



ISSN 2410-6593 (Print)  
ISSN 2686-7575 (Online)

# ТОНКИЕ ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Fine  
Chemical  
Technologies

- | Теоретические основы химической технологии
- | Химия и технология органических веществ
- | Химия и технология лекарственных препаратов  
и биологически активных соединений
- | Биохимия и биотехнология
- | Синтез и переработка полимеров и композитов  
на их основе
- | Химия и технология неорганических материалов
- | Аналитические методы в химии и химической технологии
- | Математические методы и информационные системы  
в химической технологии

Тонкие химические технологии =  
Fine Chemical Technologies  
**Том 18, № 1, 2023**

Tonkie Khimicheskie Tekhnologii =  
Fine Chemical Technologies  
**Vol. 18, No. 1, 2023**

<https://doi.org/10.32362/2410-6593-2023-18-1>  
[www.finechem-mirea.ru](http://www.finechem-mirea.ru)

**Тонкие химические технологии =  
Fine Chemical Technologies  
2023, том 18, № 1**

Научно-технический рецензируемый журнал «Тонкие химические технологии» освещает современные достижения фундаментальных и прикладных исследований в области тонких химических технологий, включая теоретические основы химической технологии, химию и технологию лекарственных препаратов и биологически активных соединений, органических веществ и неорганических материалов, биохимию и биотехнологию, синтез и переработку полимеров и композитов на их основе, аналитические и математические методы и информационные системы в химии и химической технологии.

**Учредитель и издатель**

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«МИРЭА – Российский технологический университет»  
119454, РФ, Москва, пр-т Вернадского, д. 78.

Периодичность: один раз в два месяца.

Журнал основан в 2006 году. До 2015 года издавался под названием «Вестник МИТХТ» (ISSN 1819-1487).

**Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов ВАК РФ.**

**Индексируется:**

SCOPUS, DOAJ, Chemical Abstracts,  
РИНЦ (Science Index), RSCI,  
Ulrich's International Periodicals Directory

**Главный редактор:**

**Тимошенко Андрей Всеволодович** – д.т.н., к.х.н.,  
профессор, МИРЭА – Российский технологический университет,  
Москва, Российская Федерация. Scopus Author ID 56576076700,  
ResearcherID Y-8709-2018,  
<https://orcid.org/0000-0002-6511-7440>,  
[timoshenko@mirea.ru](mailto:timoshenko@mirea.ru)

**Заместитель главного редактора:**

**Фомичёв Валерий Вячеславович** – д.х.н., профессор,  
МИРЭА – Российский технологический университет, Москва,  
Российская Федерация. Scopus Author ID 57196028937,  
<http://orcid.org/0000-0003-4840-0655>,  
[fomichev@mirea.ru](mailto:fomichev@mirea.ru)

**Выпускающий редактор:**

**Дураков Сергей Алексеевич** – к.х.н., доцент,  
МИРЭА – Российский технологический университет, Москва,  
Российская Федерация, Scopus Author ID 57194217518,  
ResearcherID AAS-6578-2020, <http://orcid.org/0000-0003-4842-3283>,  
[durakov@mirea.ru](mailto:durakov@mirea.ru)

**Редакция:**

Зав. редакцией к.т.н. Г.Д. Середина  
Научные редакторы д.х.н., проф. Т.М. Буслаева  
д.х.н., проф. А.А. Ищенко  
д.т.н., проф. В.Ф. Корнюшко  
д.т.н., проф. А.В. Марков  
д.х.н., проф. Ю.П. Мирошников  
д.х.н., проф. В.А. Тверской  
Компьютерная верстка Л.Г. Семерня  
119571, Москва, пр. Вернадского, 86, оф. Л-119.  
Тел.: +7(495) 246-05-55 (#2-88)  
E-mail: [seredina@mirea.ru](mailto:seredina@mirea.ru)

Регистрационный номер и дата принятия решения о регистрации СМИ:  
ПИ № ФС 77-74580 от 14.12.2018 г. СМИ зарегистрировано Федеральной  
службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и  
массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Индекс по Объединенному каталогу «Пресса России»: **36924**

**Tonkie Khimicheskie Tekhnologii =  
Fine Chemical Technologies  
2023, vol. 18, No. 1**

The peer-reviewed scientific and technical journal Fine Chemical Technologies highlights the modern achievements of fundamental and applied research in the field of fine chemical technologies, including theoretical bases of chemical technology, chemistry and technology of medicinal compounds and biologically active substances, organic substances and inorganic materials, biochemistry and biotechnology, synthesis and processing of polymers and polymeric composites, analytical and mathematical methods and information systems in chemistry and chemical technology.

**Founder and Publisher**

Federal State Budget  
Educational Institution of Higher Education  
“MIREA – Russian Technological University”

78, Vernadskogo pr., Moscow, 119454, Russian Federation.

Publication frequency: bimonthly.

The journal was founded in 2006. The name was Vestnik MITHHT until 2015 (ISSN 1819-1487).

**The journal is included into the List of peer-reviewed science press of the State Commission for Academic Degrees and Titles of the Russian Federation.**

**The journal is indexed:**

SCOPUS, DOAJ, Chemical Abstracts, Science Index, RSCI,  
Ulrich's International Periodicals Directory

**Editor-in-Chief:**

**Andrey V. Timoshenko** – Dr. Sci. (Eng.), Cand. Sci. (Chem.),  
Professor, MIREA – Russian Technological University,  
Moscow, Russian Federation. Scopus Author ID 56576076700,  
ResearcherID Y-8709-2018,  
<https://orcid.org/0000-0002-6511-7440>,  
[timoshenko@mirea.ru](mailto:timoshenko@mirea.ru)

**Deputy Editor-in-Chief:**

**Valery V. Fomichev** – Dr. Sci. (Chem.), Professor,  
MIREA – Russian Technological University, Moscow,  
Russian Federation. Scopus Author ID 57196028937,  
<http://orcid.org/0000-0003-4840-0655>,  
[fomichev@mirea.ru](mailto:fomichev@mirea.ru)

**Executive Editor:**

**Sergey A. Durakov** – Cand. Sci. (Chem.), Associate  
Professor, MIREA – Russian Technological University, Moscow,  
Russian Federation, Scopus Author ID 57194217518,  
ResearcherID AAS-6578-2020, <http://orcid.org/0000-0003-4842-3283>,  
[durakov@mirea.ru](mailto:durakov@mirea.ru)

**Editorial staff:**

Managing Editor Cand. Sci. (Eng.) Galina D. Seredina  
Science editors Dr. Sci. (Chem.), Prof. Tatyana M. Buslaeva  
Dr. Sci. (Chem.), Prof. Anatolii A. Ischenko  
Dr. Sci. (Eng.), Prof. Valery F. Kornushko  
Dr. Sci. (Eng.), Prof. Anatolii V. Markov  
Dr. Sci. (Chem.), Prof. Yuri P. Miroshnikov  
Dr. Sci. (Chem.), Prof. Vladimir A. Tverskoy  
Desktop publishing Larisa G. Semernya  
86, Vernadskogo pr., Moscow, 119571, Russian Federation.  
Phone: +7(495) 246-05-55 (#2-88)  
E-mail: [seredina@mirea.ru](mailto:seredina@mirea.ru)

The registration number ПИ № ФС 77-74580 was issued in December 14, 2018 by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology, and Mass Media of Russia

The subscription index of *Pressa Rossii*: **36924**

## Редакционная коллегия

**Блохин Андрей Викторович** – д.х.н., профессор Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь. Scopus Author ID 7101971167, ResearcherID AAF-8122-2019, <https://orcid.org/0000-0003-4778-5872>, [blokhin@bsu.by](mailto:blokhin@bsu.by).

**Верёвкин Сергей Петрович** – д.т.н., профессор Университета г. Росток, Росток, Германия. Scopus Author ID 7006607848, ResearcherID G-3243-2011, <https://orcid.org/0000-0002-0957-5594>, [Sergey.verevkin@uni-rostock.de](mailto:Sergey.verevkin@uni-rostock.de).

**Жижин Константин Юрьевич** – член-корр. Российской академии наук (РАН), д.х.н., профессор, Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Москва, Российская Федерация. Scopus Author ID 6701495620, ResearcherID C-5681-2013, <http://orcid.org/0000-0002-4475-124X>, [kyuzhizhin@igic.ras.ru](mailto:kyuzhizhin@igic.ras.ru).

**Иванов Игорь Владимирович** – д.х.н., профессор, МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Российская Федерация. Scopus Author ID 34770109800, ResearcherID I-5606-2016, <http://orcid.org/0000-0003-0543-2067>, [ivanov\\_i@mirea.ru](mailto:ivanov_i@mirea.ru).

**Кардона Карлос Ариэль** – PhD, профессор Национального университета Колумбии, Манизалес, Колумбия. Scopus Author ID 7004278560, <http://orcid.org/0000-0002-0237-2313>, [ccardonaal@unal.edu.co](mailto:ccardonaal@unal.edu.co).

**Койфман Оскар Иосифович** – академик РАН, д.х.н., профессор, президент Ивановского государственного химико-технологического университета, Иваново, Российская Федерация. Scopus Author ID 6602070468, ResearcherID R-1020-2016, <http://orcid.org/0000-0002-1764-0819>, [president@isuct.ru](mailto:president@isuct.ru).

**Крутько Эльвира Тихоновна** – д.т.н., профессор Белорусского государственного технологического университета, Минск, Беларусь. Scopus Author ID 6602297257, [ela\\_krutko@mail.ru](mailto:ela_krutko@mail.ru).

**Мирошников Анатолий Иванович** – академик РАН, д.х.н., профессор, Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, член Президиума РАН, председатель Президиума Пушинского научного центра РАН, Москва, Российская Федерация. Scopus Author ID 7006592304, ResearcherID G-5017-2017, [aiv@ibch.ru](mailto:aiv@ibch.ru).

**Музафаров Азиз Мансурович** – академик РАН, д.х.н., профессор, Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, Москва, Российская Федерация. Scopus Author ID 7004472780, ResearcherID G-1644-2011, <https://orcid.org/0000-0002-3050-3253>, [aziz@ineos.ac.ru](mailto:aziz@ineos.ac.ru).

## Editorial Board

**Andrey V. Blokhin** – Dr. Sci. (Chem.), Professor, Belarusian State University, Minsk, Belarus. Scopus Author ID 7101971167, ResearcherID AAF-8122-2019, <https://orcid.org/0000-0003-4778-5872>, [blokhin@bsu.by](mailto:blokhin@bsu.by).

**Sergey P. Verevkin** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, University of Rostock, Rostock, Germany. Scopus Author ID 7006607848, ResearcherID G-3243-2011, <https://orcid.org/0000-0002-0957-5594>, [Sergey.verevkin@uni-rostock.de](mailto:Sergey.verevkin@uni-rostock.de).

**Konstantin Yu. Zhizhin** – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (RAS), Dr. Sci. (Chem.), Professor, N.S. Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry of the RAS, Moscow, Russian Federation. Scopus Author ID 6701495620, ResearcherID C-5681-2013, <http://orcid.org/0000-0002-4475-124X>, [kyuzhizhin@igic.ras.ru](mailto:kyuzhizhin@igic.ras.ru).

**Igor V. Ivanov** – Dr. Sci. (Chem.), Professor, MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russian Federation. Scopus Author ID 34770109800, ResearcherID I-5606-2016, <http://orcid.org/0000-0003-0543-2067>, [ivanov\\_i@mirea.ru](mailto:ivanov_i@mirea.ru).

**Carlos A. Cardona** – PhD (Eng.), Professor, National University of Columbia, Manizales, Colombia. Scopus Author ID 7004278560, <http://orcid.org/0000-0002-0237-2313>, [ccardonaal@unal.edu.co](mailto:ccardonaal@unal.edu.co).

**Oskar I. Koifman** – Academician at the RAS, Dr. Sci. (Chem.), Professor, President of the Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Ivanovo, Russian Federation. Scopus Author ID 6602070468, ResearcherID R-1020-2016, <http://orcid.org/0000-0002-1764-0819>, [president@isuct.ru](mailto:president@isuct.ru).

**Elvira T. Krut'ko** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus. Scopus Author ID 6602297257, [ela\\_krutko@mail.ru](mailto:ela_krutko@mail.ru).

**Anatolii I. Miroshnikov** – Academician at the RAS, Dr. Sci. (Chem.), Professor, M.M. Shemyakin and Yu.A. Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry of the RAS, Member of the Presidium of the RAS, Chairman of the Presidium of the RAS Pushchino Research Center, Moscow, Russian Federation. Scopus Author ID 7006592304, ResearcherID G-5017-2017, [aiv@ibch.ru](mailto:aiv@ibch.ru).

**Aziz M. Muzafarov** – Academician at the RAS, Dr. Sci. (Chem.), Professor, A.N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds of the RAS, Moscow, Russian Federation. Scopus Author ID 7004472780, ResearcherID G-1644-2011, <https://orcid.org/0000-0002-3050-3253>, [aziz@ineos.ac.ru](mailto:aziz@ineos.ac.ru).

**Новаков Иван Александрович** – академик РАН, д.х.н., профессор, президент Волгоградского государственного технического университета, Волгоград, Российская Федерация.  
Scopus Author ID 7003436556, ResearcherID I-4668-2015, <http://orcid.org/0000-0002-0980-6591>, [president@vstu.ru](mailto:president@vstu.ru).

**Озерин Александр Никифорович** – член-корр. РАН, д.х.н., профессор, Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН, Москва, Российская Федерация.  
Scopus Author ID 7006188944, ResearcherID J-1866-2018, <https://orcid.org/0000-0001-7505-6090>, [ozerin@ispm.ru](mailto:ozerin@ispm.ru).

**Пакканен Тапани** – PhD, профессор, Департамент химии, Университет Восточной Финляндии, Йоенсуу, Финляндия.  
Scopus Author ID 7102310323, [tapani.pakkanen@uef.fi](mailto:tapani.pakkanen@uef.fi).

**Помбейро Армандо** – академик Академии наук Лиссабона, PhD, профессор, президент Центра структурной химии Высшего технического института Университета Лиссабона, Португалия.  
Scopus Author ID 7006067269, ResearcherID I-5945-2012, <https://orcid.org/0000-0001-8323-888X>, [pombeiro@ist.utl.pt](mailto:pombeiro@ist.utl.pt).

**Пышный Дмитрий Владимирович** – член-корр. РАН, д.х.н., профессор, Институт химической биологии и фундаментальной медицины Сибирского отделения РАН, Новосибирск, Российская Федерация.  
Scopus Author ID 7006677629, ResearcherID F-4729-2013, <https://orcid.org/0000-0002-2587-3719>, [pyshnyi@niboch.nsc.ru](mailto:pyshnyi@niboch.nsc.ru).

**Сигов Александр Сергеевич** – академик РАН, д.ф.-м.н., профессор, президент МИРЭА – Российского технологического университета, Москва, Российская Федерация.  
Scopus Author ID 35557510600, ResearcherID L-4103-2017, [sigov@mirea.ru](mailto:sigov@mirea.ru).

**Тойкка Александр Матвеевич** – д.х.н., профессор, Институт химии, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация.  
Scopus Author ID 6603464176, ResearcherID A-5698-2010, <http://orcid.org/0000-0002-1863-5528>, [a.toikka@spbu.ru](mailto:a.toikka@spbu.ru).

**Трохимчук Анджеј** – д.х.н., профессор, Химический факультет Вроцлавского политехнического университета, Вроцлав, Польша.  
Scopus Author ID 7003604847, [andrzej.trochimczuk@pwr.edu.pl](mailto:andrzej.trochimczuk@pwr.edu.pl).

**Цивадзе Аслан Юсупович** – академик РАН, д.х.н., профессор, Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва, Российская Федерация.  
Scopus Author ID 7004245066, ResearcherID G-7422-2014, [tsiv@phyche.ac.ru](mailto:tsiv@phyche.ac.ru).

**Ivan A. Novakov** – Academician at the RAS, Dr. Sci. (Chem.), Professor, President of the Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation.  
Scopus Author ID 7003436556, ResearcherID I-4668-2015, <http://orcid.org/0000-0002-0980-6591>, [president@vstu.ru](mailto:president@vstu.ru).

**Alexander N. Ozerin** – Corresponding Member of the RAS, Dr. Sci. (Chem.), Professor, Enikolopov Institute of Synthetic Polymeric Materials of the RAS, Moscow, Russian Federation.  
Scopus Author ID 7006188944, ResearcherID J-1866-2018, <https://orcid.org/0000-0001-7505-6090>, [ozerin@ispm.ru](mailto:ozerin@ispm.ru).

**Tapani A. Pakkanen** – PhD, Professor, Department of Chemistry, University of Eastern Finland, Joensuu, Finland.  
Scopus Author ID 7102310323, [tapani.pakkanen@uef.fi](mailto:tapani.pakkanen@uef.fi).

**Armando J.L. Pombeiro** – Academician at the Academy of Sciences of Lisbon, PhD, Professor, President of the Center for Structural Chemistry of the Higher Technical Institute of the University of Lisbon, Lisbon, Portugal.  
Scopus Author ID 7006067269, ResearcherID I-5945-2012, <https://orcid.org/0000-0001-8323-888X>, [pombeiro@ist.utl.pt](mailto:pombeiro@ist.utl.pt).

**Dmitrii V. Pyshnyi** – Corresponding Member of the RAS, Dr. Sci. (Chem.), Professor, Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine, Siberian Branch of the RAS, Novosibirsk, Russian Federation.  
Scopus Author ID 7006677629, ResearcherID F-4729-2013, <https://orcid.org/0000-0002-2587-3719>, [pyshnyi@niboch.nsc.ru](mailto:pyshnyi@niboch.nsc.ru).

**Alexander S. Sigov** – Academician at the RAS, Dr. Sci. (Phys. and Math.), Professor, President of MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russian Federation.  
Scopus Author ID 35557510600, ResearcherID L-4103-2017, [sigov@mirea.ru](mailto:sigov@mirea.ru).

**Alexander M. Toikka** – Dr. Sci. (Chem.), Professor, Institute of Chemistry, Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russian Federation.  
Scopus Author ID 6603464176, ResearcherID A-5698-2010, <http://orcid.org/0000-0002-1863-5528>, [a.toikka@spbu.ru](mailto:a.toikka@spbu.ru).

**Andrzej W. Trochimczuk** – Dr. Sci. (Chem.), Professor, Faculty of Chemistry, Wrocław University of Science and Technology, Wrocław, Poland.  
Scopus Author ID 7003604847, [andrzej.trochimczuk@pwr.edu.pl](mailto:andrzej.trochimczuk@pwr.edu.pl).

**Aslan Yu. Tsivadze** – Academician at the RAS, Dr. Sci. (Chem.), Professor, A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of the RAS, Moscow, Russian Federation.  
Scopus Author ID 7004245066, ResearcherID G-7422-2014, [tsiv@phyche.ac.ru](mailto:tsiv@phyche.ac.ru).

**СОДЕРЖАНИЕ**

**CONTENTS**

**Теоретические основы  
химической технологии**

*Клаузнер П.С., Рудаков Д.Г., Анохина Е.А.,  
Тимошенко А.В.*

Оценка энергетической эффективности схем  
неадиабатической ректификации смеси  
ацетон–толуол–*n*-бутанол с использованием  
экстрактивного агента в первой колонне

7

**Химия и технология  
органических веществ**

*Мусин А.И., Султанова Д.С., Борисова Ю.Г.,  
Мудрик Т.П., Даминев Р.Р.*

Конденсация вторичных аминов с СН-кислотами  
и формальдегидом под действием  
микроволнового излучения

21

*Севостьянова Н.Т., Баташев С.А.,  
Родионова А.С.*

Совмещенный процесс синтеза  
циклогексилциклогексанкарбоксилата  
из циклогексанола и СО, катализируемый  
системой Pd(OAc)<sub>2</sub>–PPh<sub>3</sub>–*n*-толуолсульфо-  
кислота

29

**Theoretical Bases  
of Chemical Technology**

*Klauzner P.S., Rudakov D.G., Anokhina E.A.,  
Timoshenko A.V.*

Energy efficiency of diabatic  
distillation schemes for an  
acetone–toluene–*n*-butanol mixture  
with an entrainer in the first column

**Chemistry and Technology  
of Organic Substances**

*Musin A.I., Sultanova D.S., Borisova Yu.G.,  
Mudrik T.P., Daminev R.R.*

Condensation of secondary amines  
with CH-acids and formaldehyde  
under the influence of microwave radiation

*Sevostyanova N.T., Batashev S.A.,  
Rodionova A.S.*

Combined process of cyclohexyl  
cyclohexanecarboxylate synthesis  
from cyclohexanol and CO catalyzed  
by the Pd(OAc)<sub>2</sub>–PPh<sub>3</sub>–*p*-toluenesulfonic  
acid system



**Химия и технология лекарственных  
препаратов и биологически  
активных соединений**

*Ha A.C., Le T.M.*

Screening of medicinal plant extracts  
in Vietnam and investigation of their  
combination for preventing and treating gout

**Биохимия и биотехнология**

*Седова Е.С., Щербинин Д.Н., Банделюк А.С.,  
Верховская Л.В., Вискова Н.Ю., Авдонина Е.Д.,  
Прокофьев В.В., Рябова Е.И., Есмагамбетов И.Б.,  
Первойкина К.А., Богачева Е.А., Лысенко А.А.,  
Шмаров М.М.*

Способ получения рекомбинантных  
антител, продуцируемых клеточной линией,  
трансдуцированной рекомбинантными  
аденовирусами

**Аналитические методы в химии  
и химической технологии**

*Постников П.В., Радус Ф.В., Ефимова Ю.А.,  
Пронина И.В.*

Определение возможных микроРНК-маркеров  
злоупотребления препаратами кобальта  
методом ПЦР в реальном времени  
с использованием панелей сигнального пути  
гипоксии

**Chemistry and Technology  
of Medicinal Compounds  
and Biologically Active Substances**

*Ha A.C., Le T.M.*

Screening of medicinal plant extracts  
in Vietnam and investigation of their  
combination for preventing and treating gout

**Biochemistry and Biotechnology**

*Sedova E.S., Shcherbinin D.N., Bandelyuk A.S.,  
Verkhovskaya L.V., Viskova N.Yu., Avdonina E.D.,  
Prokofiev V.V., Ryabova E.I., Esmagamбетov I.B.,  
Pervoykina K.A., Bogacheva E.A., Lysenko A.A.,  
Shmarov M.M.*

Method for obtaining recombinant  
antibodies produced by a cell line  
transduced with recombinant  
adenoviruses

**Analytical Methods in Chemistry  
and Chemical Technology**

*Postnikov P.V., Radus F.V., Efimova Yu.A.,  
Pronina I.V.*

Determination of possible  
microRNA-markers of cobalt  
abuse by real-time qPCR  
using hypoxia signaling pathway  
panels

38

48

65