the presented components, the share of the latter being 35%.

Since the mass of calcium silicate after its precipitation and drying is 5 g, the values of the mass of the added components were respectively checked according to the lower and upper limits. So, for coal it is 0.2 g and 0.4, for zinc oxide it is 0.1 g and 0.3 g, for sulfur and phosphorus pentoxide – 0.3 g and 0.5 g. It was decided to take hydroperite in an amount of 0.3 g per 10 g of calcium silicate.

To obtain representative data, the temperatures at which the firing was carried out for 2.5 hours were taken as follows: 800°C, 850°C, 900°C, 950°C and 1050°C.

RESULTS

According to the obtained matrix of conditions, 16 samples of substances were prepared. To determine their composition, they were subjected to various studies.

As can be seen from the first table, all samples at a given firing temperature (800°C) are soft. Moreover, their hardness does not depend on the added components. Consequently, the metasilicate probably did not pass into another modification. As it can be seen from the following table, the samples obtained at a temperature of 850°C differ from each other in hardness and structure. Consequently, starting from 850°C, the structure of calcium metasilicate is modified with the formation, presumably, of such minerals as tobermorite, wollastonite, and xonotlite.

The addition of hydroperite to calcium silicate significantly increases the hardness of the final product. When coal, sulfur, zinc oxide and phosphorus pentoxide are added as components, the hardness changes and the structure of the compound decreases – the hardness decreases, and the microcrystals become more amorphous. However, with a further increase in the proportion of ad-

Table 2

The results of these studies of the physicochemical properties of the obtained samples

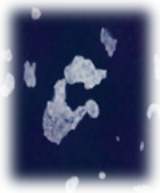
№	Additional components g per 100 g CaSiO_3	Temperature, °C	Hardness	Average diameter of particles, m	Whiteness, L	Moisture, %	Microphotographs (at 640 magni- fication)
1	—	950	hard	10	90	0.09	
2	C – 0.3 S – 0.4 ZnO – 0.2 P_2O_5 – 0.4	950	medium hard	10	90	0.09	
3	C – 0.2 S – 0.3 ZnO – 0.1 P_2O_5 – 0.3	800	soft				
4	C – 0.4 S – 0.5 ZnO – 0.3 P_2O_5 – 0.5	800	soft				

Table 2 (continued)

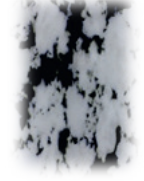
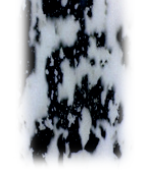
№	Additional components g per 100 g CaSiO_3	Temperature, °C	Hardness	Average diameter of particles, m	Whiteness, L	Moisture, %	Microphotographs (at 640 magni- fication)
5	—	800	soft				
6	C – 0.2 S – 0.3 ZnO – 0.1 P_2O_5 – 0.3	800	soft				
7	C – 0.4 S – 0.5 ZnO – 0.3 P_2O_5 – 0.5	850	medium hard				
8	—	850	very hard				
9	$\text{NH}_2\text{CONH}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$ – 0.3	900	medium hard				
10	—	900	hard				
11	C – 0.2 S – 0.3 ZnO – 0.1 P_2O_5 – 0.3	900	soft				

Table 2 (continued)

№	Additional components g per 100 g CaSiO ₃	Temperature, °C	Hardness	Average diameter of particles, m	Whiteness, L	Moisture, %	Microphotographs (at 640 magni- fication)
12	C – 0.4 S – 0.5 ZnO – 0.3 P ₂ O ₅ – 0.5	900	hard				
13	NH ₂ CONH ₂ · H ₂ O ₂ – 0.3	1050	very hard				
14	–	1050	hard				
15	C – 0.2 S – 0.3 ZnO – 0.1 P ₂ O ₅ – 0.3	1050	medium hard				
16	C – 0.4 S – 0.5 ZnO – 0.3 P ₂ O ₅ – 0.5	1050	hard				

ditional components in the mixture, the characteristics of the samples return to their original values.

Researches of the effect of the obtained nano-modified additive on the technological properties of concrete have been carried out. The additive makes it possible to increase the strength of concretes and mortars not by 40%, as suggested by other authors, but by 2 times, but for cellular concrete by 3 to 4 times, and also to reduce the cost of producing nanoadditives by 10 to 15 times in comparison with other modifiers and by 1.5 thousand times compared to nanopowders. The additive is compatible with plasticizers and other modifiers. The introduction of

a nanomodifying additive based on calcium silicate makes it possible to eliminate the defectiveness of the concrete structure by filling microcracks and micropores of fine-grained concrete with microsilica and the products of its interaction with minerals of cement clinker.

DISCUSSIONS

The use of elements of different valence and their oxides as nanomodifiers in the production of siliceous materials in various fields of industry, in particular in construction, will make it possible to obtain silicate products

with high performance characteristics using a simple and affordable technology. All of the above nanomodifying additives allow regulating the technological characteristics of the target product with the desired properties that differ in hardness and their microstructure.

Despite all the research carried out, there are still reasons for our further work in this area. So, for accurate identification and determination of the composition and structure of samples, it would be desirable to photograph them with a magnification of 5000 or more times, as well as instrumentation for determining the hardness on the Mohs scale. In addition, the average particle diameters, whiteness and moisture content are not known for all samples obtained. In this regard, our research in this direction will be continued.

Studies in accordance with GOST Standard 5802-86 showed that water absorption with an increase in the amount of silicate in concrete from 0 to 0.40% decreases from 22 to 3%, while the pore size decreases. Physico-chemical research methods have determined that in the presence of calcium silicate, cement hydration is accelerated, and with the help of differential thermal analysis, it has been established that in the presence of this nanomodifying additive, the amount of chemically bound water increases by 25%. This conclusion is confirmed by the data of calorimetric studies, which showed that the

total amount of heat released in 72 hours with calcium silicate is 15% higher.

CONCLUSION

Therefore, our studies show that the effect of nanomodification of cement stone is that it hardens faster in the early stages of structure formation and becomes more durable at the end of the hardening process. And this is the basis for the overall reduction of the time of hardening and the rejection of heat treatment of hardening cement. The processing of the obtained experimental data leads to the following conclusion that the introduction of nanomodifying additives in the form of calcium silicate into the cement-water system changes the kinetic parameters of the evolution development and accelerates the hydration of cement by 10 times, which is explained by a decrease in the activation energy of the process by almost 2 times. Obtaining calcium metasilicate and its amorphous derivatives from the main part of the distiller liquid, which is a waste of soda production, can become a promising and alternative way of its utilization. This will make it possible to obtain such valuable products as wollastonite, tobermorite and xonotlite that meet the technical requirements of GOST Standard 4762-7, the world consumption of which is increasing by 5% annually.

REFERENCES

1. Akatieva L.V. *Synthesis and physico-chemical properties of xonotlite and wollastonite* [dissertation]. Moscow: N.S. Kurnakov Institute of General and Nonorg. Chemistry of the Russian Academy of Sciences; 2003. 233 p.
2. Gladun V.D., Kholkin A.I., Akatieva L.V. Prospects for the creation of synthetic wollastonite production in Russia. *Chemical technology*. 2007; 8(5): 201–204.
3. Gladun V.D., Akatieva L.V., Andreeva H.H., Kholkin A.I. Obtaining and application of synthetic wollastonite from natural and technogenic raw materials. *Chemical Technology*. 2004; 9: 2-9.
4. Gladun V.D., Akatieva J.I.B., Andreeva N.N., Kholkin A.I. Obtaining xonotlite and prospects for its application. *Chemical technology*. 2000; 11: 2–9.
5. Schultz M.M. Silicates in nature and human practice. *Soros Educational Journal*. 1997; 8: 45–51.
6. Boki G.B. *Crystal chemistry*. Moscow: Nauka; 1971.
7. Voitovich V.A., Khryapchenkova I.N., Yavorsky A.A. Nanotechnologies in the production of silicate bricks. *Building materials*. 2010; 2: 60–61.
8. Mikhailenko N.Yu., Klimenko N.N., Sarkisov P.D. Building materials on a liquid glass binder. Part 1. Liquid glass as a binder in the production of building materials. *Technique and technology of silicates*. 2012; 19(2): 25–28.
9. Duma J.E. *A method for obtaining a water-repellent product, a product and a method for making the surface of a building material waterproof*. Patent RF 2190583. 2002-10-10.
10. Beilin D.A., Borisov Yu.M., Figovsky O.L., Surovtsev S. *Nanostructuring binder for composite building materials*. Patent RF 2408552. 2011-10-01.
11. Ivashchenko Yu.G., Surnin A.A., Meshcheryakov D.V. *Composition for the manufacture of construction products*. Patent RF 2105738. 1998-02-27.
12. Ivashchenko Yu.G., Fomin R.V. *Liquid-glass composition*. Patent RF 2235697. 2004-09-10.

13. Grigoryan G.O., Muradyan A.B., Grigoryan K.G. Wollastonite. Obtaining and application. *Armenian Chemical Journal*. 1990; 43(5): 296–315.
14. Akulova M.V., Shchepochkina Yu.A. Waterproof silicate coating. *Building materials*. 1998; 11: 39.
15. Akatieva L.V., Ivanov V.K., Gladun V.D., Kholkin A.I. Obtaining nanoscale powders of calcium hydrosilicates for composite materials. *Chemical technology*. 2013; 14(4): 199–209.
16. Akatieva L.V., Gladun V.D., Kholkin A.I. *A method for producing ceramic alumina-oxide pigment based on nanoscale mesoporous synthetic xonotlite*. Patent RF 2493185. 2013–20–09.
17. Akatieva L.V., Kozyukhin S.A. Phosphors based on synthetic calcium silicates. *Chemical Technology*. 2014; 15(7): 392–400.
18. Gladun V.D., Kholkin A.I., Akatieva L.V. *Method for obtaining finely dispersed calcium silicate (variants), finely dispersed calcium silicate (variants), colored composition*. Patent RF 2213054. 2003–09–27.
19. Ivashchenko Yu.G., Fomin R.V. *Liquid glass composition*. Patent RF 2245861. 2005–02–10.
20. Grigoriev P.N., Matveev M.A. *Soluble glass (preparation, properties and application)*. Moscow: State Publishing House of Literature on Building Materials; 1956.
21. Tuktarova M.R., Oparina F.R., Islamutdinova A.A. Disposal of distiller liquid to produce wollastonite. In: *The Proceedings of the 63rd Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists*. Ufa: UGNTU; 2012. p. 372.
22. Ivanov A. N., Karimov, O. H., Islamutdinov A. A. Recycling soda production with the use of microwave radiation. *Bulletin of the young scientist UGNTU*. 2015; 1(1): 38–41.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Evgeniy V. Boev – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Head of the Department of General Chemical Technology, Sterlitamak Branch of USPTU, Republic of Bashkortostan, Russia, 9196011116@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9255-6142>

Aigul A. Islamutdinova – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department "General Chemical Technology", Sterlitamak Branch of USPTU, Sterlitamak, Russia, aygul_ru@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3104-2097>

Elmira K. Aminova – Cand. Sci. (Chem.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of General Chemical Technology, Sterlitamak Branch of USPTU, Republic of Bashkortostan, Russia, k.elmira.k@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3105-3477>

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 07.10.2021; approved after reviewing 02.11.2021; accepted for publication 12.11.2021.

Научная статья

УДК 628.162.3

<https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-6-350-357>



Получение строительного силиката кальция

Евгений Владимирович Боев* , Айгуль Акрамовна Исламутдинова , Эльмира Курбангалиевна Аминова

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Российская Федерация

* Автор, ответственный за переписку: e-mail: 9196011116@mail.ru

АННОТАЦИЯ: Введение. Силикат кальция – один из известных строительных материалов. Его структура обуславливает способность таких наноструктурированных добавок к образованию вторичной структуры – фрактальной (объемной) сетки, с которой взаимодействуют цементные зерна. Добавление наномодифицирующих добавок для улучшения технологии производства цемента позволит снизить размерность пространства, в котором происходит сорбция молекул на цементном зерне, и, соответственно, приведет к увеличению скорости и эффективности его блокировки. **Методы и материалы.** В работе предложен способ получения силиката кальция из отходов производства кальцинированной соды. Золь-гель метод синтеза индивидуального наномодификаторов в виде силиката позволит усовершенствовать технологию получения бетонов за счет формирования твердого фазового состояния модифицированной структуры цементного камня. В производстве кальцинированной соды под сбор отходов производства выделяются земельные участки (шламонакопители) для хранения дистиллерной жидкости. В связи с этим остро встает проблема ее утилизации, так как площадь, отводимая под шламонакопители, ограничена. **Результаты и обсуждения.** В ходе исследования было обнаружено, что добавление определенных компонентов позволяет не только снизить требуемую температуру обжига, но и повлиять на наноструктуру получаемого продукта. Диапазон значений содержания добавок на 5 грамм силиката кальция: $C - 0,2 \div 0,4$; $S - 0,3 \div 0,5$; $ZnO - 0,1 \div 0,3$; $P_2O_5 - 0,3 \div 0,5$; $NH_2CONH_2 - 0,3 \div 0,3$. По полученной матрице условий были приготовлены 16 образцов веществ. Наномодифицирование цементного камня приводит к его упрочнению в ранние сроки структурообразования. **Заключение.** Добавление гидроперита к силикату кальция значительно увеличивает твердость конечного продукта, при добавлении в качестве компонентов угля, серы, оксида цинка и пентаоксида фосфора изменяется твердость и структура соединения. Таким образом, использование наноструктурированной добавки к цементу на основе силиката кальция, полученного путем квалифицированной переработки основного отхода, входящего в состав дистиллерной жидкости – оксида кальция, позволит повысить качество бетона за счет улучшения технологии производства цемента.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дистиллерная жидкость, наномодификатор, силикат кальция, нанотехнология, наноструктура, цементный камень, бетон.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Боев Е.В., Исламутдинова А.А., Аминова Э.К. Получение строительного силиката кальция // Нанотехнологии в строительстве. 2021. Т. 13, № 6. С.350–357. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-6-350-357>.

ВВЕДЕНИЕ

Наряду с углеродными наноразмерными частицами в последние годы при производстве материалов на основе портландцемента во всевозрастающих объемах стали использовать микро- и наноразмерные соединения кремния. Частицы на основе силикатов являются более дешевыми по сравнению с углеродными трубками. Особое внимание привлекают способы разработки оптимальных способов синтеза и возможностей практического применения таких силикатов кальция, как волластонит и ксо-

нотлит, которые являются промежуточными продуктами гидротермального синтеза волластонита. Это обусловлено ценными физико-химическими, физико-механическими, термическими свойствами ксонолита и волластонита и разнообразием минерального сырья, являющегося потенциальным источником для их получения. Кроме того, в России за годы работы различных промышленных предприятий накоплены миллионы тонн практически не перерабатываемых отходов на основе кремния и кальция. До начала 90-х гг. существовала программа Государственного комитета по науке и технике,

© Боев Е.В., Исламутдинова А.А., Аминова Э.К., 2021

которая предусматривала проведение исследований по способам утилизации таких отходов. В последующие годы исследования, посвященные «силикатной проблеме», не проводились.

В настоящее время существует большое количество способов получения силикатов кальция из различных кальций- и кремнийсодержащих соединений: расплавные методы получения волластонита, гидротермальный (автоклавный) синтез гидросиликатов кальция, синтез путем прямых твердофазных реакций при повышенных температурах. Наиболее перспективным способом получения силикатов кальция является синтез, основанный на взаимодействии исходных компонентов в водной среде при обычных условиях: температуре 20°C и давлении 1,013–105 Па.

Тонкодисперсные порошки нашли широкое применение в качестве основы при исследовании процессов получения функциональных материалов различного назначения: сорбентов, твердых экстрагентов, композиционных керамических и органо-минеральных пигментов, гибридных люминофоров, красок, фармацевтических составов и др. [1–5]. В этом случае основной задачей при выборе сырья и способов получения гидросиликатов и силикатов кальция является повышение дисперсности порошков вплоть до нанометровых размеров. Процессы получения синтетических силикатов кальция из имеющихся в наличии разнообразных сырьевых источников исследуются в различных организациях нашей страны [6–12]. Первые исследования в этом направлении были проведены армянскими учеными [13]. Применение современных методов синтеза наноструктурированных силикатов кальция, таких как золь-гель процесс, гидротермально-микроволновой синтез, гидротермальные процессы с применением структурирующих веществ и др., позволяет варьировать в широких пределах свойства целевых продуктов и тем самым обеспечивает их соответствие требованиям для конкретного использования. Разработаны технологические процессы получения силикатов кальция (ксонотлита и волластонита) из техногенного сырья (фосфогипса, кремнегеля), природного сырья (диатомита, мела), промышленных продуктов (силикат-глыбы, хлорида кальция), химических реактивов (хлорида, нитрата и ацетата кальция, силиката натрия, тетраэтоксисилана); установлены химико-технологические параметры основных стадий процессов; разработаны принципиальные технологические схемы, предложены способы утилизации отходов. В случае использования водорастворимого сырья разработаны процессы получения нанопорошков гидросиликатов кальция с применением ПАВ, в частности солей четвертичных аммониевых оснований в качестве

структурирующих добавок [14]. Показано, что полученные прекурсоры с размером частиц 30–70 нм могут применяться в качестве сорбентов неорганических солей и органических соединений, а также для получения ТВЭКСов, органо-минеральных пигментов, в качестве наполнителей в полировальных пастах, акриловых красках и др. Полученные образцы тонкодисперсных наногидросиликатов кальция и волластонита использованы для получения композиционных керамических пигментов, гибридных люминофоров и других материалов [15–20].

В развитии химико-технологических основ процессов совместной переработки различных типов природного и техногенного кальций- и кремнийсодержащего сырья нами сформулированы методологические принципы и получены экспериментальные результаты, позволяющие, с одной стороны, разрабатывать рациональные технологические процессы переработки конкретных видов сырья и определять области применения полученных продуктов, а с другой — осуществлять выбор сырья и технологии переработки для получения материалов с заданными структурой и свойствами [21, 22].

Следует отметить, что процессы формирования, фазовый и элементный состав, физико-химические свойства силикатов кальция, синтезируемых в различных системах при обычных условиях, остаются малоизученными. Поэтому проблема разработки и оптимизации процессов синтеза гидросиликатов кальция и волластонита из доступного сырья является актуальной.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Широко известно, что на предприятиях по производству кальцинированной соды под сбор отходов производства выделяются земельные участки (шламонакопители) для хранения дистиллерной жидкости. Подобным образом предприятие ОАО «Сода» в городе Стерлитамаке хранит свои отходы. Под шламонакопители выделяется территория, площадь которой превышает 5 млн. кв. метров. В связи с этим остро встает проблема ее утилизации, так как площадь, отводимая под шламонакопители, ограничена. К тому же открытое хранение этих отходов угрожает окружающей флоре и фауне, так как оно расположено в 30 метрах от берегов реки Белой. Сокращение объемов хранимых отходов производится путем сброса отстоявшегося раствора в бассейн реки Белой в паводковые периоды, а также за счет самопроизвольного испарения воды. В результате этого образуются «белые моря».

Характеристика дистиллерной жидкости производства кальцинированной соды ОАО «Сода»:

Компонент	Содержание, г/л
<i>Жидкая фаза</i>	
CaCl ₂	до 120
NaCl	до 65
CaSO ₄	до 1,3
Ca(OH) ₂ + NH ₄ OH	до 1,7
<i>Твердая фаза</i>	
CaCO ₃	4,3–5,2
Ca(OH) ₂	0,5–1,6
CaSO ₄	0,8–1,8

Также дистиллерная жидкость имеет следующие физико-химические характеристики: pH = 11,0–11,6 при 20°C, ρ около 1,12 г/см³ при 20°C, t_{кипения} = 75–95°C, t_{замерзания} = около –10°C.

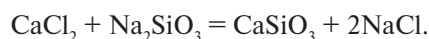
Конечный объем, занимаемый твердым осадком после отстоя, составляет до 18 % от объема исходной жидкости.

Исходя из состава дистиллерной жидкости, очевидно, что основными компонентами отходов производства кальцинированной соды являются хлористый кальций и хлористый натрий. Проблема хранения отходов частично разрешена АО «БСК», площадка № 2. Данное предприятие реализует соли, выделенные из дистиллерной жидкости, в муниципалитеты как средства борьбы с гололедом на автомагистралях. Но в связи с тем, что данные продукты являются опасными для экологии (например, в Москве и Подмосковье из-за применения этих солей в качестве антигололедного реагента ежегодно погибает около 250 тысяч деревьев), предложенный метод переработки является ограниченно применимым. К тому же использование хлоридов кальция и натрия на дорогах и тротуарах ведет, во-первых, к коррозии кузова автомобиля, во-вторых – к порче обуви и износу автомобильных шин. Вследствие вышесказанных проблем спрос на указанные соли в последнее время резко снизился. К тому же они находят применение в данной сфере только в холодное время года. Несмотря на подобное применение отходов производства соды, при существующем объеме производства, который составляет приблизительно 1,7 млн. тонн в год, проблема утилизации остается открытой. На 1 тонну кальцинированной соды приходится около 9–10 тонн дистиллерной жидкости (или 1:0,5 тонн в перерасчете на чистые хлористый кальций и хлористый натрий соответственно). Как следствие количество хранящейся дистиллерной жидкости в специальных резервуарах продолжает увеличиваться. В силу того, что метод утилизации, предложенный самим предприятием, не позволяет решить данную угрозу для экологии, требуется найти более рациональное и приемлемое решение с экологической и экономической точки зрения.

Волластонит – это минерал из класса силикатов, природный силикат кальция с химической формулой Ca₃(Si₃O₉), имеющий своеобразную игольчатую структуру, широко применяющийся в промышленности. Этот минерал находит широкое применение во всех отраслях промышленности. Волластонит применяется в качестве добавки-наполнителя в пластмассах, в цветной металлургии, в шинной, асбоцементной и лакокрасочной промышленности, в производстве керамики. Тоберморит – минерал, водный силикат кальция [SiO₃]₃Ca₄H₂ • 3H₂O. Является продуктом разрушения волластонита. Кристаллы игольчатые, тонкоигольчатые до волосовидных образуют радиально-лучистые, звездчатые и параллельно-волокнистые сростания, тонкоигольчатые пучки. Также встречаются спутано-волокнистые и тонкозернистые агрегаты. Искусственный аналог тоберморита образуется в портландцементе. Минеральные соединения, аналогичные минералам группы тоберморита, хорошо известны в цементной промышленности – они образуются при реакции цемента с водой и играют важную роль в процессе связывания цемента (бетона). Ксонотлит – продукт изменения волластонита, Ca₆Si₆O₁₇(OH)₂. Отличается высокой твердостью.

Аморфный силикат кальция не содержит примесей и кристаллизационной воды и является основной формой силиката кальция, получаемого синтетически в водной среде.

В качестве основного способа получения наномодифицирующей добавки применяется взаимодействие хлористого кальция из дистиллерной жидкости с силикатом натрия из жидкого стекла:



Данную реакцию проводят при тщательном перемешивании и медленном прибавлении жидкого стекла к дистиллерной жидкости. Первоначально дистиллерная жидкость подвергается фильтрованию, в результате которого в осадок выпадают карбонат и водный сульфат кальция. Эти ценные продукты (мел, гипс, асбест) можно использовать в приготовлении строительных материалов, например, сухих строительных смесей. Затем к полученному фильтрату добавляется небольшими порциями, при перемешивании, раствор жидкого стекла. Благодаря высокой температуре, которую имеет дистиллерная жидкость (до 95°C) после прохождения производственного цикла и поступления на утилизацию, вышеуказанная реакция будет проходить с большим выходом. Образующийся коллоидный раствор концентрируется, и метасиликат кальция выпадает в виде опалесценции на дно. Из образующегося фильтрата с помощью очистки можно выделить достаточно чистый хлористый натрий, концентрация

которого в растворе составит около 14,5%, который впоследствии можно повторно использовать в производстве кальцинированной соды. Осадок же подвергается очистке при помощи вакуумного фильтрования и осушке. Далее в него вводятся дополнительные компоненты, влияющие на структуру и качество конечного продукта. Полученная смесь отправляется на обжиг при соответствующей температуре в течение 2,5 часов. В зависимости от условий проведения процесса получаем следующие ценные продукты: аморфный кальций кремнекислый, волластонит, тоберморит и ксонотлит соответствующей структуры.

На основании проведенного литературного обзора и патентной проработки мы сделали вывод, что добавление определенных компонентов позволяет не только снизить требуемую температуру обжига, но и повлиять на структуру получающегося продукта. Такими компонентами являются, в частности, уголь, микрокристаллическая сера, оксид цинка и пентаоксид фосфора.

Так как элементарные сера и углерод являются хорошими восстановителями, нами в качестве контр-примера представленных компонентов был предложен гидроперит — мочевины с включениями молекул перекиси водорода, доля последней составляет 35%.

Так как масса силиката кальция после его осаждения и осушки составляет 5 г, то, соответственно, проверялись значения массы добавляемых компонентов по нижнему и верхнему пределам. Так, для угля это 0,2 г и 0,4, для оксида цинка — 0,1 г и 0,3 г, для серы и пентаоксида фосфора — 0,3 г и 0,5 г. Гидроперита решено было брать в количестве 0,3 г на 10 г силиката кальция.

Для получения репрезентативных данных значения температур, при которых проводился обжиг в течение 2,5 часов, были взяты следующие: 800°C, 850°C, 900°C, 950°C и 1050°C.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По полученной матрице условий были приготовлены 16 образцов веществ. Для определения их состава они были подвергнуты различным исследованиям.

Таблица 1

Диапазон значений содержания добавок на 100 г силиката кальция

Компонент	Минимальное значение	Максимальное значение
C	5,26	7,37
S	5,26	10,52
ZnO	1,052	1,578
P ₂ O ₅	2,63	3,16

Как видно из табл. 1, все образцы при данной температуре обжига (800°C) являются мягкими. При этом их твердость не зависит от добавленных компонентов. Следовательно, вероятно наноструктурированный метасиликат не перешел в другую модификацию. Как видно из следующей таблицы, образцы, полученные при температуре 850°C, отличаются друг от друга по твердости и структуре. Следовательно, начиная с 850°C структура метасиликата кальция модифицируется с образованием, предположительно, таких минералов, как тоберморит, волластонит и ксонотлит.

Добавление гидроперита к силикату кальция значительно увеличивает твердость конечного продукта. При добавлении в качестве компонентов угля, серы, оксида цинка и пентаоксида фосфора изменяется твердость и структура соединения — твердость уменьшается, а микрокристаллы становятся более аморфными. Однако при дальнейшем увеличении доли дополнительных компонентов в смеси характеристики образцов возвращаются к исходным значениям.

Проведены исследования влияния полученной наномодифицированной добавки на технологические свойства бетона. Добавка позволяет повысить прочность бетонов и растворов не на 40%, как предлагают другие авторы, а в 2 раза, а для ячеистых бетонов в 3–4 раза, а также снизить стоимость производства нанодобавки в 10–15 раз по сравнению с другими модификаторами и в 1,5 тысячи раз по сравнению с нанопорошками. Добавка совместима с пластификаторами и другими модификаторами. Введение наномодифицирующей добавки на основе силиката кальция позволяет устранить дефектность структуры бетонов за счет заполнения микрокремнеземом и продуктами его взаимодействия с минералами цементного клинкера микротрещин и микропор мелкозернистого бетона.

ОБСУЖДЕНИЕ

Применение элементов различной валентности и их оксидов в качестве наномодификаторов при производстве кремнийсодержащих материалов в различных областях промышленности, в частности, строительстве позволит по простой и доступной

Таблица 2

Результаты этих исследований физико-химических свойств полученных образцов

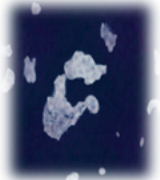
№	Дополнительные компоненты, г на 100 г CaSiO_3	Температура, °C	Эмпирическая твердость	Средний диаметр частиц, мкм	Белизна, L	Влажность, %	Микрофотографии (увеличение в 640 раз)
1	—	950	твердый	10	90	0,09	
2	C – 0,3 S – 0,4 ZnO – 0,2 P_2O_5 – 0,4	950	средней твердости	10	90	0,09	
3	C – 0,2 S – 0,3 ZnO – 0,1 P_2O_5 – 0,3	800	мягкий				
4	C – 0,4 S – 0,5 ZnO – 0,3 P_2O_5 – 0,5	800	мягкий				
5	—	800	мягкий				
6	C – 0,2 S – 0,3 ZnO – 0,1 P_2O_5 – 0,3	800	мягкий				

Таблица 2 (продолжение)

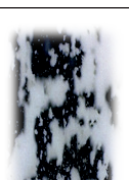
№	Дополнительные компоненты, г на 100 г CaSiO ₃	Температу- ра, °C	Эмпириче- ская твер- дость	Средний диаметр частиц, мкм	Белизна, L	Влаж- ность, %	Микрофотографии (увеличение в 640 раз)
7	C – 0,4 S – 0,5 ZnO – 0,3 P ₂ O ₅ – 0,5	850	средней жесткости				
8	—	850	очень твердый				
9	NH ₂ CONH ₂ • H ₂ O ₂ – 0,3	900	средней твердости				
10	—	900	твердый				
11	C – 0,2 S – 0,3 ZnO – 0,1 P ₂ O ₅ – 0,3	900	мягкий				
12	C – 0,4 S – 0,5 ZnO – 0,3 P ₂ O ₅ – 0,5	900	твердый				
13	NH ₂ CONH ₂ • H ₂ O ₂ – 0,3	1050	очень твердый				

Таблица 2 (продолжение)

№	Дополнительные компоненты, г на 100 г CaSiO_3	Температура, °C	Эмпирическая твердость	Средний диаметр частиц, мкм	Белизна, L	Влажность, %	Микрофотографии (увеличение в 640 раз)
14	—	1050	твердый				
15	C – 0,2 S – 0,3 ZnO – 0,1 P_2O_5 – 0,3	1050	средней твердости				
16	C – 0,4 S – 0,5 ZnO – 0,3 P_2O_5 – 0,5	1050	твердый				

технологии получить силикатную продукцию с высокими эксплуатационными характеристиками. Все вышеперечисленные наномодифицирующие добавки позволяют регулировать технологические характеристики целевого продукта с заданными свойствами, отличающимися по твердости и своей микроструктуре.

Исследования по ГОСТ 5802-86 показали, что водопоглощение при возрастании в бетоне количества силиката от 0 до 0,40% снижается с 22 до 3%, при этом уменьшается размер пор. Физико-химическими методами исследования определено, что в присутствии силиката кальция ускоряется гидратация цемента, а с помощью дифференциально-термического анализа установлено, что в присутствии указанной наномодифицирующей добавки количество химически связанной воды увеличивается на 25%. Этот вывод подтверждают данные калориметрических исследований, показавшие, что общее количество теплоты, выделяющееся за 72 часа, с силикатом кальция на 15% выше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, наши исследования показывают, что эффект наномодифицирования цементного кам-

ня заключается в том, что он быстрее упрочняется в ранние сроки структурообразования и становится более прочным при завершении процесса твердения. И это является основанием для сокращения в целом сроков твердения и отказа от тепловой обработки твердеющего цемента. Обработка полученных экспериментальных данных приводит к следующему выводу, что введение в цементно-водную систему наномодифицирующих добавок в виде силиката кальция изменяет кинетические параметры развития эволюционного маршрута и ускоряет гидратацию цемента в 10 раз, что объясняется снижением энергии активации процесса практически в 2 раза. Получение метасиликата кальция и его аморфных производных из основной части дистиллерной жидкости, являющейся отходом содового производства, может стать перспективным и альтернативным способом ее утилизации. Использование наномодифицирующих кремнийсодержащих нанодобавок в процессе технологии производства цемента позволит получать такие ценные продукты, как волластонит, тоберморит и ксонотлит, удовлетворяющие техническим условиям по ГОСТу 4762-71, мировое потребление которых ежегодно возрастает на 5%.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Акатьева Л.В. Синтез и физико-химические свойства ксонотлита и волластонита: дис. канд. хим. наук / Ин-т общей и неорг. химии им. Н.С. Курнакова РАН. М. 2003. 233 с.
2. Гладун В.Д., Холькин А.И., Акатьева Л.В. Перспективы создания производства синтетического волластонита в России // Химическая технология. 2007. Т. 8, № 5. С. 201–204.
3. Гладун В.Д., Акатьева Л.В., Андреева Н.Н., Холькин А.И. Получение и применение синтетического волластонита из природного и техногенного сырья // Химическая технология. 2004. № 9. С. 2–9.
4. Гладун В.Д., Акатьева Л.В., Андреева Н.Н., Холькин А.И. Получение ксонотлита и перспективы его применения // Химическая технология. 2000. № 11. С. 2–9.
5. Шульц М.М. Силикаты в природе и практике человека // Соросовский образовательный журнал. 1997. № 8. С. 45–51.
6. Бокий Г.Б. Кристаллохимия. М.: Наука, 1971. 400 с.
7. Войтович В.А. Нанотехнологии в производстве силикатного кирпича / В.А. Войтович, И.Н. Хряпченкова, А.А. Яворский // Строительные материалы. 2010. № 2. С. 60–61.
8. Михайленко Н.Ю., Клименко Н.Н., Саркисов П.Д. Строительные материалы на жидкостекольном связующем. Ч. 1. Жидкое стекло как связующее в производстве строительных материалов // Техника и технология силикатов. 2012. Т. 19. № 2. С. 25–28.
9. Пат. 2190583 Российская Федерация. МПК7 C04B 41/65. Способ получения водоотталкивающего продукта, продукт и способ придания водонепроницаемости поверхности строительного материала / Ж.Е. Думе (FR). Оpubл. 10.10.2002 г.
10. Пат. 2408552 Российская Федерация. МПК C04B26/02; C09D1/02. Наноструктурирующее связующее для композиционных строительных материалов / Д.А. Бейлин (IL), Ю.М. Борисов (RU), О.Л. Фиговский (IL), И.С. Суровцев (RU). Оpubл. 01.10.2011 г.
11. Пат. 2105738 Российская Федерация. МПК C04B28/26. Композиция для изготовления строительных изделий / Ю.Г. Ивашенко, А.А. Сурнин, Д.В. Мещеряков. Оpubл. 27.02.98 г.
12. Пат. 2235697 Российская Федерация. МПК 6 C04B28/26. Жидкостекольная композиция / Ю.Г. Ивашенко (RU), Р.В. Фомин (RU). Оpubл. 10.09.2004 г.
13. Григорян Г.О., Мурадян А.Б., Григорян К.Г. Волластонит. Получение и применение // Армянский хим. журнал. 1990. Т. 43, № 5. С. 296–315.
14. Акулова М.В. Водостойкое силикатное покрытие / М.В. Акулова, Ю.А. Щепочкина // Строительные материалы. 1998. № 11. С. 39.
15. Получение наноразмерных порошков гидросиликатов кальция для композиционных материалов / Л.В. Акатьева, В.К. Иванов, В.Д. Гладун, А.И. Холькин // Химическая технология. 2013. Т. 14, № 4. С. 199–209.
16. Пат. 2493185 РФ. Способ получения керамического алюмокобальтоксидного пигмента на основе наноразмерного мезопористого синтетического ксонотлита / Акатьева Л.В., Гладун В.Д., Холькин А.И.; опубл. 20.09.2013.
17. Акатьева Л.В., Козюхин С.А. Люминофоры на основе синтетических силикатов кальция // Химическая технология. 2014. Т. 15, № 7. С. 392–400.
18. Пат. 2213054 РФ. Способ получения тонкодисперсного силиката кальция (варианты), тонкодисперсный силикат кальция (варианты), окрашенная композиция / Гладун В.Д., Холькин А.И., Акатьева Л.В.; опубл. 2003.
19. Пат. 2245861 РФ. МПК 6 C04B28/26. Жидкостекольная композиция / Ю.Г. Ивашенко, Р.В. Фомин. Оpubл. 10.02.2005 г.
20. Григорьев П.Н. Растворимое стекло (получение, свойства и применение) / П.Н. Григорьев, М.А. Матвеев. М.: Государственное издательство литературы по строительным материалам, 1956. 442 с.
21. Туктарова М.Р., Опарина Ф.Р., Исламутдинова А.А. Утилизация дистиллерной жидкости с получением волластонита // Сборник материалов 63-ей научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: сб. матер. конф. Кн. 2, Уфа: Изд-во УГНТУ, 2012. С. 372.
22. Иванов А.Н., Каримов О.Х., Исламутдинова А.А. Переработка отходов содового производства с применением СВЧ излучения // Вестник молодого ученого УГНТУ. 2015. № 1 (1). С. 38–41.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Боев Евгений Владимирович – канд. техн. наук., доцент, заведующий кафедрой «Общая химическая технология», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Российская Федерация, 9196011116@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9255-6142>

Исламутдинова Айгуль Акрамовна – канд. техн. наук., доцент, доцент кафедры «Общая химическая технология», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Российская Федерация, aygul_ru@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3104-2097>

Аминова Эльмира Курбангалиевна – канд. хим. наук., доцент, доцент кафедры «Общая химическая технология», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Российская Федерация, k.elmira.k@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3105-3477>

ВКЛАД АВТОРОВ

Авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 07.10.2021; одобрена после рецензирования 02.11.2021; принята к публикации 12.11.2021.



Evaluation of the efficiency of using new environmentally friendly PVC additives based on adipic acid

Aliya K. Mazitova¹ , Zhan F. Bulatasov¹, Ilmar I. Zaripov¹ , Yuriy E. Sapozhnikov² , Irina N. Vikhareva^{1*}

¹ Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

² Research Technological Institute of Herbicides and Plant Growth Regulators with experimental production of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

* Corresponding author: e-mail: irina.vikhareva2009@yandex.ru

ABSTRACT: Introduction. The economic activity of a person entails environmental, economic and social damage to the environment. The production of goods or services is associated with the consumption of natural resources and emissions that negatively affect the ecological state. Currently, there is an acute problem of the negative impact of man on the natural environment and is the main source of deterioration in the health of living beings. In modern conditions, chemical safety is one of the priority tasks of socio-economic development. To protect the environment, it is important to take appropriate measures and develop appropriate mechanisms to promote sustainable development. For this purpose, an assessment of the environmental and economic damage from human activities is required. **Materials and methods.** The work employs the method for determining the prevented environmental damage, approved by the Chairman of the State Committee of the Russian Federation for Environmental Protection, to perform ecological and economic assessment of the environmental impact of new environmentally friendly biodegradable additives for polyvinyl chloride based on adipic acid. **Results and discussion.** Polymeric materials, as the most popular and widespread, make a significant contribution to the deterioration of the environmental situation. In this regard, the main values of the prevented environmental damage from soil degradation were calculated when using new environmentally friendly additives for PVC based on adipic acid. **Conclusion.** The introduction of the developed additives into the composition of the developed additives provides economic and environmental efficiency in order to accelerate the biodegradation of polymer composite materials, protects against chemical pollution by hazardous toxic compounds and helps prevent soil degradation.

KEYWORDS: adipate plasticizer, biodegradable, economic efficiency, environmental damage, polyvinyl chloride.

FOR CITATION: Mazitova A.K., Bulatasov Zh.F., Zaripov I.I., Sapozhnikov Yu.E., Vikhareva I.N. Evaluation of the efficiency of using new environmentally friendly PVC additives based on adipic acid. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(6): 358–364. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-6-358-364>.

INTRODUCTION

An improvement in the set of properties of large-scale synthetic polymers was achieved due to an increase in the efficiency of synthesis conditions, targeted regulation of their molecular weight and molecular weight distribution at the nano-, micro- and macrolevels. An important factor in solving this problem was the improvement of the technology for the production of plastics based on improved polymer components and the improvement of methods for preparing raw materials, methods and techniques for mixing compositions.

Since the 1950s, there has been a stable global growth trend in the plastics market: from 1 million tons in 1950 to 348 million tons in 2017 year [1].

In connection with the increasing volumes of production and consumption of polymer materials and products, an important environmental problem is the constant increase in the huge amount of plastic waste. Thanks to this, a separate direction has been formed – the recycling of plastics, in which specific combinations of technological processes are used, which contributes to the solution of environmental and raw material problems, in particular. Chemical depolymerization processes make it possible to produce raw materials for obtaining monomers, oligomers, and other chemical materials using economically viable methods [2–8].

However, to date, the disposal of polymer products after operation most often occurs at solid waste landfills or is spontaneous.

Soil pollution leads to degradation of the soil cover, withdrawal of land from agricultural use and significant financial costs for the implementation of measures for the remediation of contaminated land.

Soil contamination with waste polymer materials poses a significant hazard due to the toxicity of some additives, as well as the migration ability of individual components.

Thus, it is extremely important today to develop polymer composite materials with a controlled service life, which are characterized by the stability of operational characteristics during the entire period of their use, and then degrade naturally under environmental conditions with the formation of non-toxic substances.

MATERIALS AND METHODS

Calculation of the prevented environmental damage from soil degradation when using the developed adipate additives

Economic damage to the environment is the actual and possible losses caused to the national economy by pollution, expressed in value terms, or additional costs to compensate for these losses.

Economic damage from the deterioration and destruction of soils and lands under the influence of anthropogenic (technogenic) loads is expressed in land contamination with chemicals; littering of land by unauthorized landfills, other types of unauthorized and unregulated disposal of waste and the accompanying degradation of soil and land.

Degradation of soils and lands is a combination of natural and anthropogenic processes leading to changes in the functions of soils, quantitative and qualitative deterioration of their properties and composition, and a decrease in the natural and economic significance of lands. The extreme degree of degradation is the destruction of soil cover and damage to land.

These are the main types of soil and land degradation:

- technological (operational) degradation – mechanical destruction of the soil cover due to open and closed mining of minerals and peat, as well as construction and geological exploration: disturbance of land, physical degradation, agrodepletion;
- erosion – destruction of the soil cover under the influence of surface runoff and wind, followed by the movement and relocation of soil material: water and wind;
- salinization – the accumulation of water-soluble salts, including the accumulation of sodium and magnesium ions in the soil absorbing complex: salinization and alkalization itself;
- waterlogging.

The degree of soil and land degradation is determined using indicator indicators, for which threshold values have

been established to determine the loss of the natural and economic significance of lands. Degradation of soils and lands for each indicator is characterized by degrees from 0 to 4.

Loss of annual income is taken into account when calculating the amount of damage from soil and land degradation inflicted on their owner. Its amount is calculated at the current prices at the time of determining the amount of damage.

Economic effect – the difference between the results of economic activity (for example, a product in value terms) and the costs incurred to obtain and use them.

Environmental-economic effect – the ratio of the size of the positive effect (benefit) and harm (damage) caused by the impact on the environment, as well as the amount of costs required to compensate for such damage.

Calculation of the amount of damage caused to soils as an object of environmental protection is carried out according to a certain method. The methodology for calculating the amount of damage caused to soils as an object of environmental protection is intended for calculating in value terms the amount of damage caused to soils as a result of violation of legislation in the field of environmental protection, as well as in the event of emergencies and emergencies of a natural and man-made nature.

The methodology calculates the amount of damage caused to soils as a result of:

- a) chemical contamination of soils as a result of the ingress of chemicals or a mixture of chemicals into soils, leading to non-compliance with environmental quality standards for soils, including standards for maximum (approximate) permissible concentrations of chemicals in soils;
- b) unauthorized disposal of production and consumption waste;
- c) spoilage of soils as a result of unauthorized (illegal) overlapping of the soil surface, as well as the soil profile with artificial coatings and (or) linear objects.

Earlier in work, alkylbutoxyethyl adipates were obtained, their characteristics, important for practical use as PVC plasticizers, were investigated [9].

The assessment of the magnitude of the prevented environmental damage from soil degradation when using the developed adipate additives, namely, butyl, hexyl, octyl and decyl butoxyethyl adipates, was calculated by the formula [10]:

$$Y_{npn}^n = Y_{yax}^n \times \sum_j S_j \times K_{nj},$$

$$Y_{npn}^n = 147\,000 \times 1 \times 1.9 = 279.3 \text{ thousand rubles},$$

where Y_{yax}^n – indicator of specific environmental damage to land resources, thousand rubles; $Y_{yax}^n = 147$ thousand rubles / ha (Ufa c., Russia);

S_j – area of land of type j , preserved from degradation as a result of environmental protection, ha; $S_j = 1$ ha;

K_{nj} – coefficient of natural and economic significance of land resources of the j -type, $K_{nj} = 1.9$.

The amount of prevented environmental damage when using the developed additives is estimated by the formula:

$$Y_{np_x}^n = Y_{y_{\Delta x}}^n \times \sum_j S_j \times K_i^o \times K_{nj},$$

$$Y_{np_x}^n = 147\,000 \times 1 \times 3 \times 1.9 = 837.9 \text{ thousand rubles},$$

where $Y_{np_x}^n$ – prevented environmental damage from pollution of land resources with a chemical substance of the i -th hazard class during the reporting period, thousand rubles;

S_j – area of land of type j that was prevented from contamination by a chemical substance of the i -th hazard class during the reporting period of time, ha; $S_j = 1$ ha;

K_i^o – coefficient taking into account the hazard class of the i -th chemical that is not allowed to enter the soil or eliminated pollution as a result of the implementation of the corresponding direction of environmental protection, $K_i^o = 3$.

The total amount of prevented environmental damage to land resources in the region during the reporting period is determined by the formula:

$$Y_{np}^n = Y_{np_{\Delta}}^n + Y_{np_x}^n,$$

$$Y_{np}^n = 279.3 + 837.9 = 1117.2 \text{ thousand rubles}.$$

If the biodegradation of a polymer material under natural conditions takes more than 100 years, then the environmental damage inflicted over a given period of time will amount to 1,117,200 rubles.

Since the obtained composite PVC-plastic compound with the content of adipate plasticizers degrades in the soil in 0.5 years to 10%, the complete biodegradation will be 5 years. The environmental damage caused over a given period of time will be 55860 rubles.

Thus, the prevented environmental damage during the incorporation of biodegradable adipate plasticizers into production for 100 years will amount to 1,061.34 thousand rubles per 1 ha of land.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Modern approaches to solving the problem of recycling

In recent years, biopolymers from renewable raw materials have attracted particular attention of researchers. The main reasons contributing to the development of this area: the ability to complete biodegradation in the environment, reduction of hydrocarbon reserves, reduction of waste and compostability in the natural natural cycle,

climate protection due to a decrease in the amount of carbon dioxide emitted.

The production volumes of biodegradable polymers, despite the constant growth of their production, are significantly inferior to traditional polymers.

Currently, the production and consumption of bioplastics is only about 1% of the total amount of PM [11].

According to the latest data from the European Bioplastics Institute and the nova-Institute (Hürth, Germany), global production capacity for bioplastics in 2019 amounted to 2.114 million tons [12–13].

Originally biodegradable PMs were mixtures of traditional polymers with starch. Now a whole range of new biodegradable plastics has appeared, differing in production technologies and composition.

Biodegradable polymers are polymers that are prone to degradation initiated by high humidity and microorganisms. To ensure the biodegradation of such polymers, certain conditions are required: pH, humidity and oxygen saturation.

Promising biodegradable bio-based plastics such as polylactides, polyesters, and polyhydroxoalkanoates are currently expensive and not widely available.

One of the most promising methods for creating such materials is the development and implementation of composite materials based on traditional polymers with additives that accelerate the decomposition of the entire composition.

One of the directions of work on regulating the service life of polymeric materials, in particular PVC, is to ensure their biodegradability [14–15].

In [16–22], attempts were made to obtain polymer composite materials with controlled biostability, basic recommendations were given for the creation of biostable polymer compositions that would expand the operational capabilities of polymer materials and extend their service life in different climatic zones.

For this reason, in connection with the increasing environmental requirements, polymeric materials, along with a high set of technological and operational parameters, must be biodegradable.

The development of polymer composite materials that undergo accelerated physicochemical and biological changes in the natural environment due to the introduction of biodegradable additives is one of the potential methods for the disposal of synthetic materials and ensures the release of significant areas of fertile soils and lands from the constantly increasing amount of polymer waste.

Today, polyvinyl chloride in terms of consumption takes the third place after polyethylene and polypropylene, therefore, the development and use of biodegradable additives for these polymers is relevant, which contributes to solving the urgent problem of environmental pollution with plastic waste.

Renewable sources based on plant materials or their production waste to be utilized as fillers for regulating the biodegradability of polymer composite materials are an alternative for the development of economically and environmentally attractive technologies. However, such composite materials are inferior in physical, mechanical, technological and operational characteristics to traditional polymers. For this reason, it is advisable to modify polymer compositions using plasticizers capable of serving as a source of organic substances for microorganisms-destroyers under ambient conditions.

The use of natural biodegradable plasticizers with low toxicity and good compatibility with traditional polymers is a growing trend in the development of bioplastics. Epoxidized triglyceride vegetable oils from soybean oil, linseed oil, castor oil, sunflower oil, and fatty acid esters are widely used as natural plasticizers [23]. However, in some applications, a complete replacement with natural-based plasticizers is simply not possible, so a wide range of commercially available biodegradable synthetic plasticizers have been developed over the past decades: esters of adipic, azelaic, sebacic, citric and tartaric acids [24].

For this purpose, it is possible to use biodegradable plasticizers in the formulations of PVC compositions, for example, esters of adipic acid. In addition, PVC composites containing adipates have reduced toxicity. In numerous works, the biotoxicity and the period of biodegradation of the industrial adipate plasticizer DOA were investigated and it was shown that this additive for PVC is non-toxic for various types of living microorganisms and the period of its biodegradation is 6 months [25–26].

Expanding the range of biodegradable additives is a topical effective way to increase the biodegradation of PVC composites. In [9], we described the preparation of asymmetric esters of adipic acid and ethoxylated alcohols, namely, butyl, hexyl, octyl and decyl butoxyethyl adipates. Their characteristics, which are important for practical use as PVC plasticizers, have been studied, and the possibility of their biodegradation under environmental conditions has been shown, the biodegradation process and the main metabolites have been studied.

Plasticizers in PVC-based materials have different resistance to microorganisms. The nature of the plasticizer plays an important role in this. When microorganisms use plasticizers as a carbon source in PVC materials, significant changes in properties are observed.

It is known that, unlike phthalate plasticizers, adipate additives are involved in the life of various microorganisms, resulting in the formation of acidic products soluble in water. For example, oxalic and succinic acids, which accelerate the decomposition of the material [27–28]. Further weakening of the polymer structure leads to changes in the molecular weight and mechanical proper-

ties of plastic compounds. Residues of polymer molecules are perceived by microorganisms as nutrients, which leads to an increase in their population.

Biodegradation of hybrid polymer composites based on large-tonnage synthetic polymers and biodegradable fillers under the influence of soil microorganisms consists in the repeated passage of stages: surface biocorrosion, the formation of a more porous structure (due to “negative washout” and “consumption” of fillers), internal biocorrosion (due to fixation of micromycetes on internal irregularities), the spread of erosion, fragmentation. As a result, polymeric materials, being organic compounds, are capable of biodegradation, i.e. disposed of.

The ability to accelerate biodegradation of PVC compounds with developed adipate plasticizers is an indisputable advantage of the developed additives. The process of destruction of material when it enters the soil occurs under the influence of microorganisms and is accompanied by a significant drop in its strength. The degradability of polymeric materials in nature depends on the structure of the polymer, the presence of a population of degrading microorganisms, and the environmental conditions that favor their growth. Under the action of free radicals and various microorganisms, the resulting fragments are involved in hydrolytic and redox processes, which leads to a decrease in molecular weight and further simplifies and accelerates the process of biodegradation of polymer plastic compound.

The existence of organisms capable of metabolizing synthetic polymers has been of considerable interest in recent years [29]. In general, studies of biodegradation are focused on polymer composites containing a filler [30–32], which has an accelerating effect on biodegradation, being a source of nutrition for microorganisms in the external environment [33–35].

Despite the fact that polyvinyl chloride is a strong polymer, resistant to abrasion and chemical action, characterized by low moisture absorption, researchers note that the lower the molecular weight of the polymer, the more easily its biodegradation occurs [36–37]. According to Kirbas et al., Pure polyvinyl chloride with a low molecular weight is biodegradable by white rot fungi [35].

Thus, certain types of microorganisms are able to utilize polyvinyl chloride, and the additives present in composite materials significantly accelerate this process [38–40].

CONCLUSIONS

Biodegradation is the most convenient and smarter solution for environmentally friendly and efficient disposal of plastic waste. Currently, no technologies have been developed that allow the utilization of materials based on synthetic polymers by biodegradation on a commercial scale. However, a large number of studies are being

carried out in this direction and, taking into account the huge metabolic potential of microorganisms, it is possible to predict soon the development of acceptable, rational and cost-effective technologies for the biodegradation of plastic waste. To date, the prevention of environmental damage directly contributes to the economic effect of the

development and introduction into production of biodegradable polymer composite materials. The conducted environmental and economic assessment of the use of new PVC adipate plasticizers shows the effectiveness of their use to accelerate biodegradation processes and to protect the environment from soil degradation.

REFERENCES

1. Vikhareva I.N., Zaripov I.I., Kinzyabulatova D.F., Minigazimov N.S., Aminova G.K. Biodegradable polymer materials and modifying additives: state of the art. Part I. *Nanotechnologies in Construction*. 2020; 12(6): 320–325. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-6-320-325>.
2. VinylPlus-Progress-Report-2020_EN_sp.pdf [Internet]. 2021 [cited 20 Oct 2021]. Available from: <https://vinylplus.eu>.
3. VinylPlus, Committed to Sustainable Development [Electronic resource]. 2021 [cited 01 Oct 2021]. URL: <https://vinylplus.eu>.
4. Toroyan R.A., Mikitaev A.K., Bedanokov A.Yu. The main methods of processing and utilization of polymer waste into building material. *Plastic masses*. 2008; (1): 53–56.
5. Mazitova A.K., Aminova G.K., Zaripov I.I., Vikhareva I.N. Biodegradable polymer materials and modifying additives: current state. Part II. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(1): 32–38. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-13-1-32-38>.
6. Mazitova A.K., Aminova G.K., Buylova E.A., Zaripov I.I., Vikhareva I.N. Biodegradable polymer materials and modifying additives: current state. Part III. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(2): 73–78. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-13-2-73-78>.
7. Vikhareva I.N., Buylova E.A., Yarmuhametova G.U., Aminova G.K., Mazitova A.K. An overview of the main trends in the creation of biodegradable polymer materials. *Journal of chemistry*. 2021. Available from: <https://doi.org/10.1155/2021/5099705>.
8. Wagner A. PVC waste: recycling is necessary. *Solid household waste*. 2015; (11): 11.
9. Vikhareva I.N., Aminova G.K., Mazitova A.K. Ecotoxicity of the adipate plasticizers: Influence of the structure of the alcohol substituent. *Molecules*. 2021; 26(16): 4833.
10. Danilov-Danilyan V. Methodology for determining the prevented environmental damage. Moscow: State Committee on Ecology; 1999.
11. European Bioplastics [Internet]. 2021 [cited 01 Oct 2021]. Available from: <https://www.european-bioplastics.org/market/>.
12. European Bioplastics [Internet]. 2021 [cited 01 Oct 2021]. Available from: https://docs.european-bioplastics.org/publications/market_data/Report.
13. ADM Worldwide [Internet]. 2021 [cited 01 Oct 2021]. Available from: <https://www.adm.com>.
14. Legonkova O., Melitskova E., Peshekhonova A. The future of biodegradation. *Packaging and packaging*. 2003; 2: 62–63.
15. Suvorova A.I., Tyukova I.S. Biodegradable systems: thermodynamics, rheological properties and biocorrosion. *High-molecular compounds*. 2008; 50(7): 1162–1171.
16. Shtilman M.I. Biodegradation of polymers. *Journal of the Siberian Federal University. Series: Biology*. 2015; 8(2): 113–130.
17. Mazitova A.K., Vikhareva I.N. Biodegradable plasticizing composition for plastics with a limited service life. In: The First Int. Conf. on «Green» Polymer Materials 2020. Sciforum, CGPM2020 (<https://cgpm2020.sciforum.net/>). Available from: <https://doi.org/10.3390/CGPM2020-07210>.
18. Smirnov V.F., Glagoleva A.A., Mochalova A.E., Smirnova L.A., Smirnova O.N., Anikina N.A. Influence of biological and physical nature factors on biodegradation and physico-chemical properties of compositions based on polyvinyl chloride and natural polymers. *Plastic masses*. 2017; 7–8: 47–50.
19. Vikhareva I.N., Aminova G.K., Moguchev A.I., Mazitova A.K. The effect of a zinc-containing additive on the properties of PVC compounds. *Advances in Polymer Technology*. 2021; 2021. Article ID 5593184.

20. Aswin K.A., Karthick K., Arumugam K.P. Properties of Biodegradable Polymers and Degradation for Sustainable Development. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*. 2011; 2(3): 164–167.
21. Leja K., Lewandowicz G. Polymer Biodegradation and Biodegradable Polymers – a Review. *Polish J. of Environ. Stud.* 2010; 19(2): 255–266.
22. Premraj R., Mukesh D. Biodegradation of polymers. *Indian Journal of Biotechnology*. 2005; 4: 186–193.
23. Baltacıoğlu H., Balköse D. Effect of zinc stearate and/or epoxidized soybean oil on gelation and thermal stability of PVC-DOP plastigels. *J. Appl. Polym. Sci.* 1999; 74(10): 2488–2498.
24. Choi J.S., Park W.H. Effect of biodegradable plasticizers on thermal and mechanical properties of poly(3-hydroxybutyrate). *Polym. Test.* 2004; 23(4): 455–460.
25. Plakunov V.K., Gannesen A.V., Mart'yanov S.V., Zhurina M.V. Biocorrosion of Synthetic Plastics: Degradation Mechanisms and Methods of Protection. *Microbiology*. 2020; 89(6): 647–659.
26. Giacomucci L., Raddadi N., Soccio M., Lotti N., Fava F. Polyvinyl chloride biodegradation by *Pseudomonas citronellolis* and *Bacillus flexus*. *New Biotechnol.* 2019; (52): 35–41.
27. Gerasimenko A.A. *Protection against corrosion, aging and bio-damage of machinery, equipment and structures*. Moscow: Machine engineering; 1987.
28. Orekhov D.A., Vlasova G.M., Makarevich A.V., Pinchuk L.S. Biodegradable films based on thermoplastics. *Reports of the National Academy of Sciences of Belarus*. 2000; 44(6): 100–103.
29. Madigan J.M., Martinko J.M., Parker J. *Biology of microorganisms*. Simon and Viacom Company: New Jersey by Prentice Hall Inc. 1997. p. 586–588.
30. Brandl M., Gross R.A., Lenz R.W., Fuller G. Plastics from bacteria and for bacteria: Poly(b-Hydroxyalkanoates) as natural biocompatible, biodegradable polyesters. *Advances in Biochemical Engineering I Biotechnology*. 1990; (41): 78–93.
31. Lee B., Pometto A.L., Fratzke A., Bailey T.B. Biodegradation of degradable plastic polyethylene by *Phanerochaete* and *Streptomyces* species. *Appl. Environ. Microbiol.* 1991; 57(3): 678–685.
32. Seppala J., Linko Y.Y., Su T. Photo and biodegradation of high volume thermoplastics. *Acta Polytechnica Scandinavica, Chemical, Technology and Metallurgy Series*. 1991; (198): 33.
33. Albertsson A., Anderson S.O., Karlsson S. The mechanism of biodegradation of polyethylene. *Polym. Degr. Stab.* 1987; (18): 73–87.
34. Klemchuck P.P. Chemistry of plastics casts a negative vote. *Modem Plastics*. 1989; 66(8): 48–53.
35. Kirbaş Z., Keskin N., Güner A. Biodegradation of polyvinylchloride (PVC) by white rot fungi. *Bull Environ Contam Toxicol.* 1999; (63): 335–342.
36. Gu J.D., Ford T.E., Mitchel R. Microbial corrosion of metals. Review. In: *The Uhlig Corrosion Handbook*. New York: Wiley; 2000. p.915–927.
37. Gu J.D., Ford T.E., Mitton D.B., Mitchel R. Microbial degradation and deterioration of Polymeric materials. Review. In: *The Uhlig Corrosion Handbook*. New York: Wiley; 2000. p.439–460.
38. Gu J.D., Mitchel R. Biodeterioration. *The Prokaryotes: An Evolving Electronic Resource for the Microbiological community*. New York: Springer-Verlag; 2001.
39. Gu J.D. Microbiological deterioration and degradation of synthetic polymeric materials: recent research advances. *Int. Biodet. Biodeg.* 2003; (52): 69–91.
40. Glass J.E., Swift G. Agricultural and synthetic polymers, Biodegradation and Utilization. In: *ACS Symposium Series 433*. Washington DC: American chemical society; 1989. p. 9–64.

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, elenaasf@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2304-1692>

Zhan F. Bulatasov – Head of the Department for Remuneration and Social Policy, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia, bul-zhan@yandex.ru

Yuriy E. Sapozhnikov – Cand. Sci. (Phys.-Math.), Head of the laboratory, Senior Researcher, Research Technological Institute of Herbicides and Plant Growth Regulators with pilot production Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia, yuryis@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8947-7010>

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

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

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Aliya K. Mazitova – scientific management.

Zhan F. Bulatasov – participation in development of curricula and their implementation.

Yuriy E. Sapozhnikov – research concept.

Ilmar I. Zaripov – follow-on revision of the text.

Irina N. Vikhareva – methodology development; final conclusions.

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 22.10.2021; approved after reviewing 15.11.2021; accepted for publication 19.11.2021.

Научная статья

УДК 637.1

<https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-6-358-364>



Оценка эффективности использования новых экологически безопасных добавок для ПВХ на основе адипиновой кислоты

Алия Карамовна Мазитова¹ , Жан Фаритович Булатасов¹, Ильнар Ильгизович Зарипов¹ ,
Юрий Евгеньевич Сапожников² , Ирина Николаевна Вихарева^{1*}

¹ Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

² Научно-исследовательский Технологический институт гербицидов и регуляторов роста растений с опытно-экспериментальным производством Академии Наук Республики Башкортостан, Уфа, Россия

* Автор, ответственный за переписку: e-mail: irina.vikhareva2009@yandex.ru

АННОТАЦИЯ: Введение. Хозяйственно-экономическая деятельность человека влечет за собой экологический, экономический и социальный ущерб, причиняемый окружающей среды. Производство продукции или услуг связано с потреблением природных ресурсов и выбросами, отрицательно влияющими на экологическое состояние. В настоящее время остро стоит проблема негативного воздействия человека на природную среду и представляет собой основной источник ухудшения здоровья живых существ. В современных условиях обеспечение химической безопасности относится к приоритетным задачам социально-экономического развития. Для защиты окружающей среды важно принять соответствующие меры и разработать надлежащие механизмы содействия устойчивому развитию. С этой целью требуется оценка эколого-экономического ущерба от деятельности человека. **Материалы и методы.** В работе для эколого-экономической оценки влияния на окружающую среду новых экологически безопасных биоразлагаемых добавок для поливинилхлорида на основе адипиновой кислоты использована методика определения предотвращенного экологического ущерба, утвержденная председателем Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды. **Результаты и обсуждение.** Полимерные материалы как наиболее востребованные и широко распространенные вносят значительный вклад в ухудшение экологической ситуации. В связи с этим рассчитаны основные величины предотвращенного экологического ущерба от деградации почв при использовании новых экологически безопасных добавок для ПВХ на основе адипиновой кислоты. **Заключение.** Введение в состав разработанных добавок обеспечивает экономическую и экологическую эффективность с целью ускорения биоразложения полимерных композиционных материалов, защищает от химического загрязнения опасными токсичными соединениями и способствует предотвращению деградации почв.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: адипиновый пластификатор, биоразлагаемый, экономическая эффективность, ущерб окружающей среде, поливинилхлорид.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Мазитова А.К., Булатасов Ж.Ф., Зарипов И.И., Сапожников Е.Ю., Вихарева И.Н. Оценка эффективности использования новых экологически чистых добавок ПВХ на основе адипиновой кислоты // Нанотехнологии в строительстве. 2021. Т. 13, № 6. С. 358–364. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-6-358-364>.

ВВЕДЕНИЕ

Улучшение совокупности свойств крупнотоннажных синтетических полимеров достигнуто благодаря повышению эффективности условий синтеза, целенаправленного регулирования их молекулярной массы и молекулярно-массового распределения на нано-, микро- и макроуровнях. Важным фактором

при решении данной задачи было совершенствование технологии производства пластических масс на основе улучшенных полимерных составляющих и усовершенствование методов подготовки сырья, способов и приемов смешивания композиций.

С 50-х годов XX в. существует стабильная мировая тенденция роста рынка пластмасс: начиная с 1 млн т в 1950 г. до 348 млн т в 2017 г. [1].

© Мазитова А.К., Булатасов Ж.Ф., Зарипов И.И., Сапожников Е.Ю., Вихарева И.Н., 2021

В связи с возрастающими объемами производства и потребления полимерных материалов и изделий, важной экологической проблемой является постоянное увеличение огромного количества пластиковых отходов. Благодаря этому сформировалось отдельное направление — рециклинг пластмасс, при котором используются специфические комбинации технологических процессов, что способствует решению экологических и сырьевых проблем, в частности. Химические деполимеризационные процессы позволяют производить сырье для получения мономеров, олигомеров и других химических материалов с использованием экономически выгодных методов [2–8].

Однако на сегодняшний день утилизация полимерных изделий после эксплуатации чаще всего происходит на полигонах ТБО либо носит спонтанный характер.

Загрязнение почвы приводит к деградации почвенного покрова, выведению земель из сельскохозяйственного оборота и значительным финансовым затратам на реализацию мероприятий по рекультивации загрязненных земель.

Загрязнение почвы отработанными полимерными материалами представляет значительную опасность в связи с токсичностью некоторых добавок, а также с миграционной способностью отдельных компонентов.

Таким образом, крайне важным на сегодняшний день является разработка полимерных композиционных материалов с регулируемым сроком службы, которые характеризуются стабильностью эксплуатационных характеристик в течение всего периода их использования, а далее деградируют естественным образом в условиях окружающей среды с образованием нетоксичных веществ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Расчет предотвращенного экологического ущерба от деградации почв при использовании разработанных адипинатных добавок

Экономический ущерб, наносимый окружающей среде, — выраженные в стоимостной форме фактические и возможные убытки, причиняемые народному хозяйству загрязнениями, или дополнительные затраты на компенсацию этих убытков.

Экономический ущерб от ухудшения и разрушения почв и земель под воздействием антропогенных (техногенных) нагрузок выражается в загрязнении земель химическими веществами, захлавлении земель несанкционированными свалками, другими видами несанкционированного и нерегламентированного размещения отходов и сопутствующей деградации почв и земель.

Деградация почв и земель представляет собой совокупность природных и антропогенных процессов, приводящих к изменению функций почв, количественному и качественному ухудшению их свойств и состава, снижению природно-хозяйственной значимости земель. Крайней степенью деградации является уничтожение почвенного покрова и порча земель.

Выделяют основные типы деградации почв и земель:

- технологическая (эксплуатационная) деградация — механическое разрушение почвенного покрова вследствие открытых и закрытых разработок полезных ископаемых и торфа, а также строительных и геологоразведочных работ: нарушение земель, физическая деградация, агроистощение;
- эрозия — разрушение почвенного покрова под действием поверхностного стока и ветра с последующим перемещением и переложением почвенного материала: водная и ветровая;
- засоление — накопление водорастворимых солей, в том числе накопление в почвенном поглощающем комплексе ионов натрия и магния: собственно засоление и осолонцевание;
- заболачивание.

Степень деградации почв и земель определяется с помощью индикаторных показателей, по которым установлены пороговые значения для определения потери природно-хозяйственной значимости земель. Деградация почв и земель по каждому индикаторному показателю характеризуется степенями от 0 до 4.

При расчете размеров ущерба от деградации почв и земель, нанесенного их собственнику, учитывается потеря ежегодного дохода. Его размер исчисляется по действующим ценам на момент определения размеров ущерба.

Экономический эффект — разница между результатами экономической деятельности (например, продуктом в стоимостном выражении) и затратами, произведенными для их получения и использования.

Эффект эколого-экономический — соотношение размера положительного эффекта (выгоды) и вреда (ущерба), вызванного воздействием на окружающую среду, а также величины затрат, необходимых для возмещения такого ущерба.

Исчисление размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, проводят по определенной методике. Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, предназначена для исчисления в стоимостной форме размера вреда, нанесенного почвам в результате нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, а также при возникновении аварийных и чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Методикой исчисляется размер вреда, причиненного почвам, в результате:

а) химического загрязнения почв в результате поступления в почвы химических веществ или смеси химических веществ, приводящего к несоблюдению нормативов качества окружающей среды для почв, включая нормативы предельно (ориентировочно) допустимых концентраций химических веществ в почвах;

б) несанкционированного размещения отходов производства и потребления;

в) порчи почв в результате самовольного (незаконного) перекрытия поверхности почв, а также почвенного профиля искусственными покрытиями и (или) линейными объектами.

Ранее в работах получены алкилбутоксипропилаты, исследованы их характеристики, важные для практического применения в качестве пластификаторов ПВХ [9].

Оценку величины предотвращенного экологического ущерба от деградации почв при использовании разработанных адипинатных добавок рассчитывали по формуле [10]:

$$Y_{\text{прд}}^{\text{п}} = Y_{\text{удх}}^{\text{п}} \times \sum_j S_j \times K_{\text{п}j},$$

$$Y_{\text{прд}}^{\text{п}} = 147\,000 \times 1 \times 1,9 = 279,3 \text{ тыс. руб.},$$

где $Y_{\text{удх}}^{\text{п}}$ — показатель удельного экологического ущерба земельным ресурсам, тыс. руб.; $Y_{\text{удх}}^{\text{п}} = 147$ тыс. руб. / га (г. Уфа, Россия);

S_j — площадь земель j -того типа, сохраненных от деградации в результате природоохранной деятельности, га; $S_j = 1$ га;

$K_{\text{п}j}$ — коэффициент природно-хозяйственной значимости земельных ресурсов j -того типа, $K_{\text{п}j} = 1,9$.

Размер предотвращенного экологического ущерба при использовании разработанных добавок оценивается по формуле:

$$Y_{\text{прх}}^{\text{п}} = Y_{\text{удх}}^{\text{п}} \times \sum_j S_j \times K_i^{\circ} \times K_{\text{п}j},$$

$$Y_{\text{прх}}^{\text{п}} = 147\,000 \times 1 \times 3 \times 1,9 = 837,9 \text{ тыс. руб.},$$

где $Y_{\text{прх}}^{\text{п}}$ — предотвращенный экологический ущерб от загрязнения земельных ресурсов химическим веществом i -того класса опасности в течение отчетного периода времени, тыс. руб.;

S_j — площадь земель j -того типа, которую удалось предотвратить от загрязнения химическим веществом i -того класса опасности в течение отчетного периода времени, га; $S_j = 1$ га;

K_i° — коэффициент, учитывающий класс опасности i -того химического вещества, недопущенного к попаданию в почву, $K_i^{\circ} = 3$.

Общая величина предотвращенного экологического ущерба земельных ресурсов в регионе в течение отчетного периода времени определяется по формуле:

$$Y_{\text{пр}}^{\text{п}} = Y_{\text{прд}}^{\text{п}} + Y_{\text{прх}}^{\text{п}},$$

$$Y_{\text{пр}}^{\text{п}} = 279,3 + 837,9 = 1117,2 \text{ тыс. руб.}$$

Если биodeградация полимерного материала в естественных условиях протекает более 100 лет, то наносимый экологический ущерб за данный промежуток времени составит 1117 200 руб.

Поскольку полученный композиционный ПВХ-пластикат с содержанием адипинатных пластификаторов деградирует в почве за 0,5 года до 10%, то полная биодеструкция составит 5 лет. Наносимый экологический ущерб за данный промежуток времени составит 55860 руб.

Таким образом, предотвращенный экологический ущерб при внедрении в производство биоразлагаемых адипинатных пластификаторов за 100 лет составит 1061,34 тыс. рублей на 1 га земли.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Современные подходы к решению проблемы утилизации

В последние годы биополимеры из возобновляемых сырьевых источников привлекают особое внимание исследователей. Основные причины, способствующие развитию данного направления: способность к полной биодеструкции в условиях окружающей среды, сокращение запасов углеродородного сырья, сокращение количества отходов и компостируемость в естественном природном цикле, защита климата благодаря уменьшению количества выделяемого углекислого газа.

Объемы производства биоразлагаемых полимеров, несмотря на постоянный рост их производства, значительно уступают традиционным полимерам.

В настоящее время производство и потребление биопластиков составляет только около 1 % от общего количества полимерных материалов [11].

Согласно последним данным Европейского института биопластиков (European Bioplastics) и научно-исследовательского института nova-Institute (Хюрт, Германия) глобальные производственные мощности по производству биопластиков в 2019 г. составили 2,114 млн т [12–13].

Первоначально биоразлагаемые полимерные материалы представляли собой смеси традиционных полимеров с крахмалом. Сейчас появился целый

спектр новых биоразлагаемых пластиков, различающихся технологиями получения и составом.

Биоразлагаемые полимеры — это полимеры, подверженные деградации, инициированной повышенной влажностью и микроорганизмами. Для обеспечения биологического распада таких полимеров требуются определенные условия: pH, влажность и насыщение кислородом.

Перспективные биоразлагаемые пластики на биоснове, например, полилактиды, полиэферы и полигидроксоалканоаты на данный момент отличаются высокой ценой и не являются доступными для широкого использования.

Одним из наиболее перспективных методов создания подобных материалов является разработка и внедрение композиционных материалов на основе традиционных полимеров с добавками, ускоряющими разложение всей композиции.

Одним из направлений работ по регулированию срока службы полимерных материалов и, в частности ПВХ, является обеспечение способности их к биодеградации [14–15].

В работах [16–22] предприняты попытки получения полимерных композиционных материалов с регулируемой биостойкостью, даны основные рекомендации по созданию биостойких полимерных композиций, позволяющих расширить эксплуатационные возможности полимерных материалов и продлить их сроки эксплуатации в различных климатических зонах.

По этой причине в связи с возрастающими экологическими требованиями полимерные материалы, наряду с высоким набором технологических и эксплуатационных параметров, должны быть биоразлагаемыми.

Разработка полимерных композиционных материалов, претерпевающих ускоренные физико-химические и биологические изменения в природной среде за счет введения биоразлагаемых добавок, является одним из потенциальных способов утилизации синтетических материалов и обеспечивает освобождение значительных площадей плодородных почв и земель от постоянно увеличивающегося количества полимерных отходов.

На сегодняшний день поливинилхлорид по объему потребления занимает третье место после полиэтилена и полипропилена, поэтому актуальна разработка и использование биоразлагаемых аддитивов для данных полимеров, что способствует решению насущной проблемы загрязнения пластиковыми отходами окружающей среды.

Возобновляемые источники на основе растительного сырья или отходов их производств, подлежащих утилизации, в качестве наполнителей для регулирования биоразлагаемости полимерных

композиционных материалов являются альтернативой для развития экономически и экологически привлекательных технологий. Однако подобные ПКМ уступают по физико-механическим, технологическим и эксплуатационным характеристикам традиционным полимерам. По этой причине модифицирование полимерных составов целесообразно проводить, применяя пластификаторы, способные в условиях окружающей среды служить источником органических веществ для микроорганизмов-деструкторов.

Использование природных биоразлагаемых пластификаторов, обладающих низкой токсичностью и хорошей совместимостью с традиционными полимерами, является растущей тенденцией при создании биопластиков. В качестве пластификаторов на натуральной основе широко применяют эпоксицианированные триглицеридные растительные масла из соевого масла, льняного масла, касторового масла, подсолнечного масла и сложных эфиров жирных кислот [23]. Однако в некоторых приложениях полная замена пластификаторами на натуральной основе просто невозможна, поэтому за последние десятилетия разработан широкий спектр доступных коммерческих биоразлагаемых синтетических пластификаторов: сложные эфиры адипиновой, азелаиновой, себаценовой, лимонной и винной кислот [24].

В рецептурах ПВХ-композиций с этой целью возможно применять биоразлагаемые пластификаторы, например, сложные эфиры адипиновой кислоты. К тому же ПВХ-композиты с содержанием адипинатов обладают пониженной токсичностью. В многочисленных работах были исследованы биотоксичность и период биодеградации промышленного адипинатного пластификатора ДОО и показано, что данная добавка для ПВХ является нетоксичной для различных видов живых микроорганизмов и период ее биоразложения составляет 6 месяцев [25–26].

Расширение ассортимента биоразлагаемых добавок является актуальным эффективным способом повышения биодеструкции ПВХ-композитов. В работах [9] нами описано получение сложных эфиров адипиновой кислоты и оксиэтилированных спиртов, исследованы характеристики, важные для практического применения в качестве пластификаторов ПВХ, а также показана возможность биодеградации в условиях окружающей среды, изучены процесс биодеградации и основные метаболиты.

Пластификаторы, входящие в состав материалов на основе ПВХ, обладают различной устойчивостью к микроорганизмам. При этом важную роль играет природа пластификатора. Когда микроорганизмы используют пластификаторы в качестве источника

углерода в материалах ПВХ, наблюдаются значительные изменения свойств.

Известно, что, в отличие от фталатных пластификаторов, адипинатные добавки участвуют в процессе жизнедеятельности различных микроорганизмов, в результате чего образуются растворимые в воде кислые продукты. Например, щавелевая, янтарная кислоты, провоцирующие ускорение процесса разложения материала [27–28]. Дальнейшее ослабление полимерной структуры приводит к изменениям молекулярной массы и механических свойств пластика. Остатки полимерных молекул воспринимаются микроорганизмами в качестве питательных веществ, что приводит к росту их популяции.

Биодеградация гибридных полимерных композитов на основе крупнотоннажных синтетических полимеров и биоразрушаемых наполнителей при воздействии почвенных микроорганизмов заключается в повторяющемся прохождении этапов: поверхностная биокоррозия, образование более пористой структуры (за счет «отрицательного вымывания», и «расходования» наполнителей), внутренняя биокоррозия (за счет адгезионного закрепления микромицетов на внутренних неровностях), распространение эрозии, фрагментация. В результате полимерные материалы, будучи органическими соединениями способны подвергаться биологическому разрушению, т.е. утилизироваться.

Способность к ускоренному биологическому разложению ПВХ-пластиков с разработанными адипинатными пластификаторами является неоспоримым преимуществом разработанных добавок. Процесс разрушения материала при попадании в почву происходит под действием микроорганизмов и сопровождается значительным падением его прочности. Разлагаемость в природе полимерных материалов зависит от структуры полимера, наличия популяции разлагающих микроорганизмов и условий окружающей среды, которые способствуют их росту. Под действием свободных радикалов и различных микроорганизмов образующиеся фрагменты вовлекаются в гидролитические и окислительно-восстановительные процессы, что приводит к снижению молекулярной массы и еще более упрощает и ускоряет процесс биодеструкции полимерного пластика.

Существование организмов, способных метаболизировать синтетические полимеры, представляет значительный интерес в последние годы [29]. В основном исследования биоразложения сосредоточены на полимерных композитах, содержащих наполнитель [30–32], который оказывает ускоряющее действие на биодеградацию, являясь источником питания микроорганизмам во внешней среде [33–35].

Несмотря на то, что поливинилхлорид – это прочный полимер, устойчивый к истиранию и химическому действию, характеризующийся низким влагопоглощением, исследователи отмечают, что чем меньше молекулярный вес полимера, тем более легко происходит его биоразложение [36–37]. Согласно Кирбасу и соавторам чистый поливинилхлорид с низкой молекулярной массой подвергается биоразложению грибами белой гнили [35].

Таким образом, отдельные виды микроорганизмов способны утилизировать поливинилхлорид, а добавки, присутствующие в композиционных материалах, значительно ускоряют этот процесс [38–40].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Биодеградация – наиболее удобное и разумное решение для экологически чистого и эффективно-го удаления отходов пластмасс. В настоящее время не разработаны технологии, позволяющие утилизировать материалы на основе синтетических полимеров путем биодеградации в коммерческих масштабах. Однако принимая во внимание большое количество исследований биотехнологической направленности в данном направлении, можно прогнозировать в скором времени разработку приемлемых, рациональных и рентабельных технологий биодеградации пластиковых отходов. На сегодняшний день предотвращение экологического ущерба напрямую способствует получению экономического эффекта от разработки и внедрения в производство биodeградируемых полимерных композиционных материалов. Проведенная эколого-экономическая оценка использования новых адипинатных пластификаторов ПВХ показывает эффективность их применения для ускорения процессов биодеструкции и для защиты окружающей среды от деградации почв.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вихарева И.Н., Зарипов И.И., Кинзябулатова Д.Ф., Минигазимов Н.С., Аминова Г.К. Биоразлагаемые полимерные материалы и модифицирующие добавки: современное состояние. Часть I // Нанотехнологии в строительстве. 2020. Том 12, № 6. С. 320–325. DOI: [10.15828/2075-8545-2020-12-6-320-325](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-6-320-325).

2. VinylPlus-Progress-Report-2020_EN_sp.pdf [Internet]. 2021 [cited 20 Oct 2021]. Available from: <https://vinylplus.eu>.
3. VinylPlus, Committed to Sustainable Development [Electronic resource]. 2021 [cited 01 Oct 2021]. URL: <https://vinylplus.eu>.
4. Тороян Р.А., Микитаев А.К., Беданокоев А.Ю. и др. Основные способы переработки и утилизации полимерных отходов в строительный материал // Пластические массы. 2008. № 1. С. 53–56.
5. 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: 10.15828/2075-8545-2020-13-1-32-38.
6. Мазитова А.К., Аминова Г.К., Буйлова Е.А., Зарипов И.И., Вихарева И.Н. Биоразлагаемые полимерные материалы и модифицирующие добавки: современное состояние. Часть III // Нанотехнологии в строительстве. 2021. Т. 13, № 2. С. 73–78. DOI: 10.15828/2075-8545-2020-13-2-73-78.
7. Vkhareva I.N., Buylova E.A., Yarmuhametova G.U., Aminova G.K., Mazitova A.K. An overview of the main trends in the creation of biodegradable polymer materials. *Journal of chemistry*. 2021. Available from: <https://doi.org/10.1155/2021/5099705>.
8. Вагнер А. Отходы ПВХ: необходим рециклинг // Твердые бытовые отходы. 2015. №11. 11 с.
9. Vkhareva I.N., Aminova G.K., Mazitova A.K. Ecotoxicity of the adipate plasticizers: Influence of the structure of the alcohol substituent. *Molecules*. 2021; 26(16): 4833.
10. Данилов-Данильян В. Методика определения предотвращенного экологического ущерба // Государственный комитет по экологии: Москва, Россия. 1999. С. 41.
11. European Bioplastics [Internet]. 2021 [cited 01 Oct 2021]. Available from: <https://www.european-bioplastics.org/market/>.
12. European Bioplastics [Internet]. 2021 [cited 01 Oct 2021]. Available from: https://docs.european-bioplastics.org/publications/market_data/Report.
13. ADM Worldwide [Internet]. 2021 [cited 01 Oct 2021]. Available from: <https://www.adm.com>.
14. Легонькова О., Мелицкова Е., Пешехонова А. Будущее за биоразложением // Тара и упаковка. 2003. № 2. С.62–63.
15. Суворова А.И., Тюкова И.С. Биоразлагаемые системы: термодинамика, реологические свойства и биокоррозия // Высокомолекулярные соединения. 2008. Т.50, №7. С.1162–1171.
16. Штильман М.И. Биodeградация полимеров // Журнал сибирского федерального университета. Серия: биология. 2015. Т.8, №2. С. 113–130.
17. Mazitova A.K., Vkhareva I.N. Biodegradable plasticizing composition for plastics with a limited service life. In: The First Int. Conf. on «Green» Polymer Materials 2020. Sciforum, CGPM2020 (<https://cgpm2020.sciforum.net/>). Available from: <https://doi.org/10.3390/CGPM2020-07210>.
18. Смирнов В.Ф., Глаголева А.А., Мочалова А.Е., Смирнова Л.А., Смирнова О.Н., Аникина Н.А. Влияние факторов биологической и физической природы на биodeградацию и физико-химические свойства композиций на основе поливинилхлорида и природных полимеров // Пластические массы. 2017. № 7–8. С. 47–50.
19. Vkhareva I.N., Aminova G.K., Moguchev A.I., Mazitova A.K. The effect of a zinc-containing additive on the properties of PVC compounds. *Advances in Polymer Technology*. 2021; 2021. Article ID 5593184.
20. Aswin K.A., Karthick K., Arumugam K.P. Properties of Biodegradable Polymers and Degradation for Sustainable Development. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*. 2011; 2(3): 164–167.
21. Leja K., Lewandowicz G. Polymer Biodegradation and Biodegradable Polymers – a Review. *Polish J. of Environ. Stud.* 2010; 19(2): 255–266.
22. Premraj R., Mukesh D. Biodegradation of polymers. *Indian Journal of Biotechnology*. 2005; 4: 186–193.
23. Baltacıoğlu H., Balköse D. Effect of zinc stearate and/or epoxidized soybean oil on gelation and thermal stability of PVC-DOP plastigels. *J. Appl. Polym. Sci.* 1999; 74(10): 2488–2498.
24. Choi J.S., Park W.H. Effect of biodegradable plasticizers on thermal and mechanical properties of poly(3-hydroxybutyrate). *Polym. Test.* 2004; 23(4): 455–460.
25. Plakunov V.K., Gannesen A.V., Mart'yanov S.V., Zhurina M.V. Biocorrosion of Synthetic Plastics: Degradation Mechanisms and Methods of Protection. *Microbiology*. 2020; 89(6): 647–659.
26. Giacomucci L., Raddadi N., Soccio M., Lotti N., Fava F. Polyvinyl chloride biodegradation by *Pseudomonas citronellolis* and *Bacillus flexus*. *New Biotechnol.* 2019; (52): 35–41.
27. Gerasimenko A.A. *Protection against corrosion, aging and bio-damage of machinery, equipment and structures*. Moscow: Machine engineering; 1987.

28. Orekhov D.A., Vlasova G.M., Makarevich A.V., Pinchuk L.S. Biodegradable films based on thermoplastics. *Reports of the National Academy of Sciences of Belarus*. 2000; 44(6): 100–103.
29. Madigan J.M., Martinko J.M., Parker J. *Biology of microorganisms*. Simon and Viacom Company: New Jersey by Prentice Hall Inc. 1997. p. 586–588.
30. Brandl M., Gross R.A., Lenz R.W., Fuller G. Plastics from bacteria and for bacteria: Poly(b-Hydroxyalkanoates) as natural biocompatible, biodegradable polyesters. *Advances in Biochemical Engineering I Biotechnology*. 1990; (41): 78–93.
31. Lee B., Pometto A.L., Fratzke A., Bailey T.B. Biodegradation of degradable plastic polyethylene by *Phanerochaete* and *Streptomyces* species. *Appl. Environ. Microbiol.* 1991; 57(3): 678–685.
32. Seppala J., Linko Y.Y., Su T. Photo and biodegradation of high volume thermoplastics. *Acta Polytechnica Scandinavica, Chemical, Technology and Metallurgy Series*. 1991; (198): 33.
33. Albertsson A., Anderson S.O., Karlsson S. The mechanism of biodegradation of polyethylene. *Polym. Degr. Stab.* 1987; (18): 73–87.
34. Klemchuck P.P. Chemistry of plastics casts a negative vote. *Modem Plastics*. 1989; 66(8): 48–53.
35. Kirbaş Z., Keskin N., Güner A. Biodegradation of polyvinylchloride (PVC) by white rot fungi. *Bull Environ Contam Toxicol.* 1999; (63): 335–342.
36. Gu J.D., Ford T.E., Mitchel R. Microbial corrosion of metals. Review. In: *The Uhlig Corrosion Handbook*. New York: Wiley; 2000. p.915–927.
37. Gu J.D., Ford T.E., Mitton D.B., Mitchel R. Microbial degradation and deterioration of Polymeric materials. Review. In: *The Uhlig Corrosion Handbook*. New York: Wiley; 2000. p.439–460.
38. Gu J.D., Mitchel R. Biodeterioration. *The Prokaryotes: An Evolving Electronic Resource for the Microbiological community*. New York: Springer-Verlag; 2001.
39. Gu J.D. Microbiological deterioration and degradation of synthetic polymeric materials: recent research advances. *Int. Biodet. Biodeg.* 2003; (52): 69–91.
40. Glass J.E., Swift G. Agricultural and synthetic polymers, Biodegradation and Utilization. In: *ACS Symposium Series 433*. Washington DC: American chemical society; 1989. p. 9–64.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Буллатасов Жан Фаритович – начальник отдела по оплате труда и социальной политике, Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия, bul-zhan@yandex.ru

Сапожников Юрий Евгеньевич – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией, Научно-исследовательский технологический институт гербицидов и регуляторов роста растений с опытно-экспериментальным производством Академии наук Республики Башкортостан, Уфа, Россия, yuryis@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8947-7010>

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

Вихарева Ирина Николаевна – ассистент каф. «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Республика Башкортостан, Россия, irina.vikhareva2009@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5681-2767>

ВКЛАД АВТОРОВ

Мазитова А. К. – научное руководство.

Буллатасов Ж.Ф. – участие в разработке учебных планов и их реализации.

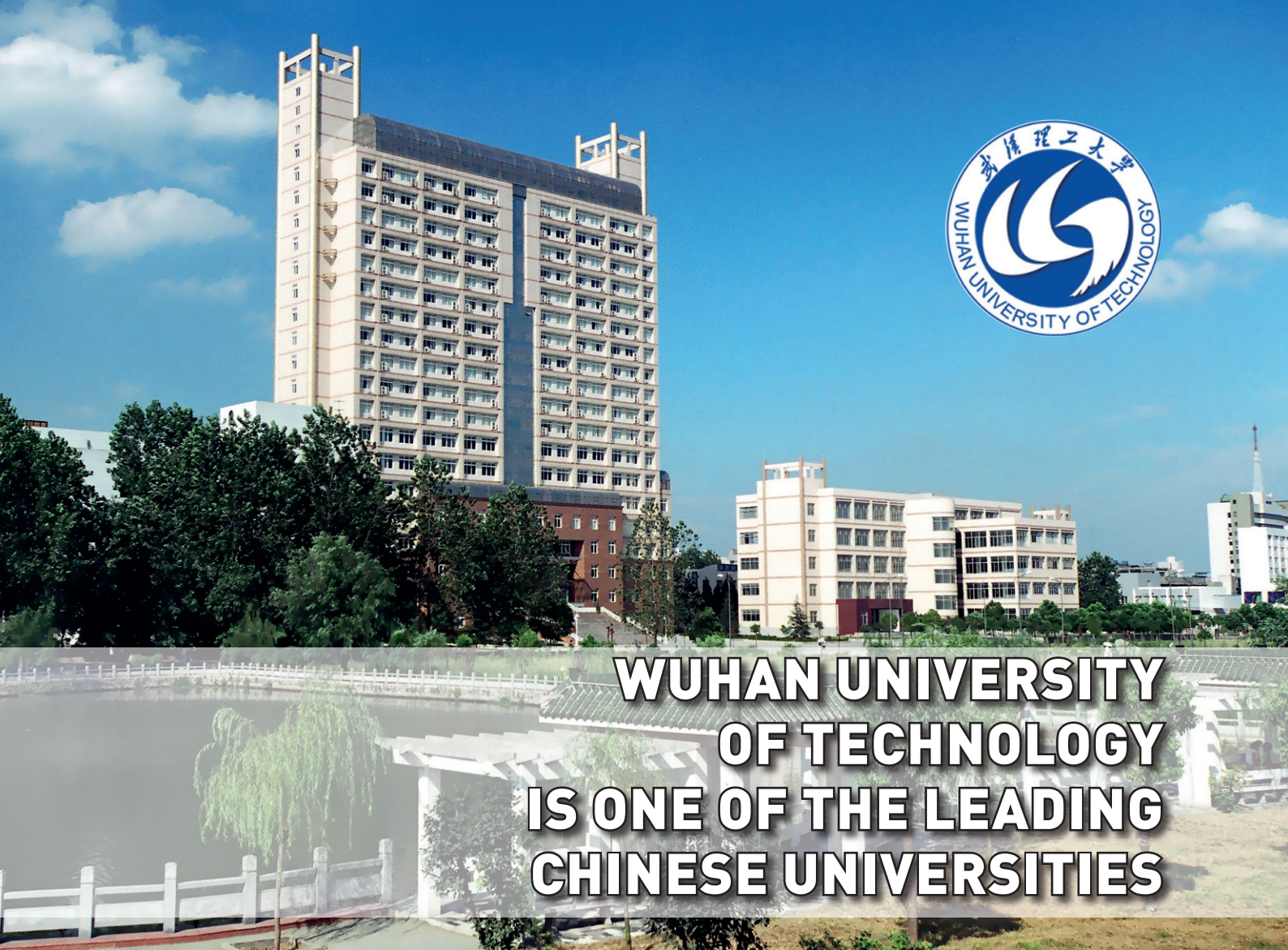
Сапожников Ю.Е. – концепция исследования.

Зарипов И.И. – последующая доработка текста.

Вихарева И.Н. – разработка методологии; окончательные выводы.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 22.10.2021; одобрена после рецензирования 15.11.2021; принята к публикации 19.11.2021.



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 UWTSD 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, взращивания 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 государственные ключевые лаборатории, одну государственную инженерную лабораторию, один национальный инженеринговый 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 высококвалифици-

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 плотных 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 A+ (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 Дженьги.

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 VI ¹⁾

Leonid A. Ivanov^{1*} , Li D. Xu² , Konstantin E. Razumeev³ , Zhanna V. Pisarenko⁴ , Aleksey V. Demenev⁵

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 Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

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

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

ABSTRACT: Introduction. Advanced technologies impress people's imagination demonstrating the latest achievements (materials, methods, systems, technologies, devices etc.) that dramatically change the world. This, first of all, concerns nanotechnological inventions designed by scientists, engineers and specialists from different countries. **Main part.** The article provides an abstract overview of inventions of scientists, engineers and specialists from different countries: Russia, USA, China, Kazakhstan, Sweden. The results of the creative activity of scientists, engineers and specialists, including inventions in the field of nanotechnology and nanomaterials allow, when introduced to industry, achieving a significant effect in construction, housing and communal services, and related sectors of the economy. For example, the invention «A method to obtain polymer-composite material and a composite reinforcement» relates to construction materials and is designed to reinforce building structures, that allows obtaining strengthened stressed composite reinforcement with improved physical-mechanical characteristics, increased resistance to aggressive environments. A method to obtain polymer-composite material is a multi-stage production of colloid solution on the basis of epoxy resin with addition of carbon nanotubes and applying heat and ultrasound impact. Introduction of modifiers (fillers) in polymer matrix in a certain ratio and fillers orientation make it possible to create a polymer strengthened for mechanical loads and with increased resistance to aggressive media (acid-resistance and alkali-resistance). The following inventions in the field of nanotechnology can also be interesting for specialists: a method to obtain biocide suspension applied on wallpaper and wall finishings, a method of aerosol spraying of nanoparticles in constant electric field, a method to obtain amorphous nanostructured diamond-like coating, a polymer composite heat-conducting paste with nanofiber modifier, a plant to provide controlled electroimpulse obtaining of nanoparticles of current conducting materials, etc. **Conclusion.** One of the most challenging tasks the economy of every country faces 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.

KEYWORDS: nanotechnologies in construction, carbon nanotubes, nanoparticles, polymer composite material, nanostructured coating, nanofiber modifier.

FOR CITATION: Ivanov L.A., Xu L.D., Razumeev K.E., Pisarenko Zh.V., Demenev A.V. Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies. Part VI. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(6): 370–378. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-6-370-378>.

INTRODUCTION

Advanced technologies impress people's imagination demonstrating the latest achievements (materials,

methods, systems, technologies, devices etc.) that dramatically change the world. This primarily concerns nanotechnological inventions designed by scientists, engineers and specialists from different countries.

¹⁾ Continuation. Part I – Part V have been published in the journal «Nanotechnologies in Construction», volume 13, issues 1–5, 2021.

© Ivanov L.A., Xu L.D., Razumeev K.E., Pisarenko Zh.V., Demenev A.V., 2021

MAIN PART

A method to obtain polymer-composite material and a composite reinforcement (RU 2755343 C1)

The invention relates to construction materials and is designed to reinforce building structures, that allows obtaining strengthened stressed composite reinforcement with improved physical-mechanical characteristics, increased resistance to aggressive environments [1]. A method to obtain polymer-composite material is a multi-stage production of colloid solution on the basis of epoxy resin with addition of carbon nanotubes (CNT) and applying heat and ultrasound impact. Colloid solution is the basis for polymer composite material which consists of epoxy resin, hardener, accelerator, plasticizer and multi-layer carbon nanotubes. The polymer composite material obtained as a result of the described method is used in production of stressed strengthened composite reinforcement. It comprises (Fig. 1) stressed reinforcing fibers of direct glass roving made of alkali-resistant E-glass with drawing power 50–1500 kg, a polymer and a twisted thread of direct glass roving made of alkali-resistant E-glass.

Introduction of modifiers (fillers) in polymer matrix in a certain ratio and fillers orientation make it possible to create a polymer strengthened for mechanical loads and with increased resistance to aggressive media (acid-resistance and alkali-resistance). The most efficient matrix is the nanomodified polymer matrix in which regular epoxy resin is replaced with modified epoxy resin. Up to the moment of hardening it is a colloid solution in which dispersed medium is a regular epoxy resin and dispersed phase is carbon nanomaterials: multi-layer carbon nanotubes, concentration of dispersed phase (carbon nanomaterial) in dispersed medium is 0.001–5% of dispersed medium mass. Optimal concentration of carbon nanomaterial is 0.1% of dispersed medium mass.

Particles of carbon nanomaterials tend to form agglomerates and aggregates. It is necessary to destroy them and to distribute particles evenly in the whole volume of polymer and to achieve its homogeneity. To prevent formation of agglomerates and aggregates as well as to distribute CNT evenly in the whole volume of polymer, it is proposed to create consequently colloid compositions: from 10% concentrated colloid solution to the solution with use rate (up to 0.1% concentration) with concentration decrease step 10:1. If concentration decrease step is more than 100:1, distribution of CNT is not sufficiently even, and the step less than 10:1 is not cost-efficient. To prevent formation of agglomerates and aggregates vacuum dissolver with heating and ultrasound mixer are used.

Composite reinforcement is a beam of reinforcing fibers safely packed in polymer matrix. Tensile strength and modulus of elasticity of composite reinforcement

is determined by the threads of glass, basalt, carbon or aramid reinforcing fibers which are a part of its loading core (reinforcement trunk). Even strong tension (stress) of these threads make them perform simultaneously as single entity and significantly increases tensile strength and modulus of elasticity of composite reinforcement. Polymer matrix is used to joint these threads in a solid durable bearing core as well as to provide protection from extraneous impacts of aggressive media. Strengthened stressed composite reinforcement is applied for reinforcing:

- regular building structures and products;
- prestressed building structures and products;
- monolithic concrete and precast buildings;
- thermal-insulating wall panels;
- marine and portside facilities;
- soil basements of buildings and structures;
- foundation of highways and roads;
- different soil nailings;
- anchorage in soil of retaining walls and facilities.

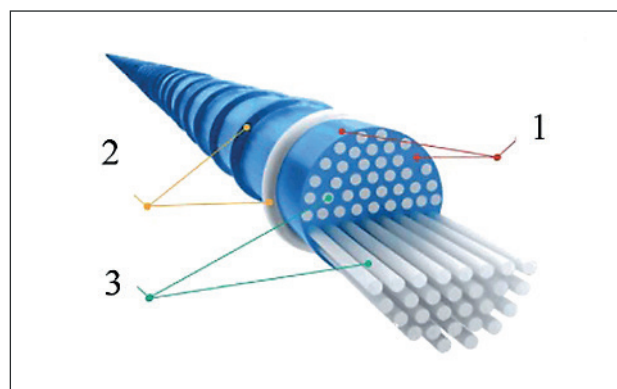


Fig. 1. View of strengthened stressed composite reinforcement in section:

- 1 – polymer composite material;
- 2 – twisted thread of direct glass roving;
- 3 – stressed reinforcing fibers.

A method to obtain biocide suspension applied on wallpaper and wall finishings (RU 2757849 C1)

Today the task concerning disinfection of surfaces and air in public rooms, especially in medical centers, is of great importance. One of the ways to resolve this problem is the application of lacquer coatings on the basis of water-dispersed paints with nanosize particles of silver, copper or gold with increased biocide activity which protect painted surfaces from formation of bacteria and fungi as well as eliminate pathogenic microorganisms and inhibit the process of bacterial growth [2].

The aim of the invention is to create a method to obtain biocide suspension on the basis of silver nanoparticles on carbon matrix and lacquer paints, possessing

high bactericidal activity in respect to strains of different classes of microorganisms which are pathogenic for humans and mammals. The biocide suspension is to be applicable as a coating with bactericidal and fungicidal properties on the paper walls used in production and personal service rooms, in childcare centers, as well as in crowded halls, etc.

Imposed task is solved by developing method to obtain biocide suspension. These are the stages of the method:

1. Addition of powder of silver nanoparticles on carbon matrix with nanoparticle sizes 1–500 nm in basic liquid in such a way to provide ratio between weight percentage of silver nanoparticles on carbon matrix and basic liquid to be equal 0–5%;

2. Ultrasound dispersion;

3. Preparation of biocide suspension by retention and draining of obtained dispersion.

The invention can be used in construction and chemical industry. The invention provides high bactericidal activity respect to strains of various classes of microorganisms.

A method to obtain nanolithographic pictures with ordered structure with hyperbranched surface (RU 2757323 C1)

The invention refers to nanotechnologies, in particular, to the methods used to form nanomaterials as nanolithographic pictures with ordered structure with hyperbranched surface and can be used to obtain new generation of nano- and microelectronic devices [3].

At present, to form lithographic pictures, including those with nanoresolution, two basic technological approaches are applied. The first one is a logical development of classical microelectronic technology concept and it is based on the usage of optical, X-ray or electron-beam lithography. Shortened length of radiation wave mode when exposing a photoresist makes it possible to create pictures in which size of certain elements is less 100 nm. The second technological approach, in its essence, is a purely nanotechnological one and is based on a probe that moves on the substrate surface and contacts with it in local areas. That results in formation of a specified spatial profile in the form of nano- or microrelief.

One of the important nanotechnological tasks is to develop new methods aimed at obtaining nanomaterials with hyperbranched surface. Such materials possess unique photocatalytic and adsorption properties, as well as high specific surface of interaction with environment, that determines their application in designing devices for nano- and microelectronics, including highly efficient gas and vacuum sensors. To obtain them, various physical and chemical methods are applied, in particular, sol-gel technology. Combination of this technology with the latest methods of forming nanolithographic pictures will

make it possible to produce nanomaterials with ordered structure with hyperbranched surface.

The technical result of the invention is that due to combination of probe lithography and sol-gel method nanolithographic pictures with ordered structure with hyperbranched surface are formed. That is achieved due to the following: the known method used to form nanolithographic pictures employs method of probe lithography in which mechanical impact of the probe on the substrate leads to formation of spatial profile in the form of areas of specified geometry. Additionally, sol-gel synthesis method implies that substrate surface is covered with film-forming sol on the basis of 2-aminoethanol, 2-methoxyethanol, zinc acetate and sodium acetate. After that, low-temperature annealing under 80°C and photoannealing by means of ultraviolet wave radiation are performed. The result is that nanolithographic picture with ordered structure with hyperbranched surface emerges in the area of spatial profile in the form of specified shapes that act as growth points.

A method of aerosol spraying of nanoparticles in constant electric field (RU 2756323 C2)

The invention refers to creation of nanostructured coatings that consist of nanoparticles of different materials and can be used to obtain coatings with controlled anisotropic properties. The invention can be also used to design new components of photonics and optoelectronics [4]. The method of aerosol spraying of nanoparticles in constant electric field includes precipitation of colloid nanoparticles on hard substrates in constant electric field which strength is 105–108 V/m and which is created between focusing grid-cathode and heated metal anode plate-base. Spraying on the substrate is performed under the pressure 1–10 atm and coordinatewise scanning with specified rate and distance of spraying nozzle – a substrate with controlled surface area and possibility to form a thin film or layered structure due to multiple precipitation. The technical result is the improved method of aerosol spraying of nanoparticles in constant electric field which is different in the following way: when spraying colloid solutions, it allows focusing drop flow by negatively charged grid on the surface of heated substrate which efficiently evaporates liquid and provides even precipitation of nanoparticles without their further movement in a small evaporating liquid drop.

Description of the method (Fig. 2): from the metal spraying nozzle, fixed to L-shaped crossbar by means of rectangular clamp (1), under pressure supplied by compressor (1–10 atm), colloid solution with metal nanoparticles is sprayed through focusing metal grid, to which negative contact is attached to control course of projection of particles (2). The metal grid is placed under the injector nozzle at the adjustable distance to the substrate

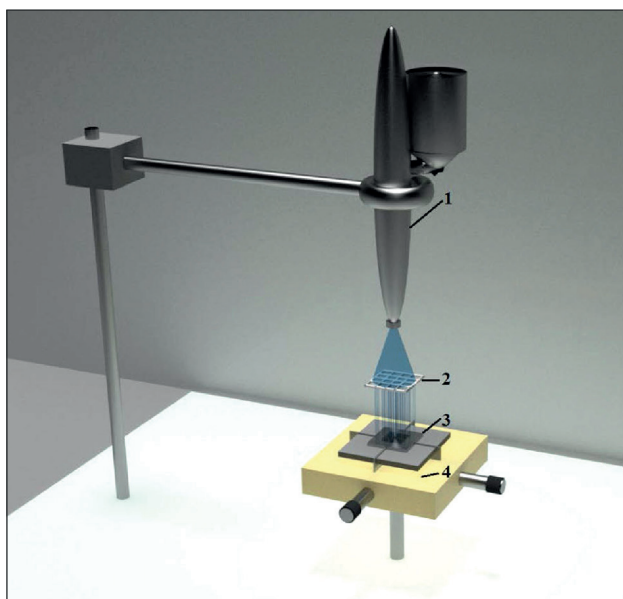


Fig. 2. A method of aerosol spraying of nanoparticles in constant electric field

through which sprayed colloid solution is precipitated on the substrate, to which a positive charge is supplied, with temperature set in the range 20–100°C due to thermal element (3) located on positioning stage (4). This scheme allows changing angles of projection of particles and drops in precipitation process, as colloid particles possess negative charge. In this case, under electric field with strength 105–108 V/m, passing through the grid, all particles get acceleration towards positive contact – anode – and get focused in each cell owing to Coulomb repulsion from negatively charged grid surface. In precipitation process the particles, due to difference between their charges, are fixed on the surface (Fig. 3).

Control of spraying is conducted by means of servomotor, programmed with microcontroller, that allows

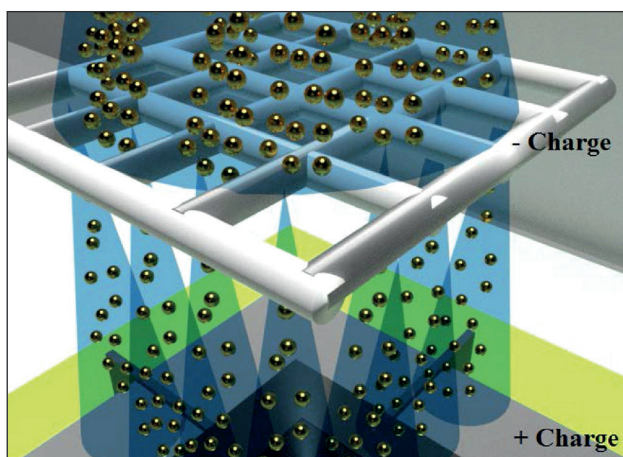


Fig. 3. In precipitation process the particles, due to difference between their charges, are fixed on the surface

manipulating consumption of sprayed colloid solution. Selection of the pressure supplied by compressor is due to the fact that efficient spraying without destroying nanoparticles and their agglomerates occurs in the range 1–10 atmospheres. Rate of substrate displacement by means of positioning table varies, in dependence on the distance between spraying nozzle and the surface of precipitated layer.

A method to obtain amorphous nanostructures diamond-like coating (RU 2757303 C1)

The invention refers to technology of applying hard durable nanostructured coatings of amorphous diamond-like carbon and can be used in metal forming, mechanical engineering, medicine, solar power engineering, optoelectronics, photonics, production of liquid crystal display devices, shields with high hardness to increase performance characteristics of surface of the products used in various areas. A method to obtain amorphous nanostructures diamond-like coating consists of applying at least one layer of carbon diamond-like film by means of cathode spraying of graphite, at this, adhesive layer preliminary is formed out of the vacuum chamber. The adhesive layer is formed by applying powder of graphite, titanium, chrome, aluminum or mixture of them on detail surface and by exposing to ultrasound indenter [5].

Under the impact of ultrasound indenter the adhesive material, preliminary applied on the detail surface, diffuses through this surface, that provides high adhesive durability of the coating.

Since the adhesive layer is applied on the surface of detail out of the vacuum chamber, that reduces total time of application of diamond-like coating in vacuum chamber, rises its performance and pass-through capacity. When a large amount of articles is produced, ultrasound process of application of adhesive layer can be combined by time with application of diamond-like coating in vacuum chamber, that additionally increases pass-through capacity of the whole technological system.

A polymer composite heat-conducting paste with nanofiber modifier (RU 2757253 C2)

The preregistered technical solution refers to the field concerning heat-conducting materials and can be used to joint heat-stressed surfaces of different details and items. The efficiency of thermal transfer depends on thermal conduction coefficient as well as square of contacting area in materials. Therefore, to provide maximum possible thermal conductivity one needs to provide dense contact between surfaces. Since surfaces of any materials are not absolutely flat, there are air gaps which dramatically decrease thermal transfer in the system. Application of heat-conducting pastes (thermal paste) is the optimal

and widely used approach to solve this problem. In concrete terms, this application for an invention is related to the method aimed at using certain composition of nanostructured mixture which is compound of binder, as a rule, organosilicic and filler (heat-conducting material). At this, the mixture possesses a wide temperature range of performance, it is incombustible, non-toxic, is not electrically conductive, it does not decay after long usage and it is cheap [6].

A modifier is preferably made of carbon nanotubes (CNT) or fibrous silica, that possess high thermal conductivity 150–3500 Watt/(m • K), clearly defined anisotropic structure which provides formation of “heat-conducting bridges” between spherical particles and high affinity to organic binder.

The polymer composite heat-conducting paste contains heat-conducting non-organic filler in the form, for example, of aluminum nitride particles and/or graphite, and a filler in the form of organic polysiloxane. At this, polydimethylsiloxane and nanofiber modifier, taken in amount from 0.1 to 15% of mass of non-organic filler powder, are used as organic polysiloxane. Increase of content of fiber and nanofiber modifiers by more than 15% leads to the loss of mechanical characteristics and impossibility to apply heat-stressed surfaces for jointing.

A plant to provide electroimpulse controlled obtaining of nanoparticles of current conducting materials (RU 2756189 C1)

An invention refers to powder metallurgy and production of nanostructures which can be used to produce equipment for quantum informatics, radiophotonics and nanoelectronics, as well as to obtain coatings and can be implemented in additive technologies [7]. A plant to provide electroimpulse controlled obtaining of nanoparticles of current conducting materials (Fig. 4) contains a charging 3 and a discharging 8 circuit. The charging 3 circuit consists of laboratory auto-transformer (LATR) 5, input pins 1 and 2 of which are connected to electric network of varying voltage power and output – to the primary winding of high-voltage step-up transformer (HVST) 5, the secondary winding of which is connected to high-voltage electric condenser 7 via protective current-limiting resistors 6. To control performance mode, there are volt meters 14 and 15 on outputs of LATR 4 and HVST 5. Discharging circuit 8, parallel-connected to high-voltage electric condenser 7 by means of output pins of the latter, consists of electric-spark dispersion reactor 11, filled with dielectric liquid in which working dispersed electrodes with outputs 12 and 13 are immersed. The electrodes rotate relative to each other, there is a working inter-electrode gap 10 between them. The discharging circuit 8 also comprises a variable air spark discharger 9 which breakdown voltage is more than that of working

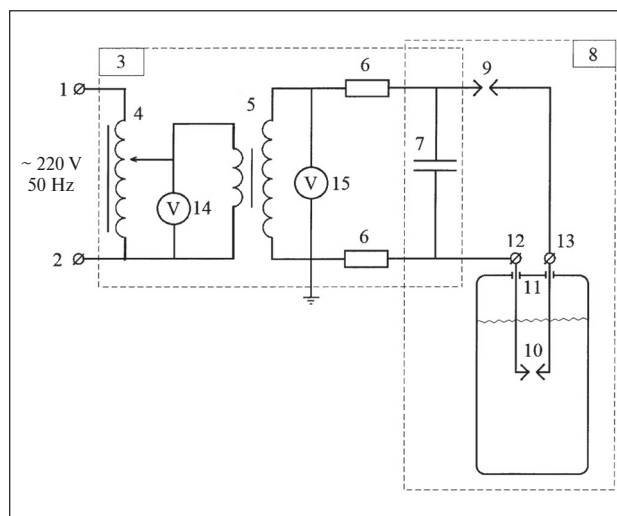


Fig. 4. A functional configuration of the plant for electroimpulse controlled obtaining of nanoparticles of metal and semi-conducting materials and alloys

inter-electrode gap 10. The technical result provides stable generation of electric-spark discharge under small power of discharge impulses less than 100 mJ and inter-electrode gap more than 50 μm in order to obtain nanoparticles of current conducting materials, close to nanodispersed.

The technical result is achieved due to the following: the plant for electroimpulse controlled obtaining of nanoparticles and nanopowders of metal and semi-conducting materials and alloys consists of rotating relative each other working dispersible electrodes, immersed in electro-spark dispersing reactor filled with dielectric liquid, charging and discharging circuits parallel-connected to each other and high-voltage electric condenser, input pins to connect charging circuit to varying voltage electric network, output pins of discharging circuit to connect to working disperse electrodes. At this, charging circuit consists of laboratory autotransformer which output is connected to the primary winding of high-voltage step-up transformer, the secondary winding of which is connected to high-voltage electric condenser via protective current-limiting resistors. The discharging circuit that consists of high-voltage electric condenser and working inter-electrode gap between working disperse electrodes also comprises a variable air spark discharger which breakdown voltage is more than that of working inter-electrode gap.

Photoelectric converter (RU 2756171 C1)

The invention refers to solar energy, in particularly, to photoelectric converters and can be used in electronic industry to convert photo energy into electrical energy. One of the main stages in production of photoelectric

converter is a formation of ohmic contacts. Decrease of transition contact resistance and increase of conductivity in contact bars of front ohmic contact makes it possible to significantly reduce ohmic losses and to rise efficiency of emission conversion into electrical energy [8].

The task of the invention is to increase electrical conductivity of contact bars of front ohmic contact due to increase of adhesion of contact layers and reduction of ohmic losses by decreasing transition contact resistance. The imposed task is achieved due to the following: photoelectric converter consists of a substrate of n-type conductivity, photosensitive A3B5 heterostructure with wide area window and a contact layer GaAs of p-type conductivity, anti-reflecting coating on the surface of wide area window in the areas free from front ohmic contact, back ohmic contact and front ohmic contact on the surface of contact layer GaAs, containing layers Ag and Au. A novelty in the photoelectric converter is that front ohmic contact comprises successive located the first layer of nickel and chrome alloy (NiCr) with content of chrome (15–50) mass.% with thickness (5–25) nm, a layer of Ag with thickness (500–5000) nm, the second layer of NiCr alloy with content of chrome (15–50) mass.% with thickness (50–100) nm and a layer of Au with thickness (30–100) nm.

After the layers of front and back contacts have been applied, photoelectric converter is exposed to thermal treatment under the temperature (390–410)°C for (50–70) seconds. The mode of thermal treatment for contact is determined by the condition to minimize specific transition resistance as well as to provide not deep position of metal-semiconductor interface.

A device to obtain nanoparticles from gases and liquid vapors under ultra-low temperatures (RU 2756051 C1)

The invention refers to nanotechnologies, in particular, this device allows obtaining particles of small sizes (nanoparticles) from materials, existing under room temperature in the form of gases or vapors, condensation of which takes place on the surface of superfluid liquid [9].

The invention contains cryostat with superfluid helium as a low-temperature substrate for condensation of nanoparticles, a pipe to supply mixture of helium and required admixture, an ampoule to collect nanoparticles, a device to maintain the level of superfluid helium higher than pipe end to create low-temperature substrate for condensation of nanoparticles on the surface of superfluid helium and to prevent mixture losses in the process of formation of nanoparticles.

When the device works (Fig. 5), a flow of admixture-helium mixture (8) is supplied in condensation pipe (3) to the surface of superfluid helium in ampoule (4). The level of admixture-helium mixture in the ampoule is maintained to be constantly (10) higher than condensation

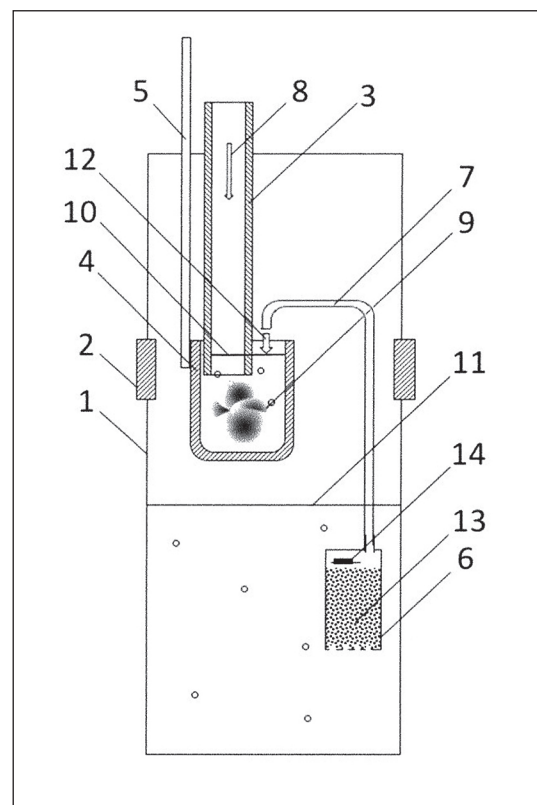


Fig. 5. A device to obtain nanoparticles from gases and liquid vapors under ultra-low temperatures:

1 – helium cryostat with vacuum isolation, 2 – windows, 3 – condensation tube, 4 – ampoule for collecting nanoparticles, 5 – stick, 6 – cryopump, 7 – pouring tube, 8 – flow of admixture-helium mixture, 9 – condensed nanoparticles, 10 – level of helium in ampoule, 11 – level of helium in cryostat, 12 – flow of pouring superfluid helium, 13 – fine powder, 14 – heater

pipe end in order to prevent losses of condensed mixture. A mixture of small amount (order of several percents) of admixture (for example, gases: deuterium, methane, nitrogen or vapors of water, heavy water, spirit, etc.) and gaseous helium while travelling in condensation pipe is cooled from room temperature to helium one for several tens of seconds and nanoparticles are formed (9). At this, helium atoms prevent from forming big particles. In the mixture cooling process an intensive evaporation of superfluid helium takes place, that decreases helium level in the ampoule. If helium level is lower than bottom end of condensation pipe, condensation process stops. To maintain the constant level of superfluid helium in ampoule higher than the end of condensation pipe, a cryopump (6) was used. The principle of cryopump is based on the ability of superfluid component to flow through small gaps between particles of fine powder (13), while normal component of helium (after having been heated by heater (14) in upper

part of cryopump and transition of superfluid component into normal one) possesses big hydraulic resistance when passing through the powder. Due to increased pressure in cryopump superfluid helium raise up in pouring pipe (8), that supplies helium in ampoule (4) despite of the fact that helium level in cryostat (11) can be significantly lower than in the ampoule (10). The application of such tool as cryopump prolong time needed to accumulate nanoparticles and increases the outcome of the final product.

An accumulative device and production system (RU 2755803 C1)

A series of inventions refers to an accumulative device and production system to obtain material of carbon nanotubes. The accumulative device to collect films of carbon nanotubes or fibers of carbon nanotubes contains preliminary adjusting mechanism to control orientation of at least one beam of carbon nanotubes aggregates, a winding mechanism to wind and collect aggregates of carbon nanotubes extracted from preliminary adjusting mechanism [10].

At this, the preliminary adjusting mechanism consists of the first preliminary adjusting submechanism and the second preliminary adjusting mechanism containing at least the third wheel element to extract aggregates of carbon nanotubes. The third wheel element is made in such a way to rotate and is circled by numerous first collar steps which are present on it to adjust orientation of carbon nanotubes. The width of the first collar step is not more than 10 μm , at this, neighboring first collar steps are separated from each other with gaps which are not more than 100 μm .

Production system to obtain material of carbon nanotubes fibers of carbon nanotubes contains synthesizing device for flotation catalytic synthesis of carbon nanotube aggregates, which contains a reactor possessing at least one growing tube and the accumulative device, located on the side of delivery end of synthesizing device to collect aggregates of carbon nanotubes produced by synthesizing device. A series of inventions makes it possible to adjust mechanical, electrical and thermal properties of collected materials of carbon nanotubes.

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

- A method for producing a composite material with oriented carbon nanotubes [11];
- A method to produce polarization-sensitive nanocomposite film on the basis of cupric selenide [12];

- A method to produce indicator microcapsules with the use of magnetic and plasmon nanoparticles [13];
- Chemical compounds for coatings of nanostructures [14];
- Phase change materials for building construction: An overview of nano-microencapsulation [15];
- A method to obtain antifriction polymer composite [16];
- Electrochemical method to obtain nanofibers of metal copper [17];
- A method to obtain thermoplastic non-woven material on the basis of micro- and nanofibers from aroma polyetherimide [18];
- A method to determine location of polyethylene gas pipeline and places of possible illegal tapping of those pipeline [19];
- A composition for coating of metal products [20];
- A method to transfer graphene on polymer substrate [21];
- A method to obtain pyrocarbon coating from guanidin derivative [22];
- A sensitive element of luminous sensor and a method to obtain it [23];
- Experimental assessment of cement mortar using nano oxide compounds [24];
- A method to determine burning temperature of reaction multi-layered nanofilms with the effect self-propagating high-temperature synthesis [25];
- A method of synthesis of antipathogenic carbon-silver nanostructured powder [26];
- A method to create suspension on the basis of detonation nanodiamond [27];
- A method to obtain modified lignosulphate agent to treat boracic solution [28];
- Evolution of PV technology from conventional to nanomaterials [29];
- A method to obtain nanopowder of iron carbide [30];
- A method to obtain optical semi-conducting material on the basis of nanodispersed cadmium oxide, doped with lithium [31].

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. Belkin S.V., Chalenko K.A. A method to obtain polymer-composite material and a composite reinforcement. RF Patent 2755343-09-15. 2021.
2. Maltsev V.A., Novopashin S.A., Moiseenko V.V. A method to obtain biocide suspension applied on wallpaper and wall finishings. RF Patent 2757849-10-21. 2021.
3. Averin I.A., Pronin I.A., Karmanov A.A. et al. A method to obtain nanolithographic pictures with ordered structure with hyperbranched surface. RF Patent 2757323. 2021-10-13.
4. Kutrovskaya S.V., Kucherik A.O., Osipov A.V., Samyshkin V.D. A method of aerosol spraying of nanoparticles in constant electric field. RF Patent 2756323. 2021-09-29.
5. Okhlupin D.N., Korolev A.V., Sinev I.V. et al. A method to obtain amorphous nanostructures diamond-like coating. RF Patent 2757303. 2021-10-13.
6. Shishkin R.A., Kiseev V.M., Sazhin O.V. A polymer composite heat-conducting paste with nanofiber modifier. RF Patent 2757253. 2021-10-12.
7. Diteleva A.O., Kukushkin D.Yu., Savkin A.V., Sleptsov V.V. A plant to provide electroimpulse controlled obtaining of current conducting nanoparticles. RF Patent 2756189. 2021-09-28.
8. Soldatenkov F.Yu., Malevskaya A.V. Photoelectric converter. RF Patent 2756171. 2021-09-28.
9. Efimov V.B., Mezhev-Deglin L.P., Lokhov A.V. A device to obtain nanoparticles from gases and liquid vapors under ultra-low temperatures. RF Patent 2756051. 2021-09-24.
10. Li Da, Jin Hehua, Li Jinwan et al. An accumulative device and production system. RF Patent 2755803. 2021-09-21.
11. Ivanov L.A., Xu L.D., Razumeev K.E., Feoktistova V.M., Prokopiev P.S. Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies. Part V. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(5): 311–318. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-5-311-318>.
12. Miheev G.M., Kogai V.Ya.-S., Styapshin V.M., Mogileva T.N. A method to produce polarization-sensitive nanocomposite film on the basis of cupric selenide. RF Patent 2758150. 2021-10-26.
13. Dubovik A.Yu., Kurshanov D.A., Rogach A., Arefina I.A. A method to produce indicator microcapsules with the use of magnetic and plasmon nanoparticles. RF Patent 2758098. 2021-10-26.
14. Akselsson O., Sansone A. Chemical compounds for coatings of nanostructures. RF Patent 2757904. 2021-10-22.
15. Ivanov L.A., Xu L.D., Pisarenko Zh.V., Nguyen C.T., Muminova S.R. Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies. Part IV. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(4): 242–251. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2021-13-4-242-251](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-4-242-251).
16. Goryainov G.I., Goryainov A.G., Sarakuz O.N. A method to obtain antifriction polymer composite. RF Patent 2757862. 2021-10-21.
17. Karfidov E.A., Nikitina E.V., Kazakovtseva N.A. et al. Electrochemical method to obtain nanofibers of metal copper. RF Patent 2757750. 2021-10-21.
18. Svetlichny V.M., Vaganov G.V., Myagkova L.A. et al. A method to obtain thermoplastic non-woven material on the basis of micro- and nanofibers from aroma polyetherimide. RF Patent 2757442. 2021-10-15.
19. Ivanov L.A., Xu L.D., Bokova E.S., Demenev A.V., Ivanov V.A. Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies. Part III. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(3): 158–165. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2021-13-3-158-165](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-3-158-165).
20. Li R.I., Psarev D.N., Kiba M.R. et al. A composition for coating of metal products. RF Patent 2757271. 2021-10-12.
21. Grebenko A.K., Aitkulova A.D., Krasnikov D.V., Nasibulin A.G. A method to transfer graphene on polymer substrate. RF Patent 2757239. 2021-10-12.
22. Antishin D.V., Shalygina T.A., Pehotin K.V. A method to obtain pyrocarbon coating from guanidin derivative. RF Patent 2756308. 2021-09-29.
23. Pavlov S.A., Pavlov A.S., Maksimova E.Yu. et al. A sensitive element of luminous sensor and a method to obtain it. RF Patent 2757012. 2021-10-08.
24. 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).
25. Korzh I.A. A method to determine burning temperature of reaction multi-layered nanofilms with the effect self-propagating high-temperature synthesis. RF Patent 2757067. 2021-10-11.

26. Novopashin S.A., Maltsev V.A. A method of synthesis of antipathogenic carbon-silver nanostructured powder. RF Patent 2755619. 2021-09-17.
27. Plotnikov V.A., Makarov S.V., Bogdanov D.G., Shutkin A.A. A method to create suspension on the basis of detonation nanodiamond. RF Patent 2757049. 2021-10-11.
28. Kulyashova I.N., Badikova A.D., Fedina R.A., Begaliev R.S. A method to obtain modified lignosulphate agent to treat boracic solution. RF Patent 2756820. 2021-10-06.
29. 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: 10.15828/2075-8545-2021-13-1-23-31](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-1-23-31).
30. Zhigach A.N., Leipunsky I.O., Berezkina N.G. et al. A method to obtain nanopowder of iron carbide. RF Patent 2756555. 2021-10-01.
31. Krasilnikov V.N., Baklanova I.V., Tyutyunnik A.P. A method to obtain optical semi-conducting material on the basis of nanodispersed cadmium oxide, doped with lithium. RF Patent 2754888. 2021-09-08.

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, L.a.ivanov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9513-8712>

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, LXu@odu.edu, <https://orcid.org/0000-0002-3263-5217>

Konstantin E. Razumeev – Dr. Sci. (Eng.), Prof., Advisor to the Rector's Office of the A.N. Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art), Moscow, Russia, ker2210@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4308-3363>

Zhanna V. Pisarenko – Dr. Sci. (Econ.), Assistant Professor, Saint-Petersburg State University, Economic Faculty, Department of Risk Management and Insurance, Saint-Petersburg, Russia, z.pisarenko@spbu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9082-2897>

Aleksey V. Demenev – Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, Higher School of Service, Russian State University of Tourism and Service, Cherkizovo, Moscow region, Russia, saprmgus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1573-6665>

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 02.11.2021; approved after reviewing 29.11.2021; accepted for publication 03.12.2021.



Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть VI¹⁾

Леонид Алексеевич Иванов^{1*}, Ли Да Сюй², Константин Эдуардович Разумеев³,
Жанна Викторовна Писаренко⁴, Алексей Владимирович Деменев⁵

¹ Российская инженерная академия, Москва, Россия

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

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

⁴ Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

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

* Автор, ответственный за переписку: e-mail: L.a.ivanov@mail.ru

РЕЗЮМЕ: 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.** В статье в реферативной форме проводится обзор изобретений ученых, инженеров и специалистов из разных стран: России, США, Китая, Казахстана, Швеции. 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 полимерно-композитного материала и композитная арматура» относится к области строительных материалов и предназначено для армирования строительных конструкций, позволяя получить усиленную напряженную композитную арматуру, обладающую улучшенными физико-механическими характеристиками, повышенной стойкостью к агрессивным средам. Способ получения полимерно-композитного материала представляет собой многоэтапное изготовление коллоидного раствора на базе эпоксидной смолы с добавлением углеродных нанотрубок с применением нагрева и ультразвукового воздействия. Введение модификаторов (наполнителей) в полимерную матрицу в определенном соотношении, ориентация наполнителей позволяют создать усиленный к механическим нагрузкам полимер с повышенной стойкостью к агрессивным средам (кислотостойкость и щелочестойкость). Также представляют интерес для специалистов следующие изобретения в области нанотехнологий: способ получения биоцидной суспензии для покрытия обоев и настенных покрытий, способ аэрозольного распыления наночастиц в постоянном электрическом поле, способ получения аморфного наноструктурированного алмазоподобного покрытия, полимерная композиционная теплопроводная паста с нановолокнистым модификатором, установка для электроимпульсного управляемого получения наночастиц токопроводящих материалов и др. **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.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нанотехнологии в строительстве, углеродные нанотрубки, наночастицы, полимерно-композитный материал, наноструктурированное покрытие, нановолокнистый модификатор.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Разумеев К.Э., Писаренко Ж.В., Деменев А.В. Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть VI // Нанотехнологии в строительстве. 2021. Т. 13, № 6. С. 370–378. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-6-370-378>.

ВВЕДЕНИЕ

Высокие технологии поражают воображение людей, демонстрируя все новые и новые дости-

жения (материалы, способы, системы, технологии, устройства и др.), кардинально меняющие окру-

¹⁾ Продолжение. Часть I – Часть V опубликованы в журнале «Нанотехнологии в строительстве». 2021. Т. 13. №№ 1–5.

© Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Разумеев К.Э., Писаренко Ж.В., Деменев А.В., 2021

жающий мир. Это, прежде всего, можно отнести к изобретениям ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Способ получения полимерно-композитного материала и композитная арматура (RU 2755343 C1)

Изобретение относится к области строительных материалов и предназначено для армирования строительных конструкций, позволяя получить усиленную напряженную композитную арматуру, обладающую улучшенными физико-механическими характеристиками, повышенной стойкостью к агрессивным средам [1]. Способ получения полимерно-композитного материала представляет собой многоэтапное изготовление коллоидного раствора на базе эпоксидной смолы с добавлением углеродных нанотрубок с применением нагрева и ультразвукового воздействия. На базе коллоидного раствора изготавливается полимерный композитный материал, состоящий из эпоксидной смолы, отвердителя, ускорителя, пластификатора и многослойных углеродных нанотрубок. С применением полимерного композитного материала, изготовленного по описанному способу, производится напряженная усиленная композитная арматура. Она состоит (рис. 1) из напряженных армирующих волокон прямого стеклянного ровинга из щелочестойкого Е-стекла с усилением натяжения 50–1500 кг, полимера и скрученной нити прямого стеклянного ровинга из щелочестойкого Е-стекла.

Введение модификаторов (наполнителей) в полимерную матрицу в определенном соотношении, ориентация наполнителей позволяют создать усиленный к механическим нагрузкам полимер с повышенной стойкостью к агрессивным средам (кислотостойкость и щелочестойкость). Наиболее эффективной является наномодифицированная полимерная матрица, в которой обычная эпоксидная смола заменена на модифицированную эпоксидную смолу до отверждения, представляющую собой коллоидный раствор, в котором дисперсионная среда — это обычная эпоксидная смола, а дисперсная фаза — это углеродные наноматериалы: многослойные углеродные нанотрубки, концентрация дисперсной фазы (углеродного наноматериала) в дисперсионной среде находится в интервале 0,001–5% от массы дисперсионной среды. Оптимальная концентрация углеродного наноматериала составляет 0,1% от массы дисперсионной среды.

Частицы углеродных наноматериалов стремятся образовать агломераты и агрегаты. Необходимо разрушить их и равномерно распределить наночастицы по всему объему полимера и добиться его однородно-

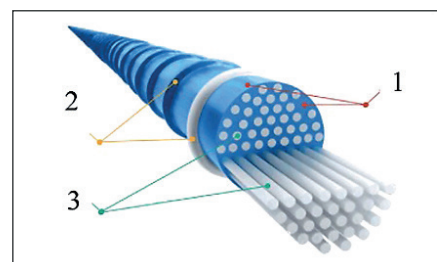


Рис. 1. Вид усиленной напряженной композитной арматуры в разрезе:

- 1 — полимерный композитный материал;
- 2 — скрученная нить прямого стеклянного ровинга;
- 3 — напряженные армирующие волокна

сти. Для предотвращения образования агломератов и агрегатов, а также для равномерного распределения УНТ по всему объему полимера предлагается использовать последовательное создание коллоидных композиций: от 10% концентрированного коллоидного раствора до раствора с рабочей концентрацией (вплоть до концентрации 0,1%) с шагом уменьшения концентрации 10:1. При шаге более чем 100:1 УНТ распределяются недостаточно равномерно, шаг менее чем 10:1 экономически не выгоден. Для предотвращения образования агломератов и агрегатов используется вакуумный диссолювер с подогревом и ультразвуковой смеситель.

По своей сути композитная арматура представляет собой пучок армирующих волокон, надежно заключенный в прочную полимерную матрицу. Прочность на разрыв и модуль упругости композитной арматуры определяется нитями стеклянных, базальтовых, углеродных или арамидных армирующих волокон, из которых состоит ее несущий стержень (ствол арматуры). Равномерное сильное натяжение (напряжение) этих нитей заставляет их работать одновременно как единое целое и позволяет значительно повысить прочность на разрыв и модуль упругости композитной арматуры. Для скрепления этих нитей в монолитный прочный несущий стержень, а также защиты от нежелательных воздействий агрессивных сред служит полимерная матрица. Усиленную напряженную композитную арматуру используют для армирования:

- обычных строительных конструкций и изделий;
- предварительно напряженных строительных конструкций и изделий;
- монолитных бетонных и сборных зданий;
- термоизоляционных стеновых панелей;
- морских и припортовых сооружений;
- грунта оснований зданий и сооружений;
- оснований автомагистралей и дорог;
- крепления различных грунтов;
- для анкерования в грунте подпорных стен и сооружений.

Способ получения биоцидной суспензии для покрытия обоев и настенных покрытий (RU 2757849 C1)

В настоящее время весьма актуальным является вопрос обеззараживания поверхностей и воздуха в помещениях, особенно, в местах скопления людей, в медицинских учреждениях. Одним из вариантов решения данных проблем может стать нанесение на поверхности лакокрасочных покрытий на основе водно-дисперсных-ЛКМ (лакокрасочных материалов) с наноразмерными частицами серебра, меди или золота с повышенной биоцидной активностью, которые препятствуют образованию бактерий и грибов на поверхностях окрашенных изделий, а также способны самостоятельно устранять из воздуха помещения патогенных микроорганизмов и ингибировать процесс их размножения [2].

Задачей изобретения является создание способа получения биоцидной суспензии на основе наночастиц серебра на углеродной матрице и лакокрасочных материалах, обладающей высокой бактерицидной активностью по отношению к штаммам разных классов микроорганизмов, которые являются патогенными по отношению к млекопитающим и к человеку, и пригодной для нанесения покрытий с бактерицидными и фунгицидными свойствами на обои для использования их в производственных и бытовых помещениях, в детских и медицинских учреждениях, в местах большого скопления людей и т.д.

Поставленная задача решается путем создания способа получения биоцидной суспензии, включающего следующие этапы:

1. введение в базовую жидкость порошка наночастиц серебра на углеродной матрице с размерами наночастиц 1–500 нм так, чтобы массовая доля наночастиц серебра на углеродной матрице к базовой жидкости составляла от 0 до 5%;

2. диспергирование ультразвуком;

3. приготовление биоцидной суспензии путем отстаивания и сливания полученной дисперсии.

Изобретение может быть использовано в строительной отрасли и в химической промышленности. Изобретение обеспечивает высокую бактерицидную активность по отношению к штаммам разных классов микроорганизмов.

Способ получения нанолитографических рисунков с упорядоченной структурой со сверхразвитой поверхностью (RU 2757323 C1)

Изобретение относится к области нанотехнологий, а именно к способам формирования наноматериалов в виде нанолитографических рисунков с упорядоченной структурой со сверхразвитой поверхностью,

и может быть использовано для получения устройств нано- и микроэлектроники нового поколения [3].

В настоящее время для формирования литографических рисунков, в том числе с наноразрешением, используют два основных технологических подхода. Первый подход является логическим развитием идей классической микроэлектронной технологии и основан на использовании оптической, рентгеновской или электронно-лучевой литографии. Уменьшение длины волны излучения при экспонировании того или ионного фоторезиста обеспечивает возможность создания рисунков с размером отдельных элементов менее 100 нм. Второй подход по своей сути является чисто нанотехнологическим и основан на использовании некоторого зонда, перемещающегося по поверхности подложки и контактирующего с ней в локальных областях, в результате чего формируется заданный пространственный профиль в виде нано- или микрорельефа.

Разработка способов получения наноматериалов со сверхразвитой поверхностью является одной из актуальных задач нанотехнологии. Такие материалы обладают уникальными фотокаталитическими, адсорбционными свойствами, а также высокой удельной площадью поверхности взаимодействия с окружающей средой, что определяет их применение для устройств нано- и микроэлектроники, включая высокоэффективные газовые сенсоры и датчики вакуума. Для их формирования используются различные физические и химические методы, среди которых особое место занимает золь-гель технология. Объединение данной технологии с современными методами формирования нанолитографических рисунков позволит получать наноматериалы с упорядоченной структурой со сверхразвитой поверхностью.

Технический результат изобретения заключается в том, что с помощью совмещения зондовой литографии и золь-гель метода формируются нанолитографические рисунки с упорядоченной структурой со сверхразвитой поверхностью. Это достигается тем, что в известном способе формирования нанолитографических рисунков методом зондовой литографии, заключающемся в том, что путем механического воздействия зонда на подложку формируют пространственный профиль в виде областей заданной геометрии, дополнительно на поверхность подложки в рамках метода золь-гель синтеза наносят пленкообразующий золь на основе 2-аминоэтанола, 2-метоксизетанола, ацетата цинка и ацетата натрия. После чего параллельно проводят низкотемпературный отжиг при 80°C и фотоотжиг излучением ультрафиолетового диапазона длин волн. В результате этого в области пространственного профиля в виде областей заданной геометрии, выполняющих функцию центров роста, формируется нанолитографический рисунок с упорядоченной структурой со сверхразвитой поверхностью.

**Способ аэрозольного распыления наночастиц
в постоянном электрическом поле (RU 2756323 C2)**

Изобретение относится к области создания наноструктурных покрытий, состоящих из наночастиц различных материалов, и может использоваться в получении поверхностей с изменяемыми анизотропными свойствами. Изобретение может быть использовано для создания новых элементов фотоники и оптоэлектроники [4]. Способ аэрозольного распыления наночастиц в постоянном электрическом поле включает осаждение коллоидных наночастиц на твердые подложки в постоянном электрическом поле напряженностью 105–108 В/м, создаваемом между фокусирующей сеткой-катодом и нагреваемым металлическим основанием-анодом. Распыление на подложку проводится под давлением от 1 до 10 атм с покомнатным сканированием с заданной скоростью и расстоянием распыляющей форсунки — подложки с регулируемой за счет этого площадью покрытия и возможностью формирования тонкой пленки или слоистой структуры за счет многократного осаждения. Техническим результатом изобретения является усовершенствованный способ распыления наночастиц в постоянном электрическом поле, отличающийся тем, что при распылении коллоидных растворов позволяет фокусировать капельный поток с помощью отрицательно заряженной сетки на поверхность нагреваемой подложки, которая в свою очередь эффективно испаряет жидкость и обеспечивает равномерное осаждение наночастиц без их дальнейшего перемещения в малой испаряющейся капле жидкости.

Описание способа (рис. 2): из металлической распыляющей форсунки, прикрепленной к г-образно установленной штанге с помощью прямоугольного зажима (1), под давлением, нагнетаемым компрессором (1–10 атмосфер), распыляется коллоидный раствор с наночастицами металлов, через фокусирующую металлическую сетку, к которой прикреплен отрицательный контакт для контроля траекторий разлета частиц (2), расположенную под соплом форсунки на регулируемом расстоянии до подложки, через которую распыляемый коллоидный раствор осаждается на подложку, к которой подается положительный заряд, с температурой, задаваемой в диапазоне 20–100°C за счет термоэлемента (3), находящегося на координатном столике (4). Такая схема позволяет изменять углы разлета частиц и капель в процессе осаждения, так как коллоидные частицы имеют отрицательный заряд. В этом случае под действием электрического поля напряженностью 105–108 В/м, проходя через сетку, все частицы приобретают ускорение, направленное в сторону положительного контакта — анода — и фокусируются внутри каждой ячейки за счет

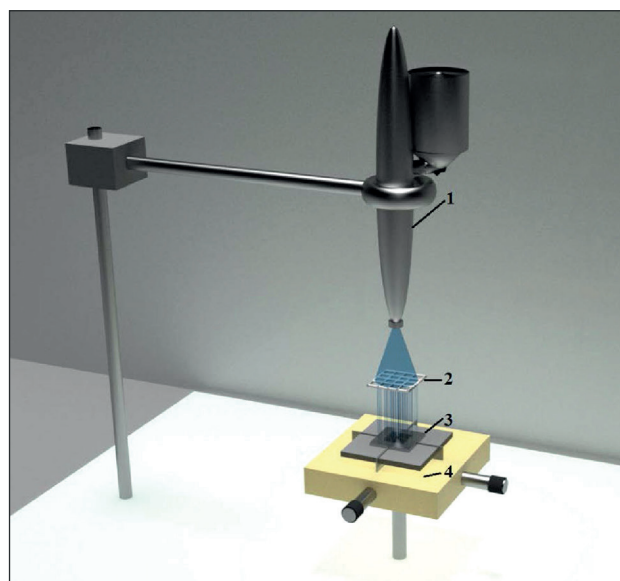


Рис. 2. Способ аэрозольного распыления наночастиц в постоянном электрическом поле

кулоновского отталкивания от отрицательно заряженной поверхности сетки. При осаждении на подложку частицы из-за разности зарядов фиксируются на поверхности (рис. 3).

Управление процессом распыления ведется при помощи сервопривода, программируемого микроконтроллером, что позволяет манипулировать расходом распыляемого коллоидного раствора. Выбор давления, подаваемого компрессором, обусловлен тем, что в диапазоне от 1–10 атмосфер происходит эффективное распыление без повреждения наночастиц и их агломератов. Скорость перемещения подложки при помощи координатного столика варьируется в зависимости от расстояния распыляющей форсунки до поверхности осаждаемого слоя.

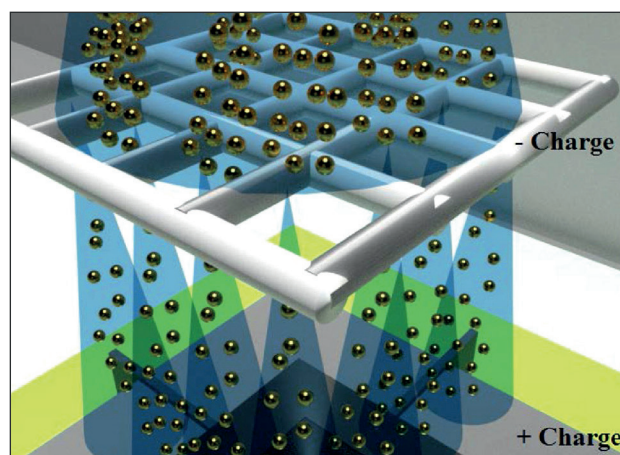


Рис. 3. При осаждении на подложку частицы из-за разности зарядов фиксируются на поверхности

**Способ получения аморфного
наноструктурированного алмазоподобного
покрытия (RU 2757303 C1)**

Изобретение относится к технологии нанесения твердых износостойких наноструктурированных покрытий из аморфного алмазоподобного углерода и может быть использовано в металлообработке, машиностроении, медицине, электронике, солнечной энергетике, оптоэлектронике, фотонике, в производстве жидкокристаллических дисплеев, защитных покрытий с высокой твердостью для повышения эксплуатационных свойств поверхности изделий различного функционального назначения. Способ получения аморфного наноструктурированного алмазоподобного покрытия детали включает нанесение по меньшей мере одного слоя углеродной алмазоподобной пленки с помощью катодного распыления графита, при этом предварительно вне вакуумной камеры формируют адгезионный слой путем нанесения на поверхность детали порошка графита, титана, хрома, алюминия или их смеси и воздействия на него ультразвуковым индентором [5].

Под действием ультразвукового индентора предварительно нанесенный на поверхность детали адгезионный материал диффундирует в эту поверхность, что обеспечивает высокую адгезионную прочность покрытия. А так как адгезионный слой наносится на поверхность детали вне вакуумной камеры, то это сокращает суммарное время нанесения алмазоподобного покрытия в вакуумной камере, увеличивает ее производительность и пропускную способность. При изготовлении большой партии изделий ультразвуковой процесс нанесения адгезионного слоя может быть совмещен по времени с нанесением алмазоподобного покрытия в вакуумной камере, что дополнительно повышает пропускную способность всей технологической системы.

**Полимерная композиционная теплопроводная
паста с нановолокнистым модификатором
(RU 2757253 C2)**

Заявленное техническое решение относится к области создания теплопроводящих материалов и может быть использовано для сопряжения теплонапряженных поверхностей различных устройств и деталей. Эффективность переноса тепла зависит как от коэффициентов теплопроводности, так и от площадей соприкосновения поверхностей материалов. Соответственно, для обеспечения максимально возможной теплопередачи необходимо обеспечить плотный контакт между поверхностями. Поскольку поверхности любых материалов не являются абсолютно плоскими, то образуются воздушные про-

слойки, значительно снижающие теплоперенос в системе. Для решения этой проблемы наиболее оптимальным и широко используемым является применение теплопроводящих паст (термопаст). Более конкретно, настоящая заявка на изобретение относится к способу использования определенного состава наноструктурированной смеси, представляющей собой соединение связующего, как правило, кремнийорганического и наполнителя (теплопроводного материала), причем смесь имеет широкий температурный диапазон использования, невоспламеняема, нетоксична, не электропроводна, не портится после длительного применения и дешева [6].

Модификатор выполняется предпочтительно из углеродных нанотрубок (УНТ) или волокнистого кремния, обладающих высокой теплопроводностью от 150 до 3500 Вт/(м·К), ярко выраженной анизотропной структурой, обеспечивающей формирование «теплопроводных мостиков» между сферическими частицами и высоким сродством к органическому связующему.

Полимерная композиционная теплопроводная паста содержит теплопроводный неорганический наполнитель в виде, например, частиц нитрида алюминия и/или графита, связующее в виде органического полисилоксана. Причем в качестве органического полисилоксана используют полидиметилсилоксан и волокнистый или нановолокнистый модификатор в количестве от 0,1 до 15% от массы порошка неорганического наполнителя. Увеличение содержания волокнистого и нановолокнистого модификаторов более 15% приводит к потере механических свойств и невозможности применения для сопряжения теплонапряженных поверхностей.

**Установка для электроимпульсного управляемого
получения наночастиц токопроводящих материалов
(RU 2756189 C1)**

Изобретение относится к порошковой металлургии и изготовлению наноструктур, которые могут быть использованы для производства приборов квантовой информатики, радиофотоники и наноэлектроники, а также для получения покрытий и в аддитивных технологиях [7]. Установка для электроимпульсного управляемого получения наночастиц токопроводящих материалов (рис. 4) содержит зарядный 3 и разрядный 8 контуры. Зарядный контур 3 состоит из лабораторного автотрансформатора (ЛАТР) 4, входные выводы 1 и 2 которого подключены к электросети переменного напряжения питания, а выход — к первичной обмотке высоковольтного повышающего трансформатора (ВПТ) 5, вторичная обмотка которого подключена к высоковольтному электрическому конденсатору 7 через защитные токоограничивающие резисторы 6.

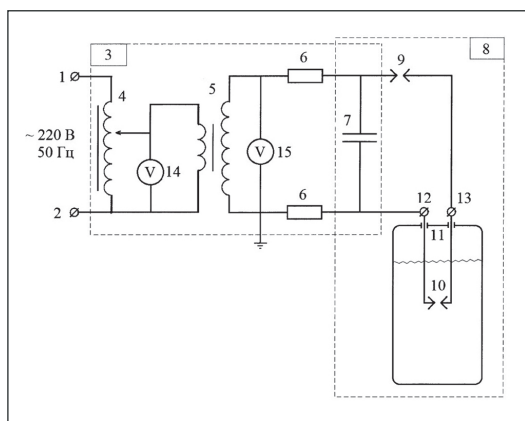


Рис. 4. Функциональная схема установки для электроимпульсного управляемого получения наночастиц и нанопорошков металлических и полупроводниковых материалов и сплавов

Для контроля за режимом работы на выходе ЛАТР 4 и ВПТ 5 предусмотрены вольтметры 14 и 15. Разрядный контур 8, подключенный параллельно высоковольтному электрическому конденсатору 7 посредством выходных выводов последнего, состоит из реактора электроискрового диспергирования 11, заполненного диэлектрической жидкостью, в которую погружены рабочие диспергируемые электроды с выводами 12 и 13, выполненные вращающимися друг относительно друга, между которыми образован рабочий межэлектродный зазор 10, а также перестраиваемого воздушного искрового разрядника 9, имеющего напряжение пробоя больше напряжения пробоя рабочего межэлектродного зазора 10. Технический результат заключается в обеспечении стабильной генерации электроискрового разряда при малых энергиях разрядных импульсов менее 100 мДж и межэлектродном зазоре более 50 мкм в целях получения наночастиц проводящих материалов, близких к монодисперсным.

Указанный технический результат достигается тем, что установка для электроимпульсного управляемого получения наночастиц и нанопорошков металлических и полупроводниковых материалов и сплавов, включающая вращающиеся относительно друг друга рабочие диспергируемые электроды, погруженные в заполненный диэлектрической жидкостью реактор электроискрового диспергирования, зарядный и разрядный контуры, включенные параллельно друг другу и высоковольтному электрическому конденсатору, входные выводы для подключения зарядного контура к электросети питания переменного напряжения, выходные выводы разрядного контура для подключения к рабочим диспергируемым электродам, причем зарядный контур состоит из лабораторного автотрансформатора, выход которого соединен с первичной обмоткой высоковольтного повышаю-

щего трансформатора, вторичная обмотка которого подключена к высоковольтному электрическому конденсатору через защитные токоограничивающие резисторы, а в разрядный контур, состоящий из высоковольтного электрического конденсатора и рабочего межэлектродного зазора, образованного между рабочими диспергируемыми электродами, включен перестраиваемый воздушный искровой разрядник, имеющий напряжение пробоя больше напряжения пробоя рабочего межэлектродного зазора.

Фотоэлектрический преобразователь (RU 2756171 C1)

Изобретение относится к солнечной энергетике, в частности, к фотоэлектрическим преобразователям, и может быть использовано в электронной промышленности для преобразования световой энергии в электрическую. При изготовлении фотоэлектрического преобразователя одним из основных этапов является формирование омических контактов. Снижение переходного контактного сопротивления и увеличение проводимости контактных шин фронтального омического контакта позволяет существенно снизить омические потери и увеличить эффективность преобразования излучения в электроэнергию [8].

Задачей настоящего технического решения является увеличение электрической проводимости контактных шин фронтального омического контакта за счет увеличения адгезии контактных слоев и снижения омических потерь путем уменьшения переходного контактного сопротивления. Поставленная задача достигается тем, что фотоэлектрический преобразователь включает подложку n-типа проводимости, фоточувствительную A3B5 гетероструктуру с широкозонным окном и контактным слоем GaAs p-типа проводимости, антиотражающее покрытие на поверхности широкозонного окна в местах, свободных от фронтального омического контакта, тыльный омический контакт и фронтальный омический контакт на поверхности контактного слоя GaAs, содержащий слой Ag и Au. Новым в фотоэлектрическом преобразователе является то, что фронтальный омический контакт содержит последовательно расположенные первый слой сплава никеля и хрома (NiCr) с содержанием в сплаве хрома 15–50 мас. % толщиной 5–25 нм, слой Ag толщиной 500–5000 нм, второй слой сплава NiCr с содержанием в сплаве хрома 15–50 мас. % толщиной 50–100 нм и слой Au толщиной 30–100 нм.

После нанесения слоев фронтального и тыльного контактов проводят термообработку фотоэлектрического преобразователя при температуре 390–410°C в течение 50–70 секунд. Режим термообработки контакта выбирают из условий минимизации удельного переходного сопротивления, а также обеспечения

неглубокого залегания границы раздела металл-полупроводник.

Устройство для получения наночастиц из газов и паров жидкостей при сверхнизких температурах (RU 2756051 C1)

Изобретение относится к области нанотехнологии, а именно предлагаемое устройство позволяет получать частицы малых размеров (наночастицы) из материалов, существующих при комнатных температурах в виде газов или паров, конденсация которых производится на поверхности сверхтекучей жидкости [9].

Устройство содержит криостат со сверхтекучим гелием в качестве низкотемпературной подложки для конденсации наночастиц, трубку подачи смеси гелия и требуемой примеси, ампулу для сбора наночастиц, устройство для поддержания уровня сверхтекучего гелия выше конца трубки для создания низкотемпературной подложки для конденсации наночастиц на поверхности сверхтекучего гелия и предотвращения потерь смеси в процессе формирования наночастиц.

В процессе работы устройства (рис. 5) поток примесь-гелиевой смеси (8) подается по трубке конденсации (3) на поверхность сверхтекучего гелия в ампуле (4), уровень которой в ампуле поддерживается постоянным (10) выше конца трубки конденсации для предотвращения потерь конденсируемой смеси. Смесь малого количества (порядка нескольких процентов) примеси (например, газов: дейтерия, метана, азота или паров воды, тяжелой воды, спирта и т.д.) и газообразного гелия в процессе движения по трубке конденсации за времена порядка нескольких десятков секунд охлаждается от комнатной температуры до гелиевой и формирует наночастицы (9), при этом атомы гелия препятствуют образованию больших частиц. В процессе охлаждения смеси происходит интенсивное испарение сверхтекучего гелия, что понижает уровень гелия в ампуле. Если уровень гелия будет ниже нижнего конца трубки конденсации, процесс конденсации прекращается. Для поддержания постоянного уровня сверхтекучего гелия в ампуле выше конца трубки конденсации нами применен крионасос (6). Принцип работы крионасоса основан на способности сверхтекучей компоненты протекать через малые зазоры между частицами мелкого порошка (13), в то время как нормальная компонента гелия (после нагрева нагревателем (14) в верхней части крионасоса и перехода сверхтекучей компоненты в нормальную) имеет большое гидравлическое сопротивление при движении через порошок. Из-за возросшего давления в крионасосе сверхтекучий гелий поднимается вверх по трубке подлива (8), что позволяет подливать гелий в ампулу (4) несмотря на то, что уровень гелия в криостате (11) может быть существенно ниже, чем

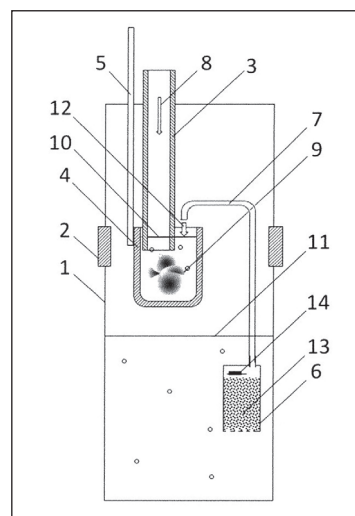


Рис. 5. Устройство для получения наночастиц из материалов, существующих при комнатной температуре в виде газов и паров жидкостей:

1 – гелиевый криостат с вакуумной изоляцией, 2 – окна, 3 – трубка конденсации, 4 – ампула сбора наночастиц, 5 – штанга, 6 – крионасос, 7 – трубка подлива, 8 – поток примесь-гелиевой смеси, 9 – сконденсированные наночастицы, 10 – уровень гелия в ампуле, 11 – уровень гелия в криостате, 12 – поток подливаемого сверхтекучего гелия, 13 – мелкий порошок, 14 – нагреватель

в ампуле (10). Применение такого приспособления, как крионасос, увеличивает время накопления наночастиц и увеличивает выход готового продукта.

Сборное устройство и производственная система (RU 2755803 C1)

Группа изобретений относится к сборному устройству и производственной системе для получения материала углеродных нанотрубок. Сборное устройство для сбора пленок углеродных нанотрубок или волокон углеродных нанотрубок содержит предварительный регулировочный механизм для регулирования ориентации, по меньшей мере, одного пучка агрегатов углеродных нанотрубок, намоточный механизм для намотки и сбора агрегатов углеродных нанотрубок, вытягиваемых из предварительного регулировочного механизма [10]. При этом предварительный регулировочный механизм содержит первый предварительный регулировочный субмеханизм и второй предварительный регулировочный субмеханизм, содержащий, по меньшей мере, третий колесный элемент для вытягивания агрегатов углеродных нанотрубок. Третий колесный элемент выполнен с возможностью вращения и окружен множеством

первых кольцевых выступов, присутствующих на нем для регулирования ориентации агрегатов углеродных нанотрубок. Первый кольцевой выступ имеет ширину, составляющую не более чем 10 мкм, причем соседние первые кольцевые выступы отделены друг от друга промежутками, составляющими не более чем 100 мкм. Производственная система для получения материала пленки углеродных нанотрубок или материала волокна углеродных нанотрубок содержит синтезирующее устройство для флотационного каталитического синтеза агрегатов углеродных нанотрубок, содержащее реактор, имеющий, по меньшей мере, одну выращивающую трубу, и вышеуказанное сборное устройство, расположенное на стороне выпускного конца синтезирующего устройства для сбора агрегатов углеродных нанотрубок, произведенных синтезирующим устройством. Группа изобретений обеспечивает возможность регулирования механических, электрических и термических свойств собранных материалов углеродных нанотрубок.

Также представляют интерес для специалистов следующие изобретения в области нанотехнологий:

- Способ получения композиционного материала с ориентированными углеродными нанотрубками [11].
- Способ изготовления поляризационно-чувствительной нанокомпозитной пленки на основе селенида меди [12].
- Способ изготовления индикаторных микрокапсул с использованием магнитных и плазмонных наночастиц [13].
- Химические соединения для покрытия наноструктур [14].
- Материалы с фазовым переходом для строительства: обзор нано- и микрокапсулирования [15].
- Способ получения антифрикционного полимерного композита [16].
- Электрохимический способ получения нановолокон металлической меди [17].
- Способ получения термопластичного нетканого материала на основе микро- и нановолокон из ароматических полиэфиримидов [18].

- Способ определения положения полиэтиленового газопровода и мест возможных несанкционированных врезок [19].
- Композиция для покрытия металлических изделий [20].
- Способ переноса графена на полимерную подложку [21].
- Способ получения пироуглеродных покрытий из производных гуанидина [22].
- Чувствительный элемент люминесцентного сенсора и способ его получения [23].
- Экспериментальная оценка цементного раствора с использованием наноксидных соединений [24].
- Способ определения температуры горения реакционных многослойных нанопленок с эффектом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза [25].
- Способ синтеза антипатогенного углерод-серебряного наноструктурированного порошка [26].
- Способ создания суспензии на основе детонационного наноалмаза [27].
- Способ получения модифицированного лигносульфонатного реагента для обработки бурового раствора [28].
- Эволюция фотоэлектрической технологии от традиционных до наноматериалов [29].
- Способ получения нанопорошка карбида железа [30].
- Способ получения оптического полупроводникового материала на основе нанодисперсного оксида кадмия, допированного литием [31].

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 ИСТОЧНИКОВ

1. Белкин С.В., Чаленко К.А. Способ получения полимерно-композитного материала и композитная арматура // Патент 2755343 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 26.
2. Мальцев В.А., Новопапин С.А., Моисеенко В.В. Способ получения биоцидной суспензии для покрытия обоев и настенных покрытий // Патент 2757849 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 30.
3. Аверин И.А., Пронин И.А., Карманов А.А. и др. Способ получения нанолитографических рисунков с упорядоченной структурой со сверхразвитой поверхностью // Патент 2757323 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 29.
4. Кутровская С.В., Кучерик А.О., Осипов А.В., Самышкин В.Д. Способ аэрозольного распыления наночастиц в постоянном электрическом поле // Патент 2756323 РФ МПК С2. 2021. Бюл. № 28.
5. Охлупин Д.Н., Королев А.В., Синев И.В. и др. Способ получения аморфного наноструктурированного алмазоподобного покрытия // Патент 2757303 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 29.
6. Шишкин Р.А., Кисеев В.М., Сажин О.В. Полимерная композиционная теплопроводная паста с нановолокнистым модификатором // Патент 2757253 РФ МПК С2. 2021. Бюл. № 29.
7. Дителева А.О., Кукушкин Д.Ю., Савкин А.В., Слепцов В.В. Установка для электроимпульсного управляемого получения наночастиц токопроводящих материалов // Патент 2756189 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 28.

ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

8. Солдатенков Ф.Ю., Малевская А.В. Фотоэлектрический преобразователь // Патент 2756171 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 28.
9. Ефимов В.Б., Межов-Деглин Л.П., Лохов А.В. Устройство для получения наночастиц из газов и паров жидкостей при сверхнизких температурах // Патент 2756051 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 27.
10. Ли Да, Цзинь Хэуа, Ли Цинвэнь и др. Сборное устройство и производственная система // Патент 2755803 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 27.
11. Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Разумеев К.Э., Феоктистова В.М., Прокопьев П.С. Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть V // Нанотехнологии в строительстве. 2021. Т. 13, № 5. С. 311–318. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-5-311-318>.
12. Михеев Г.М., Когай В.Я.-С., Стяпшин В.М., Могилева Т.Н. Способ изготовления поляризационно-чувствительной нанокompозитной плёнки на основе селенида меди // Патент 2758150 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 30.
13. Дубовик А.Ю., Куршанов Д.А., Рогач А., Арефина И.А. Способ изготовления индикаторных микрокапсул с использованием магнитных и плазмонных наночастиц // Патент 2758098 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 30.
14. Аксельссон О., Сансоне А. Химические соединения для покрытия наноструктур // Патент 2757904 РФ МПК С2. 2021. Бюл. № 30.
15. Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Писаренко Ж.В., Нгуен К.Т., Муминова С.Р. Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть IV // Нанотехнологии в строительстве. 2021. Том 13, № 4. С. 242–251. [DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-4-242-251](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-4-242-251).
16. Горайнов Г.И., Горайнов А.Г., Саракуз О.Н. Способ получения антифрикционного полимерного композита // Патент 2757862 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 30.
17. Карфидов Э.А., Никитина Е.В., Казаковцева Н.А. и др. Электрохимический способ получения нановолокон металлической меди // Патент 2757750 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 30.
18. Светличный В.М., Ваганов Г.В., Мягкова Л.А. и др. Способ получения термопластичного нетканого материала на основе микро- и нановолокон из ароматических полиэфиримидов // Патент 2757442 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 29.
19. Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Бокова Е.С., Деменев А.В., Иванов В.А. Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть III // Нанотехнологии в строительстве. 2021. Том 13, № 3. С. 158–165. [DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-3-158-165](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-3-158-165).
20. Ли Р.И., Псарев Д.Н., Киба М.Р. и др. Композиция для покрытия металлических изделий // Патент 2757271 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 29.
21. Гребенко А.К., Айткулова А.Д., Красников Д.В., Насибулин А.Г. Способ переноса графена на полимерную подложку // Патент 2757239 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 29.
22. Антишин Д.В., Шалыгина Т.А., Пехотин К.В. Способ получения пироуглеродных покрытий из производных гуанидина // Патент 2756308 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 28.
23. Павлов С.А., Павлов А.С., Максимова Е.Ю. и др. Чувствительный элемент люминесцентного сенсора и способ его получения // Патент 2757012 РФ МПК С2. 2021. Бюл. № 28.
24. 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](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-6-331-338).
25. Корж И.А. Способ определения температуры горения реакционных многослойных нанопленок с эффектом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза // Патент 2757067 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 29.
26. Новопашин С.А., Мальцев В.А. Способ синтеза антипатогенного углерод-серебряного наноструктурированного порошка // Патент 2755619 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 26.
27. Плотников В.А., Макаров С.В., Богданов Д.Г., Шуткин А.А. Способ создания суспензии на основе детонационного наноалмаза // Патент 2757049 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 29.
28. Куляшова И.Н., Бадикова А.Д., Федина Р.А., Бегалиева Р.С. Способ получения модифицированного лигносульфонатного реагента для обработки бурового раствора // Патент 2756820 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 28.
29. 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](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-1-23-31).
30. Жигач А.Н., Лейпунский И.О., Березкина Н.Г. и др. Способ получения нанопорошка карбида железа // Патент 2756555 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 28.
31. Красильников В.Н., Бакланова И.В., Тютюнник А.П. Способ получения оптического полупроводникового материала на основе нанодисперсного оксида кадмия, допированного литием // Патент 2754888 РФ МПК С1. 2021. Бюл. № 25.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

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

Разумеев Константин Эдуардович – д-р техн. наук, проф., советник при ректорате Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия, ker2210@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4308-3363>

Писаренко Жанна Викторовна – доктор экономических наук, доцент кафедры управления рисками и страхования экономического факультета Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия, z.pisarenko@spbu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9082-2897>

Деменев Алексей Владимирович – канд. техн. наук, доцент, Высшая школа сервиса, Российский государственный университет туризма и сервиса, пос. Черкизово, Московская область, Россия, saprmgus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1573-6665>

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 02.11.2021; одобрена после рецензирования 29.11.2021; принята к публикации 03.12.2021.

Original article

<https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-6-379-385>



Obtaining new phthalate plasticizers

Guliya K. Aminova, Albina R. Maskova*, Gulnara U. Yarmukhametova, Natalia B. Gareeva, Aliya K. Mazitova

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

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

ABSTRACT: Introduction. The increase in production volumes and the expansion of the scope of application of polyvinyl chloride (PVC) compounds contributes to the development of new additives and the attraction of new sources of raw materials for their production. The most important additives necessary for processing PVC are plasticizers. Plasticizers market is one of the largest segments of the global additives market. Since plasticizers are the most simple, cheap and affordable way to modify various properties of the polymeric compositions, their role in processing polymeric materials has recently increased significantly. In application the ester plasticizers, capable to plasticize almost all polymers, especially polyvinylchloride are considered as the most practical. Currently, the industry has mastered production of more than three hundred brands of plasticizers, most of which are esters of phthalic acid. Traditional phthalate plasticizers are the most widely used all over the world. **Materials and methods.** The paper describes the esterification reactions of phthalic anhydride with oxyethylated (degree of oxyethylation 1.2) and oxypropylated (degree of oxypropylation 1.1) cresols. New symmetric and asymmetric phthalate plasticizers were obtained – dikresoxycresylphthalate, butoxyethylcresoxyethylphthalate, cresylcresoxyethylphthalate and cresylcresoxypropylphthalate, optimum conditions for their preparation are picked up, studied their physical and chemical properties. The obtained experimental data were used to identify promising new phthalate-type plasticizers by the method of cluster analysis. Cluster analysis is the most effective method for solving this problem, because it is intended for combining some samples into classes (clusters) in such a way that the most similar in properties fall into one cluster, but at the same time the samples of different clusters differ as much as possible from each other. Clustering was carried out using the Statistica 10 program. Since at present the reference plasticizer is dioctylphthalate (DOP), the test results of the samples were compared with those of PVC compositions containing DOP. **Results and discussions.** According to the data obtained, it was found that butoxyethylcresoxyethyl phthalate has the best characteristics in terms of plasticizing ability. The influence of the selected plasticizer on the technological characteristics of PVC-compounds has been studied. The efficiency of the synthesized butoxyethylcresoxyethylphthalate in the PVC composition was evaluated by the indicator (index) of melt flow rate (MFR) and by the indicators of “thermal stability” and “color stability”. **Conclusion.** Use of the developed additive contributes to the production of PVC compounds with improved rheological characteristics, increased heat resistance and color stability.

KEYWORDS: cluster analysis, cresol, mathematical expectation, PVC plasticizer, distribution density, melt flow rate, data standardization, thermal stability, oxyalkylated cresol phthalates, color stability.

FOR CITATION: Aminova G.K., Maskova A.R., Yarmukhametova G.U., Gareeva N.B., Mazitova A.K. Obtaining new phthalate plasticizers. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(6): 379–385. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-6-379-385>.

INTRODUCTION

Materials based on polyvinyl chloride are widely used in practice. This is due to its ability to modify properties due to the introduction during processing of special additives for various functional purposes – plasticizers, fillers, lubricants, heat stabilizers, flame retardants, antioxidants, dyes, etc. [1–7].

Plasticizers constitute the bulk of PVC compositions, which are introduced to regulate the physicomechanical

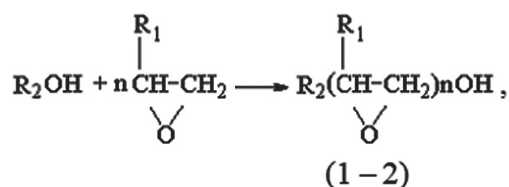
and rheological properties of polymer compounds. The correct choice of the plasticizer-polymer system facilitates the processing of the latter and improves many other performance properties of soft products. The total annual production of plasticizers in Russia is 4.5% of the world level. More than 70 percent of plasticizers consumed in Russia are phthalate plasticizers [8–15]. However, despite the large number of compounds used as plasticizers, there is a growth trend in their industrial use, and the increasing requirements for plastic compounds stimulate the

development of research in the field of synthesis and the use of new functional additives that meet the increased requirements of PVC materials consumers.

This work presents the results of studies of synthesis methods and some properties of symmetric and asymmetric phthalates of oxyalkylated cresols, a cluster analysis of the experimental data obtained in order to identify samples with high physicochemical parameters, and also investigates the effect of plasticizers on the thermal stability, color stability of the polymer and the manufacturability of PVC compounds.

MATERIALS AND METHODS

At the first stage, oxyalkylated cresols were obtained and analyzed by the interaction of cresol and ethylene oxide (propylene) at a molar ratio of reagents of 1:1.2 and 1:1.1, respectively, according to the following scheme:



where $\text{R}_1 = \text{H}$, $\text{R}_2 = \text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_3$ – compound 1;
 $\text{R}_1 = \text{CH}_3$, $\text{R}_2 = \text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_3$ – compound 2.

The process of oxyalkylation of alcohols is studied well [16–18]. The reaction is carried out at 110–180°C, passing gaseous ethylene (propylene) oxide through the reaction mass. The ethylene (propylene) oxide feed rate is controlled so that unreacted oxide condenses in the reflux condenser and flows back into the reactor without flooding. Sodium hydroxide is mainly used as a catalyst [19]. The yield of oxyalkylated cresols is quantitative.

The characteristics of the obtained compounds are shown in Table 1.

At the second stage, symmetric and asymmetric phthalates of oxyalkylated cresols were obtained. The yield of target products is more than 90%. The general scheme of obtaining are shown in Fig. 1.

The synthesis of dikresoxycresyl phthalate was carried out by esterification of phthalic anhydride with oxyethylated cresols in an isothermal mode using p-toluenesulfonic acid (PTSA) as a catalyst. Phthalic anhydride in an amount of 1 mol and oxyethylated cresols in an amount of 2.2 mol were loaded into a reactor equipped with a stirrer, a thermometer and a Dean-Stark trap. The amount of PTSA during the experiment remained constant and amounted to 1% (wt. from the load). To remove the formed water, a xylene solvent with a volume of 200 ml was used. After cooling, the esterificates were washed in a separating funnel with 5% alkali solution and warm distilled water, dried over freshly calcined sodium sulfate, and the solvent was distilled off.

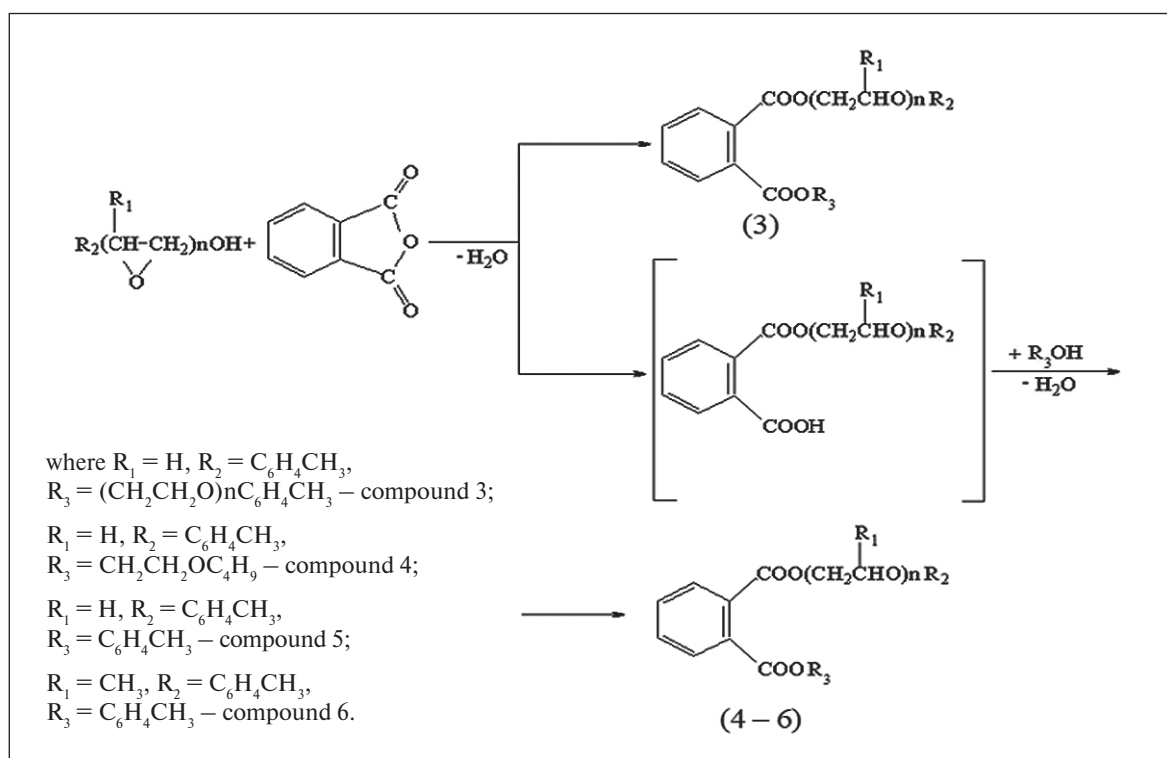


Fig. 1. The general scheme for obtaining phthalates of oxyalkylated cresols

Table 1

Physical and chemical properties of oxyalkylated cresols

Indicators	№ of compound	
	1	2
Density, d_{4}^{20}	0.9471–1.0767	0.9262–1.0558
Refractive index, n_D^{20}	1.5319–1.5347	1.5308–1.5313
Ester number, mgKOH/g	679–689	644–647
Molecular weight, found	163–165	173–174
Molecular weight, calculated	162	172

Butoxyethylcresoxyethylphthalate, *cresylcresoxyethylphthalate* and *cresyl cresoxypropylphthalate* were obtained by two-stage esterification of phthalic anhydride in one reaction volume. Phthalic anhydride and oxyethylated (oxypropylated) cresols at an equimolar ratio of the starting reagents 1:1 were loaded into a reactor equipped with a stirrer, a thermometer, and a Dean-Stark trap, and the corresponding monoesters were synthesized in the presence of PTSA at 110–140°C. The depth of esterification was controlled by the amount of released water and the acid number of esterificates. Without isolating monoesters, pre-esterification was carried out with a 50% excess of the corresponding alcohol (butyl cellosolve or cresol) at the boiling point of the reaction mixture in the presence of PTSA, the amount of which during the experiment remained constant and amounted to 1% (wt. from the load). To remove the formed water, a xylene solvent with a volume of 200 ml was used. After cooling, the esterificates were washed in a separating funnel with 5% alkali solution and warm

Table 2

Names and numbers of compounds

Compound No.	Compound name
3	Dicresoxycresylphthalate
4	Butoxyethylcresoxyethylphthalate
5	Cresylcresoxyethylphthalate
6	Cresylcresoxypropyl phthalate

distilled water, dried over freshly calcined sodium sulfate, and the solvent was distilled off.

The obtained phthalates of oxyalkylated alcohols are transparent, oily, yellowish liquids. The names of the compounds are given in Table 2.

The characteristics of the synthesized compounds are shown in Table 3.

Physicochemical indicators of the proposed plasticizers (Table 3) were analyzed according to GOST 8728-88 “Plasticizers. Technical conditions”.

Table 3

Physicochemical properties of symmetric and asymmetric phthalates of oxyalkylated alcohols

Indicators	Compound No.				DOP*
	3	4	5	6	
Density, d_{4}^{20}	1.1267–1.1310	1.1105–1.1192	1.1077–1.1117	1.0812–1.0884	0.9750
Refractive index, n_D^{20}	1.5156–1.5185	1.5318–1.5334	1.5246–1.5272	1.3098–1.3181	1.4871
Acid number, mgKOH/g	0.32–0.46	0.28–0.45	0.25–0.38	0.37–0.50	0.1
Ester number, mgKOH/g	247–248	272–274	279–281	273–275	287
Molecular weight, found	451–454	409–412	399–402	407–410	397
Molecular weight, calculated	452	410	399	404	390
Mass fraction of volatile substances (100°C, 6 hours), %	0.08–0.27	0.10–0.15	0.05–0.30	0.09–0.34	0.10

* DOP – industrial plasticizer dioctylphthalate

RESULTS AND DISCUSSIONS

Comparison of density and refractive index – the most important characteristics necessary for the recognition of ester plasticizers [12], (Table 3) in oxyethylated and oxypropylated phthalates showed that these parameters are slightly higher for oxyethylated phthalate. This is apparently due to the presence of a side methyl group in the alcohol part of the ether. In the presence of aromatic radicals in the ester molecule, their density is higher and the refractive index is lower than in the case of alkyl radicals in the ester of the same acid. Therefore, a mixed ether containing both alkyl and aryl radicals also has a tendency to a decrease in density and an increase in refractive index compared to an ether of symmetric structure containing two aromatic radicals, which is explained by the difference in their structure of alcohol radicals.

At the next stage, it was decided to pay special attention to the clustering of ester plasticizers and the identification of those that have optimal characteristics that are not inferior to industrial plasticizers.

Cluster analysis [20], which is widely used in the study and grouping of experimental data according to their similarity, was chosen as a research method.

The first stage in processing the results obtained (Table 3) is their standardization [21]. The physicochemical properties of the plasticizer (X) take on values belonging to a certain interval of finite length, characterized by the fact that the probability density in this interval is almost everywhere constant (Fig. 2).

I.e. it can be argued that the random variables X have a continuous uniform distribution. The mathematical expectation of this distribution is determined by the formula:

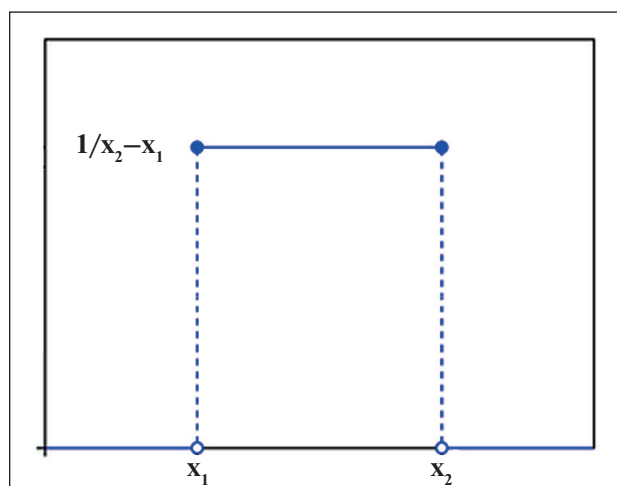


Fig. 2. Probability density of the physical and chemical properties of the plasticizer

$$X_i = (x_{i1} + x_{i2})/2,$$

where X_i – expected value; x_{i1} – interval start; x_{i2} – interval end (Table 4).

The standardization of the numerical characteristics in Table 4 was carried out by the minimax method.

At the second stage of processing the experimentally obtained results, cluster analysis was applied. Cluster analysis is most effective for solving this problem, because is intended for combining some samples into classes (clusters) in such a way that the most similar in properties fall into one cluster, but at the same time the samples of different clusters differ as much as possible from each other. Clustering was carried out using the Statistica 10 program; the results are shown in Fig. 3.

Table 4

Calculated mathematical expectations of the physicochemical properties of symmetric and asymmetric phthalates of oxyalkylated alcohols

Indicators	Compound No.				DOP
	3	4	5	6	
Density, d_{4}^{20}	1.0718	1.1149	1.1097	1.0848	0.9750
Refractive index, n_D^{20}	1.5171	1.5326	1.5259	1.3140	1.4871
Ester number, mgKOH/g	248	273	280	274	287
Molecular weight, found	453	411	401	409	397
Molecular weight, calculated	452	410	399	404	390
Mass fraction of volatile substances (100°C, 6 hours), %	0.18	0.13	0.18	0.22	0.10
Acid number, mgKOH/g	0.39	0.37	0.32	0.44	0.10

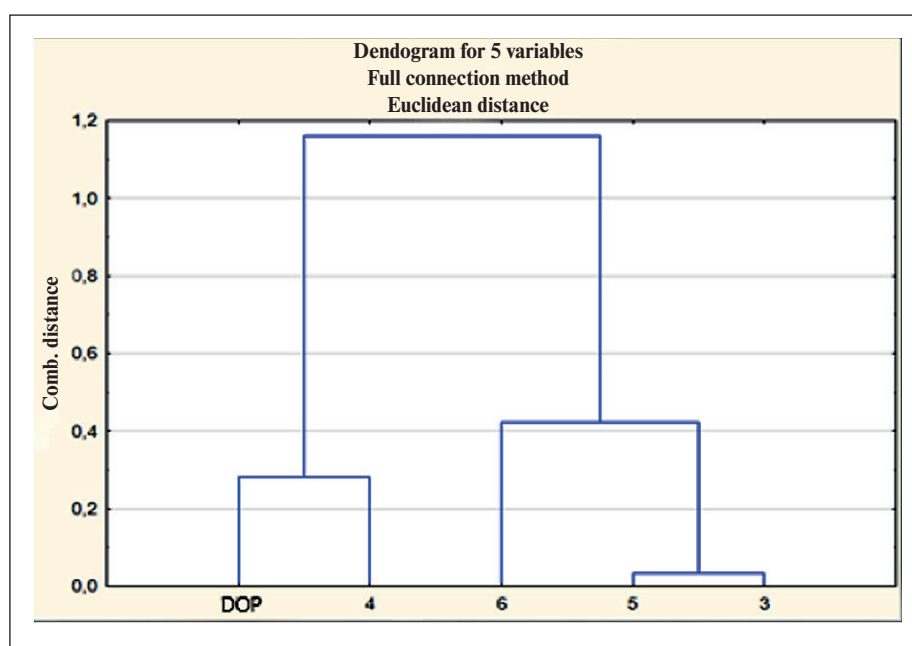


Fig. 3. Dendrogram of clustering experimental data

According to the results of the analysis of the dendrogram [22], it can be argued that two main clusters have been formed (Table 5).

The study of the numerical characteristics of the properties of symmetric and asymmetric phthalates of oxyalkylated alcohols showed that samples 3, 5, 6 belong to cluster M, and sample 4 and the industrial plasticizer DOP belong to cluster N. This suggests that sample 4 is comparable in properties with industrial DOP plasticizer.

Table 5

Results of cluster analysis of samples by the complete connection method

Cluster name	Cluster members / sample number
N	DOP, 4
M	3, 5, 6

Table 6

Composition of PVC compositions formulations

Composition, pts. wt.	Composition	
	model	experimental
PVC	100	100
Diethylphthalate	80	
Butoxyethylhexoxyethylphthalate		80
Heat stabiliser	3	3

In order to study the effect of plasticizers on the properties of the polymer composition, we obtained PVC compounds (Table 6). The study of the plasticizing effect was carried out in comparison with a model PVC composition containing an industrial plasticizer – dioctylphthalate.

The efficiency of the synthesized butoxyethylhexoxyethylphthalate in the PVC composition was evaluated by the indicator (index) of melt flow rate (MFR) and by the indicators of “thermal stability” and “color stability” (Table 7). The above indicators, determined, respectively, according to GOST 11645-73 and visually by the time before the appearance of the film coloration during thermal exposure (180°C), are key parameters that largely determine the manufacturability of PVC compositions and the choice of processing conditions for the polymer composition. In addition, MFR can be used to control the quality of raw materials (components) of a polymer composition, and thermal stability allows assessing not only the

Table 7

Indicators of formulations of PVC compositions

Composition	Indicators		
	MFR T = 170°C, P = 16,6 kgf, g/10 min	Thermal stability time, min, 175°C	Color stability, min, 180°C
Model	7.9	170	52
Experimental	8.2	243	58

manufacturability of PVC compositions, but also the quality of mixing, as well as calculating the optimal parameters of the manufacturing process and guaranteeing quality products [23–28].

From the experimental results it follows that the proposed plasticizer, to a greater extent than DOP, increases the thermal and color stability and fluidity of the PVC-composition melt and reduces the temperature of its manufacturing.

CONCLUSION:

- new symmetric and asymmetric phthalate plasticizers were obtained – dikresoxycresylphthalate, butoxyethylcreoxyethylphthalate, cresylcreoxyethylphthalate and cresylcreoxypropylphthalate, and their physico-chemical properties were studied;

- based on the analysis of physical and chemical characteristics, a comparative assessment of the properties of the proposed new plasticizers by cluster analysis methods was carried out and it was found that sample No. 4 has high quality indicators, comparable to those of an industrial plasticizer;
- PVC-compositions based on butoxyethylcreoxyethylphthalate have a higher processability than similar compounds containing DOP, which allows them to be processed at lower temperatures.

Thus, the use of oxyalkylated cresol phthalates as plasticizers in the processing of polyvinyl chloride contributes to an increase in thermal stability, an increase in the fluidity of a polymer melt, and an improvement in the conditions for processing a polymer composition, which makes it possible to recommend them for practical use in the composition of PVC materials.

REFERENCES

1. Ulyanov V.M., Rybkin E.P., Gudkovich A.D., Pishin G.A. *Polyvinylchloride*. Moscow: Chemistry; 1992.
2. Wilkie Ch., Summers J., Daniels Ch. *Polyvinylchloride*. Saint-Petersburg: Professiya; 2007.
3. Zilberman E.N. *Obtaining and polyvinylchloride properties*. Moscow: Chemistry; 1968.
4. Mazitova A.K., Aminova G.K., Nafikova R.F., Deberdeev R. Ya. *Basic polyvinylchloride compositions for construction purposes*. Ufa; 2013.
5. Schiller M. *PVC Additives. Composition, properties, application*. Transl. from English by N.N. Tikhonova. Saint-Petersburg: TSOP “Professiya”; 2017.
6. Zweifel H., Maer R.D., Schiller M. Additives to polymers. Directory. In: Uzdensky V.B., Grigorov A.O. (eds) *Plastic Additives Handbook*. Profi-Inform; 2010: 1144.
7. Maslova I.P. *Chemical additives to polymers. Directory*. Moscow: Chemistry; 1981.
8. Neiman M.B. *Structure and stabilization of polymers*. Moscow: Chemistry; 1964.
9. Oshin L.A. *Industrial organochlorine products*. Moscow: Chemistry; 1978.
10. Braginsky O.B. *Raw materials base of petrochemistry: current state and development prospects*. In: Materials of the seminar “Organochlorine synthesis, market trends and technologies.” Moscow: Ed. Moscow State Academy of Fine Chemical Technology named after M.V. Lomonosov; 2006.
11. Tinius K. *Plasticizers*. Moscow: Chemistry, 1964.
12. Barshtein R.S., Kirillovich V.I., Nosovsky Yu.E. *Plasticizers for polymers*. Moscow: Chemistry; 1982.
13. Shtarkman B.P. *PVC plasticization*. Moscow: Chemistry; 1975.
14. Kozlov P.V., Popkov S.P. *Physico-chemical bases of plasticization of polymers*. Moscow: Chemistry, 1982.
15. Mazitova A.K., Nafikova R.F., Aminova G.K. Polyvinylchloride plasticizers. In: Kirikov O.I. (ed.) *Science and the era: monograph*. Voronezh; 2011. p. 277–297.

16. Khamaev V.Kh. *Synthesis and study of the properties of ester compounds and the development of plasticizers and components of synthetic oils on their basis*: [Abstract of Doctorate dissertation]. Ufa; 1982.
17. Eidus Ya.T., Pirozhkov S.D., Puzitsky K.V. On the synthesis of carboxylic acids under conditions of acid catalysis from carbon monoxide, olefins and acylating compounds. *Journal of Organic Chemistry*. 1968; 4. 7: 1214–1219.
18. Kapustin A.E. *Heterogeneous catalysts for oxyethylation reactions*: [Abstract of dissertation]. Moscow; 1984.
19. Baranov Yu.I. *Investigation of the reaction of ethylene oxide with alcohols under basic catalysis* [Abstract of dissertation]. Moscow; 1965.
20. Yarmukhametova G.U., Kulagin I.O. *Use of a cluster model in construction*. In: Ismakov R.A. (ed.) Materials of the 69th Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists of USPTU. Ufa: Publishing house of USPTU; 2018. p. 362–363.
21. Yarmukhametova G.U. *Math modeling. Theoretical basis. Materials for practical exercises and independent work of students. Methodical instructions. Educational-methodical complex*. Ufa: USPTU [Internet]. 2018 [cited 11 Oct 2021]. Available from: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/PED/Iarmukhametova2.pdf
22. Dolomatov M.Yu., Yarmukhametova G.U., Dolomatova M.M. Identification of oil in terms of the parameters of its electron absorption spectrum. *Journal of Applied Spectroscopy*. 2017; 84: 114–119.
23. Maskova A.R. *Polyvinylchloride compositions for construction purposes, plasticized with oxyalkylated alcohol phthalates*. [Abstract of dissertation]. Ufa: Ufa State Petroleum Technological University; 2012.
24. Maskova A.R., Mazitova A.K., Aminova G.K., Rolnik L.Z., Faizullina G.F. Investigation of the rheological properties of PVC-compositions containing phthalate plasticizers. *Nanotechnologies in Construction*. 2018; 10(3): 127–137. [dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-3-127-137](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-3-127-137).
25. Faizullina G.F. *Development of oil and petrol resistant PVC compounds based on new asymmetric phthalate plasticizers* [Abstract of dissertation]. Ufa: Ufa State Petroleum Technological University; 2018.
26. Kheladze N.D., Chiradze G. Influence of plasticizers on the rheological properties of PVC-compositions. *Theoretical and applied aspects of modern science*. 2014; 5-1: 66–67.
27. Glazyrin A.B., Abdullin M.I., Mukhametzyanova A.A., Khamidullin E.N. Quantitative assessment of the influence of plasticizers on the rheological properties of PVC-compositions. *Plast. masses*. 2006; 9: 6.
28. Saygitbatalova S.Sh., Dolgusheva M.A., Cherezova E.N. Thermal stability of PVC materials plasticized with mixtures of phthalate plasticizers. In: *Technological innovations and scientific discoveries. Collection of scientific articles based on the materials of the III International Scientific and Practical Conference*. Ufa; 2020. p. 15–18.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

Albina R. Maskova – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia, asunasf@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8171-8027>

Gulnara U. Yarmukhametova – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia, gulnara.ulfatovna@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7443-837X>

Natalia B. Gareeva – Dr. Sci. (Eng.), Prof., Roads and construction technology Department, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia, natagon56@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7487-4195>

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

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 22.10.2021; approved after reviewing 15.11.2021; accepted for publication 18.11.2021.



Получение новых фталатных пластификаторов

Гулия Карамовна Аминова, Альбина Рафитовна Маскова* , Гульнара Ульфатовна Ярмухаметова ,
Наталья Борисовна Гареева , Алия Карамовна Мазитова 

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

* Автор, ответственный за переписку: e-mail: asunasf@mail.ru

АННОТАЦИЯ: Введение. Увеличение объемов производства и расширение сфер применения поливинилхлоридных (ПВХ) пластикаторов способствует разработке новых добавок и привлечению новых источников сырья для их производства. Наиболее важными добавками, необходимыми для переработки ПВХ, являются пластификаторы. Рынок пластификаторов составляет один из крупнейших сегментов мирового рынка добавок. Являясь наиболее простым, дешевым и доступным способом модификации различных свойств полимерных композиций, пластификаторы для обработки полимерных материалов в последнее время стали играть более существенную роль. Наиболее практичными в применении считаются сложнэфирные пластификаторы, способные пластифицировать почти все полимеры, особенно поливинилхлорид. В настоящее время промышленность освоила выпуск более трехсот марок пластификаторов, большую часть которых составляют эфиры фталевой кислоты. Традиционные, фталатные пластификаторы наиболее широко используются во всем мире. **Методы и материалы.** В работе описаны реакции этерификации фталевого ангидрида оксиэтилированным (степень оксиэтилирования 1,2) и оксипропилированным (степень оксипропилирования 1,1) крезоломи. Получены новые симметричные и несимметричные фталатные пластификаторы – дикрезоксикрезилфталат, бутоксиэтилкресоксизилфталат, крезилкресоксизилфталат и крезилкресоксипропилфталат, подобраны оптимальные условия их получения, исследованы их физико-химические свойства. Полученные экспериментальные данные использованы для выявления перспективных новых пластификаторов фталатного типа методом кластерного анализа. Кластерный анализ для решения данной задачи наиболее эффективен, т.к. предназначен для объединения некоторых образцов в классы (кластеры) таким образом, чтобы в один кластер попали максимально схожие по свойствам, но при этом образцы разных кластеров максимально отличались друг от друга. Кластеризация проведена в программе Statistica 10. Поскольку в настоящее время эталонным пластификатором является диоктилфталат (ДОФ), результаты испытаний образцов сравнены с показателями ПВХ-пластикатов, содержащих ДОФ. **Результаты и обсуждение.** По полученным данным установлено, что бутоксиэтилкресоксизилфталат обладает наилучшими характеристиками по пластифицирующей способности. Изучено влияние выделенного пластификатора на технологические характеристики ПВХ-композиций. Эффективность синтезированного бутоксиэтилкресоксизилфталата в ПВХ-композиции оценена по показателю (индексу) текучести расплава (ПТР) и по показателям «термостабильность» и «цветостабильность». **Заключение.** Использование разработанной добавки способствует получению ПВХ-компаундов с улучшенными реологическими характеристиками, повышенной термостойкостью и цветостойкостью.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кластерный анализ, крезол, математическое ожидание, пластификатор поливинилхлорида, плотность распределения, показатель текучести расплава, стандартизация данных, термостабильность, фталаты оксикалированных крезолов, цветостабильность.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Аминова Г.К., Маскова А.Р., Ярмухаметова Г.У., Гареева Н.Б., Мазитова А.К. Получение новых фталатных пластификаторов // Нанотехнологии в строительстве. 2021. Т. 13, № 6. С. 379–385. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-6-379-385>.

ВВЕДЕНИЕ

Материалы на основе поливинилхлорида находят широкое практическое применение. Это обусловлено способностью его к модификации свойств за счет введения при переработке специальных доба-

вок различного функционального назначения — пластификаторов, наполнителей, смазок, термостабилизаторов, антипиренов, антиоксидантов, красителей и т.д. [1–7].

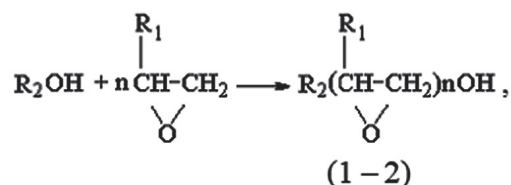
Пластификаторы составляют основную часть ПВХ-композиций, которые вводят для регулирова-

ния физико-механических и реологических свойств полимерных компаундов. Правильный выбор системы пластификатор-полимер облегчает переработку последнего и улучшает многие другие эксплуатационные свойства мягких изделий. Общий годовой объем производства пластификаторов в России составляет 4,5% от мирового уровня. Более 70 процентов потребляемых в России пластификаторов приходится на фталатные пластификаторы [8–15]. Однако, несмотря на большое количество соединений, используемых в качестве пластификаторов, наблюдается динамика роста их промышленного применения, к тому же возрастающие требования к пластикатам стимулируют развитие исследований в области синтеза и использование новых функциональных добавок, удовлетворяющих повышенным требованиям потребителей ПВХ-материалов.

В данной работе приведены результаты исследований методов синтеза и некоторых свойств симметричных и несимметричных фталатов оксиалкилированных крезолов, проведен кластерный анализ полученных экспериментальных данных с целью выявления образцов с высокими физико-химическими показателями, а также исследовано влияние пластификаторов на термостабильность, цветостабильность полимера и технологичность получения ПВХ-компаундов.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

На первом этапе были получены и анализированы оксиалкилированные крезолы взаимодействием крезола и оксида этилена (пропилена) при мольном соотношении реагентов 1:1,2 и 1:1,1 соответственно по схеме:



где $\text{R}_1 = \text{H}$, $\text{R}_2 = \text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_3$ – соединение 1;
 $\text{R}_1 = \text{CH}_3$, $\text{R}_2 = \text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_3$ – соединение 2.

Процесс оксиалкилирования спиртов хорошо изучен [16–18]. Реакцию проводят при 110–180°C, пропуская газообразный оксид этилена (пропилена) через реакционную массу. Скорость подачи оксида этилена (пропилена) регулируют таким образом, чтобы не вступивший в реакцию оксид конденсировался в обратном холодильнике и стекал обратно в реактор без захлебывания. В качестве катализатора в основном используется гидроксид натрия [19]. Выход оксиалкилированных крезолов количественный.

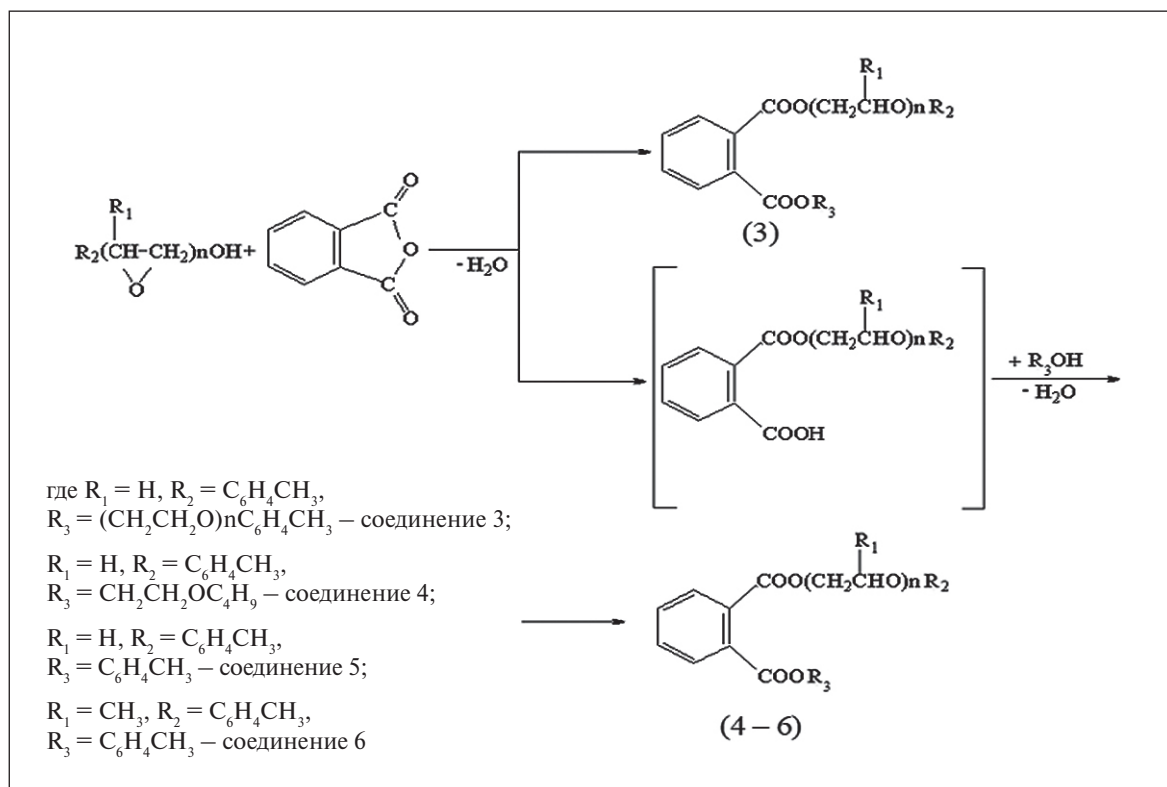


Рис. 1. Общая схема получения фталатов оксиалкилированных крезолов

Таблица 1

Физико-химические свойства оксиалкилированных крезолов

Показатели	№ соединения	
	1	2
Плотность, d_{4}^{20}	0,9471–1,0767	0,9262–1,0558
Показатель преломления, n_D^{20}	1,5319–1,5347	1,5308–1,5313
Эфирное число, мг КОН/г	679–689	644–647
Молекулярная масса, найдено	163–165	173–174
Молекулярная масса, вычислено	162	172

Характеристики полученных соединений приведены в табл. 1.

На втором этапе были получены симметричные и несимметричные фталаты оксиалкилированных крезолов. Выход целевых продуктов – более 90%. Общая схема получения представлена на рис. 1.

Синтез дикрезоксикрезилфталата осуществляли этерификацией фталевого ангидрида оксиэтилированными крезолами в изотермическом режиме с использованием в качестве катализатора п-толуолсульфокислоты (ПТСК). В реактор, снабженный мешалкой, термометром и ловушкой Дина-Старка, загружали фталевый ангидрид в количестве 1 моль и оксиэтилированные крезолы в количестве 2,2 моль. Количество ПТСК в ходе эксперимента оставалось постоянным и составляло 1% (мас. от загрузки). Для удаления образующейся воды применяли растворитель ксилол объемом 200 мл. Этерификаты после охлаждения промывали в делительной воронке 5 %-ным раствором щелочи и теплой дистиллированной водой, осушали над свежепрокаленным сульфатом натрия, растворитель отгоняли.

Бутоксипропилкрезоксипропилфталат, крезилкрезоксипропилфталат и крезилкрезоксипропилфталат получали двухстадийной этерификацией фталевого ангидрида в одном реакционном объеме. В реактор, снабженный мешалкой, термометром и ловушкой Дина-Старка, загружали фталевый ангидрид и оксиэтилированные (оксипропилированные) крезолы при эквимолярном соотношении исходных реагентов 1:1 и синтезировали соответствующие моноэфиры в присутствии ПТСК при 110–140°C. Глубину этерификации контролировали по количеству выделившейся воды и кислотному числу этерификатов. Не выделяя моноэфиры, проводили доэтерификацию 50 %-ным избытком соответствующего спирта (бутилцеллозольва или крезола) при температуре кипения реакционной массы в присутствии ПТСК, количество которого в ходе эксперимента оставалось постоянным и составляло 1% (мас. от загрузки). Для выноса образующейся воды применяли раство-

Таблица 2

Названия и номера соединений

№ соединения	Название соединения
3	Дикрезоксикрезилфталат
4	Бутоксипропилкрезоксипропилфталат
5	Крезилкрезоксипропилфталат
6	Крезилкрезоксипропилфталат

ритель ксилол объемом 200 мл. Этерификаты после охлаждения промывали в делительной воронке 5%-ным раствором щелочи и теплой дистиллированной водой, осушали над свежепрокаленным сульфатом натрия, растворитель отгоняли.

Полученные фталаты оксиалкилированных спиртов представляют собой прозрачные маслянистые жидкости желтоватого цвета. Названия соединений приведены в табл. 2.

Характеристики синтезированных соединений приведены в табл. 3.

Физико-химические показатели предложенных пластификаторов (табл. 3) анализировали согласно ГОСТ 8728-88 «Пластификаторы. Технические условия».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнение плотности и показателя преломления – важнейших характеристик, необходимых при распознавании сложноефирных пластификаторов [12] (табл. 3), у оксиэтилированных и оксипропилированных фталатов показало, что у оксиэтилированного фталата данные параметры несколько выше. Это, по-видимому, объясняется наличием боковой метильной группы в спиртовой части эфира. При наличии ароматических радикалов в молекуле сложных эфиров плотность их выше, а показатель преломления ниже, чем в случае алкильных радикалов в эфире одной и той же кислоты. Поэтому у смешанного эфира, содержащего и алкильный, и арильный ра-

Таблица 3

Физико-химические свойства симметричных и несимметричных фталатов оксиалкилированных спиртов

Показатели	№ соединения				ДОФ*
	3	4	5	6	
Плотность, d_{4}^{20}	1,1267–1,1310	1,1105–1,1192	1,1077–1,1117	1,0812–1,0884	0,9750
Показатель преломления, n_D^{20}	1,5156–1,5185	1,5318–1,5334	1,5246–1,5272	1,3098–1,3181	1,4871
Кислотное число, мг КОН/г	0,32–0,46	0,28–0,45	0,25–0,38	0,37–0,50	0,1
Эфирное число, мг КОН/г	247–248	272–274	279–281	273–275	287
Молекулярная масса, найдено	451–454	409–412	399–402	407–410	397
Молекулярная масса, вычислено	452	410	399	404	390
Массовая доля летучих веществ (100°C, 6 час.), %	0,08–0,27	0,10–0,15	0,05–0,30	0,09–0,34	0,10

* ДОФ – промышленный пластификатор диоктилфталат

дикалы, тоже наблюдается тенденция к уменьшению плотности и увеличению показателя преломления по сравнению с эфиром симметричного строения, содержащим два ароматических радикала, что объясняется различием в их структуре спиртовых радикалов.

На следующем этапе решено уделить особое внимание вопросам кластеризации сложноэфирных пластификаторов и выявлению из них тех, что имеют оптимальные характеристики, не уступающие промышленным пластификаторам.

В качестве метода исследования выбран кластерный анализ [20], широко применяемый в исследовании и группировке экспериментальных данных по их подобию.

Первым этапом в обработке полученных результатов (табл. 3) является их стандартизация [21]. Физико-химические свойства пластификатора (X) принимают значения, принадлежащие некоторому промежутку конечной длины, характеризующиеся тем, что плотность вероятности на этом промежутке почти всюду постоянна (рис. 2).

Т.е. можно утверждать, что случайные величины X имеют непрерывное равномерное распределение. Математическое ожидание данного распределения определяется формулой:

$$X_i = (x_{i1} + x_{i2})/2,$$

где X_i – математическое ожидание; x_{i1} – начало интервала; x_{i2} – конец интервала (табл. 4)

Стандартизация числовых характеристик в табл. 4 проведена методом минимакс.

На втором этапе обработки полученных экспериментальным путем результатов применили

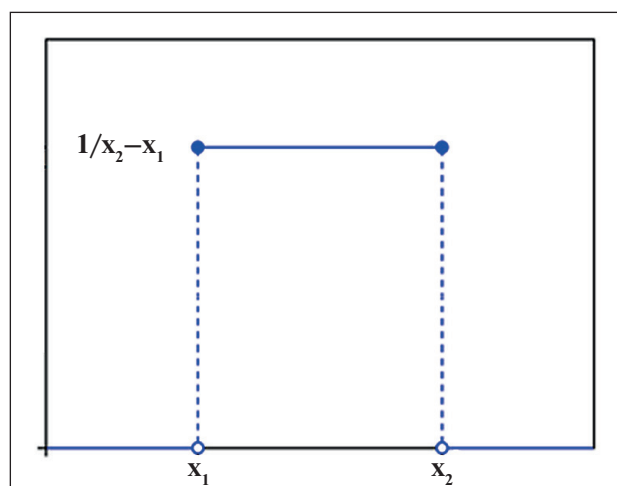


Рис. 2. Плотность вероятностей физико-химических свойств пластификатора

кластер-анализ. Кластерный анализ для решения данной задачи наиболее эффективен, т.к. предназначен для объединения некоторых образцов в классы (кластеры) таким образом, чтобы в один кластер попали максимально схожие по свойствам, но при этом образцы разных кластеров максимально отличались друг от друга. Кластеризацию проводили в программе Statistica 10; результаты представлены на рис. 3.

По результатам анализа дендрограммы [22] можно утверждать, что сформированы два основных кластера (табл. 5).

Исследование числовых характеристик свойств симметричных и несимметричных фталатов оксиалкилированных спиртов показало, что образцы № 3, 5, 6 принадлежат кластеру М, а образец № 4 и промышленный пластификатор ДОФ – кластеру N. Это

Таблица 4

Рассчитанные математические ожидания физико-химических свойств симметричных и несимметричных фталатов оксиалкилированных спиртов

Показатели	№ соединения				ДОФ
	3	4	5	6	
Плотность, d_{4}^{20}	1,0718	1,1149	1,1097	1,0848	0,9750
Показатель преломления, n_D^{20}	1,5171	1,5326	1,5259	1,3140	1,4871
Эфирное число, мг КОН/г	248	273	280	274	287
Молекулярная масса, найдено	453	411	401	409	397
Молекулярная масса, вычислено	452	410	399	404	390
Массовая доля летучих веществ (100°C, 6 час.), %	0,18	0,13	0,18	0,22	0,10
Кислотное число, мг КОН/г	0,39	0,37	0,32	0,44	0,10

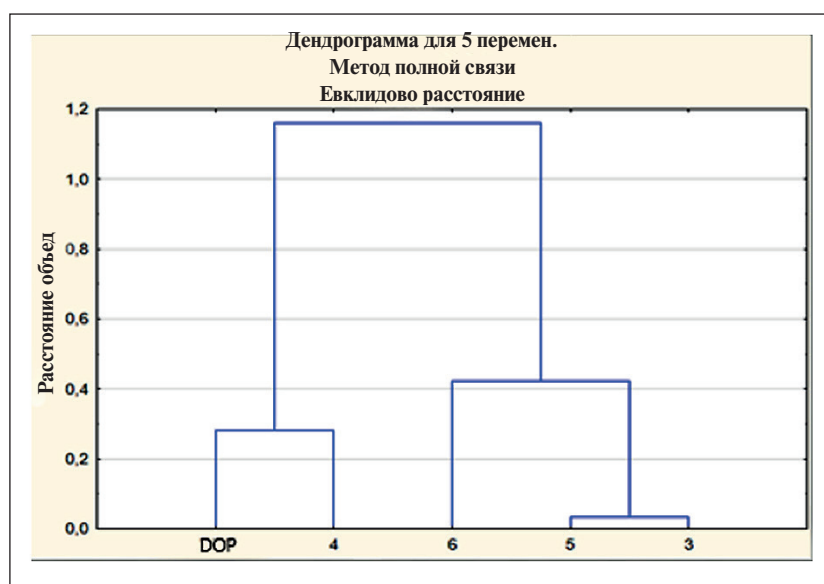


Рис. 3. Дендрограмма кластеризации экспериментальных данных

Таблица 5

Результаты кластерного анализа образцов методом полной связи

Имя кластера	Члены кластера / номер образца
N	ДОФ, 4
M	3, 5, 6

говорит о том, что образец № 4 сопоставим по свойствам с промышленным пластификатором ДОФ.

С целью изучения влияния пластификаторов на свойства полимерной композиции нами были получены ПВХ-пластики (табл. 6). Изучение пластифицирующего действия проводили в сравнении с модельной ПВХ-композицией, содержащей промышленный пластификатор – диоктилфталат.

Эффективность синтезированного бутоксиэтилкрезоксиэтилфталата в ПВХ-композиции оценивали по показателю (индексу) текучести расплава (ПТР) и по показателям «термостабильность» и «цветостабильность» (табл. 7). Вышеуказанные показатели, определяемые соответственно по ГОСТ 11645-73 и визуально по времени до появления окрашивания пленки при термоэкспозиции (180°C), являются

ключевыми параметрами, во многом определяющими технологичность ПВХ-композиций и выбор условий переработки полимерной композиции. Кроме того, ПТР может быть использован для контроля качества сырья (компонентов) полимерной композиции, а термостабильность позволяет оценить не только технологичность ПВХ-композиций, но и качество смешения, а также рассчитать оптимальные параметры процесса переработки и гарантировать получение качественных изделий [23–28].

Из экспериментальных результатов следует, что предложенный пластификатор в большей степени, чем ДОФ повышает термо-, цветостабильность и те-

Таблица 6

Состав рецептур ПВХ-композиций

Состав, мас.ч.	Композиция	
	модельная	экспериментальная
ПВХ	100	100
Диоктилфталат	80	
Бутоксиэтилкрезоксиэтилфталат		80
Термостабилизатор	3	3

Таблица 7

Показатели рецептур ПВХ-композиций

Композиция	Показатели		
	ПТР T = 170°C, P = 16,6 кгс, г/10 мин.	Время термостабильно- сти, мин, 175°C	Цветостабильность, мин., 180°C
Модельная	7,9	170	52
Экспериментальная	8,2	243	58

кучесть расплава ПВХ-композиции и снижает температуру ее переработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ВЫВОДЫ):

- получены новые симметричные и несимметричные фталатные пластификаторы — дикрезоксикрезилфталат, бутоксиэтилкрезоксиэтилфталат, крезилкрезоксиэтилфталат и крезилкрезоксипропилфталат и изучены их физико-химические свойства;
- на основании анализа физико-химических характеристик проведена сравнительная оценка свойств предложенных новых пластификаторов методами кластерного анализа и установлено, что образец № 4 обладает высокими показателями

качества, сопоставимыми с показателями промышленного пластификатора;

- ПВХ-композиции на основе бутоксиэтилкрезоксиэтилфталата обладают более высокой технологичностью, чем аналогичные компаунды, содержащие ДОФ, что позволяет проводить их переработку при более низких температурах.

Таким образом, использование фталатов оксиалкилированных крезолов в качестве пластификаторов при переработке поливинилхлорида способствует увеличению термостабильности, повышению текучести полимерного расплава и улучшению условий переработки полимерной композиции, что позволяет рекомендовать их для практического использования в составе ПВХ-материалов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ульянов В.М., Рыбкин Э.П., Гудкович А.Д., Пишин Г.А. Поливинилхлорид. М.: Химия, 1992. 288 с.
2. Уилки Ч., Саммерс Дж., Даниелс Ч. Поливинилхлорид. СПб.: Профессия, 2007. 728 с.
3. Зильберман Е.Н. Получение и свойства поливинилхлорида. М.: Химия, 1968. 418 с.
4. Мазитова А.К., Аминова Г.К., Нафикова Р.Ф., Дебердеев Р.Я. Основные поливинилхлоридные композиции строительного назначения. Уфа. 2013. 130 с.
5. Шиллер М. Добавки к ПВХ. Состав, свойства, применение / Пер. с англ. яз. под ред. Н.Н Тихонова. СПб.: ЦОП «Профессия», 2017. 400 с.
6. Цвайфель Х., Маер Р.Д., Шиллер М. Добавки к полимерам. Справочник. Перевод с англ. 6-го изд. (Plastic Additives Handbook), под. ред. В.Б. Узденского, А.О. Григорова. Профи-Информ. 2010. 1144 с.
7. Маслова И.П. Химические добавки к полимерам. Справочник. М.: Химия, 1981. 264 с.
8. Нейман М.Б. Строение и стабилизация полимеров. М.: Химия, 1964. 396 с.
9. Ошин Л.А. Промышленные хлорорганические продукты. М.: Химия, 1978. 592 с.

10. Брагинский О.Б. Сырьевая база нефтехимии: современное состояние и перспективы развития // Материалы семинара «Хлорорганический синтез, тенденции рынка и технологий». М.: Изд. Московской государственной академии тонкой химической технологии имени М.В. Ломоносова, 2006. С. 4.
11. Тиниус К. Пластификаторы. М.: Химия, 1964. 915 с.
12. Барштейн Р.С., Кириллович В.И., Носовский Ю.Е. Пластификаторы для полимеров. М.: Химия, 1982. 196 с.
13. Штаркман Б.П. Пластификация ПВХ. М.: Химия, 1975. 248 с.
14. Козлов П.В., Попков С.П. Физико-химические основы пластификации полимеров. М.: Химия, 1982. 224 с.
15. Мазитова А.К., Нафикова Р.Ф., Аминова Г.К. Пластификаторы поливинилхлорида / Наука и эпоха: монография; под общей ред. проф. О.И. Кирикова. Воронеж, 2011. С. 277–297.
16. Хамаев В.Х. Синтез и исследование свойств сложноэфирных соединений и разработка на их основе пластификаторов и компонентов синтетических масел: Дис.... докт. техн. наук. Уфа. 1982. 486 с.
17. Эйдуз Я.Т., Пирожков С.Д., Пузицкий К.В. О синтезе карбоновых кислот в условиях кислотного катализа из окиси углерода, олефинов и ацилирующих соединений // Журнал органической химии. 1968. Т. 4, № 7. С. 1214–1219.
18. Капустин А.Е. Гетерогенные катализаторы реакций оксигенирования: Автореф. дис...канд. хим. наук. М. 1984. 16 с.
19. Баранов Ю.И. Исследование реакции окиси этилена со спиртами при основном катализе: Автореф. дис...канд. хим. наук. М. 1965. 15 с.
20. Ярмухаметова Г.У., Кулагин И.О. Использование в строительстве кластерной модели / Материалы 69-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ. В 2 т. / отв. ред. Р.А. Исмаков. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2018. С. 362–363.
21. Ярмухаметова Г.У. Математическое моделирование. Теоретические основы. Материалы для практических занятий и самостоятельной работы обучающихся. Методические указания. Учебно-методический комплекс [Электронный ресурс]. Уфа: УГНТУ, 2018.
22. Dolomatov M.Yu., Yarmukhametova G.U., Dolomatova M.M. Identification of oil in terms of the parameters of its electron absorption spectrum. *Journal of Applied Spectroscopy*. 2017; 84: 114–119.
23. Маскова А.Р. Поливинилхлоридные композиции строительного назначения, пластифицированные фталатами окисалкированных спиртов. — Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Уфимский государственный нефтяной технический университет. Уфа. 2012.
24. Маскова А.Р., Мазитова А.К., Аминова Г.К., Рольник Л.З., Файзуллина Г.Ф. Исследование реологических свойств ПВХ-композиций, содержащих фталатные пластификаторы // Нанотехнологии в строительстве. 2018. Том 10, № 3. С. 127–137. DOI: [dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-3-127-137](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-3-127-137).
25. Файзуллина Г.Ф. Разработка маслостойких ПВХ-пластиков на основе новых несимметричных фталатных пластификаторов. Автореф. дис... канд. техн. наук / Уфимский государственный нефтяной технический университет. Уфа. 2018.
26. Хеладзе Н.Д., Влияние пластификаторов на реологические свойства ПВХ-композиций / Н.Д. Хеладзе, Г. Чирадзе // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2014. № 5-1. С. 66–67.
27. Глазырин А.Б., Абдуллин М.И., Мухаметзянова А.А., Хамидуллин Э.Н. Количественная оценка влияния пластификаторов на реологические свойства ПВХ-композиций // Пласт. массы. 2006. № 9. С. 6.
28. Сайгитбаева С.Ш., Долгушева М.А., Черезова Е.Н. Термостабильность ПВХ материалов, пластифицированных смесями фталатных пластификаторов // Технологические инновации и научные открытия: сборник научных статей по материалам III Международной научно-практической конференции. Уфа. 2020. С. 15–18.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Аминова Гулия Карамовна – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Республика Башкортостан, Уфа, Россия, aminovagk@inbox.ru

Маскова Альбина Рафитовна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Республика Башкортостан, Уфа, Россия, asunasf@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8171-8027>

Ярмухаметова Гульнара Ульфатовна – канд. техн. наук, доцент кафедры «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Республика Башкортостан, Уфа, Россия, gulnara.ulfatovna@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7443-837X>

Гареева Наталия Борисовна – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Автомобильные дороги и технология строительного производства», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Республика Башкортостан, Уфа, Россия, natagon56@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7487-4195>

Мазитова Алия Карамовна – д-р хим. наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Республика Башкортостан, Уфа, Россия, elenaasf@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2304-1692>

ВКЛАД АВТОРОВ

Авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 22.10.2021; одобрена после рецензирования 15.11.2021; принята к публикации 18.11.2021.

Content of the issues for 2021

№ 1/2021

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

№ 2/2021

PUBLISHER INFORMATION	48
------------------------------------	-----------

TO THE AUTHORS AND READERS

Electronic Edition «Nanotechnologies in Construction: a Scientific Internet-Journal» has been included in Scopus	51
--	----

APPLICATION OF NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION

Letenko D.G., Pukharensko Yu.V., Aubakirova I.U.

X-ray spectral methods for measuring the degree of ordering of carbon nanoparticles	52
---	----

THE STUDY OF THE PROPERTIES OF NANOMATERIALS

Kuligin S.V., Kosyakov A.V., Belov P.V., Lapenko A.A., Ishkov A.D.

Water purification from oil and petrol products using nano-porous super-hydrophilic materials.....	63
--	----

DEVELOPMENT OF NEW POLYMER MATERIALS

Mazitova A.K., Aminova G.K., Buylova E.A., Zaripov I.I., Vikhareva I.N.

Biodegradable polymer materials and modifying additives: current state. Part III	73
--	----

REVIEW OF NANOTECHNOLOGICAL INVENTIONS

Ivanov L.A., Xu L.D., Pisarenko Zh.V., Wang Q., Prokopyev P.S. Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies. Part II.....

79

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL COOPERATION

Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities	90
---	----

PROBLEMS OF USING NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGY IN CONSTRUCTION

Belozerov V.V., Belozerov V.V., Dolakov T.B., Nikulin M.A., Oleinikov S.I.

Nanotechnology of "intellectualization" of energy accounting and of suppression of fire-energy harm in engineering systems of residential buildings. Part 1.....	95
--	----

MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS

Ayzenshtadt A.M., Drozdov T.A., Danilov V.E., Frolova M.A., Garamov G.A. Surface activity of concrete waste powders..

108

MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS

Ivanova O.V., Khalikov R.M., Salov A.S., Nizamutdinov M.Kh., Zinnatullin V.V.

Technological equipment management for 3D additive printing of building nanocomposites.....	117
---	-----

THE RESULTS OF THE SPECIALISTS' AND SCIENTISTS' RESEARCHES

<i>Borisova O.N., Doronkina I.G., Feoktistova V.M.</i> Resource-saving nanotechnologies in waste water treatment	124
--	-----

PUBLISHING ETHICS	131
--------------------------------	------------

AUTHOR GUIDELINES.....	135
-------------------------------	------------

№ 3/2021

PUBLISHER INFORMATION	140
------------------------------------	-----

TO THE AUTHORS AND READERS

The electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» has been included in Advanced Science Index (ASI).....	143
---	-----

CONSTRUCTION MATERIAL SCIENCE

<i>Zhukov A.D., Bessonov I.V., Bobrova E.Yu., Gorbunova E.A., Demissie B.A.</i> Materials based on modified gypsum for facade systems	144
--	-----

DEVELOPMENT OF NEW POLYMER MATERIALS

<i>Abdrakhmanova L.A., Galeev R.R., Khantimirov A. G., Khozin V.G.</i> Efficiency of carbon nanostructures in the composition of wood-polymer composites based on polyvinyl chloride	150
---	-----

REVIEW OF NANOTECHNOLOGICAL INVENTIONS

<i>Ivanov L.A., Xu L.D., Bokova E.S., Demenev A.V., Ivanov V.A.</i> Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies. Part III	158
---	-----

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL COOPERATION

Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities	166
---	-----

PROBLEMS OF USING NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGY IN CONSTRUCTION

<i>Belozerov V.V., Voroshilov I.V., Denisov A.N., Nikulin M.A., Oleinikov S.N.</i> Nanotechnology of "intellectualization" of energy accounting and suppression of fire-energy harm in engineering systems of residential buildings. Part 2	171
--	-----

REVIEW OF TECHNOLOGICAL INNOVATION

<i>Lu Y.</i> Technological innovation and the emergence of a new interdisciplinary field – Management Analytics	181
--	-----

THE RESULTS OF THE SPECIALISTS' AND SCIENTISTS' RESEARCHES

<i>Tuktarova I.O., Bolotov R.A.</i> Analysis of the existing methodological approaches to the problem of establishing the boundaries of soil pollution with the main pollutants and metal-containing nanoparticles in the areas of location of unauthorized dumps	193
--	-----

PUBLISHING ETHICS	201
--------------------------------	-----

AUTHOR GUIDELINES	205
--------------------------------	-----

№ 4/2021

PUBLISHER INFORMATION	210
------------------------------------	------------

APPLICATION OF NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES IN BUILDING

<i>Sinitsin D.A., Shayakhmetov U.Sh., Rakhimova O.N., Khalikov R.M., Nedoseko I.V.</i> Nanostructured foam ceramics for building purposes: production technology and applications	213
--	-----

MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS

<i>Morozova M.V., Ayzenshtadt A.M., Akulova M.V., Frolova M.A., Shamanina A.V.</i> Evaluation of the possibility to use powders of polymineral silica-containing sands as a hydrophobizing coating.....	222
<i>Fomina N.N., Khozin V.G.</i> Compatibilization of polymer mixtures during processing of waste products from thermoplastics.....	229

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL COOPERATION

Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities	237
---	-----

REVIEW OF NANOTECHNOLOGICAL INVENTIONS

<i>Ivanov L.A., Xu L.D., Pisarenko Zh.V., Nguyen C.T., Muminova S.R.</i> Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies. Part IV	242
--	-----

SYSTEM SOLUTIONS FOR TECHNOLOGICAL PROBLEMS

<i>Muravyova E.A., Kochenkov A.V.</i> Development of an intelligent control system for the process of preparation and water transfer in the cooling circuit of an ammonia station.....	252
--	-----

SAFETY OF BUILDINGS AND FACILITIES

<i>Gura D.A., Bespyatchuk D.A., Samarin S.V., Kiryunikova N.M., Lesovaya E.D.</i> Technology of three-dimensional laser scanning as a tool to provide safety for sport facilities	259
--	-----

PUBLISHING ETHICS	264
--------------------------------	------------

AUTHOR GUIDELINES.....	268
-------------------------------	------------

№ 5/2021

PUBLISHER INFORMATION	273
------------------------------------	-----

MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS

Ayzenshtadt A.M., Danilov V.E., Drozdyuk T.A., Frolova M.A., Garamov G.A.

Integral quality indicators of waste concrete for reuse	276
---	-----

THE RESULTS OF THE SPECIALISTS' AND SCIENTISTS' RESEARCHES

Gusev B.V., Yin S.Y-L., Speransky A.A.

Arrangement of chemical elements in the three-dimensional matrix	282
--	-----

CONSTRUCTION MATERIAL SCIENCE

Maher El-Tair A., El-Feky M.S., Mohsen Alaa, Kohail M.

Properties of nano engineered concrete subjected to accelerated corrosion	293
---	-----

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL COOPERATION

Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities	306
---	-----

REVIEW OF NANOTECHNOLOGICAL INVENTIONS

Ivanov L.A., Xu L.D., Razumeev K.E., Feoktistova V.M., Prokopiev P.S.

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

Part V	311
--------------	-----

APPLICATION OF NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION

Boev E.V., Islamutdinova A.A., Aminova E.K.

Obtaining the retainer for waterproofing road bitumens.....	319
---	-----

PUBLISHING ETHICS	328
--------------------------------	-----

AUTHOR GUIDELINES	332
--------------------------------	-----

№6 / 2021

HAPPY NEW YEAR 2022!	338
PUBLISHER INFORMATION	339
TO THE AUTHORS AND READERS	
Electronic edition "Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal" is the laureate of the I.A. Grishmanov Prize 2021	342
MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS	
<i>Massalimov I.A., Massalimov B.I., Mustafin A.G.</i> Improving the performance characteristics of gas concrete impregnated with calcium polysulfide	343
APPLICATION OF NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION	
<i>Boev E.V., Islamutdinova A.A., Aminova E.K.</i> Method of obtaining calcium silicate for construction	350
SYSTEM SOLUTIONS FOR TECHNOLOGICAL PROBLEMS	
<i>Mazitova A.K., Bulatasov Zh.F., Zaripov I.I., Sapozhnikov E.Yu., Vikhareva I.N.</i> Evaluation of the efficiency of using new environmentally friendly PVC additives based on adipic acid	358
INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL COOPERATION	
Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities	365
REVIEW OF NANOTECHNOLOGICAL INVENTIONS	
<i>Ivanov L.A., Xu L.D., Razumeev K.E., Pisarenko Zh.V., Demenev A.V.</i> Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies. Part VI	370
DEVELOPMENT OF NEW POLYMER MATERIALS	
<i>Aminova G.K., Maskova A.R., Yarmukhametova G.U., Gareeva N.B., Mazitova A.K.</i> Obtaining new phthalate plasticizers	379
CONTENT OF THE ISSUES PUBLISHED IN 2021	386
PUBLISHING ETHICS	392
AUTHOR GUIDELINES	396
CALENDAR 2022	401

Содержание журналов, вышедших в свет в 2021 г.

№ 1/2021

ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ	2
ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	
<i>Фаликман В.Р.</i> Нанопокртия в современном строительстве.....	5
<i>Шаяхметов У.Ш., Ларькина А.А., Халиков Р.М., Синицин Д.А., Недосеко И.В.</i> Методологические инструментариин 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

№ 2/2021

ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ	48
------------------------------------	----

К АВТОРАМ И ЧИТАТЕЛЯМ

Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» включено в Scopus	51
---	----

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Летенко Д.Г., Пухаренко Ю.В., Аубакирова И.У.

Рентгеноспектральные методы измерения степени упорядоченности углеродных наночастиц	52
---	----

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Кулигин С. В., Косяков А.В., Белов П.В., Лапенко А.А., Ишков А.Д.

Очистка воды от маслонефтепродуктов с помощью нанопористых супергидрофильных материалов	63
---	----

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Мазитова А.К., Аминова Г.К., Буйлова Е.А., Зарипов И.И., Вихарева И.Н. Биоразлагаемые

полимерные материалы и модифицирующие добавки: современное состояние. Часть III	73
---	----

ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Иванов Л.А., Скуй Л.Д., Писаренко Ж.В., Ванг Ц., Прокопьев П.С.

Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть II	79
---	----

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов	90
--	----

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Белозеров В.В., Белозеров Вл.В., Долаков Т.Б., Никулин М.А., Олейников С.И.

Нанотехнологии «интеллектуализации» учета энергоресурсов и подавления пожарно-энергетического вреда в инженерных системах жилых зданий. Часть I	95
--	----

ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Айзенштадт А.М., Дроздюк Т.А., Данилов В.Е., Фролова М.А., Гарамов Г.А.

Активность поверхности порошков бетонного лома	108
--	-----

Иванова О.В., Халиков Р.М., Салов А.С., Низамутдинов М.Х., Зиннатуллин В.В. Технологичное управление

оборудованием для 3D-аддитивной печати строительных наноконструкций	117
---	-----

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

Борисова О.Н., Доронкина И.Г., Феоктистова В.М.

Ресурсосберегающие нанотехнологии в водоочистке	124
---	-----

ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА	131
-----------------------------------	-----

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ	135
----------------------------------	-----

№ 3/2021

ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ	140
------------------------------------	-----

К АВТОРАМ И ЧИТАТЕЛЯМ

Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» включено в Advanced Science Index (ASI)	143
--	-----

СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Жуков А.Д., Бессонов И.В., Боброва Е.Ю., Горбунова Э.А., Демисси Б.А. Материалы на основе модифицированного гипса для фасадных систем	144
--	-----

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Абдрахманова Л.А., Галеев Р.Р., Хантимиров А.Г., Хозин В.Г. Эффективность углеродных наноструктур в составе древесно-полимерных композитов на основе поливинилхлорида	150
---	-----

ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Бокова Е.С., Деменев А.В., Иванов В.А. Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть III ...	158
---	-----

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов	166
--	-----

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Белозеров В.В., Ворошилов И.В., Денисов А.Н., Никулин М.А., Олейников С.Н. Нанотехнологии «интеллектуализации» учета энергоресурсов и подавления пожарно-энергетического вреда в инженерных системах жилых зданий. Часть II	171
---	-----

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ

Лу Я. Технологические инновации и возникновение новой междисциплинарной области – аналитики менеджмента	181
---	-----

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

Туктарова И.О., Болотов Р.А. Анализ существующих методологических подходов к проблеме установления границ почвенного загрязнения основными поллютантами и металлосодержащими наночастицами в районах расположения несанкционированных свалок	193
---	-----

ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА	201
-----------------------------------	-----

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ	205
----------------------------------	-----

№ 4/2021

ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ	210
------------------------------------	-----

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Синицин Д.А., Шаяхметов У.Ш., Рахимова О.Н., Халиков Р.М., Недосеко И.В.

Наноструктурированная пенокерамика строительного назначения: технология производства и применения	213
--	-----

ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Морозова М.В., Айзенштадт А.М., Акулова М.В., Фролова М.А., Шаманина А.В.

Оценка возможности использования порошков полиминеральных кремнеземсодержащих песков в качестве гидрофобизирующего покрытия	222
--	-----

Фомина Н.Н., Хозин В.Г.

Компатибилизация смесей полимеров при переработке отходов изделий из термопластов.....	229
--	-----

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов.....	237
---	-----

ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Писаренко Ж.В., Нгуен К.Т., Муминова С.Р.

Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть IV	242
--	-----

СИСТЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Муравьева Е.А., Коченков А.В.

Разработка интеллектуальной системы управления процессом подготовки и перекачки воды в контуре охлаждения аммиачной станции	252
--	-----

БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Гура Д.А., Беспятчук Д.А., Самарин С.В., Кирюникова Н.М., Лесовая Э.Д.

Технология трехмерного лазерного сканирования как средство обеспечения безопасности объектов спортивной инфраструктуры	259
---	-----

ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА	264
-----------------------------------	-----

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ	268
----------------------------------	-----

№ 5/2021

ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ	273
------------------------------------	-----

ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Айзенштадт А.М., Данилов В.Е., Дроздюк Т.А., Фролова М.А., Гарамов Г.А.

Интегральные показатели качества отработанного бетона для вторичного использования	276
--	-----

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

Гусев Б.В., Ин С.И.-Л., Сперанский А.А.

Структурирование химических элементов по объемной матрице	282
---	-----

СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Махер Эль-Таир А., Эль-Феки М.С., Мохсен Алаа, Кохаиль М.

Свойства нанобетона, подверженного ускоренной коррозии	293
--	-----

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов.....	306
---	-----

ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Разумеев К.Э., Феоктистова В.М., Прокопьев П.С.

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

Часть V	311
---------------	-----

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Боев Е.В., Исламутдинова А.А., Аминова Э.К.

Получение закрепителя для гидроизоляционных дорожных битумов.....	319
---	-----

ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА	328
-----------------------------------	-----

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ	332
----------------------------------	-----

№ 6/2021

С НОВЫМ 2022 ГОДОМ!	338
ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ	339
К АВТОРАМ И ЧИТАТЕЛЯМ	
Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» – лауреат премии имени Гришманова И.А. 2021 года	342
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ	
Массалимов И.А., Массалимов Б.И., Мустафин А.Г. Улучшение эксплуатационных характеристикгазобетона пропиткой полисульфидом кальция	343
ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	
Боев Е.В., Исламутдинова А.А., Аминова Э.К. Получение строительного силиката кальция	350
СИСТЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ	
Мазитова А.К., Булатасов Ж.Ф., Зарипов И.И., Сапожников Е.Ю., Вихарева И.Н. Оценка эффективностииспользования новых экологически чистых добавок ПВХ на основе адипиновой кислоты	358
МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	
Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов	365
ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ	
Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Разумеев К.Э., Муминова С.Р., Деменев А.В. Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть VI ...	370
РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
Аминова Г.К., Маскова А.Р., Ярмухаметова Г.У., Гареева Н.Б., Мазитова А.К. Получение новых фталатныхпластификаторов	379
СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРОВ ЖУРНАЛА, ВЫШЕДШИХ В 2021 ГОДУ	386
ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА	392
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ	396
КАЛЕНДАРЬ НА 2022 ГОД	401

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, co-operation 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](#)), Великобритании, [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.

Заемствования 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 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 exclude 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 article, review article, editorial, discussion paper, individual bibliography, editorial notes, book reviews, article reviews, etc.

The structure of the paper

IN ENGLISH

NAME OF THE SECTION (In English)

Original article (review article, editorial, discussion paper, individual bibliography, editorial notes, book reviews, article reviews, etc.) (In English)

<https://doi.org/10.15828/2075-8545-202X-x-x-x-x>

Title (In English)

Authors' first name and last name (In English)

place of employment of each author, city, country (In English)

(name of institution (organization) at which the author works or studies is given without legal form: Ltd, SOE, etc.)

*Corresponding author: e-mail: xxxxxxxxxx

ORCID author:

first name and last name – <https://orcid.org/xxxx-xxxx-xxxx-xxxx>

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):

Abstract: Introduction... Methods and Materials... Results... Discussion... Conclusion...

Keywords: (In English)

Acknowledgments: (if available) (In English)

For citation: (In English)

Example.

For citation: Sinitsin D.A., Shayakhmetov U.Sh., Rakhimova O.N., Khalikov R.M., Nedoseko I.V. Nanostructured foam ceramics for building purposes: production technology and applications. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(4): 213–221. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-4-213-221>.

© authors, 2021

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

• INTRODUCTION

• METHODS AND MATERIALS

• RESULTS

• DISCUSSION

• CONCLUSIONS

References (In English) (Vancouver Style)

Information about the author (authors) (In English)

– first name, last name (full);

– academic degree;

– name of institution (organization) and its department at which the author works or studies is given without legal form: Ltd, SOE, etc.;

– address of the institution (organization), its department at which the author works or studies (city and country);

– authors' e-mail address;

– Open Researcher and Contributor ID (ORCID) (if available).

E-mail address is given without word “e-mail” and is not followed by dot. ORCID is given as an electronic address in Internet and is not followed by dot. Name of institution (organization), its address, e-mail address and ORCID of the author are separated with a comma.

The editors can give additional information about the author: position, honorary title, membership in organizations, etc.

Example.

Zhanna V. Pisarenko – Dr. Sci. (Econ.), Assistant Professor, Saint-Petersburg State University, Economic Faculty, Department of Risk Management and Insurance, Saint-Petersburg, Russia, z.pisarenko@spbu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9082-2897>

Contribution of the authors (In English):

author's last name and initials; author's personal contribution in article writing is briefly described (concept, collection of materials, analytical work, article writing, scientific editing of the text, all authors made equal contribution to preparation of the article, etc.).

Example.

Marina S. Morozova – scientific management; research concept; methodology development; participation in development of curricula and their implementation; writing the draft; final conclusions.

Elena V. Bokova – participation in development of curricula and their implementation; follow-on revision of the text; final conclusions.

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted XX.XX.202X; approved after reviewing XX.XX.202X; accepted for publication XX.XX.202X.

IN RUSSIAN

NAME OF THE SECTION (In Russian)

Original article (review article, editorial, discussion paper, individual bibliography, editorial notes, book reviews, article reviews, etc.) (In Russian)

<https://doi.org/10.15828/2075-8545-202X-x-x-x-x>

Title (In Russian)

Authors' first name and last name (In Russian)

place of employment of each author, city, country (In Russian)

(name of institution (organization) at which the author works or studies is given without legal form: Ltd, SOE, etc.)

* Corresponding author: e-mail: xxxxxxxxxx

ORCID author:

first name and last name (In Russian) - <https://orcid.org/xxxx-xxxx-xxxx-xxxx>

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):

Abstract: Introduction... Methods and Materials... Results... Discussion... Conclusion...

Keywords: (In Russian)

Acknowledgments: (if available) (In Russian)

For citation: (In Russian)

Example.

Для цитирования: Синицин Д.А., Шаяхметов У.Ш., Рахимова О.Н., Халиков Р.М., Недосеко И.В. Наноструктурированная пенокерамика строительного назначения: технология производства и применения // Нанотехнологии в строительстве. 2021. Т. 13, № 4. С. 213–221. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-4-213-221>.

© authors, 2021

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

• **INTRODUCTION**

• **METHODS AND MATERIALS**

• **RESULTS**

• **DISCUSSION**

• **CONCLUSIONS**

References (In Russian) (Vancouver Style)

Information about the author (authors) (In Russian)

– first name, last name (full);

– academic degree;

– name of institution (organization) and its department at which the author works or studies is given without legal form: Ltd, SOE, etc.;

– address of the institution (organization), its department at which the author works or studies (city and country);

– authors' e-mail address;

– Open Researcher and Contributor ID (ORCID) (if available).

E-mail address is given without word "e-mail" and is not followed by dot. ORCID is given as an electronic address in Internet and is not followed by dot. Name of institution (organization), its address, e-mail address and ORCID of the author are separated with a comma.

The editors can give additional information about the author: position, honorary title, membership in organizations, etc.

Example.

Писаренко Жанна Викторовна – д-р экон. наук, доцент кафедры управления рисками и страхования экономического факультета Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия, z.pisarenko@spbu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9082-2897>

Contribution of the authors (In Russian):

author's last name and initials; author's personal contribution in article writing is briefly described (concept, collection of materials, analytical work, article writing, scientific editing of the text, all authors made equal contribution to preparation of the article, etc.).

Пример.

Морозова М.С. – научное руководство; концепция исследования; развитие методологии; участие в разработке учебных программ и их реализации; написание исходного текста; итоговые выводы.

Бокова Е.В. – участие в разработке учебных программ и их реализации; доработка текста; итоговые выводы.

The authors declare no conflicts of interests. (In Russian)

The article was submitted XX.XX.202X; approved after reviewing XX.XX.202X; accepted for publication XX.XX.202X. (In Russian)

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. The journal adopted the Vancouver style of reference design and citation.

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: научные статьи, обзорные статьи, редакционные статьи, дискуссионные статьи, редакторские заметки, рецензии на книгу, рецензии на статью и т. п.

Структура статьи (в соответствии с ГОСТ Р 7.0.7–2021)

НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

НАЗВАНИЕ РУБРИКИ ИЛИ РАЗДЕЛА ЖУРНАЛА (In English)

Original article (review article, editorial, discussion paper, individual bibliography, editorial notes, book reviews, paper reviews, etc.) (In English)

<https://doi.org/10.15828/2075-8545-202X-x-x-x-x>

Заглавие статьи (In English)

Имя Отчество (при наличии) **Фамилия автора** (-ов) (In English)

обязательное указание места работы каждого автора, город, страна (In English)

(наименование организации (учреждения), где работает или учится автор указывается без обозначения организационно-правовой формы юридического лица: ФГБУН, ФГБОУ ВО, ПАО, АО и т.п.)

* Corresponding author: e-mail: xxxxxxxxxx

ORCID автора (-ов):

Фамилия и инициалы – <https://orcid.org/xxxx-xxxx-xxxx-xxxx>

Abstract: независимый от статьи источник информации, который позволяет ученым и 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, Discussion, Conclusion**), компактными – укладываться в 200–250 слов) (на английском языке):

Abstract: Introduction... Methods and Materials... Results... Discussion...Conclusion...

Keywords: (In English)

Acknowledgments: (при наличии) (In English)

For citation: (In English)

Пример.

For citation: Sinitsin D.A., Shayakhmetov U.Sh., Rakhimova O.N., Khalikov R.M., Nedoseko I.V. Nanostructured foam ceramics for building purposes. *Nanotechnologies in Construction*. 2021;13(4):213–221. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-4-213-221>.

© authors, 2021

Статья ((In English) объем – 3–6 тыс. слов):

• **INTRODUCTION**

• **METHODS AND MATERIALS**

• **RESULTS**

• **DISCUSSION**

• **CONCLUSION**

References (In English) (согласно Vancouver Style)

Information about the author (authors) (In English)

– имя, отчество, фамилия автора (полностью);

– ученое звание;

– ученая степень;

– наименование организации (учреждения), ее подразделения, где работает или учится автор (без обозначения организационно-правовой формы юридического лица: ФГБУН, ФГБОУ ВО, ПАО, АО и т.п.);

– адрес организации (учреждения), ее подразделения, где работает или учится автор (город и страна);

- электронный адрес автора (e-mail);
- открытый идентификатор ученого (Open Researcher and Contributor ID – ORCID) (при наличии).

Электронный адрес автора приводят без слова “e-mail”, после электронного адреса точку не ставят. ORCID приводят в форме электронного адреса в сети «Интернет». В конце ORCID точку не ставят. Наименование организации (учреждения), ее адрес, электронный адрес и ORCID автора отделяют друг от друга запятыми.

Редакция издания может расширить дополнительные сведения об авторе: указать его должность, почетные звания, членство в организациях и т. п.

Пример.

Zhanna V. Pisarenko – Dr. Sci. (Econ.), Assistant Professor, Saint-Petersburg State University, Economic Faculty, Department of Risk Management and Insurance, Saint-Petersburg, Russia, z.pisarenko@spbu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9082-2897>

Contribution of the authors (In English):

фамилия и инициалы автора; в краткой форме описывается личный вклад автора в написание статьи (идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста, все авторы сделали эквивалентный вклад (равный вклад) в подготовку публикации и т. д.).

Пример.

Marina S. Morozova – scientific management; research concept; methodology development; participation in development of curricula and their implementation; writing the draft; final conclusions.

Elena V. Bokova – participation in development of curricula and their implementation; follow-on revision of the text; final conclusions.

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted XX.XX.202X; approved after reviewing XX.XX.202X; accepted for publication XX.XX.202X.

НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

НАЗВАНИЕ РУБРИКИ ИЛИ РАЗДЕЛА ЖУРНАЛА (на русском языке)

Научная статья (обзорная статья, редакционная статья, дискуссионная статья, персоналии, редакторская заметка, рецензия на книгу, рецензия на статью и т. п.) (на русском языке)

УДК XXX

<https://doi.org/10.15828/2075-8545-202X-x-x-x-x>

Заглавие статьи (на русском языке)

Имя Отчество (при наличии) **Фамилия автора** (-ов) (на русском языке)

обязательное указание места работы каждого автора, город, страна (на русском языке)

(наименование организации (учреждения), где работает или учится автор указывается без обозначения организационно-правовой формы юридического лица: ФГБУН, ФГБОУ ВО, ПАО, АО и т. п.)

* Автор, ответственный за переписку: e-mail: xxxxxxxxxx

ORCID автора (-ов):

Фамилия и инициалы – <https://orcid.org/xxxx-xxxx-xxxx-xxxx>

Аннотация (или **Резюме**): независимый от статьи источник информации, который позволяет ученым и 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):

Аннотация (или **Резюме**): **Введение... Методы и материалы... Результаты... Обсуждение... Заключение (выводы)...**

Ключевые слова: (на русском языке)

Благодарности: (при наличии) (на русском языке)

Для цитирования: (на русском языке)

Пример.

Для цитирования: Синицин Д.А., Шаяхметов У.Ш., Рахимова О.Н., Халиков Р.М., Недосеко И.В. Наноструктурированная пенокерамика строительного назначения // Нанотехнологии в строительстве. 2021. Т. 13, № 4. С. 213–221. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-4-213-221>.

© авторы, 2021

Статья (на русском языке, объем – 3–6 тыс. слов):

- Введение
- Методы и материалы
- Результаты
- Обсуждение
- Заключение (выводы)

Список источников (на языке оригинала статьи – русском или английском)

Информация об авторе (-ах) (на русском языке)

- фамилия имя отчество автора (полностью);
- ученое звание;
- ученая степень;
- наименование организации (учреждения), ее подразделения, где работает или учится автор (без обозначения организационно-правовой формы юридического лица: ФГБУН, ФГБОУ ВО, ПАО, АО и т. п.);
- адрес организации (учреждения), ее подразделения, где работает или учится автор (город и страна);
- электронный адрес автора (e-mail); – открытый идентификатор ученого (Open Researcher and Contributor ID – ORCID) (при наличии).

Электронный адрес автора приводят без слова “e-mail”, после электронного адреса точку не ставят. ORCID приводят в форме электронного адреса в сети «Интернет». В конце ORCID точку не ставят. Наименование организации (учреждения), ее адрес, электронный адрес и ORCID автора отделяют друг от друга запятыми.

Редакция издания может расширить дополнительные сведения об авторе: указать его должность, почетные звания, членство в организациях и т. п.

Пример.

Писаренко Жанна Викторовна – д-р экон. наук, доцент кафедры управления рисками и страхования экономического факультета Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург, Россия, z.pisarenko@spbu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9082-2897>

Вклад авторов (на русском языке):

- фамилия инициалы автора;
- в краткой форме описывается личный вклад автора в написание статьи (идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста, все авторы сделали эквивалентный вклад (равный вклад) в подготовку публикации и т. д.).

Пример.

Морозова М.С. – научное руководство; концепция исследования; развитие методологии; участие в разработке учебных программ и их реализации; написание исходного текста; итоговые выводы.

Бокова Е.В. – участие в разработке учебных программ и их реализации; доработка текста; итоговые выводы.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию XX.XX.202X; одобрена после рецензирования XX.XX.202X; принята к публикации XX.XX.202X.

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 отсылка 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 (отсылка в тексте в квадратных скобках, полное библиографическое описание источника в списке литературы в порядке упоминания в тексте статьи).

Список источников

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.

Оформление ссылок на источники, библиографических ссылок осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.7–2021.

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 договоренности, 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 большому 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.

2022

NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION:
A Scientific Internet-Journal

The editors are pleased to invite you to publish your materials in the Internet-Journal

www.nanobuild.ru

e-mail: info@nanobuild.ru

JANUARY

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

FEBRUARY

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28						

MARCH

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

APRIL

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

MAY

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

JUNE

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

JULY

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

AUGUST

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

SEPTEMBER

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

OCTOBER

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

NOVEMBER

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

DECEMBER

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

GIGAsuccess is built from NANO

2022

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ:
научный интернет-журнал


Nanobuild.ru
из НАНО строится ГИГАуспех!
GIGAsuccess is built from NANO!

Редакция приглашает к публикации материалов в Интернет-журнале

www.nanobuild.ru

e-mail: info@nanobuild.ru

ЯНВАРЬ • JANUARY

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

ФЕВРАЛЬ • FEBRUARY

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28						

МАРТ • MARCH

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

АПРЕЛЬ • APRIL

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

МАЙ • MAY

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

ИЮНЬ • JUNE

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

ИЮЛЬ • JULY

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

АВГУСТ • AUGUST

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

СЕНТЯБРЬ • SEPTEMBER

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

ОКТАБРЬ • OCTOBER

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

НОЯБРЬ • NOVEMBER

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

ДЕКАБРЬ • DECEMBER

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

из НАНО строится ГИГАуспех