



# ISJAE

Международный научный журнал  
«Альтернативная энергетика и экология»

№ 07 (171)  
2015

ISSN 1608-8298

Выходит дважды в месяц  
Издается с июля 2000 г.



## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР А. Л. ГУСЕВ

Руководитель группы компаний «Водород»

А/я 683, 687, Саров, Нижегородская обл., 607183, Россия

Тел.: +7 (83130) 94472, 63107, 91846, 90708, +79047884477; факс: +7 (83130) 63107, 90708 E-mail: gusev@hydrogen.ru

## НАУЧНЫЙ СОВЕТ

С.М. Алдошин, акад. РАН (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия), зам. главного редактора ISJAE

О.М. Алифанов, чл.-корр. РАН (МАИ, Москва, Россия)

Р.А. Амерханов, д-р техн. наук, проф. (Кубанский гос. аграрный университет, Краснодар, Россия)

В.М. Андреев, проф. (ФТИ им. Иоффе, С.-Петербург, Россия)

В.М. Арутюнян, акад. НАН Армении (Ереванский гос. университет, Ереван, Армения)

А.М. Архаров, д-р техн. наук (МГТУ им. Баумана, Москва, Россия)

Э.А. Бекпиров, д-р техн. наук (ИВЭ НАН Украины, Киев, Украина)

Дж. О'М. Бокрис, проф. (Гейнсвилль, США)

В.М. Бузник, акад. РАН (ИТЦ РАН, Москва, Россия)

В.А. Бутузов, д-р техн. наук («Южгеотепло», Краснодар, Россия)

Т.Н. Везириоглу, д-р, проф. (Международная ассоциация водородной энергетики (МАНВЭ), зам. главного редактора ISJAE)

А.Г. Галеев, проф. (ФКП НИЦ РКП, Сергиев Посад, Россия)

А.А. Гарибов, д-р хим. наук (ИРП НАН Азербайджана)

С.А. Григорьев, д-р техн. наук (Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия)

Е.А. Гудилин, член-корр. РАН (МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия), зам. главного редактора ISJAE

Ю.А. Добровольский, д-р хим. наук (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия)

А.М. Домашенко, канд. техн. наук (ОАО «Криогенмаш», Москва, Россия)

В.В. Елистратов, д-р техн. наук (НОЦ «Возобновляемые источники энергии» СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия)

О.Н. Ефимов, канд. хим. наук (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия)

А.З. Жук, д-р физ.-мат. наук (ОИВТ РАН, Москва, Россия)

М.Иоелович, чл.-корр. РАН (Designer Energy Company, Израиль)

Г.И. Исаков, д-р физ.-мат. наук (Институт физики НАН Азербайджана, Азербайджан), зам. главного редактора ISJAE

А.Г. Забродский, чл.-корр. РАН (ФТИ им. Иоффе, С.-Пб, Россия)

Ю.К. Завалишин, д-р техн. наук (НИЯУ МИФИ, Саров, Россия)

Ю.П. Зайков, д-р хим. наук (УрФУ)

М.А. Казарян, акад. НАН Армении (Ереван, Армения)

Я.Клеперис, д-р физ.-мат. наук (Латвийский ун-т, Рига, Латвия)

А.С. Коротеев, акад. РАН (ФГУП «Центр Келдыша», Москва, Россия)

Б.Н. Кузык, член-корр. РАН (НИК НЭП, Москва, Россия)

С.О. Кудря, д-р техн. наук (ИВЭ НАН Украины, Киев)

В.И. Куприянов, канд. техн. наук, проф. (НТЦ «ТАТА», Саров, Россия)

В.В. Куршева, канд. хим. наук (НТЦ «ТАТА», Саров, Россия)

А.М. Липанов, акад. РАН (УДНЦ УрО РАН, Ижевск, Россия)

В.М. Лятхер, д-р техн. наук (New Energetics, Кливленд, США)

В.А. Лопота, член-корр. РАН (РКК «Энергия» им. С.П. Королева, Россия)

В.В. Лушин, акад. РАН (МГУ, Москва, Россия)

М. Лутовац, акад, проф. (ФПИМ Университет «УНИОН», Белград, Сербия)

Ч. Марчетти, проф. (Снеци, Италия)

Г.А. Месяц, акад. РАН (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия)

Н.Н. Мхитарян, чл.-корр. НАН Украины (ИВЭ НАН Украины, Киев)

В.Е. Накоряков, акад. РАН (Институт теплофизики СОРАН, Новосибирск-90, Россия)

И.М. Неклюдов, акад. НАН Украины (Харьковский физико-технический институт, Харьков, Украина)

В.Н. Пармон, акад. РАН (Институт катализа им. Г.К. Борескова СОРАН, Новосибирск, Россия)

А.М. Пенджиев, д-р с.-х. наук (Туркменский гос. архитектурно-строительный институт, Ашхабат, Туркменистан)

Н.Н. Пономарев-Степной, акад. РАН (РНИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия)

О.С. Попель, д-р техн. наук (Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия)

В.Я. Полкова, д-р хим. наук (АО «Байер», Москва, Россия)

М.А. Прелас, проф. (У-т Миссури-Коламбия, Коламбия, США)

В.С. Рачук, д-р техн. наук, проф. (ОАО «Конструкторское бюро химавтоматики», Воронеж, Россия)

П.Ф. Рзаев, д-р техн. наук (ИРП НАН Азербайджана)

Ю.А. Рыжов, акад. РАН (МИУ, Москва, Россия)

В.Ф. Резцов, чл.-корр. НАНУ (ИВЭ НАН Украины, Киев)

О.М. Саламов, канд. физ.-мат. наук (ИРП НАН Азербайджана)

П. Сан-Грегуйар, проф. (Университет Тулон-Вара, Франция), зам. главного редактора ISJAE

Е.В. Соломин, д-р техн. наук (Южно-Уральский гос. университет, Челябинск, Россия)

А.Я. Столяревский, д-р техн. наук (Центр КОРТЭС, Россия), зам. главного редактора ISJAE

А.В. Стрелец, канд. техн. наук (ФГБНУ «Дирекция научно-техн. программ», Москва, Россия)

Б.П. Тарасов, канд. хим. наук (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия)

Ю.А. Трутнев, акад. РАН (РФЯЦ – ВНИИЭФ, Саров, Россия), зам. главного редактора ISJAE

В.Е. Фортвов, Президент РАН (ОИВТ РАН, Москва, Россия)

М.Д. Хэмилтон, д-р, проф. (Университет Центральной Флориды, США), зам. главного редактора ISJAE

А.Ю. Цивадзе, акад. РАН (ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия)

Ю.Н. Шалимов, д-р техн. наук (ВГТУ, Воронеж, Россия)

А.Р. Щекин, ведущий сотрудник (ИВЭ НАН Украины, Киев), зам. главного редактора ISJAE

С.Е. Щеклеин, д-р техн. наук, проф. (УрФУ, Россия)

Журнал зарегистрирован Международным центром ЮНЕСКО в 2000 г. (название: "Al'ternativnāi ēnergetika i ēkologiā", краткое название: "Al'tern. ēnerg. ēcol."), ISSN 1608-8298. Тематика журнала одобрена Международной ассоциацией водородной энергетики (МАНВЭ) и Международным центром развития водородной энергетики Департамента по вопросам промышленного развития ООН (UNIDO-ICHET). Журнал включен в диссертационный перечень ВАК.

Журнал индексируется в Google Scholar (GS - 2300); в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ - 2462).

Импаکت-фактор РИНЦ двухлетний (2011 - 0,194; 2012 - 0,303; 2013 - 0,338); Импакт-фактор РИНЦ пятилетний (2011 - 0,164; 2012 - 0,255; 2013 - 0,243).

Общее число цитирований по годам (РИНЦ): 2011 - 222; 2012 - 353; 2013 - 452; 2014 - 642.

Журнал включен в базу данных CROSSREF (Цифровой идентификатор DOI) в 2014 г.

Награды журнала: Медаль Рентгена (2007 г.), Диплом Фонда им. В.И. Вернадского и Комитета по экологии Государственной Думы ФС РФ (2007 г.), Премия "Российский Энергетический Олимп - 2008". Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

Журнал включен в каталог: "Роспечать" (индекс 20487), Объединенный каталог "Пресса России. Российские и зарубежные газеты и журналы" (индекс 41935), "Интерпочта-2003".

Полные электронные версии статей представлены на сайте Научной электронной библиотеки <http://e-library.ru>, на сайте Международного научного журнала АЭЭ <http://isjaee.hydrogen.ru>, а также на сайте Международного научного и образовательного портала "Водород" <http://www.hydrogen.ru>.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (свидетельство ПИ № ФС77-21881) от 14 сентября 2005 г.

Показатель Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» в рейтинге SCIENCE INDEX за 2012 г. – 9740. Место Международного научного журнала АЭЭ в общем рейтинге SCIENCE INDEX за 2012 г. – 291; по тематике «Охрана окружающей среды. Экология человека» - 7; по тематике «Энергетика» - 1

Журнал с 23 октября 2013 г. заявлен в Scopus Content Selection & Advisory Board (CSAB). Транслитерация списка литературы по ISO 9:1995.



# ISJAE

№ 07 (171)  
2015



## EDITORIAL BOARD

### EDITOR-IN-CHIEF A. L. GUSEV

Leader of «Hydrogen» Group of Companies

Post Box Office 683, 687, Sarov, Nizhny Novgorod region, 607183 Russia

Phone: +7(83130)94472, 63107, 90708, 91846, +79047884477; Fax: +7 (83130) 63107, 90708

E-mail: gusev@hydrogen.ru

### SCIENTIFIC EDITORIAL BOARD

S.M. Aldoshin, Acad. RAS (IPCP RAS, Chernogolovka, Russia),  
deputy editor-in-chief of ISJAE  
O.M. Alifanov, Member Corr. RAS (MAI, Moscow, Russia)  
R.A. Amerkhanov, Prof. (Kuban State Agrarian University,  
Krasnodar, Russia)  
V.M. Andreev, Prof. (A.F. Ioffe PhTI of RAS, St.-Petersburg)  
A.M. Arharov, Prof. (Bauman MSTU, Moscow, Russia)  
V.M. Aroutiounian, Acad. NAS of Armenia (Yerevan State  
University, Yerevan, Armenia)  
E.A. Bekirov, Prof. (IRE of NAS of Ukraine, Kyev)  
J.O'M. Bockris, Prof. (Gainesville, USA)  
V.A. Butuzov, Prof. ("Uuzhgeoteplo", Krasnodar, Russia)  
V.M. Buznik, Acad. RAS (ITC RAS, Moscow, Russia)  
Yu.A. Dobrovolskiy, Prof. (IPCP RAS, Chernogolovka, Russia)  
A.M. Domashenko, Prof. («Kriogenmash», Moscow, Russia)  
O.N. Efimov, Dr. (IPCP RAS, Chernogolovka, Russia)  
V.V. Elistratov, Prof. (SEC "RES", St.-Petersburg, Russia)  
V.E. Fortov, Prezident RAS (JIHT RAS, Moscow, Russia)  
A.G. Galeev, Prof. (Science and research center of rocket and  
space production, Sergiev Posad, Russia)  
A.A. Garibov, Prof. (IRP NAS, Azerbaijan)  
E.A. Goodilin, Member Corresponding RAS (FMS MSU, Moscow,  
Russia), deputy editor-in-chief of ISJAE  
S.A. Grigoriev, PhD, DSc (National Research University "Moscow  
Engineering Institute", Moscow, Russia)  
M.D. Hampton, Prof. (University of Central Florida, USA),  
deputy editor-in-chief of ISJAE  
M. Ioelovich, D.Sc. (Designer Energy Company, Izrael)  
G.I. Isakov, Prof. (Institute of Physics of NAS of Azerbaijan,  
Azerbaijan), deputy editor-in-chief of ISJAE  
M.A. Kazaryan, Acad. NAS of Armenia (Yerevan, Armenia)  
J. Kleperis, Dr. phys. (University of Latvia, Riga, Latvia)  
A.S. Koroteev, Acad. RAS (Keldysh Research Center, Moscow, Russia)  
S.O. Kudrya, Prof. (IRE of NAS of Ukraine, Kyev)  
V.I. Kupriyanov, Prof. (STC "TATA", Sarov, Russia)  
V.V. Kursheva, Dr. (STC "TATA", Sarov, Russia)  
B.N. Kuzyk, Member Corresponding RAS (NIK NEP, Moscow, Russia)  
A.M. Lipanov, Acad. RAS (UdSC UrB RAS, Izhevsk, Russia)  
V.A. Lopota, Member Corresponding RAS (S.P. Korolev Rocket  
and Space Corporation "Energia", Russia)  
V.V. Lunin, Acad. RAS (MSU, Moscow, Russia)  
M. Lutovaz, Acad. (FPIM University "UNION", Belgrade, Serbia)  
V.M. Lyatkher, Prof. (New Energetics Inc., Cleveland, USA)  
Ch. Marchetti, Prof. (Sieci, Italy)

N.N. Mkhitarian, Member Corr. NASU (IRE of NAS of Ukraine, Kyev)  
G.A. Mesyats, Acad. RAS (Physics Institute of them. P.N. Lebedev  
of RAS, Moscow, Russia)  
V.E. Nakoryakov, Acad. RAS (Kutateladze Institute of thermo-  
physics SB RAS, Novosibirsk-90, Russia)  
I.M. Neklyudov, Acad. RAS of Ukraine (Khar'kov Physical  
Technical Institute, Khar'kov, Ukraine)  
V.N. Parmon, Acad. RAS (Borokov Institute of Catalysis of SD  
RAS, Novosibirsk, Russia)  
A.M. Penjiev, Prof. (Turkmen state architecturally-building  
institute, Ashgabat, Turkmenistan)  
N.N. Ponomaryov-Stepnoy, Acad. RAS (RRC "Kurchatov Insti-  
tute", Moscow, Russia)  
O.S. Popel', Prof. (UIHT of RAS, Moscow, Russia)  
V.Ya. Popkova, Prof. of Chemistry (A/O Bayer, Moscow, Russia)  
M.A. Prelas, Prof. (Univ. of Missouri-Columbia, Columbia, USA)  
V.S. Rachuk, Prof. (OSC KBKhA, Voronezh, Russia)  
V.F. Reztsov, Member Corr. NASU (IRE of NASU, Kyev)  
Yu.A. Ryjov, Acad. RAS (Int. University of Engineering, Moscow,  
Russia)  
P.F. Rzaev, Prof. (IRP NAS, Azerbaijan)  
P. Saint-Gregoire, Prof. (University of Toulon and Var, France),  
deputy editor-in-chief of ISJAE  
O.M. Salamov, PhD (IRP NAS, Azerbaijan)  
Y.N. Shalimov, Prof. (VSTU, Voronezh, Russia)  
S.E. Shcheklein, Prof. (UrFU, Russia)  
A.R. Shchekin (IRE of NAS of Ukraine, Kyev), deputy editor-  
in-chief of ISJAE  
E.V. Solomin, Prof. (South Ural State University, Russia)  
A.Ya. Stolyarevsky, Prof. (Center CORTES, Russia), deputy  
editor-in-chief of ISJAE  
A.V. Strelets, Dr. (FCSTP, Moscow, Russia)  
B.P. Tarasov, Dr. (IPCP RAS, Chernogolovka, Russia)  
Yu.A. Trutnev, Acad. RAS (RFNC-VNIIEF, Russia), deputy  
editor-in-chief of ISJAE  
A.Yu. Tsivadze, Acad. RAS (A.N. Frumkin Institute of Physical  
Chemistry and Electrochemistry, Moscow, Russia)  
T.N. Veziroglu, Prof. (International Association for Hydrogen  
Energy (IAHE), deputy editor-in-chief of ISJAE  
A.Z. Zhuk, Prof. (ITPhES RAS, Moscow, Russia)  
Yu.P. Zaikov, Prof. (UrB RAS, Russia)  
Yu.K. Zavalishin, Prof. (SRNU MEPhU)  
A.G. Zabrodsky, Member Corr. RAS (A.F. Ioffe Physical-  
Technical Institute of RAS, St.-Petersburg)

The journal is registered in UNESCO in ISSN International Centre in 2000 (key title: "Al'ternativnaâ energetika i ekologiya", abbreviated key title: "Al'tern. energ. ecol."), ISSN 1608-8298. The subjects of the journal are approved by International Association for Hydrogen Energy (IAHE). The journal has been included into the "List of leading reviewed scientific journals and editions in which the basic scientific results of dissertations on competition of scientific degrees of Doctors and Candidate of Sciences (Ph.D. and Sc.D.) should be published" according to the decision of Presidium of the Higher Certifying Commission.

The journal has been included into catalogues: "Rospechat" (20487), Joined catalogue "Press of Russia. Russian and foreign newspapers and journals" (41935), "Interpochta-2003".

Journal awards: Röntgen Medal (2007), Award of V.I. Vernadsky fund and RF State Committee for Ecology (2007). The Premium "Russian Energetic Olympus - 2008".

The journal has been included into the abstract journal and data base VINITI. Information on the journal is annually published in the international reference system of periodical of current issues "Ulrich's Periodicals Directory".

Full version of papers has been presented at Scientific electronic library <http://e-library.ru>, web-site of International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology <http://isjaee.hydrogen.ru>, and International Information and Education Portal "Hydrogen" <http://www.hydrogen.ru>.

The journal has been registered at Russian Federal Service on Supervision of Observance of the Legislation in Sphere of Mass Communications and Protection of a Cultural Heritage (Certificate PI NoFC77-21881) September 14, 2005.

Position of ISJAE in SCIENCE INDEX rating for 2012 - 9740; in General Rating for 2012 - 291; on the topic "Environmental Protection. Human Ecology" - 7; on the topic "Energy" - 1

The journal is applied to Scopus Content Selection & Advisory Board (CSAB) since October 23, 2013



## МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

**Председатель:** академик РАН В.Е.Фортов

**Сопредседатель:** член.-корр. РАН Е.А.Гудилин

Члены Международного редакционного комитета (МРК) представлены на стр. 179-192 по закрепленным тематическим направлениям и тематическим секциям

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ СОВЕТ РЕДАКЦИИ

**Председатель:** академик РАН Н.Н.Пономарев-Степной

**Сопредседатели:** академик РАН В.Н.Пармон,  
академик РАН С.М.Алдошин

Члены Международного научно-консультативного совета редакции (МНКСП) представлены на стр. 179-192 по закрепленным тематическим направлениям и тематическим секциям

## СОВЕТ ЭКСПЕРТОВ

**Председатель:** А.Л.Гусев

**Сопредседатели:**

Б.П.Тарасов, З.Р.Исмагилов

Р.А.Амерханов (Россия, Краснодар)  
Л.Ф.Беловодский (Россия, Саров)  
А.Г.Галеев (Россия, Сергиев Посад)  
Е.А.Гудилин (Россия, Москва)  
А.М.Домашенко (Россия, Балашиха)  
О.С.Попель (Россия, Москва)  
В.А.Хуснутдинов (Россия, Москва)

## М Е М О Р И А Л

Я.Б.Данилевич  
А.В.Елютин  
С.П.Капица  
А.А.Макаров  
С.П.Малышенко  
Ю.Д.Третьяков

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОВЕТ РЕЦЕНЗЕНТОВ

**Председатель:** Т.Н.Везироглу

Р.А.Амерханов (Россия, Краснодар)  
В.М.Арутюнян (Армения, Ереван)  
П.Г.Бережко (Россия, Саров)  
В.А.Бутузов (Россия, Краснодар)  
М.В.Воробьева (Россия, Москва)  
А.Г.Галеев (Россия, Сергиев Посад)  
В.А.Гольцов (Украина, Донецк)  
Л.Ф.Гольцова (Украина, Донецк)  
Е.А.Гудилин (Россия, Москва)  
А.Л.Гусев (Россия, Саров)  
А.Л.Дмитриев (Россия, С.-Петербург)  
А.М.Домашенко (Россия, Балашиха)  
О.Н.Ефимов (Россия, Черногоровка)  
Г.И.Исаков (Азербайджан, Баку)  
З.Р.Исмагилов (Россия, Новосибирск)  
Ф.Караосманоглу (Турция, Стамбул)  
Я.Клеперис (Латвия, Рига)  
В.И.Куприянов (Россия, Балашиха)  
Ю.С.Нечаев (Россия, Москва)  
А.Т.Поняменко (Россия, Москва)  
О.С.Попель (Россия, Москва)  
Л.В.Спивак (Россия, Пермь)  
Б.В.Спицын (Россия, Москва)  
А.Я.Столяревский (Россия, Москва)  
Е.М.Тарараева (Россия, Москва)  
Б.П.Тарасов (Россия, Черногоровка)  
Г.Л.Хорасанов (Россия, Обнинск)  
М.Д.Хэмптон (США, Орландо)  
Ю.М.Шульга (Россия, Черногоровка)  
Ю.Шунман (Голландия, Делфт)

## INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

**Chairman:** Academician of the RAS V.E.Fortov

**Co-Chairman:** Member Corresponding of the RAS E.A.Goodilin

Members of the International Editorial Board (IEB) on specified topics and topical sections are presented on pages 179-192

## INTERNATIONAL EDITORIAL ADVISORY BOARD

**Chairman:** Academician of the RAS N.N.Ponomarev-Stepnoy

**Co-Chairmans:** Academician of the RAS V.N.Parmon,  
Academician of the RAS S.M.Aldoshin

Members of the International Editorial Advisory Board (IEAB) on specified topics and topical sections are presented on pages 179-192

## EXPERTS BOARD

**Chairman:** A.L.Gusev

**Co-Chairmans:**

Б.П.Тарасов, З.Р.Исмагилов  
Р.А.Амерханов (Россия, Краснодар)  
Л.Ф.Беловодский (Россия, Саров)  
А.М.Домашенко (Россия, Балашиха)  
А.Г.Галеев (Россия, Сергиев Посад)  
Е.А.Гудилин (Россия, Москва)  
В.А.Хуснутдинов (Россия, Москва)  
О.С.Попель (Россия, Москва)

## М Е М О Р И А Л

Ya.B. Danilevich  
A.V. Elyutin  
S.P. Kapitza  
A.A. Makarov  
S.P. Malyschenko  
Yu.D. Tretiakov

## INTERNATIONAL REVIEWERS BOARD

**Chairman:** T.N.Veziroglu

R.A. Amerkhanov (Russia, Krasnodar)  
V.M. Aroutiounian (Armenia, Yerevan)  
P.G. Berezhko (Russia, Sarov)  
V.A. Butuzov (Russia, Krasnodar)  
A.L. Dmitriev (Russia, S.-Petersburg)  
A.M. Domashenko (Russia, Balashikha)  
O.N. Efimov (Russia, Chernogolovka)  
A.G. Galeev (Russia, Sergiev Posad)  
V.A. Gol'tsov (Ukraine, Donetsk)  
L.F. Gol'tsova (Ukraine, Donetsk)  
E.A. Goodilin (Russia, Moscow)  
A.L. Gusev (Russia, Sarov)  
M.D. Hampton (USA, Orlando)  
G.I. Isakov (Azerbaijan, Baku)  
Z.R. Ismagilov (Russia, Novosibirsk)  
F. Karaosmanoglu (Turkey, Istanbul)  
G.L. Khorasanov (Russia, Obninsk)  
J. Kleperis (Latvia, Riga)  
V.I. Kupriyanov (Russia, Balashikha)  
Yu.S. Nechaev (Russia, Moscow)  
A.T. Ponomarenko (Russia, Moscow)  
O.S. Popel' (Russia, Moscow)  
Yu.M. Shul'ga (Russia, Chernogolovka)  
Yu. Shoonman (Netherlands, Delft)  
B.V. Spitsyn (Russia, Moscow)  
L.V. Spivak (Russia, Perm')  
A.Ya. Stolyarevskiy (Russia, Moscow)  
E.M. Tararaeva (Russia, Moscow)  
B.P. Tarasov (Russia, Chernogolovka)  
M.V. Vorobyova (Russia, Moscow)

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ И ДЕЛОВОЙ КЛУБ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭКОЛОГИИ INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND BUSINESS CLUB FOR ALTERNATIVE ENERGY AND ECOLOGY

Международный центр развития водородной  
энергетики Департамента по вопросам  
промышленного развития ООН



United Nations Industrial Development  
Organization International Centre  
for Hydrogen Energy Technologies

Международная  
ассоциация водородной  
энергетики



International Association  
for Hydrogen Energy

Институт  
водородной  
экономики



Institute of Hydrogen  
Economy

Российская  
академия  
наук



Russian Academy  
of Sciences

Министерство  
образования и науки РФ



Ministry of Education  
and Science of the RF

Факультет наук  
о материалах МГУ  
им. М.В. Ломоносова



Faculty of Materials  
Science of MSU

Консорциум  
«Водород»



Consortium  
"Hydrogen"

Институт проблем  
химической физики РАН



Institute of Problems  
of Chemical Physics of RAS

Институт катализа  
им. Г.К. Борескова СО РАН



Borskov Institute  
of Catalysis SB RAS

Исследовательский центр  
им. М.В. Келдыша



Keldysh  
Research Center

Российский научный центр  
«Курчатовский институт»



Russian Scientific Center  
"Kurchatov Institute"

НИИ Научно-производственное  
объединение «Луч»



Scientific Research Institute Research-  
and-Production Association "Luch"

Научная  
электронная  
библиотека



Scientific  
Electronic Library

Научно-  
технический  
центр «ТАТА»

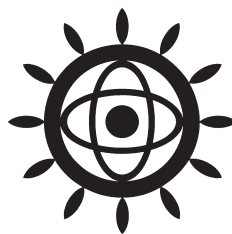


Scientific Technical  
Centre "TATA"





В ЭТОМ НОМЕРЕ



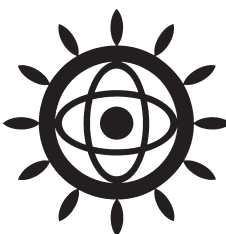
IN THIS ISSUE

<b>ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА</b>		<b>RENEWABLE ENERGY</b>
<b>НЕВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА</b>		<b>NONRENEWABLE ENERGY</b>
<b>ТЕРМОЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА</b>		<b>THERMONUCLEAR ENERGY</b>
<b>ВОДОРОДНАЯ ЭКОНОМИКА</b>		<b>HYDROGEN ECONOMY</b>
<b>КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b>		<b>STRUCTURAL MATERIALS</b>
<b>ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭЭ</b>		<b>THERMODYNAMIC BASICS OF AEE</b>
<b>ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ</b>		<b>ENVIRONMENTAL ASPECTS OF ENERGY</b>
<b>ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА, СМИ, ПОДДЕРЖКА ГОСУДАРСТВА</b>		<b>LEGISLATIVE BASIS, MASS MEDIA, STATE SUPPORT</b>
<b>КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ОБРАЗОВАНИЕ</b>		<b>PERSONNEL MANAGEMENT AND EDUCATION</b>
<b>ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЭЭ</b>		<b>ECONOMIC ASPECTS OF AEE</b>
<b>ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, УСТРОЙСТВА И ИХ ВНЕДРЕНИЕ</b>		<b>INNOVATION SOLUTIONS, TECHNOLOGIES, FACILITIES AND THEIR INNOVATION</b>





В ЭТОМ НОМЕРЕ



IN THIS ISSUE

ТРАНСПОРТНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА		ENVIRONMENTAL VEHICLES
ДОБЫЧА ПРИРОДНЫХ ИСКОПАЕМЫХ		RECOVERY TECHNIQUES
КАТАЛИЗ В АЭЭ		CATALYSIS FOR AEE
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ		ENERGY SAVING
ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА		PROBLEMS OF OIL-AND-GAS COMPLEX
ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И УСТРОЙСТВА		OPTICAL PHENOMENA AND FACILITIES
ГАЗОТУРБИННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ		GAS-TURBINE TECHNOLOGIES
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ПРОИЗВОДСТВА		ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS FACTORIES
ПРОБЛЕМЫ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА		ISSUES OF AGRICULTURE
НАУКИ О ЗЕМЛЕ		EARTH SCIENCES
ИНФОРМАЦИЯ В ОБЛАСТИ АЭЭ		INFORMATION FOR AEE



# СОДЕРЖАНИЕ

Алексеева О.К., Фатеев В.Н.

Применение метода ионного магнетронного распыления для синтеза наноструктурных электрокатализаторов (научный обор)..... 14  
doi 10.15518/isjaee.2015.07.001

## I. Возобновляемая энергетика

### 2. Ветроэнергетика

#### 2-5-0-0 Гибридные ветроустановки

Елистратов В.В., Коницев М.А., Денисов Р.С.

Выбор состава оборудования модульной ВДЭС с высокой долей замещения на основе метода анализа иерархий..... 37  
doi 10.15518/isjaee.2015.07.002

Акция «Архивные номера»..... 47

#### 2-10-0-0 Горизонтально-осевые ветроэнергетические установки

Доржиев С.С., Базарова Е.Г., Горинов К.А.

Осевые ускорители низкопотенциальных ветровых потоков..... 48  
doi 10.15518/isjaee.2015.07.003

Информация о конференции: 14-я Международная конференция по ветроинженерии..... 54

### 7. Нетрадиционные источники возобновляемой энергии

#### 7-16-0-0 Термоградиентная энергетика

Лейдерман А.Ю., Саидов А.С., Хашаев М.М., Рахмонов У.Х.

Термовольтаические синергетические эффекты самоорганизации примесей и дефектов в полупроводниках типа  $A^{III}B^V$ ..... 55  
doi 10.15518/isjaee.2015.07.004

## II. Невозобновляемая энергетика

### 9. Атомная энергетика

9-2-3-0 Термо- и радиационно-стимулированные фазовые превращения в сплавах внедрения (карбидах, нитридах, нитридогидридах, карбогидридах и гидридах переходных металлов, высокотемпературных сверхпроводящих материалах, интерметаллических соединениях)



<i>Хидиров И., Гетманский В.В., Рахманов С.Дж., Эргашев И.А.</i> Корреляция фазовых превращений с концентрационной зависимостью параметров решетки твёрдого раствора внедрения $TiN_xH_y$ .....	70
<i>doi 10.15518/isjaee.2015.07.005</i>	

Информация о конференции: 9-я международная научно-техническая конференция «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР».....	74
--	----

## VI. Термодинамические основы АЭЭ

### 14. Термодинамический анализ

#### 14-1-0-0 Термодинамический анализ основных энергетических процессов в альтернативной энергетике

<i>Кузеванов В.С., Закожурникова Г.С., Закожурников С.С.</i> Модель тепломассопереноса в печах при производстве карбида кремния.....	75
<i>doi 10.15518/isjaee.2015.07.006</i>	

## VII. Экологические аспекты энергетики

### 17. Энергетика и экология

#### 17-3-0-0 Экология воздушной среды и космического пространства

<i>Кошкарев С.А.</i> Сокращение выбросов АЗС на основе моделирования их рассеивания.....	82
<i>doi 10.15518/isjaee.2015.07.007</i>	
<i>Родченко В.В., Галеев А.Г., Пичужкин П.В., Палешкин А.В., Гусев Е.В.</i> Экологические проблемы эксплуатации ракетно-космических систем.....	93
<i>doi 10.15518/isjaee.2015.07.008</i>	

### 20. Вода, ее свойства. Водоподготовка, применение

<i>Гриценко А.Н., Стрекалов С.Д.</i> Энергоэффективные установки опреснения минерализованной воды.....	108
<i>doi 10.15518/isjaee.2015.07.009</i>	





## XXII. Информация в области АЭЭ

### 41. Информация

#### 41-5-0-0 Международные и российские конференции

56-я выставка химической отрасли <b>The ChemShow 2015</b> .....	116
Международная научно-практическая конференция <b>«GEOENERGY»</b> .....	116
<b>13-я Международная выставка технологий, оборудования и материалов для обработки поверхности и нанесения покрытий</b> .....	117

#### 41-6-0-0 Рекламные материалы научных организаций, инвестиционных фирм и фирм-производителей

<b>Saint-Gobain:</b> «Академия Сен-Гобен» – энергоэффективность в теории и на практике.....	119
<b>Saint-Gobain:</b> WEBER-VETONIT: лучшие строительные решения в инновационном формате.....	120
<b>Saint-Gobain:</b> ISOVER повышает качество сервиса для клиентов.....	121
<b>Saint-Gobain:</b> Мобильные приложения ISOVER и WEBER-VETONIT – сервис нового уровня.....	122
<b>Mitsubishi Electric</b> разрабатывает лазерный диод с распределенной обратной связью.....	123
Композитные материалы <b>«Гален»</b> применяются в строительстве экспериментального «нанодома» в Москве.....	125
<b>Минприроды РФ:</b> Россия и Китай будут развивать сотрудничество в области обращения с отходами.....	127
<b>Минприроды РФ:</b> Глава Минприроды России Сергей Донской примет участие в Министерском заседании Арктического совета в городе Икалуит (Канада).....	127
Пост-релиз: 23 апреля 2015 г. в Москве состоялась Церемония награждения Лауреатов Премий <b>«РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП - 2015»</b> и вручения Золотых Сертификатов Программ <b>«НАДЕЖНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА – 2015»</b> .....	128

#### 41-9-0-0 Энциклопедия альтернативной энергетики Термины и определения

Солнечная энергетика. Термины и определения (по ГОСТ Р 51594-2000).....	135
--	-----





**На 1-й стр. обложки:** Национальный парк Йеллоустоун, штат Вайоминг, США (Фото Анны Гусевой)

Импакт-фактор двухлетний (2010-2012 гг.) (РИНЦ) – 0,275; Импакт-фактор пятилетний (2007-2012 гг.) (РИНЦ) – 0,225.  
Журнал с 23 октября 2013 г. заявлен в Scopus Content Selection & Advisory Board (CSAB). Транслитерация списка литературы по ISO 9:1995.

Показатель Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» в рейтинге SCIENCE INDEX за 2010 г. – 3158, за 2011 г. – 5273, за 2012 – 9740.

Место Международного научного журнала АЭЭ в рейтинге SCIENCE INDEX за 2012 г. по тематике «Охрана окружающей среды. Экология человека» - 7

Место Международного научного журнала АЭЭ в рейтинге SCIENCE INDEX за 2012 г. по тематике «Энергетика» - 1

Место Международного научного журнала АЭЭ в общем рейтинге SCIENCE INDEX за 2012 г. – 291



**Учредитель, издатель и редакция**  
Научно-технический центр «ТАТА»  
Генеральный директор А.Л. Гусев  
E-mail: gusev@hydrogen.ru  
Почтовый адрес:  
607183, Россия, Нижегородская обл., Саров,  
а/я 687, НТЦ «ТАТА»  
Тел.: 8(83130) 63107, 94472, факс: 8(83130) 63107  
http://www.hydrogen.ru



**Основной партнер**  
Институт водородной экономики  
Генеральный директор А.Л. Гусев  
E-mail: gusev@hydrogen.ru  
Почтовый адрес:  
607183, Россия, Нижегородская обл., Саров, а/я 683  
Тел.: 8(83130) 91846, 90708, факс: 8(83130) 63107  
http://www.hydrogen.ru

Все права принадлежат ООО НТЦ «ТАТА».

**Заведующий редакцией, гл. редактор сайта** <http://isjaee.hydrogen.ru>  
*Александр Леонидович Гусев* (Россия, Саров)  
E-mail: gusev@hydrogen.ru,  
redactor@hydrogen.ru

**Художественный редактор**  
*Виктор Иванович Немышев* (Россия, Саров)

**Редактор, корректор**  
*Максимова Полина Александровна*  
(Россия, Саров)

**Переводчики**  
*Александр Рудольфович Володько* (Россия, Саров)  
*Татьяна Викторовна Зезюлина* (Россия, Саров)

**Научные обозреватели**  
*Ольга Борисовна Баклицкая-Каменева*  
(Россия, Москва)  
*Вера Владимировна Куришева* (Россия, Москва)

**Компьютерная верстка**  
*Максимова Полина Александровна*  
(Россия, Саров)

**Контент-менеджер сайта**  
<http://isjaee.hydrogen.ru>  
*Наталья Владимировна Фотина*  
(Россия, Саров)

**Компьютерная графика**  
*Валентин Александрович Гусев*  
(Россия, Саров)



# CONTENTS

<i>Alexeeva O.K., Fateev V.N.</i> Application of the Magnetron Sputtering for Nanostructured Electrocatalysts Synthesis (Review).....	14
<i>doi 10.15518/isjaee.2015.07.001</i>	

## I. Renewable Energy

### 2. Wind Energy

#### 2-5-0-0 Hybrid Wind Turbines

<i>Elistratov V.V., Konishchev M.A., Denisov R.S.</i> The Choice of the Equipment Configuration of Modular WDPP with a High Penetration Level Based on the Hierarchies Analysis Method.....	37
<i>doi 10.15518/isjaee.2015.07.002</i>	

Sale "Archive Journals Issues".....	47
-------------------------------------	----

#### 2-10-0-0 Horizontal-Axis Wind Turbines

<i>Dorzhiev S.S., Bazarova E.G., Gorinov K.A.</i> The Axis Accelerators of the Low-Potential Wind Flow.....	48
<i>doi 10.15518/isjaee.2015.07.003</i>	

Information about the conference: <b>14th International Conference on Wind Engineering</b> .....	54
--	----

### 7. Unconventional Sources of Renewed Energy

#### 7-16-0-0 Thermogradient Energy

<i>Leyderman A.Yu., Saidov A.S., Khashaev M.M., Rahmonov U.K.</i> Thermovoltaiic Synergrtic Effects of Self-Organization of Impurities and Defects in Semiconductors of Type A <sup>III</sup> B <sup>V</sup> .....	55
<i>doi 10.15518/isjaee.2015.07.004</i>	

## II. Nonrenewable Energy

### 9. Atomic Energy

9-2-3-0 Thermo- and radiation-stimulated phase transformation in alloys incorporated  
(carbides, nitrides, nitrides-hydrides, carbohydrides and hydrides of transition metals,  
high-temperature, super-conducting materials, intermetallic composition)





<i>Khidirov I., Getmanskiy V.V., Rakhmanov S.J., Ergashev I.A.</i> Phase Transformation Correlation with the Concentration Dependence of the Lattice Parameters of $TiN_xH_y$ Solid Solution.....	70
<i>doi 10.15518/isjaee.2015.07.005</i>	

Information about the conference: the 9th International Scientific Conference for "Safety of Nuclear Power Plants with Water-Water Energetic Reactor" .....	74
--	----

## VI. Thermodynamic Basics of AEE

### 14. Thermodynamic Analysis in Renewable Energy

#### 14-1-0-0 Thermodynamic Analysis of Basic Energy Generation Processes in Alternative Energy

<i>Kuzevanov V.S., Zakozhurnikova G.S., Zakozhurnikov S.S.</i> Heat and Mass Transfer Model in Furnaces in the Silicon Carbide Production.....	75
<i>doi 10.15518/isjaee.2015.07.006</i>	

## VII. Environmental Aspects of Energy

### 17. Energy and Ecology

#### 17-3-0-0 Ecology of Air Atmosphere and Space

<i>Koshkarev S.A.</i> The Environmental Safety Improving by Modeling Dispersion and Emissions Reducing of Gas Stations.....	82
<i>doi 10.15518/isjaee.2015.07.007</i>	

<i>Rodchenko V.V., Galeev A.G., Pichuzhkin P.V., Paleshkin A.V., Gusev E.V.</i> Environmental Problems of Rocket and Space Systems Operation.....	93
<i>doi 10.15518/isjaee.2015.07.008</i>	

### 20. Water, Its Properties. Water preparation, application

<i>Gritsenko A.N., Strekalov S.D.</i> Energy-Efficient Desalination Plants of Mineralized Water.....	108
<i>doi 10.15518/isjaee.2015.07.009</i>	



## XXII. Information for AEE

### 41. Information

#### 41-5-0-0 International Scientific Conferences

The 56th Exhibition of the Chemical Industry <b>The ChemShow 2015</b> .....	116
International Scientific and Practical Conference « <b>GEOENERGY</b> ».....	116
<b>The 13th International Exhibition of Technologies, Equipment and Materials for the Surface Treatment and Coating</b> .....	117

#### 41-6-0-0 Advertising Matters of Investment Companies and Manufacturers

<b>Saint-Gobain:</b> "Saint-Gobain Academy" is Energy Efficiency in Theory and Practice.....	119
<b>Saint-Gobain:</b> WEBER-VETONIT: the Best Constructing Solutions in an Innovative Format.....	120
<b>Saint-Gobain:</b> ISOVER Improves the Service Quality for the Customers.....	121
<b>Saint-Gobain:</b> Mobile Applications of ISOVER and WEBER-VETONIT Are the New Level of Service.....	122
<b>Mitsubishi Electric</b> Develops a Laser Diode with Distributed Feedback.....	123
Composite Materials of "Galen" Use in the Construction of a Pilot "Nanohouse" in Moscow.....	125
<i>Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation</i> China and Russia Develop the Cooperation in the Waste Treatment.....	127
<i>Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation</i> Sergey Donskoy Participates in the Ministerial Meeting of the Arctic Council in Iqaluit (Canada).....	127
Post-release: the Award Ceremony for "RUSSIAN BUILDING OLYMPUS - 2015" and Awarding Gold Certificates for Programs "Reliable Construction Enterprises - 2015" in Moscow (April 23, 2015).....	128

#### 41-9-0-0 Encyclopedia of Renewable Energy. Terms and Definitions

Solar Power Engineering. Terms and Definition (according to the Russian State Standard P 51594-2000).....	135
--	-----





**1st of cover:** Yellowstone National Park, Wyoming, USA (Foto of Anna Guseva)

The journal is applied to Scopus Content Selection & Advisory Board (CSAB) since October 23, 2013  
 Position of ISJAEE in SCIENCE INDEX rating for 2010 – 3158, for 2011 – 5273, for 2012 – 9740  
 Position of ISJAEE in SCIENCE INDEX rating for 2012 on the topic "Environmental Protection. Human Ecology" – 7  
 Position of ISJAEE in SCIENCE INDEX rating for 2012 on the topic "Energy" – 1  
 Position of ISJAEE in General Rating of SCIENCE INDEX for 2012 – 291



**Founder and publisher**  
 Scientific Technical Centre "TATA"  
 General manager A.L.Gusev  
 E-mail: gusev@hydrogen.ru  
 607183, Russia, Nizhni Novgorod region, Sarov,  
 P.O.B.687, STC "TATA"  
 Ph.: +7(83130)63107,94472, fax:+7(83130) 63107  
<http://www.hydrogen.ru>



**General cooperation**  
 Institute for Hydrogen Economy  
 General manager A.L.Gusev  
 E-mail: gusev@hydrogen.ru  
 607183, Russia, Nizhni Novgorod region, Sarov,  
 P.O.B.683  
 Ph.: +7(83130)91846, 90708, fax: +7(83130) 63107  
<http://www.hydrogen.ru>

All rights reserved at STC «TATA».

**Chief-in-Board, Editor-in-Chief**  
 of <http://isjaee.hydrogen.ru>  
 Alexander Leonidovich Gusev (Russia, Sarov)  
 E-mail: gusev@hydrogen.ru,  
 redactor@hydrogen.ru

**Art-Editor**  
 Viktor Ivanovich Nemyshhev (Russia, Sarov)

**Editor, Proof-reader**  
 Maximova Polina Alexandrovna  
 (Russia, Sarov)

**Translators**  
 Alexander Rudolfovich Volod'k o (Russia, Sarov)  
 Tatyana Viktorovna Zezyulina (Russia, Sarov)

**Scientific Repoters**  
 Ol'ga Borisovna Baklitskaya-Kameneva  
 (Russia, Moscow)  
 Vera Vladimirovna Kursheva  
 (Russia, Moscow)

**Computer design**  
 Maximova Polina Alexandrovna  
 (Russia, Sarov)

**Content-manager of <http://isjaee.hydrogen.ru>**  
 Nataliya Vladimirovna Fotina (Russia, Sarov)

**Graphic design**  
 Valentin Alexandrovich Gusev (Russia, Sarov)





УДК 539.23; 541.13

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИОННОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ ДЛЯ СИНТЕЗА НАНОСТРУКТУРНЫХ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ (ОБЗОР)

**О.К. Алексеева, В.Н. Фатеев**

НИЦ «Курчатовский институт»  
РФ 123182, Москва, пл. Курчатова, д. 1  
тел.: +7 (499) 196-92-41

doi: 10.15518/isjaee.2015.07.001

Заключение совета рецензентов: 24.04.15 Заключение совета экспертов: 27.04.15 Принято к публикации: 30.04.15



Электрохимические системы с твердым полимерным электролитом считаются одними из наиболее перспективных для водородной энергетики и ряда других отраслей промышленности. Одним из ключевых компонентов топливных элементов и электролизеров являются электрокатализаторы. Применение метода ионного магнетронного распыления для их синтеза позволит заменить многостадийные химические методы, уменьшить расход драгоценных металлов и создать новые эффективные наноструктурные электрокатализаторы. В обзоре систематизированы имеющиеся данные по использованию метода магнетронного напыления для синтеза электрокатализаторов и получения защитных покрытий, проанализировано влияние параметров процесса на свойства нанесенных покрытий и даны предложения по оптимизации. Особое внимание уделяется новым наноуглеродным носителям (графену, нанотрубкам).

Ключевые слова: магнетронное распыление, наноструктурные электрокатализаторы, углеродные носители.



## APPLICATION OF THE MAGNETRON SPUTTERING FOR NANOSTRUCTURED ELECTROCATALYSTS SYNTHESIS (REVIEW)

**O.K. Alexeeva, V.N. Fateev**

NRC "Kurchatov Institute"  
1 Kurchatov Sq., Moscow, 123182 Russian Federation  
ph.: +7 (499) 196-92-41

Referred 24 April 2015 Received in revised form 27 April 2015 Accepted 30 April 2015

Electrochemical systems with solid polymer electrolyte are considered to be the most promising for hydrogen energy and several branches of industry. Electrocatalysts are one of the key components of fuel cells and electrolyzers. Application of magnetron sputtering for their synthesis will allow replacing the multistage chemical methods, to decrease platinum loading and create new effective nanostructured electrocatalysts. This review presents the systematization of the available data on magnetron sputtering for electrocatalysts and protective coating synthesis. Moreover the review analyzes the influence of sputtering parameters on deposited films properties and proposes several strategies of optimization. There is special attention to nanocarbon support materials (graphene, carbon nanotubes).

Keywords: magnetron sputtering, nanostructured electrocatalysts, carbon support materials.





Фатеев Владимир  
Николаевич  
Vladimir N. Fateev

**Сведения об авторе:** химик, д-р хим. наук, профессор, заместитель руководителя ККФХТ по научной работе НИЦ «Курчатовский институт».

**Образование:** МГУ им. М.В. Ломоносова, 1969-1974.

**Область научных интересов:** физическая химия, электрохимия, наноматериалы, водородная энергетика, электролиз, топливные элементы, электрокатализаторы.

**Публикации:** более 200.

**Information about the author:** chemist, PhD, DSc (Chemistry), Professor, Deputy Head of KCPCT on scientific work of NRC "Kurchatov Institute".

**Education:** Lomonosov Moscow State University, 1969-1974.

**Research area:** physical chemistry, electrochemistry, nanomaterials, hydrogen energy, electrolysis, fuel cells, electrocatalysts.

**Publications:** more than 200.



Алексеева Ольга  
Константиновна  
Olga K. Alexeeva

**Сведения об авторе:** канд. физ.-мат. наук, начальник отдела физикохимии и технологии новых материалов НИЦ «Курчатовский институт»; лауреат премии Ленинского комсомола по физике.

**Образование:** МИФИ.

**Область научных интересов:** водородная энергетика, создание новых функциональных материалов, включая наноматериалы; модифицирование поверхности, тонкие пленки.

**Публикации:** более 100.

**Information about the author:** PhD, Head of Department of Physicochemistry and Technology of New Materials of NRC "Kurchatov Institute"; winner of Lenin Komsomol Prize in physics.

**Education:** MEPhI.

**Research area:** hydrogen energy; synthesis of new functional materials including nanomaterials; surface modification, thin films.

**Publications:** more than 100.

## Введение

Электрохимические системы с твердым полимерным электролитом (ТПЭ) составляют основу развивающейся водородной энергетики и уже сейчас находят применение в других областях: космической отрасли, авиации, подводном флоте. Электролизеры и топливные элементы перспективны для создания автономных систем на базе возобновляемой энергетики, систем аварийного энергообеспечения, различных видов транспорта, а также необходимы для обеспечения водородом различных потребителей (среди основных: аналитическое приборостроение, металлургия, электронная промышленность, аналитическая химия, атомная энергетика и др.).

Одним из ключевых компонентов топливных элементов и электролизеров являются электрокатализаторы и мембранно-электродные блоки на их основе. К сожалению, кислотные свойства мембраны (твердого полимерного электролита) и ее высокая чувствительность к многовалентным ионам не позволяют использовать в качестве электродных материалов-катализаторов такие металлы, как никель, кобальт, железо и многие другие. На практике, с учетом требований к высокой активности катализаторов, на данном этапе используются металлы платиновой группы (обычно платина для топливных эле-

ментов и платина, иридий и рутений или их оксиды для электролизеров) [1]. Самыми распространенными методами синтеза таких катализаторов до сих пор остаются химические (восстановление соединений соответствующих металлов в первую очередь в жидкой, а также газовой фазе), хотя они имеют ряд существенных ограничений по химическому и фазовому составу катализатора (например, невозможность получения некоторых сплавов). Для химических методов характерна многостадийность, обусловленная, в частности, необходимостью очистки полученного катализатора от примесей, высокая энергоемкость, отсутствие экологической безопасности. Синтез катализаторов методом термического разложения исходных соединений часто также требует тщательной очистки катализаторов, но, что наиболее существенно, ведет к увеличению размера частиц катализатора и создает определенные ограничения по возможному фазовому составу продукта.

В 80-ых годах прошлого века появились публикации, подтверждающие возможность синтеза электрокатализаторов методом магнетронного распыления платины (первые исследования, видимо, проводили еще в конце 60-ых годов) [2, 3]. Работы получили развитие в 90-ые годы [4, 5]. Например, Hirano и др. в 1997 г. сообщили о синтезе эффективных электрокатализаторов для топливных элементов с

протонно-обменной мембраной. Используя распыление, они снизили расход платины до  $0,1 \text{ мг/см}^2$  [5]. В XXI веке интерес к получению катализаторов с помощью магнетронного распыления резко возрос: были проведены и проводятся экспериментальные и теоретические исследования влияния параметров распыления, характеристик носителей (включая новые наноматериалы). Появилось большое количество зарубежных патентов и публикаций, посвященных изготовлению электродов, в том числе для топливных элементов с ТПЭ, где с помощью ионного магнетронного распыления предлагается снижать расход платины (см., например, [6]), формировать наноструктурированные электрокаталитические слои [7–10], а также получать коррозионностойкие покрытия для увеличения ресурса работы [11, 12]. В России в последнее время также наблюдается повышение активности исследований и разработок в этой перспективной области (см., например [13–18]), однако, пока этому направлению, с точки зрения авторов, уделяется недостаточно большое внимание. Цель данного обзора – попытка систематизировать имеющиеся данные по использованию метода магнетронного напыления для синтеза электрокатализаторов и получения защитных покрытий, а также определенная популяризация упомянутого выше метода, одним из разработчиков которого являлся НИЦ «Курчатовский институт» (ранее Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова).

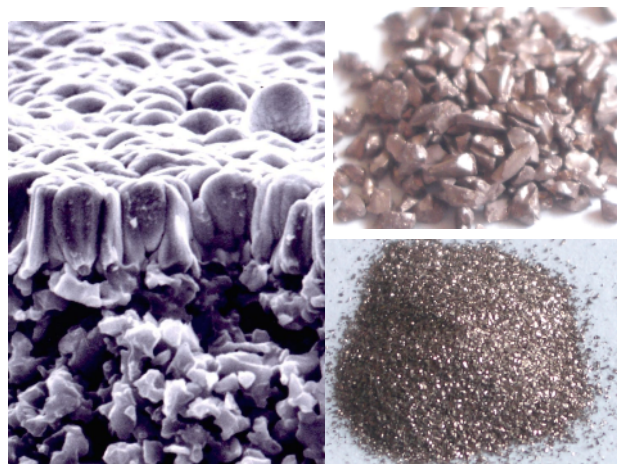
### Метод магнетронного распыления

Магнетронное распыление (magnetron sputtering) – катодное распыление мишени в плазме магнетронного разряда – позволяет наносить тонкие пленки и покрытия на различные поверхности. Промышленное использование технологии началось в конце 70-х годов XX века. Однако следует заметить, что впервые применять магнетронное распыление для нанесения пленок предложил еще в 1935 г. голландский физик Ф. Пеннинг [19]. В 60-ые годы прошлого века в разных лабораториях проводили эксперименты по распылению материалов в магнетронном разряде, а в 70-ые годы уже был предложен ряд конструкций магнетронных распылительных систем (МРС), появились прототипы современных планарных магнетронов [20, 21]. Кроме МРС постоянного тока и высокочастотных МРС были созданы импульсные МРС, в том числе сильноточные. В настоящее время продолжается разработка новых магнетронных распылительных систем [22, 23]. Многие современные технологические установки автоматизированы, работают непрерывно по замкнутому циклу.

Метод магнетронного распыления важен не только для использования в промышленности, но и для проведения исследований в новых областях науки и технологии. В НИЦ «Курчатовский институт» с середины 80-ых годов прошлого века проводятся работы на установках магнетронного распыления, и, соответ-

ственно, накоплен большой опыт использования магнетронного распыления для нанесения поликристаллических и аморфных пленок металлов, сплавов, оксидов, интерметаллидов с необходимыми структурными, защитными, функциональными свойствами [24–27] (рис. 1, слева). Исследования в области катализа привели к разработке методики получения каталитически активных поверхностных слоев; были синтезированы поверхностные скелетные катализаторы [28], новые эффективные катализаторы различных процессов [29]. Результатом развития работ по созданию катализаторов методом магнетронного распыления явилось создание мембранно-каталитических реакторов [30]. Большое внимание уделялось углеродным носителям: нанесение покрытий позволило придать им дополнительные каталитические свойства и повысить термо- и хемостойкость [31].

Для решения ряда задач, важных для развития водородной энергетики, возникла необходимость нанесения пленок/покрытий (в том числе из Pt, Pd) на дисперсные носители (микрокапсулирование порошков гидридов металлов, синтез катализаторов на гранулах и др.) [32]. Результат такого нанесения приведен на рисунке 1 (справа). Для равномерного нанесения покрытий на гранулы и мелкодисперсные порошки применялось устройство, создающее псевдокипящий слой порошка. Позднее были разработаны новые устройства для устранения агрегации мелких частиц носителя. Первые эксперименты по получению покрытий из Cu и Ni на мелкодисперсных углеродных порошках показали возможность плакирования наноуглеродных материалов и композитов на их основе.



**Рис. 1.** Слева типичный пример столбчатой структуры, полученной при нанесении Ni на пористую подложку. Справа Cu-покрытие на гранулах  $\text{LaNi}_5$  разного размера  
**Fig. 1.** Typical columnar structure of Ni sputtered on the porous substrate (left). Cu-coated  $\text{LaNi}_5$  granules and powder (right)

Перспективность метода ионного магнетронного распыления для синтеза электрокатализаторов подтвердили работы, выполненные в 2010–2012 гг. [13, 14]. Метод обладает высокой производительностью,



экологичностью, его использование позволяет снизить расход платины, сформировать частицы нужного размера. Необходимо отметить, что производство катализаторов легко масштабировать, поскольку вакуумные установки для нанесения пленок и покрытий, оснащенные современными магнетронными распылительными системами, разрабатывают и изготавливают как российские, так и зарубежные компании. Таким образом, технология получения электрокатализаторов с помощью магнетронного распыления может быть внедрена как в России, так и в других странах мира.

### Влияние параметров процесса магнетронного распыления на состав, структуру и защитные/каталитические свойства нанесенного покрытия

Для синтеза эффективных электрокатализаторов методом магнетронного распыления необходимо учитывать влияние основных параметров процесса (давление рабочего газа, мощность, природа рабочего газа, напряжение смещения на подложке, расстояние между мишенью и подложкой и др.) на размер зерна, морфологию покрытия, каталитические свойства. Приведем некоторые из результатов, существенных для получения наноструктурных покрытий с нужными свойствами.

Авторы [33] изучили нанесение серебра на Si подложки и показали, что важными параметрами, определяющими размер образующихся наночастиц, являются расстояние от мишени до носителя, время нанесения, ток. При уменьшении расстояния мишень – носитель от 20 до 10 см размер наночастиц серебра увеличился с 3,8 до 5,9 нм. Исследователи связывают это с ростом скорости осаждения и общего количества осажденного материала. Этот параметр также влияет на форму и распределение наночастиц – высокая скорость осаждения приводит к неравномерности размеров, формы, расположения частиц серебра на носителе. Увеличение силы тока с 50 до 150 мА привело к росту зерен, их коалесценции и измене-

нию морфологии (образовались червеобразные частицы). Эти результаты согласуются с механизмом роста пленки при напылении с использованием магнетронной системы постоянного тока.

Влияние мощности постоянного тока и давления рабочего газа на морфологию и каталитическую активность платиновых пленок в реакции восстановления кислорода изучили авторы [34]. Были найдены оптимальные условия формирования Pt пленки с большой активной поверхностью и каталитической активностью – высокое давление аргона (68 мТорр) и низкая мощность 100 Вт (подложка – стекло с 25 нм слоем Ti). Повышение мощности со 100 до 1 000 Вт приводит к росту напряжения на мишени на 90 В, ионы аргона ускоряются, распыляемые частицы платины приобретают более высокую кинетическую энергию и большую длину свободного пробега. Это снижает вероятность столкновений частиц Pt с аргоном, они попадают на носитель с большей энергией, что повышает вероятность реконструирования поверхности. Образуются плотные слои. При уменьшении давления аргона также растет длина свободного пробега, частицы платины сохраняют более высокую кинетическую энергию и образуют плотную пленку. В работе [35] авторы методом реактивного магнетронного распыления получили пленки оксида иридия на углеродной гидрофобной бумаге с 50 нм слоем Ti и показали, что на химический состав, структуру, морфологию и электрохимические характеристики влияют параметры процесса: расстояние мишень – подложка  $L$ , скорость подачи аргона  $F_{Ar}$  и кислорода  $F_{Ox}$ . При мощности 100 Вт оптимальными оказались значения  $L = 78$  мм,  $F_{Ar} = 40$  sccm,  $F_{Ox} = 8-12$  sccm. При этих параметрах была продемонстрирована высокая электрокаталитическая активность оксида иридия в реакции восстановления кислорода. В недавней работе [36] авторы изучили влияние давления рабочего газа на структуру и морфологию поверхности напыленного Pd (мощность 100 Вт, расстояние мишени-подложки 78 мм, подложка – стекло с 25 нм слоем Ti). Давление аргона меняли в диапазоне  $5 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-1}$  мбар (таблица 1).

Таблица 1

Влияние давления рабочего газа на скорость распыления и размер кристалла Pd

Table 1

Influence of Ar pressure on deposition rate and Pd crystallite size

$P_{Ar}$ (мбар)	$5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-1}$
Скорость распыления (нм/мин)	7,8	7,5	7,34	6,9	4,5	3,2
Размер кристалла (нм)	33,0	27,5	22,0	18,0	17,5	19,0

Был найден оптимальный режим (100 Вт, давление Ar  $8 \times 10^{-2}$  мбар), обеспечивший получение слоев Pd с развитой поверхностью (рис. 2, 3).

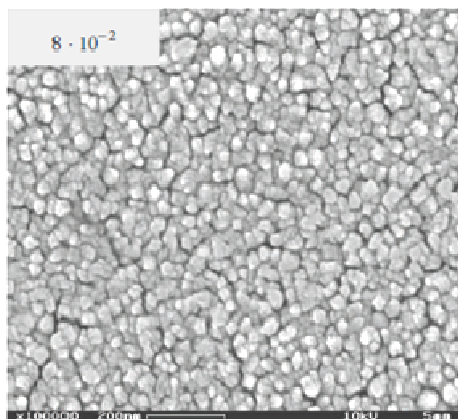


Рис. 2. SEM изображение пленки при  $P_{Ar} = 8 \cdot 10^{-2}$  мбар  
Fig. 2. SEM image of Pd film at  $P_{Ar} = 8 \cdot 10^{-2}$  mbar

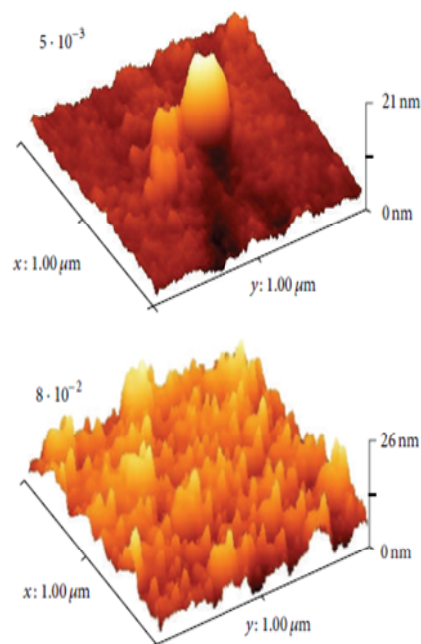


Рис. 3. AFM изображения Pd пленок, полученных при  $P_{Ar} = 5 \cdot 10^{-3}$  (вверху) и  $P_{Ar} = 8 \cdot 10^{-2}$  мбар (внизу)  
Fig. 3. AFM images of Pd films deposited at  $P_{Ar} = 5 \cdot 10^{-3}$  (top) and  $P_{Ar} = 8 \cdot 10^{-2}$  mbar (bottom)

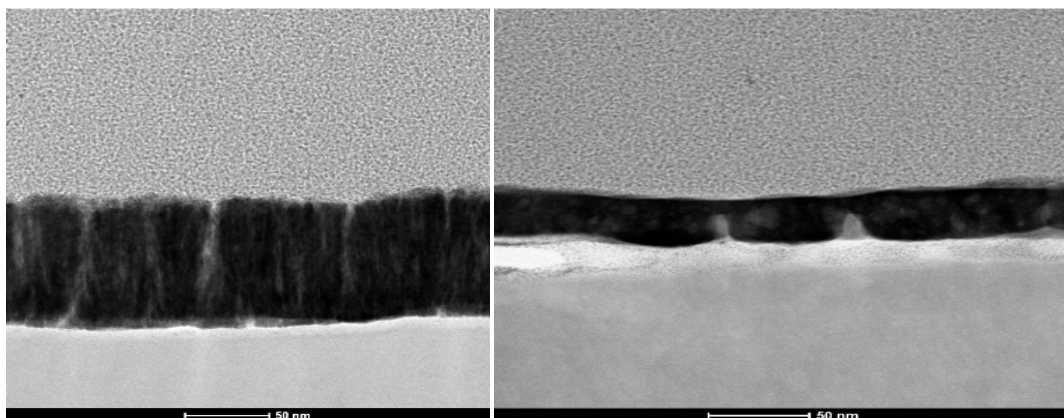
В работах [37–39] изучено влияние различных параметров процесса на свойства пленок ферромагнитных металлов, наносимых на непористые подложки (например,  $\text{SiO}_2$ ). Авторы выяснили, что давление аргона существенно влияет на текстуру пленок. Это может быть связано с энергетическими процессами, происходящими как на поверхности подложки во время напыления пленки, так и в пространстве между распыляемой мишенью и подложкой. Длина свободного пробега при высоком давлении существенно меньше. Потеря энергии частиц распыленного материала из-за столкновений с атомами и ионами аргона при движении к подложке влияет на миграционную способность адатомов по подложке и размер критических зародышей. При уменьшении давления размер зерна увеличивается и, как правило, наблюдается переход от столбчатой микроструктуры к квазиоднородной пленке.

Авторы детально изучили влияние значения и полярности напряжения смещения на подложке в диапазоне от  $-400$  до  $+300$  В на структуру и магнитные свойства пленок. В частности, для никеля показано, что при отрицательном напряжении смещения в результате ионной бомбардировки на поверхности подложки и пленки создается множество дефектов, являющихся центрами зарождения зерен. Высокая плотность дефектов на поверхности подложки приводит к уменьшению длины пробега адатомов, что способствует увеличению скорости зародышеобра-

зования и уменьшению размера критического зародыша. Кроме того, ионная бомбардировка может приводить к разрушению формирующихся на поверхности подложки кластеров, преимущественно образуются кластеры всего из двух атомов, что дает пленки определенной текстуры.

Положительное напряжение смещения на подложке приводит к тому, что поверхность подложки бомбардируют электроны. Электронная бомбардировка способствует быстрому и более сильному нагреву подложки, то есть росту миграционной способности адатомов и увеличению вероятности зарождения кластеров другого типа. Авторы отмечают, что влияние положительного напряжения смещения на структуру пленок зависит от давления аргона.

В работе [40] отмечено уплотнение и частичное подавление столбчатой структуры пленки при подаче отрицательного напряжения смещения. Авторы связывают это с эффектом обратного распыления из-за интенсивной бомбардировки поверхности ионами. Уплотнение и измельчение структуры покрытий наблюдалось также при введении в состав рабочего газа азота. Исследования по применению импульсной ионной имплантации (бомбардировки поверхности ионами аргона с энергией  $1\text{--}30$  кэВ в процессе напыления) также подтверждают уплотнение структуры покрытия [41, 42]. Наиболее наглядно это проявляется при достаточно больших дозах и энергии, ведущих к заметному распылению покрытия (рис. 4).



**Рис. 4.** Структура платинового покрытия на титане до и после имплантации ( $\text{Ar}^+$ ,  $10^{16}$  ион/см<sup>2</sup>,  $E = 10$  кэВ)  
**Fig. 4.** Structure of platinum coating on Ti before and after ion implantation ( $\text{Ar}^+$ ,  $10^{16}$  ion/cm<sup>2</sup>,  $E = 10$  keV)

Заметим, что авторы работы [43] еще в 2006 г. указывали, что напряжение смещения на подложке является важным параметром, который позволяет регулировать энергию ионов, попадающих на подложку во время процесса напыления. Это особенно важно для пористых подложек, поскольку от этого может зависеть глубина проникновения Pt в электрод.

В работе [44] подчеркивается важность еще одного параметра процесса – натекания в рабочем объеме непосредственно перед началом нанесения покрытия. На него обычно обращают мало внимания, однако доля захваченных покрытием атомов примесей, содержащихся в остаточной атмосфере вакуумной камеры, в том числе химически активных остаточных газов, пропорциональна величине натекания (и обратно пропорциональна скорости осаждения покрытия).

### Синтез катализаторов на пористых носителях

Метод магнетронного распыления позволяет наносить пленки и покрытия на подложки различного типа. Однако носители, применяемые для производства электрокатализаторов, имеют свои особенности. Как правило, это пористые углеродные материалы, а также пористый титан. Углеродный носитель обеспечивает высокую удельную поверхность и в то же время электропроводность. Структура носителя влияет на структуру каталитического слоя, и, как результат, на электрохимические характеристики. Частицы каталитически активного элемента (Pt или другого благородного металла) осаждаются на поверхность углеродного носителя, поэтому её морфология заметно влияет на дисперсность каталитически активного металла. Традиционным углеродным носителем является сажа (например, производимая зарубежными фирмами Vulcan XC-72). В последние годы были предложены варианты использования наноматериалов на основе углерода, включая углеродные нановолокна (УНВ), углеродные нанотрубки (УНТ), графен, мезопористый углерод, аэрогели и др. [45–47]. Новый перспективный носитель был недавно исследован в работе [48] – углеродные на-

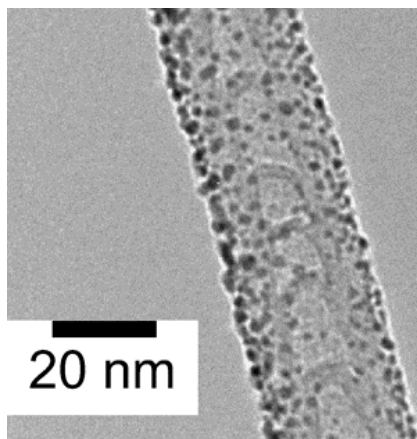
ноболочки (графитизированная сферическая оболочка, полая внутри). Платиновые катализаторы, полученные на таком носителе, отличаются не только активностью, но и исключительно высокой долговечностью.

По мнению специалистов, новое поколение электрокатализаторов может быть создано на основе графена. В последние годы стремительно развиваются технологии массового производства графена и растут предложения по его коммерческому использованию. Нобелевский лауреат К. Новоселов опровергает мнение тех специалистов, которые считают, что до коммерциализации графена пройдут десятилетия [49]. Производственные мощности компании Bluestone Global Tech, образованной в 2011 г. в США для производства графена, составляют сейчас 20–200 м<sup>2</sup> графена в день. В 2013 г. Bluestone Global Tech приняла решение открыть завод, производящий графен, в Великобритании. Польша надеется занять 30–40 % мирового рынка (в конце 2013 г. в этой стране был запущен завод по производству графена). Коммерциализацией графена активно занимаются компании и университеты Китая, Японии, Южной Кореи (в особенности Samsung).

Исследования показали, что в качестве носителей Pt перспективны и гибридные углеродные материалы, содержащие графен: графен-макропористый углерод [50], графен-УНТ [51]. При их использовании была получена повышенная электрокаталитическая активность. Катализатор PtRu (наночастицы 2–4 нм) на гибридном носителе графен-допированные азотом УНТ благодаря уникальной иерархической структуре оказался гораздо эффективнее как коммерческого PtRu катализатора, так и катализатора PtRuУНТ [52].

Представляют интерес и другие, недавно предложенные гибридные носители, например, с добавлением оксида титана или оксида церия. Кроме того, были получены эффективные катализаторы Pt/TiO<sub>2</sub>/графен и Pt на углеродных нановолокнах, покрытых TiO<sub>2</sub> [53]. Высокую электрокаталитическую активность проявили катализаторы Pt/CeO<sub>2</sub>/графен [54], Pt/CeO<sub>2</sub>/УНТ [55].

Безусловно, при получении электрокатализаторов методом ионного магнетронного распыления следует обратить внимание на рассмотренные выше перспективные носители. К настоящему времени известно немного исследований в этой области. Одно из первых – работа [56], в которой с помощью магнетронного напыления наночастиц платины на вертикально ориентированные углеродные нанотрубки были получены нанокомпозиты с высокой электрохимической активностью (рис. 5)



**Рис. 5.** Наночастицы Pt, нанесенные методом магнетронного распыления на вертикально ориентированные УНТ

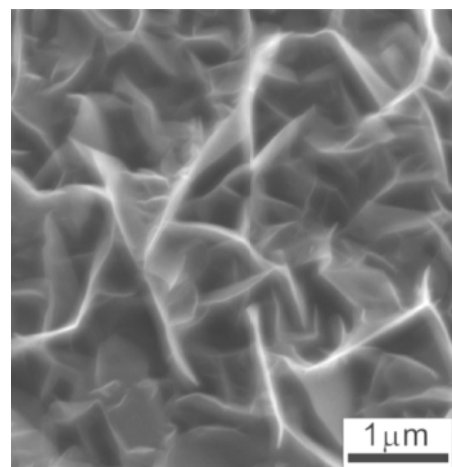
**Fig. 5.** Pt nanoparticles sputtered on vertically oriented CNT

Методом магнетронного распыления авторы [45] нанесли PtRu катализатор на углеродные нанотрубки и азотсодержащие углеродные нанотрубки; в работе [57] на УНТ были получены наночастицы Pt (при этом для иммобилизации Pt использовали ионные жидкости). Методом ВЧ магнетронного распыления были получены электрокатализаторы Pt/CeO<sub>2</sub>/УНТ [58], Pt на смеси УНТ и Vulcan XC-72 [59]. Также в качестве носителя использовали углеродные нановолокна: были получены Pt/УНВ электрокатализаторы для топливных элементов прямого окисления метанола (углеродные нановолокна были выращены на углеродной бумаге) [60].

Нанесение методом dc магнетронного распыления платиновых нанокластеров разной толщины на пористые пленки из чешуйчатого графена позволило получить превосходные электрокатализаторы для окисления метанола [61] (рис. 6).

Используя магнетронное распыление платины авторы [7] получили эффективные недорогие электрокатализаторы большой площади. Содержание Pt удалось значительно снизить (до 35 мкг/см<sup>2</sup>) по сравнению с коммерческими Pt/C катализаторами. Платину наносили на вертикально ориентированные углерод-

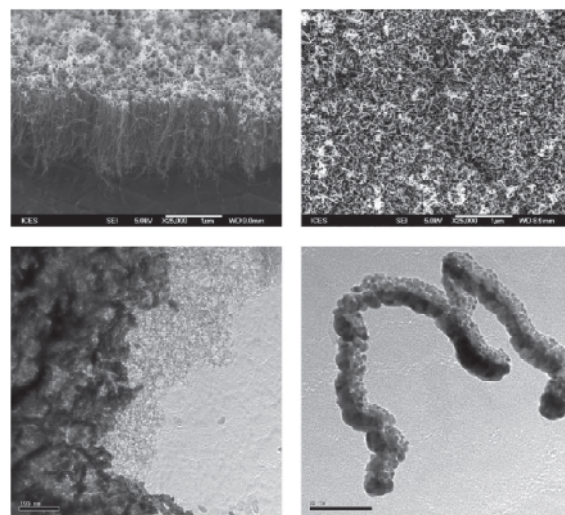
ные нанотрубки. УНТ были предварительно выращены PECVD методом на Al подложке [7].



**Рис. 6.** Pt нанокластеры толщиной 2,1 нм, нанесенные методом магнетронного распыления на пористые чешуйки графена

**Fig. 6.** Pt nanoclusters with thickness of 2.1 nm sputtered on porous graphene nanoflakes

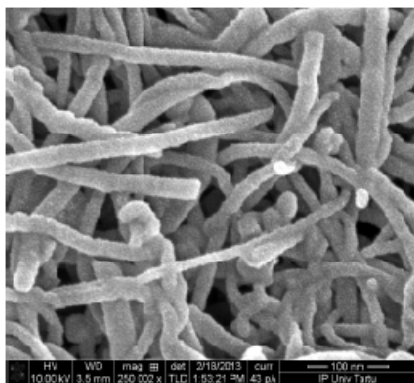
На рис. 7 [7] представлены SEM и TEM изображения платины на УНТ. Можно увидеть, что платина осаждается в виде наночастиц или нанопленок на глубину до 500 нм от вершин УНТ (большая часть до 200 нм).



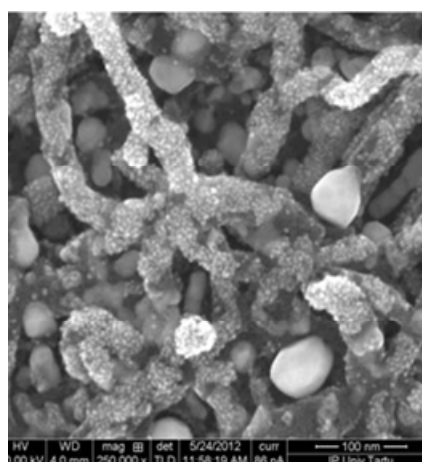
**Рис. 7.** SEM и TEM изображения Pt на УНТ  
**Fig. 7.** SEM and TEM images of Pt on CNT

Авторы работ [9, 10, 62] в качестве носителей использовали многостенные УНТ (на подложке из стеклоуглерода). Методом магнетронного распыления платины [62] (рис. 8), а также палладия они получили катализаторы, проявляющие высокую активность в реакции восстановления кислорода.





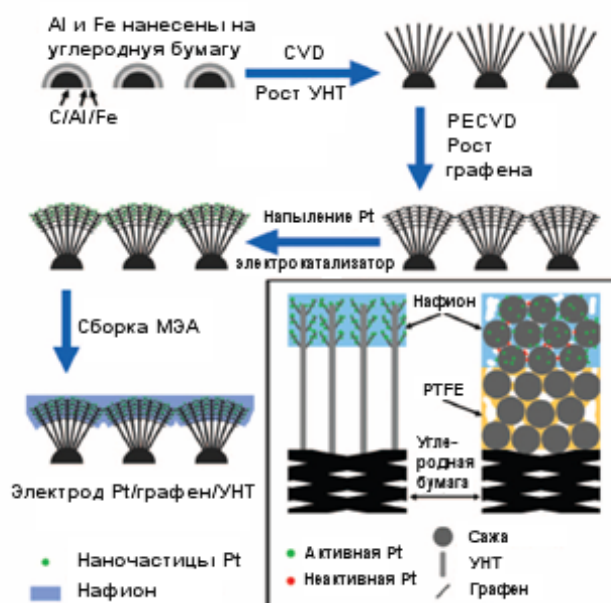
**Рис. 8.** SEM изображение 4 нм слоя Pt на носителе из MCHT  
**Fig. 8.** SEM image of 4 nm Pt layer on MWCNT support



**Рис. 9.** SEM изображения Pd/MCHT до (слева) и после (справа) отжига (500 °C, 30 мин)  
**Fig. 9.** SEM images of Pd/MWCNT before (left) and after (right) annealing (500 °C, 30 min)

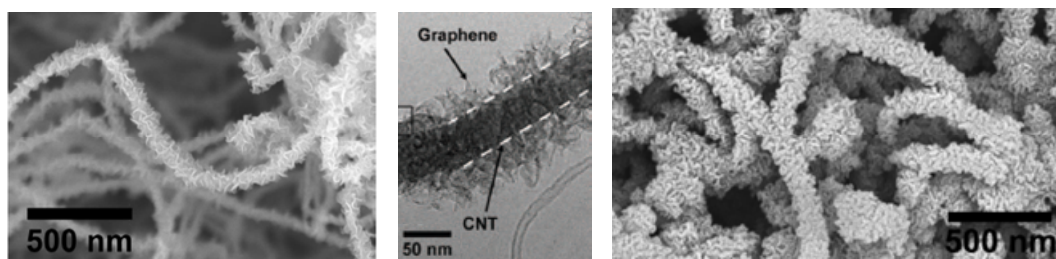
Авторы одной из недавних работ [63] сообщили о синтезе уникального углеродного носителя для ТЭ с ТПЭ с иерархической структурой. Сначала на углеродной бумаге с помощью CVD сформировали УНТ (предварительно методом магнетронного распыления нанесли Al и Fe катализаторы), затем, используя PECVD, непосредственно на УНТ вырастили графен. На основе этого гибрида сделали катод для электрохимических исследований: методом магнетронного распыления нанесли 19 нм (0,04 мг/см<sup>2</sup>) слой Pt (рис. 10).

**Рис. 10.** Схема процесса изготовления Pt/графен/УНТ катода и сравнение нового катода с обычным на основе сажи [63]  
**Fig. 10.** Schematic illustration of Pt/graphene/CNT cathode fabrication and the comparison of the new cathode and the conventional one [63]



SEM и TEM изображения полученного гибрида до и после нанесения Pt представлены на рис. 11. Общий диаметр УНТ с лепестками графена ~ 100 нм. Детальные исследования подтвердили высокую степень  $sp^2$  гибридизации в носителе графен/УНТ. Этот носитель сочетает преимущества пористой структу-

ры УНТ со сверхвысокой плотностью открытых пластинок графена, доступных для осаждения наночастиц Pt. Новый электрокатализатор по характеристикам значительно превосходит широко используемый Pt/VXC72.

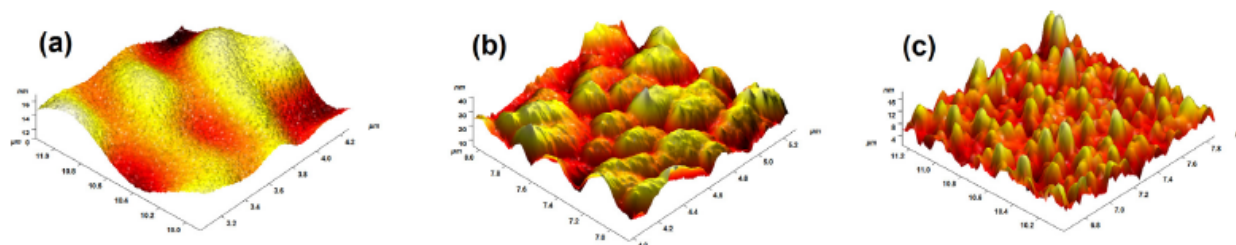


**Рис. 11.** SEM изображение гибридного носителя графен/УНТ (слева); TEM изображение при высоком увеличении (в центре); SEM изображение Pt/графен/УНТ (справа)

**Fig. 11.** SEM image of the graphene/CNT hybrid support (left), TEM image at higher magnification (centre), SEM image of the Pt/graphene/CNT (right)

Следует отметить, что методом магнетронного распыления продолжают получать электрокатализаторы и на традиционных углеродных носителях. Например, в работе [64] наносили Pt на пористую углеродную бумагу. Авторы выяснили, как влияет давление аргона (0,05; 0,1 и 0,5 мбар) на структуру, и, соответственно, электрокаталитические свойства пленок. Пленки, полученные при низком давлении,

имеют гладкую поверхность. При давлении 0,5 мбар растет число столкновений частиц с Ag, снижается длина свободного пробега Pt. Атомы Pt теряют кинетическую энергию и, по мнению авторов, объединяются до попадания на подложку. В результате образуется эффективная для электродов структура из конических выступов (рис. 12).



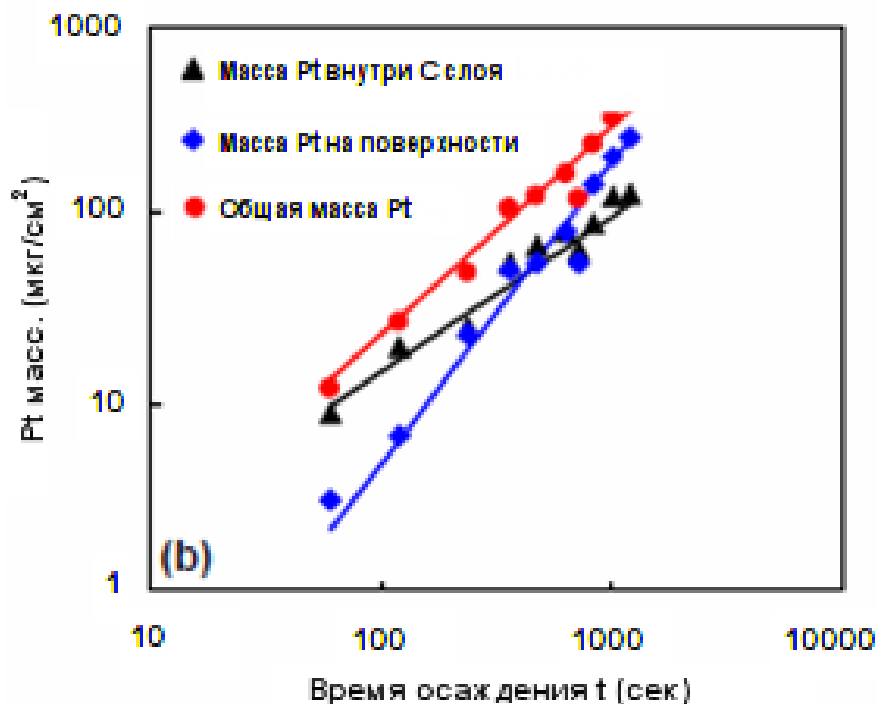
**Рис. 12.** AFM изображения образцов, осажденных при разном давлении Ar: (a) 0,05 мбар, (b) 0,1 мбар, (c) 0,5 мбар

**Fig. 12.** AFM images of Pt films deposited at different Ar pressures: (a) 0,05 mbar, (b) 0,1 mbar, (c) 0,5 mbar

Как отмечают авторы обзора [46], узким местом синтеза катализаторов на углеродной основе по-прежнему является контроль роста наночастиц на носителе. Механизмы взаимодействия не вполне ясны.

При использовании пористых носителей очень важно учитывать диффузию, которая в таких системах может быть аномальной. Целью работы [65] было охарактеризовать процесс «осаждение-диффузия» для пористого углеродного носителя. Платину наносили на подложку толщиной несколько десятков микрон, состоящую из наночастиц Vulcan XC72 и частиц ПТФЭ на углеродной ткани. Удельная поверхность до нанесения  $15 \text{ м}^2/\text{г}$ , после нанесения  $13 \text{ м}^2/\text{г}$ . Процесс изучали при давлении аргона

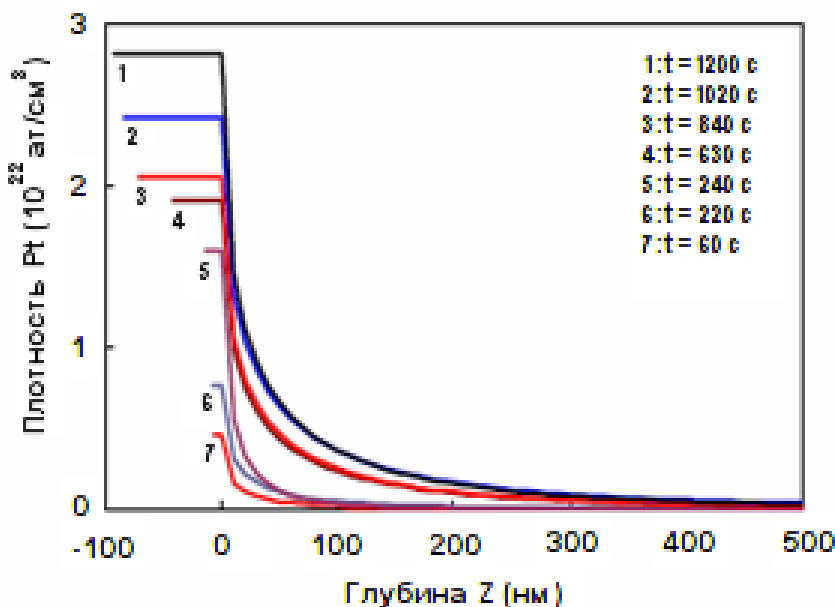
0,5 и 5 Па, что в данном эксперименте соответствовало кинетической энергии атомов Pt около 7 и 0,04 эВ. Профиль по глубине определяли, используя спектроскопию резерфордского обратного рассеяния. Выяснилось, что, поскольку все атомы не могут сразу проникнуть внутрь пор, слой платины на поверхности постепенно растет и экранирует воздействие плазмы. Распределение Pt по глубине пористого углеродного носителя в зависимости от времени нанесения представлено на рис. 13. Коэффициент диффузии в пористый носитель и поток на границе раздела (на поверхности углерода,  $z = 0$ ) уменьшаются со временем.



**Рис. 13.** Расчет распределения Pt (мкг/см<sup>2</sup>) в пористой среде (• – общее количество, ♦ – на поверхности, ▲ – внутри C-слоя) как функция времени нанесения (loglog график)  
**Fig. 13.** Pt content distribution in the porous medium calculated as a function of time (loglog plot). • – total Pt amount, ♦ – on the surface, ▲ – inside C layer

На рис. 14 представлено распределение платины Pt в C-слое, вычисленное в соответствии с решением уравнения процессов аномальной диффузии («растя-

нутая экспонента»). Рисунки 13 и 14 соответствуют  $P_{Ar} = 0,5$  Па, однако такие же эффекты наблюдаются и для давления 5 Па.



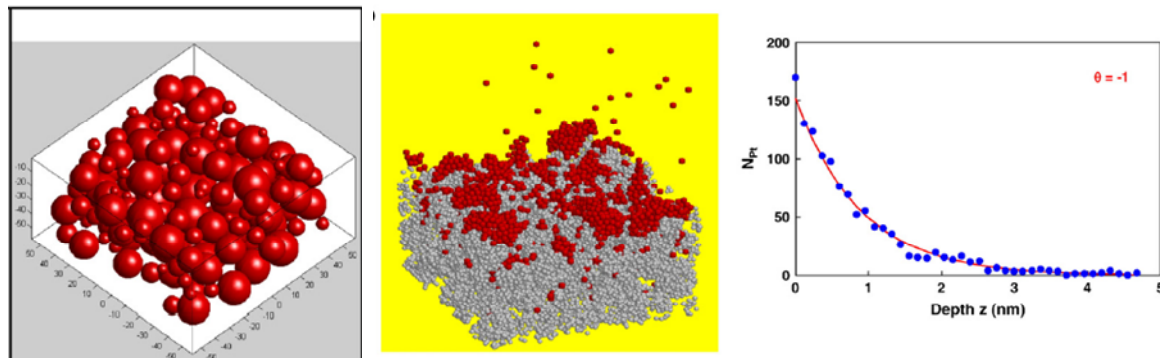
**Рис. 14.** Распределение Pt по глубине пористого углеродного носителя в зависимости от времени нанесения.  
 $z = 0$  соответствует поверхности носителя

**Fig. 14.** Pt depth profiles in porous carbon support depending on deposition times.  $z = 0$  corresponds to the carbon layer surface



Для того чтобы лучше понять механизм роста каталитических кластеров/пленок на пористых углеродных носителях, авторы [66] выполнили **моделирование** на атомном уровне для Pt-Pt взаимодействия и подтвердили экспериментальные данные и мо-

дель [65] проникновения Pt в глубину (рис. 15). На рисунке показан носитель из аморфных углеродных сфер диаметром 0,3–1,3 нм, 2,26 г/см<sup>2</sup>, пористостью 60 % и результат осаждения на него Pt.



**Рис. 15.** Носитель из аморфных углеродных сфер диаметром 0,3–1,3 нм (слева); результат осаждения платины (молекулярное моделирование) (в центре); распределение частиц Pt по глубине (справа); точки – эксперимент, кривая – теория

**Fig. 15.** Support of amorphous carbon spheres with diameter 0.3–1.3 nm (left), molecular modeling of Pt deposition (centre), Pt depth profile (right), points – experiment, line – theory

Результаты молекулярного моделирования могут быть полезны для оптимизации синтеза эффективных катализаторов, особенно на пористых носителях.

Изучение закономерностей роста частиц в процессе осаждения на поверхность носителей чрезвычайно важно для получения эффективных электрокатализаторов. Адгезия частиц, формирование нанокластеров зависят от распределения осаждаемых частиц по энергиям, которое в свою очередь зависит от энергии распыляемых частиц, процессов их замедления при столкновениях с атомами и ионами газа. Средняя кинетическая энергия атомов распыленного материала находится в диапазоне 3–10 эВ (по некоторым данным до 30 эВ). За время движения к подложке атомы могут термализоваться, если давление газа достаточно высокое или путь до конденсации долгий. Частицы, сохранившие свою энергию из-за столкновений между распыленными атомами и атомами аргона, а также ионы аргона могут воздействовать на растущие кластеры/пленку.

По мнению авторов [67] рост кластеров зависит от двух процессов: образования зародышей при столкновении 3 тел (двух атомов распыленного вещества и атома инертного газа, который отбирает избыток кинетической энергии) и формирования больших кластеров при столкновении двух тел нанокластер–нанокластер и присоединении новых атомов, попадающих на поверхность нанокластера. Исследователи экспериментально изучили механизм формирования нанокластеров Pd. Использовали dc магнетрон и смесь аргона и гелия. При увеличении подачи гелия от 5 до 25 см<sup>3</sup>/мин (при постоянном потоке аргона 40 см<sup>3</sup>/мин) размер кластеров умень-

шался – в более плотной атмосфере преобладают столкновения 3 тел. Кроме того, гелий более эффективно откачивается из камеры, чем аргон, быстрый поток гелия уменьшает время нуклеации, и, соответственно, размер нанокластеров.

Интересно, что критический размер кластера можно уменьшить, если увеличить плотность дефектов на поверхности носителя. Авторы работы [68] получили наночастицы золота диаметром 5–30 нм в зависимости от условий процесса распыления (особенно кинетической энергии частиц) и плотности дефектов на поверхности МСНТ, которую они контролировали путем отжига перед напылением.

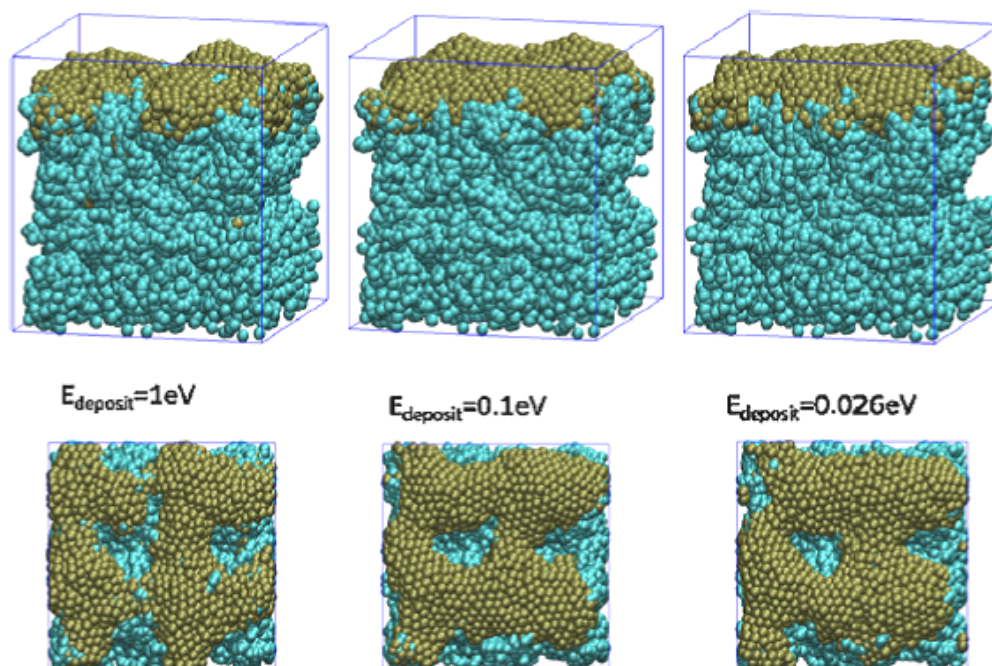
Экспериментальные исследования образования кластеров Pt на пористом углероде и моделирование методом молекулярной динамики выполнено в работах [69, 70]. Авторы использовали простую модель, в которой средняя кинетическая энергия распыленных атомов, движущихся в газовой среде, вычисляется по модифицированной формуле Thompson [71, 72].

Ученые наносили кластеры Pt в следующих условиях: мощность 530 Вт, напряжение на мишени 700 В, сила тока 0,78 А, мишени из чистого углерода и Pt<sub>0,01</sub>C<sub>0,99</sub>. Расстояние мишень–подложка составляло 6,5 см. Мишени были расположены под углом 45° к подложке из пористого углерода. Используя спектроскопию резерфордского обратного рассеяния, определили, что 90 % атомов платины локализованы на глубине первых 200 нм от поверхности. Результаты моделирования для трех разных кинетических энергий атомов, осаждаемых на подложку, приведены на рис. 16. Энергия 1 эВ соответствует низкому давлению аргона, при котором распыленные атомы



теряют малую часть энергии. Во втором случае 0,1 эВ соответствует резистивному или электронно-лучевому испарению, а в третьем 0,026 эВ – магне-

тронному распылению при давлении аргона 5 Па при температуре 300 К.



**Рис. 16.** Результаты моделирования для трех разных значений кинетической энергии атомов Pt, осаждаемых на пористую углеродную подложку

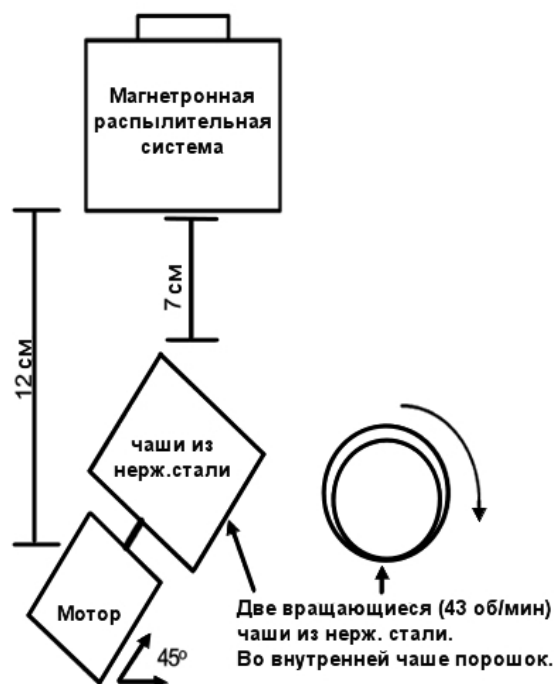
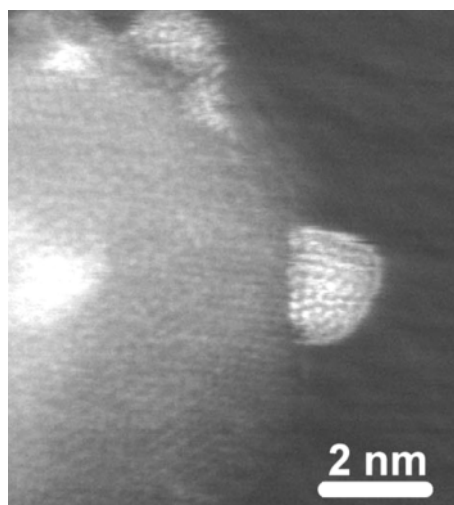
**Fig. 16.** Results of molecular modeling for Pt atoms deposited on porous carbon support with three different kinetic energies

Экспериментальные данные и результаты моделирования показали возможность синтеза эффективного катализатора для топливных элементов. Такой катализатор состоит из очень мелких аморфных кластеров платины, которые повторяют морфологию поверхности.

#### Особенности нанесения на дисперсный носитель

Использование метода магнетронного распыления для получения каталитически активных частиц на дисперсном носителе имеет свои особенности и является достаточно сложной задачей. Требуется обеспечить равномерное нанесение, большую активную поверхность катализатора, хорошую адгезию, минимальный расход драгоценных металлов, однако порошки обладают сыпучестью, имеют высокую поверхность, и склонность к агрегированию, а кроме того, ввиду большой удельной поверхности, являются источниками интенсивного газовыделения. Для равномерного нанесения покрытий на гранулы и мелкие порошки необходимо обеспечивать перемешивание в процессе напыления. Как уже говорилось

выше, авторский коллектив достиг в этом направлении значительных успехов. В самом начале исследований (в 2004–2006 гг.) для перемешивания применялось виброустройство, создающее псевдокипящий слой порошка: была изготовлена и вмонтирована в установку специальная приставка с чашей для порошка [32]. В дальнейшем система была существенно модернизирована для улучшения перемешивания, в частности добавлены две перекрещенные спирали, закрепленные вблизи дна чаши [13–16]. Другие варианты модернизации системы магнетронного распыления для нанесения на порошки предложены авторами [73, 74]. В работе [73] сплав Pt-Ru наносили из составной мишени на углеродную основу, используя держатель в виде колеса. Отмечается, что для формирования частиц катализатора нужного размера, поверхностного состава и структуры необходим тщательный контроль параметров процесса, включая мощность, давление в камере, концентрацию газа т.д. Авторам удалось подобрать эти параметры и синтезировать электрокатализатор для прямого окисления метанола с характеристиками лучше коммерческого варианта.



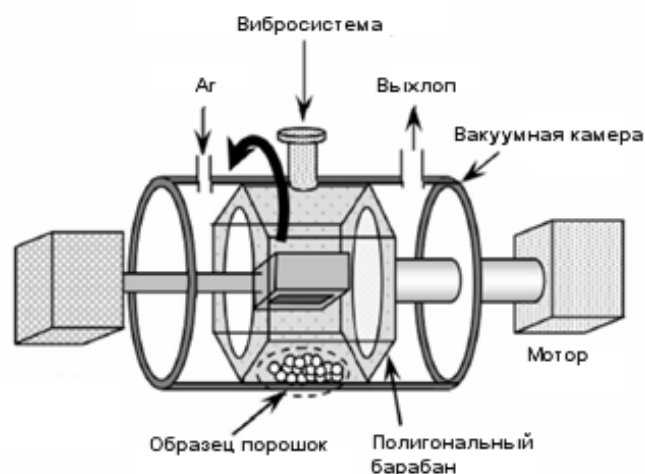
**Рис. 17.** Полусферические наночастицы золота на гранулах оксида алюминия и схема установки [74]

**Fig. 17.** Hemispherical gold nanoparticles deposited on alumina granules and schematic representation of deposition chamber [74]

Полусферические наночастицы золота размером 2–3 нм авторам [74] удалось нанести методом магнетронного распыления на гранулы оксида алюминия (рис. 17). Они использовали систему перемешивания из 2 вращающихся чаш (чаша с порошком внутри другой чаши), размещенных под углом 45° к потоку напыляемого материала: мощность 11 Вт, давление аргона 15 мТорр ( $\sim 2 \times 10^{-5}$  атм).

Позже этим коллективом были получены наночастицы на других носителях, например наночастицы золота на  $\text{WO}_3$  (удельная поверхность  $5 \text{ м}^2/\text{г}$ ) и активированном угле (удельная поверхность  $1100 \text{ м}^2/\text{г}$ ) [75]. Во внутреннюю чашу для лучшего перемешивания были помещены 2 тефлоновые полоски. На поверхности  $\text{WO}_3$  сформировалось множество частиц золота со средним размером 2,1 нм. Средний размер наночастиц золота на поверхности активированного угля был еще меньше – 1,7 нм. Интересно, что заметная доля золота присутствовала на поверхности этого носителя в виде отдельных атомов.

Другой вариант вибросистемы с полигональным барабаном (рис. 18) успешно использовали для нанесения на различные порошки в работах [76–78].

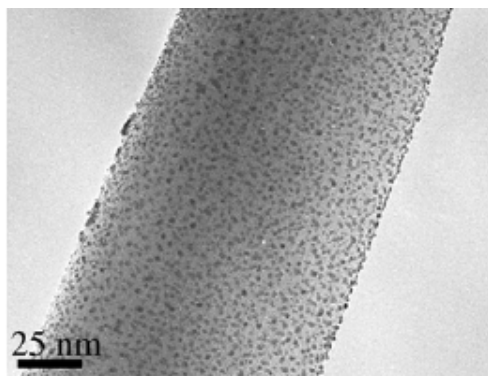


**Рис. 18.** Схема вибросистемы с полигональным барабаном для нанесения на порошки [77]

**Fig. 18.** Scheme of the polygonal barrel-sputtering system for powder samples [77]

Однако при нанесении Pt на углеродные нановолокна авторы столкнулись с трудностями – образовались агрегаты УНВ размерами 5–15 мм, и около 40 % носителя осталось немодифицированным. Проблему решили, добавив к носителю изогнутые столбики из нержавеющей стали (диаметр 2 мм, длина 10 мм), которые разбивали агрегаты. В результате волокно равномерно покрылось наночастицами Pt (размеры 1,7–3,5 нм, рис. 19 [76]).

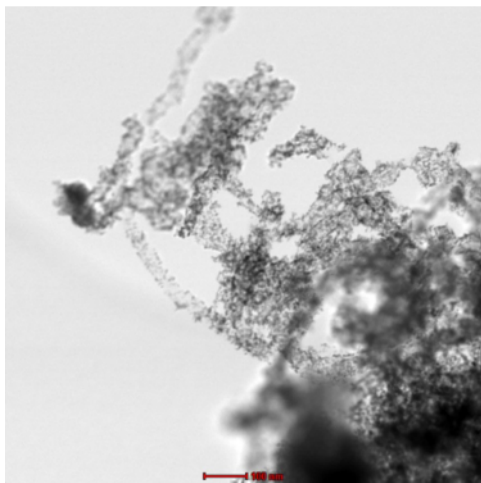




**Рис. 19.** TEM изображение нановолокна, покрытого наночастицами Pt  
**Fig. 19.** TEM image of the nanofiber coated with Pt nanoparticles

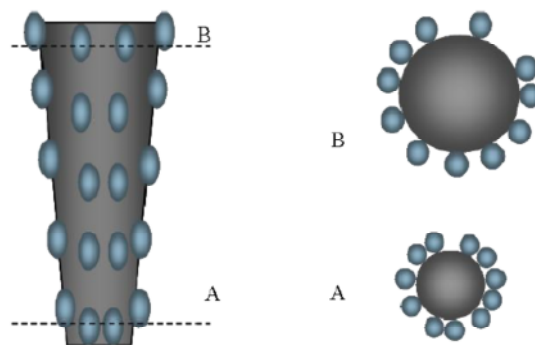
### Возможности оптимизации метода

Метод магнетронного распыления позволяет наносить очень малое количество каталитически активного металла в контролируемом процессе. Оптимизация метода позволяет дополнительно уменьшить размер получаемых частиц и расход платины, повысить каталитическую активность. Это достигается различными способами. Безусловно, существенное значение имеют параметры процесса, благодаря оптимизации которых в НИЦ «Курчатовский институт» при участии авторов данного обзора на различных углеродных носителях были получены платиновые частицы размером 3–5 нм и удельной поверхностью до 120 м<sup>2</sup>/г (рис. 20) [42].



**Рис. 20.** Платина на графеновых нанотрубках  
**Fig. 20.** Pt deposited on graphene nanotubes

Наряду с этим предлагается распыление композитной мишени или совместное распыление нескольких мишеней, например из Pt и углерода [47, 79–81]. В работе [80] была получена структура, схематически показанная на рис. 21.



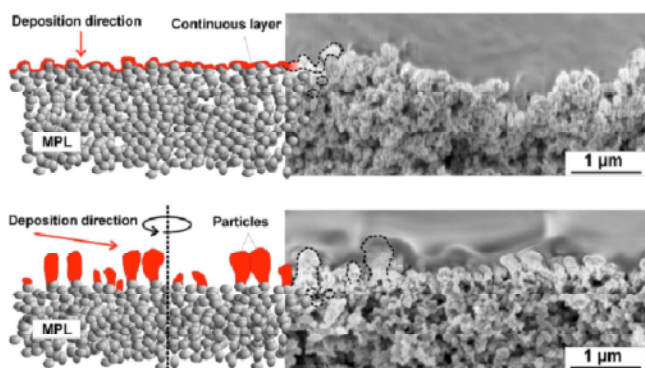
**Рис. 21.** Схема композита PtC, показывающая эволюцию кластеров платины по глубине (B-поверхность)  
**Fig. 21.** Schematic drawing of the PtC composite showing cluster's evolution in depth (B: surface)

В условиях совместного распыления Pt-C наблюдали анизотропный рост колонн углерода и на них кластеров платины. Рост кластеров регулируется распределением на поверхности, нуклеацией, диффузией на поверхности и явлениями коалесценции.

Совместное распыление Pt, Ru и C позволяет не только уменьшить размер частиц, но и получить сплав Pt-Ru, улучшающий электрокаталитические свойства [82–84]. Также был получен электрокатализатор Pt-Ru/TiO<sub>2</sub>/C [85]: сначала методом реактивного распыления получили TiO<sub>2</sub>/C, а затем путем совместного распыления мишеней на носитель нанесли Pt-Ru. Авторы работы [86] для уменьшения расхода платины использовали мишень PdPt (10 масс.% Pt).

В недавней работе [87] также использовалось совместное распыление двух мишеней, но с индивидуально контролируемой мощностью для обеспечения необходимого соотношения элементов. В результате впервые был синтезирован электрокатализатор Pt<sub>2</sub>Si, который оказался гораздо более эффективным в реакции окисления этанола, чем Pt. Следует заметить, что соединения Pt-Si очень сложно получить обычными методами синтеза. Таким образом, в работе продемонстрировано еще одно преимущество магнетронного распыления – возможность нанесения различных сплавов и интерметаллидов.

Авторы [88] предложили свою оптимизацию процесса нанесения для получения необходимой структуры поверхности: dc магнетрон, мощность 200 Вт, расстояние мишень – подложка 15 см, давление Ar ~ 3×10<sup>-6</sup> ат. Подложку с носителем размещали как перпендикулярно к потоку частиц, так и под небольшим углом (угол между нормалью к подложке и направлением потока составлял 0° и 87°). В первом случае формировалась равномерная пленка, повторяющая в какой-то степени морфологию носителя, а во втором образовались отдельные наночастицы платины (атомы Pt осаждались в первую очередь на неровностях, выступающих с поверхности, затем продолжался вертикальный рост частиц благодаря непрерывному вращению подложки, рис. 22).



**Рис. 22.** Формирование пленки и отдельных частиц при разном положении подложки с носителем [88]

**Fig. 22.** Formation of Pt films and separated particles depending on the support position [88]

В некоторых работах предлагается использовать сильнооточное импульсное магнетронное распыление HiPIMS (high-power impulse magnetron sputtering). Сильноточные импульсы подают на мишень, в результате достигается высокая степень ионизации не только атомов газа, но и распыленных атомов мишени. Подача отрицательного напряжения смещения на подложку регулирует энергию ионов, попадающих на поверхность. Это может оказаться полезным при необходимости осаждения глубоко в поры носителя [89, 90]. В работе [89] с использованием импульсного сильнооточного магнетронного распыления получили нанокластеры PtPd и PtAu. Установка отличалась тем, что кластеры были образованы в первой камере с довольно высоким давлением аргона (0,3 мбар), а затем через апертуру попадали в камеру с высоким вакуумом (0,003 мбар), где и осаждались на подложку. Авторы [90] подтвердили, что использование HiPIMS приводит к усилению проникновения Pt в микропористый углерод – не образуется плотный слой на поверхности, лимитирующий этот процесс.

Одним из технологических приемов, позволяющих повысить качество нанопокровов, является ионное ассистирование, которое реализуют путем воздействия направленного потока ионов рабочего газа на поверхность осаждаемого покрытия [44]. В этом случае часть энергии ионов передается атомам поверхностного слоя покрытия, что приводит к увеличению их подвижности, десорбции примесных атомов, релаксации внутренних напряжений и способствует формированию более совершенной кристаллической структуры покрытия. Авторы [44] для ионного ассистирования использовали систему ионной очистки холловского типа.

Заметим, что возможность применения метода ионной имплантации для регулируемой модификации поверхностного слоя электродов в НИЦ «Курчатовский институт» изучают, начиная с 90-ых годов XX века. В одной из первых работ [91] электрокаталитическое платиновое покрытие на поверхности пористого титанового электрода было модифицировано с помощью ионной имплантации (использовали

ионы аргона), что существенно улучшило сцепление платинового покрытия с подложкой, повысило стабильность электродов. Последние исследования авторов [42] подтверждают, что внедрение атомов платины в поверхностный слой подложки при импульсной имплантации может позволить существенно повысить коррозионную стойкость покрытия, например на титане.

## Заключение

Анализ информации, собранной за последние годы, а также более ранних публикаций показал, что с использованием метода ионного магнетронного распыления могут быть получены эффективные электрокатализаторы. Метод дает возможность наносить очень малое количество каталитически активного металла в контролируемом высокочистом процессе. Более того, с точки зрения зеленой химии использование магнетронного распыления позволит отказаться от применения токсичных химических продуктов. Метод позволяет уменьшить размер получаемых частиц и снизить расход благородного металла за счет использования композитных мишеней, совместного распыления нескольких мишеней, применения различных режимов смещения потенциала напыляемой подложки, размещения подложки с носителем под определенным углом и др. При применении метода ионного магнетронного распыления для получения электрокатализаторов следует обратить внимание на рассмотренные выше перспективные носители, особенно углеродные нанотрубки и графен. Однако необходимо учитывать, что нанесение каталитически активных частиц, имеющих необходимые размер, структуру и поверхность, на дисперсный и/или пористый носитель имеет свои особенности и является сложной задачей. В каждом случае надо подбирать оптимальное сочетание различных параметров процесса, таких как мощность, давление рабочего газа, расстояние между мишенью и подложкой, напряжение смещения на подложке и др. Эти параметры влияют на кинетическую энергию осаждаемых частиц, энергию ионов газа, воздействующих на подложку. При этом весьма перспективной, с точки зрения авторов, является импульсная подача напряжения смещения подложки, так как это резко снижает вероятность образования дуг (для более эффективной борьбы с дугами источник питания смещения подложки может быть биполярным) и исключает локальный перегрев поверхности подложки. Узким местом синтеза катализаторов на углеродной основе по-прежнему является контроль роста наночастиц на пористом носителе. Проведение моделирования методами молекулярной динамики полезно для понимания формирования каталитических кластеров на атомном уровне в зависимости от условий процесса нанесения.

Анализ публикаций показал, что для синтеза электрокатализатора может быть использован не

только метод dc магнетронного распыления, но и сильноточное импульсное магнетронное распыление.

Целесообразно также проводить модификацию носителя (допирование, отжиг, воздействие ионов газа). Например, путем отжига перед напылением можно менять плотность дефектов на поверхности носителя, которая влияет на процесс формирования кластеров. Воздействие ионов рабочего газа на носитель и осажденные на носитель частицы осуществляется до, во время и/или после окончания процесса.

Следует отметить, что магнетронное распыление может быть использовано для синтеза электрокатализаторов на основе тех соединений/сплавов Pt, которые нельзя получить обычными способами, в частности Pt<sub>2</sub>Si. Методом реактивного магнетронного распыления можно синтезировать сульфиды с электрокаталитической активностью, например RuS<sub>2</sub> [92]. Более того, метод позволяет получать электрокатализаторы, которые не содержат драгоценных металлов. Так, был получен катализатор из наночастиц оксида тантала, перспективный материал катода для топливных элементов (процесс восстановления кислорода). Распыление танталовой мишени проводили короткими периодами по 1–5 мин при добавлении в камеру небольшого количества кислорода и получили электрокатализатор, сравнимый по эффективности с платиновым [93]. Изучение этих возможностей также заслуживает внимания.

*Данная работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-29-00111).*

### Список литературы

1. Козлов С.И., Фатеев В.Н. Водородная энергетика: современное состояние, проблемы, перспективы. М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2009.
2. Weber M.F., Mamiche-Afare S., Dignam M.J. et al. Sputtered fuel cell electrodes // J. Electrochem. Soc. 1987. Vol. 134. P. 1416–1419.
3. Ticianelli E.A., Derouin C.R., Srinivasan S. Localization of platinum in low catalyst loading electrodes to attain high power densities in SPE fuel cells // J. Electroanal. Chem. 1988. Vol. 251. P. 275–295.
4. Mukerjee S., Srinivasan S., Appleby J. Effect of sputter film of platinum on low platinum loading electrodes on electrode kinetics of oxygen reduction in proton exchange membrane fuel cells // Electrochim. Acta. 1993. Vol. 38. P. 1661–1669.
5. Hirano S., Kim J., Srinivasan S. High performance proton exchange membrane fuel cells with sputter-deposited Pt layer electrodes // Electrochim. Acta. 1997. Vol. 42. P. 1587–1593.
6. Patent No: US 7303834 B2 H01M 4/86. USA. Catalytic coatings and fuel cell electrodes and membrane electrode assemblies made therefrom / Dearnaley G., Arps J.H. // (US) Filed: Jan 6, 2003 Publication Data Dec. 4, 2007
7. Kim H.-T., Lee J.-K. Platinum-sputtered electrode based on blend of carbon nanotubes and carbon black for polymer electrolyte fuel cell // J. of Power Sources. 2008. Vol. 180. P. 191–194.
8. Tian Z.Q., Lim S. H., Poh C.K. et al. A highly order-structured membrane electrode assembly with vertically aligned carbon nanotubes for ultra-low Pt loading PEM fuel cells // Adv. Energy Mater. 2011. No. 1. P. 1205–1214.
9. Jukk K., Alexeyeva N., Sarapuu A., Ritslaid P., Kozlova J., Sammelselg V., Tammeveski K. Electroreduction of oxygen on sputter-deposited Pd nanolayers on multi-walled carbon nanotubes // Int. J. Hydrogen Energy. 2013. Vol. 38. P. 3614–3620.
10. Jukk K., Alexeyeva N., Ritslaid P., Kozlova J., Sammelselg V., Tammeveski K. Electrochemical reduction of oxygen on heat-treated Pd nanoparticle/multi-walled carbon nanotube composites in alkaline solution // Electrocatalysis. 2013. Vol. 4. P. 42–48.
11. Patent US № 8785080 B2 H01M2008/1095. USA. Passivated metallic bipolar plates and a method for producing the same / Abd Elhamid M.H., Dadheech G.V., Mikhail Y.M. // Filed: Jan. 3, 2008. Publication Data July, 22, 2014
12. US № 7803476 B2 H01M 8/02 USA. Electrical contact element for a fuel cell having a conductive monoatomic layer coating / Dadheech G.V., Abd Elhamid M.H., Mikhail Y.M. // Filed: Dec. 5, 2006. Publication Data Sep. 28, 2010.
13. Grigoriev S.A., Fedotov A.A., Martemianov S.A., Fateev V.N. Synthesis of nanostructural electrocatalytic materials on various carbon substrates by ion plasma sputtering of platinum metals // Russian J. of Electrochemistry. 2014. Vol. 50, No. 7. P. 638–646.
14. Глухов А.С., Федотов А.А., Григорьев С.А., Кулешов Н.В. Магнетронно-ионное распыление как метод синтеза катализаторов для электрохимических систем с твердополимерным электролитом // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAE). 2012. № 04 (108). С. 101–107.
15. Федотов А.А., Григорьев С.А., Глухов А.С., Джусь К.А., Фатеев В.Н. Синтез наноструктурированных электрокатализаторов на основе магнетронно-ионного распыления // Кинетика и катализ. 2012. Т. 53, Вып. 6. С. 753–758
16. RU 2 344 902 C1 B22F 1/02 C23C 14/34 B02C 17/20. РФ. Устройство для нанесения покрытий на порошки / Брызкало А.М., Гольденберг Р.Е., Григорьев С.А., Приставко Ю.Н., Фатеев В.Н. // 27.01.2009/ Бюл. № 3.
17. RU 2 358 359 C1 H01M 4/88 H01M 8/10. РФ. Способ получения каталитического слоя топливного элемента / Нечитайлов А. А., Хамова Т. В., Звонарева Т. К. и др. // 10.06.2009/ Бюл. № 16.
18. RU 2 414 021 C1 H01M 4/88. РФ. Способ получения каталитического слоя топливного элемента / Гурович Б.А., Кулешова Е.А., Фатеев В.Н. и др. // 10.03.2011. Бюл. № 7.



19. Патент 2 146 025 AH01J41/06, H01J41/20, H01J41/00, C23C14/35. США. Coating by cathode disintegration / Penning F.M. // опубл. 7.02.1939

20. Данилин Б.С., Сырчин В.К. Магнетронные распылительные системы. М: Радио и связь, 1982.

21. Кузьмичёв А.И. Магнетронные распылительные системы. Киев: «Аверс», 2008.

22. Sarakinos K., Alami J., Konstantinidis S. High power pulsed magnetron sputtering: A review on scientific and engineering state of the art // *Surface & Coatings Technology*. 2010. Vol. 204, P.1661–1684.

23. Xie L., Brault P., Bauchire J.-M., Thomann A.-L., Bedra L. Molecular dynamics simulations of clusters and thin film growth in the context of plasma sputtering deposition // *J. Phys. D: Appl. Phys.* 2014. Vol. 47, 224004.

24. Alexeeva O., Chistov A., Sumarokov V. Preparation of hydride-forming intermetallic films // *Int. J. Hydrogen Energy*. 1995. Vol. 20. P. 397–399.

25. Alexeeva O.K., Zakharov A.I., Sumarokov V.N. Interaction of magnetron sputtered  $\text{PrNi}_5$  films with hydrogen // *Int. J. Hydrogen Energy*. 1996. Vol. 21. P. 1001–1003.

26. Alexeeva O. K., Shapir B. L., Sumarokov V. N., Vinogradova E. A. Interaction of hydrogen sulfide with Ni-Al protective coatings prepared by vacuum deposition // *Int. J. Hydrogen Energy*. 1999. Vol. 24. P. 235–239.

27. Alexeeva O.K., Amirkhanov D.M., Kotenko A.A., Chelyak M.M. Creation of hydrogen - selective tubular composite membranes based on Pd-alloys: I. Improvement of ceramic support with Ni layer deposition // In: T.N. Veziroglu et al. (eds.), *Hydrogen Materials Science and Chemistry of Carbon Nanomaterials*. Springer. 2007. P. 95–103.

28. Алексеева О.К., Гаврилкин А.А., Легасов В.А., Романовский Б.В., Русанов В.Д., Сафонов М.С., Сумарок В.Н., Чистов А.Г., Чумак П.С. Характеристики нанесенного ленточного катализатора с активным слоем никеля Ренея // *Кин. и кат.* 1987. Т. 28, № 5. С. 240–243.

29. Alexeeva O.K., Ilchenko N.L., Panteleimonova A.A., Novikov A.A., Sumarokov V.N. Modified hydrogen sulfide adsorbents-catalysts // *Int. J. Hydrogen Energy*. 1994. Vol. 19. P. 693–696.

30. Алексеева О.К., Алексеев С.Ю., Амирханов Д.М., Котенко А.А., Челяк М. М., Шапир Б. Л. Высокотемпературные каталитические мембранные реакторы для процессов с участием водорода // *Мембраны. Сер. Критические технологии*. 2003. № 3(19). С. 20–31.

31. Alexeeva O.K., Klebanov Yu.D., Safonova A.M., Sidorov G.L., Sumarokov V. N., Vinogradova E.A. Preparation of adsorption-catalytic and protective coatings on carbon fibers used for hydrogen purification // *Int. J. Hydrogen Energy*. 1999. Vol. 24. P. 241–246.

32. Алексеева О.К., Амирханов Д.М., Брызгалов А.М., Фатеев В.Н., Челяк М.М. Композитные функциональные материалы с покрытиями из металлов (сплавов) Pt\_группы или их заменителей для задач

водородной энергетики // *Драгоценные металлы. Драгоценные камни*. 2006. № 12 (156). С. 139–150.

33. Asanithi P., Chaikyakun S., Limsuwan P.. Growth of silver nanoparticles by dc magnetron sputtering // *J. of Nanomaterials*. 2012. Vol. 2012, Article ID 963609

34. Slavcheva E., Ganske G., Topalov G., Mokwa W., Schnakenberg U. Effect of sputtering parameters on surface morphology and catalytic efficiency of thin platinum films // *Applied Surface Sci.* 2009. Vol. 255, № 13–14. P. 6479–6486.

35. Slavcheva E.P. Magnetron sputtered iridium oxide as anode catalyst for PEM hydrogen generation // *Macedonian J. of Chem. and Chem. Eng.* 2011. Vol. 30, No. 1. P. 45–54

36. Slavcheva E., Ganske G., Schnakenberg U. Sputtered Pd as hydrogen storage for a chip-integrated microenergy system // *The Scientific World J.* 2014. Vol. 2014, Article ID 146126, 7 pages.

37. Джумалиев А.С., Никулин Ю.В., Филимонов Ю.А. Влияние напряжения смещения на подложке на текстуру, магнитные свойства и морфологию поверхности пленок никеля // *Гетеромагнитная микроэлектроника*. 2012. Вып.13. С. 25.

38. Джумалиев А.С., Никулин Ю.В., Филимонов Ю.А. Влияние напряжения смещения на структуру, морфологию и магнитные свойства пленок никеля, полученных магнетронным распылением на постоянном токе // *Наноинженерия*. 2013. № 2. С. 24.

39. Никулин Ю.В., Джумалиев А.С., Филимонов Ю.А. Формирование текстурированных пленок ферромагнитных 3-d металлов с различной кристаллографической ориентацией и микроструктурным строением методом магнетронного распыления на постоянном токе // *Нелинейный мир*. 2013. № 2. С. 5.

40. Shtansky D.V., Gloushankova N.A., Bashkova I.A. et al. Multifunctional Ti-(Ca,Zr)-(C,N,O,P) films for load-bearing implants // *Biomaterials*. 2006. Vol. 27, No 19. P. 3519–3531.

41. Fateev V., Glukhov A., Nikitin S., Markelov V., Alekseeva O., Grigoriev S. New physical technologies for catalyst synthesis and anticorrosion protection // *Proceeding of 5-th European PEFC&H<sub>2</sub> Forum 2015*, Lucerne, Switzerland, April 27–30 (in press)

42. Fateev V., Kulygin V., Nikitin S., Porembskiy V., Ostrovskiy S., Glukhov A., Pushkarev. Plasma technologies for water electrolyzers // *Proceedings of 7-th Exergy, Energy and Environment Simposium, France. Valenciennes, April 27–30 2015* (in press)

43. Brault P., Rouald'es S., Caillard A., Thomann A.-L., Mathias J., Durand J., Coutanceau C., L'eger J.-M., Charles C., Boswell R. Solid polymer fuel cell synthesis by low pressure plasmas: a short review // *Eur. Phys. J. Appl. Phys.* 2006. Vol. 34. P. 151–156.

44. Богатов В.А., Захаров С.С., Кисляков П.П., Крынин А.Г., Хохлов Ю.А. Влияние режимов магнетронного напыления на оптико-физические свойства медных нанопокровов // *Наноматериалы и нанотехнологии*. 2011. № 4. С. 45–53.





45. Yaldagard M., Jahanshahi M., Seghatoleslami N. Carbonaceous nanostructured support materials for low temperature fuel cell electrocatalysts - A Review // *World J. of Nano Sci. and Eng.* 2013. Vol. 3. P. 121–153.
46. Huang H., Wang X. Recent progress on carbon-based support materials for electrocatalysts of direct methanol fuel cells // *J. Mater. Chem. A.* 2014. Vol. 2. P. 6266–6291.
47. Brault P., Caillard A., Thomann A.-L. Polymer electrolyte Fuel Cell electrodes grown by vapor deposition techniques // *Chem. Vap. Deposition.* 2011. Vol. 17. P. 296–304.
48. Wang X.X., Tan Z.H., Zeng M., Wang J.N. Carbon nanocages: A new support material for Pt catalyst with remarkably high durability // *Scientific Reports.* 2014. Vol. 3, No 28. P.1.
49. Novoselov K.S. Technology: Rapid progress in producing grapheme // *Nature.* 2014. Vol. 505, No. 7483. P. 291.
50. Bo X., Guo L. Simple synthesis of macroporous carbon-graphene composites and their use as a support for Pt electrocatalysts // *Electrochimica Acta.* 2013. Vol. 90. P. 283–290.
51. Yang S.-Y., Chang K.-H., Lee Y.-F., Ma C.-C. M., Hu C.-C. Constructing a hierarchical graphene-carbon nanotube architecture for enhancing exposure of graphene and electrochemical activity of Pt nanoclusters // *Electrochemistry Commun.* 2010. Vol. 12. P. 1206–1209.
52. Lv R., Cui T., Jun M.-S., Zhang Q., Cao A., Su D. S. Zhang Z., Yoon S.-H., Miyawaki J., Mochida I., Kang F. Open-ended, N-doped carbon nanotube-graphene hybrid nanostructures as high-performance catalyst support // *Adv. Funct. Mater.* 2011. Vol. 21. P. 999–1006.
53. Shen Y.-L., Chen S.-Y., Song J.-M., Chen I.-G. Ultra-long Pt nanolawns supported on TiO<sub>2</sub>-coated carbon fibers as 3D hybrid catalyst for methanol oxidation // *Nanoscale Research Lett.* 2012. Vol. 7. P. 237.
54. Wang X., Li X., Liu D., Song S., Zhang H. Green synthesis of Pt/CeO<sub>2</sub>/graphene hybrid nanomaterials with remarkably enhanced electrocatalytic properties // *Chem. Commun.* 2012. Vol. 48. P. 2885–2887.
55. Tabet-Aoul A., Mohamedi M. Interrelated functionalities of hierarchically CNT/CeO<sub>2</sub>/Pt nanostructured layers: synthesis, characterization, and electroactivity // *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2012. Vol. 14. P. 4463–4474.
56. Sun C.-L., Chen Li-C., Su M.-C. et al. Ultrafine platinum nanoparticles uniformly dispersed on arrayed CN<sub>x</sub> nanotubes with high electrochemical activity // *Chem. Mater.* 2005. Vol. 17, No 14. P. 3749–3753.
57. Yoshii K., Tsuda T., Arimura T., Imanishi A., Torimoto T., Kuwabata S. Platinum nanoparticle immobilization onto carbon nanotubes using Pt-sputtered room-temperature ionic liquid // *RSC Advances.* 2012. Vol. 2. P. 8262–8264.
58. Matolín V., Matolínová I., Václavů M. et al. Platinum-doped CeO<sub>2</sub> thin film catalysts prepared by magnetron sputtering // *Langmuir.* 2010. Vol. 26, No 15. P. 12824–12831.
59. Kim H.-T., Lee J.-K., Kim J. Platinum-sputtered electrode based on blend of carbon nanotubes and carbon black for polymer electrolyte fuel cell // *J. of Power Sources.* 2008. Vol. 180. P. 191–194.
60. Zhang C., Hu J., Nagatsu M., Shu X., Toyoda H., Fang S., Meng Y. Magnetron sputtering of platinum nanoparticles onto vertically aligned carbon nanofibers for electrocatalytic oxidation of methanol // *Electrochimica Acta.* 2011. Vol. 56. P. 6033–6040.
61. Shang N., Papakonstantinou P., Wang P., Ravi S., Silva P. Platinum integrated graphene for methanol Fuel Cells // *J. Phys. Chem. C.* 2010. Vol. 114. P. 15837–15841.
62. Jukk K., Kozlova J., Ritslaid P. et al. Magnetron sputtered PtNP/MWCNT composite electrocatalysts for oxygen reduction reaction // *MA2013-02 224th ECS Meeting.* San Francisco, CA. 2013. Abstract No 2473.
63. Pham K.-C., Chua D. H. C., McPhail D. S., Wee A.T.S. The direct growth of graphene-carbon nanotube hybrids as catalyst support for high-performance PEM fuel cells // *ECS Electrochemistry Letters.* 2014. Vol. 3, No 6. P. F37–F40.
64. Khan A., Nath B. K., Chutia J. Nanopillar structured platinum with enhanced catalytic utilization for electrochemical reactions in PEMFC // *Electrochimica Acta.* 2014. Vol. 146. P. 171–177.
65. Brault P., Josserand Ch., Bauchire J.-M., Caillard A., Charles Ch., Boswell R.W. Anomalous diffusion mediated by atom deposition into a porous substrate // *Phys. Rev. Lett.* 2009. Vol. 102. P. 045901.
66. Brault P. Plasma deposition of catalytic thin films: Experiments, applications, molecular modeling // *Surface & Coatings Technology.* 2011. Vol. 205. P. S15–S23.
67. Ayesh A.I., Mahmoud S.T., Qamhieh N., Karam Z.A. Fabrication and characterization of percolating nanocluster devices // *J. Nanomed. Nanotechnol.* 2012. Vol. 3. P. 1.
68. Muratore C., Reed A.N., Bultman J.E., Ganguli S., Cola B.A., Voevodin A.A. Nanoparticle decoration of carbon nanotubes by sputtering // *Carbon.* 2013. Vol. 57. P. 274–281.
69. Xie L., Brault P., Coutanceau C., Bauchire J.-M., Caillard A., Baranton S., Berndt J., Neytsda E.C. Efficient amorphous platinum catalyst cluster growth on porous carbon: A combined molecular dynamics and experimental study GREMI // *Applied Catalysis B: Environmental.* 2015. Vol. 162. P. 21–26.
70. Xie L., Brault P., Bauchire J.-M., Thomann A.-L., Bedra L. Molecular dynamics simulations of clusters and thin film growth in the context of plasma sputtering deposition // *J. Phys. D: Appl. Phys.* 2014. Vol. 47. P. 224004.
71. Gras-Marti A., Valles-Abarca J.A. Slowing down and thermalization of sputtered particle fluxes: Energy distributions // *J. of Applied Physics.* 1983. Vol. 54. P. 1071–1075.



72. Meyer K., Schuller I.K., Falco C.M. Thermalization of sputtered atoms // *J. of Applied Physics*. 1981. Vol. 52. P. 5803–5805.
73. Dameron A. A., Olson T. S., Christensen S. T. et al. Pt–Ru alloyed Fuel Cell catalysts sputtered from a single alloyed target // *ACS Catal.* 2011. Vol. 1, No 10. P. 1307–1315.
74. Veith G.M., Lupini A.R., Pennycook S.J., Ownby G.W., Dudney N.J. Nanoparticles of gold on  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> produced by dc magnetron sputtering // *Journal of Catalysis*. 2005. Vol. 231. P. 151–158.
75. Veith G.M., Lupini A.R., Pennycook S.J., Villa A., Prati L., Dudney N.J. Magnetron sputtering of gold nanoparticles onto WO<sub>3</sub> and activated carbon // *Catalysis Today*. 2007. Vol. 122. P. 248–253.
76. Yamamoto H., Hirakawa K., Abe T. Surface modification of carbon nanofibers with platinum nanoparticles using a “polygonal barrel-sputtering” system // *Materials Letters*. 2008. Vol. 62. P. 2118–2121.
77. Akamaru S., Inoue M., Abe T. Surface modification of NaCl particles with metal films using the polygonal barrel-sputtering method // *Materials Sci. Applic.* 2013. Vol. 4, P. 29–34.
78. Hiromi C., Inoue M., Taguchi A., Abe T. Optimum Pt and Ru atomic composition of carbon-supported Pt–Ru alloy electrocatalyst for methanol oxidation studied by the polygonal barrel-sputtering method // *Electrochimica Acta*. 2011. Vol. 56. P. 8438–8445.
79. Cavarroc M., Ennadjaoui A., Mougnot M., Braut P., Escalier R., Tessier Y., Durand J., Roualdès S., Sauvage T., Coutanceau C. Performance of plasma sputtered Fuel Cell electrodes with ultra-low Pt loadings // *Electrochemistry Communications*. 2009. Vol. 11, No 4. P. 858–861.
80. Mougnot M., Andreazza P., Andreazza-Vignolle C., Escalier R., Sauvage Th., Lyon O., Braut P. Cluster organization in co-sputtered carbon-platinum films as revealed by grazing incidence X-ray scattering // *J. of Nanoparticle Research*. 2012. Vol. 14. P. 672.
81. Umeda M., Nagai K., Shibamine M., Inoue M. Methanol oxidation enhanced by the presence of O<sub>2</sub> at novel Pt–C co-sputtered electrode // *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2010. Vol. 12. P. 7041–7049.
82. Umeda M., Matsumoto Y., Inoue M., Shironita S. O<sub>2</sub>-enhanced methanol oxidation reaction at novel Pt–Ru–C co-sputtered electrodes // *Electrochimica Acta*. 2013. Vol. 101. P. 142–150.
83. Shironita S., Ueda M., Matsumoto Y., Umeda M. Novel O<sub>2</sub>-enhanced methanol oxidation performance at Pt–Ru–C sputtered anode in direct methanol fuel cell // *J. of Power Sources*. 2013. Vol. 243. P. 635–640.
84. Corpuz A.R., Olson T.S., Joghee P. et al. Effect of a nitrogen-doped PtRu/carbon anode catalyst on the durability of a direct methanol fuel cell // *Journal of Power Sources*. 2012. Vol. 217. P. 142–151.
85. Hirakawa K., Inoue M., Abe T. Methanol oxidation on carbon-supported Pt–Ru and TiO<sub>2</sub> (Pt–Ru/TiO<sub>2</sub>/C) electrocatalyst prepared using polygonal barrel-sputtering method // *Electrochimica Acta*. 2010. Vol. 55. P. 5874–5880.
86. Mougnot M., Caillard A., Braut P., Baranton S., Coutanceau C. High Performance plasma sputtered PdPt fuel cell electrodes with ultra low loading // *Int. J. of Hydrogen Energy*. 2011. Vol. 36. P. 8429–8434.
87. Ren Z., Xiao L., Wang G., Lu J., Zhuang L. Intermetallic Pt<sub>2</sub>Si: magnetron-sputtering preparation and electrocatalysis toward ethanol oxidation // *Journal of Energy Chemistry*. 2014. Vol. 23. P. 265–268.
88. Gasda M. D., Teki R., Lu T.-M., Koratkar N., Eisman G. A., Gall D. Sputter-deposited Pt PEM Fuel Cell electrodes: particles vs layers // *J. of The Electrochemical Society*. 2009. Vol. 156, No 5. P. B614–B619.
89. Caillard A., Cuynet S., Lecas T. et al. Gas aggregation source based on pulsed plasma sputtering for the synthesis of PtX catalytic nanoclusters // *ESCAMPIG XXII*, Greifswald, Germany, July 15–19, 2014.
90. Cuynet S., Caillard A., Lecas T., Bigarré J., Buva P., Braut P. Deposition of Pt inside fuel cell electrodes using high power impulse magnetron sputtering // *J. Phys. D: Appl. Phys.* 2014. Vol. 47. P. 272001 (5pp)
91. Фатеев В.Н., Гусева М.И., Пахомов В.П., Куликова Л.Н., Владимиров Б.Г., Чекушкин Ю.Н., Гордеева Г.В. Синтез анодных электрокаталитических покрытий методом имплантации атомов отдачи // *Электрохимия*. 1990. Т. 26. С. 74–76.
92. Kratzig A., Zachäus C., Brunken S. et al. RuS<sub>2</sub> thin films as oxygen-evolving electrocatalyst: Highly oriented growth on single-crystal FeS<sub>2</sub> substrate and their properties compared to polycrystalline layers // *Phys. Status Solidi A*. 2014. Vol. 211, No. 9. P. 2020–2029.
93. Kim J.Y., Oh T.-K., Shin Y., Bonnett J., Weil K.S. et al. A novel non-platinum group electrocatalyst for PEM fuel cell application // *Int. J. Hydrogen Energy*. 2011. Vol. 36, No 7. P. 4557–4564.

## References

- Kozlov S.I., Fateev V.N. Vodorodnââ énergetika: sovremennoe sostoânie, problemy, perspektivy. Moscow: Gazprom VNIIGAZ Publ., 2009 (in Russ.).
- Weber M.F., Mamiche-Afare S., Dignam M.J. et al. Sputtered fuel cell electrodes. *J. Electrochem. Soc.*, 1987, vol. 134, pp. 1416–1419 (in Eng.).
- Ticianelli E.A., Derouin C.R., Srinivasan S. Localization of platinum in low catalyst loading electrodes to attain high power densities in SPE fuel cells. *J. Electroanal. Chem.*, 1988, vol. 251, pp. 275–295 (in Eng.).
- Mukerjee S., Srinivasan S., Appleby J. Effect of sputter film of platinum on low platinum loading electrodes on electrode kinetics of oxygen reduction in proton exchange membrane fuel cells. *Electrochim. Acta*, 1993, vol. 38, pp. 1661–1669 (in Eng.).
- Hirano S., Kim J., Srinivasan S. High performance proton exchange membrane fuel cells with sputter-deposited Pt layer electrodes. *Electrochim. Acta*, 1997, vol. 42, pp. 1587–1593 (in Eng.).

6. Dearnaley G., Arps J.H. Catalytic coatings and fuel cell electrodes and membrane electrode assemblies made therefrom. Patent No: US 7303834 B2 H01M 4/86. USA. Filed: Jan 6, 2003 Publication Data Dec. 4, 2007 (in Eng.).
7. Kim H.-T., Lee J.-K. Platinum-sputtered electrode based on blend of carbon nanotubes and carbon black for polymer electrolyte fuel cell. *J. of Power Sources*, 2008, vol. 180, pp. 191–194 (in Eng.).
8. Tian Z.Q., Lim S.H., Poh C.K. et al. A highly order-structured membrane electrode assembly with vertically aligned carbon nanotubes for ultra-low Pt loading PEM fuel cells. *Adv. Energy Mater.*, 2011, no. 1, pp. 1205–1214 (in Eng.).
9. Jukk K., Alexeyeva N., Sarapuu A., Ritslaid P., Kozlova J., Sammelselg V., Tammeveski K. Electroreduction of oxygen on sputter-deposited Pd nanolayers on multi-walled carbon nanotubes. *Int. J. Hydrogen Energy*, 2013, vol. 38, pp. 3614–3620 (in Eng.).
10. Jukk K., Alexeyeva N., Ritslaid P., Kozlova J., Sammelselg V., Tamme-veski K. Electrochemical reduction of oxygen on heat-treated Pd nanoparticle/multi-walled carbon nanotube composites in alkaline solution. *Electrocatalysis*, 2013, vol. 4, pp. 42–48 (in Eng.).
11. Abd Elhamid M.H., Dad-heech G.V., Mikhail Y.M. Passivated metallic bipolar plates and a method for producing the same. Patent US # 8785080 B2 H01M2008/1095. USA. Filed: Jan. 3, 2008. Publication Data July, 22, 2014 (in Eng.).
12. Dadheech G.V., Abd Elhamid M.H., Mikhail Y.M. Electrical contact element for a fuel cell having a conductive monoatomic layer coating. Patent US # 7803476 B2 H01M 8/02 USA. Filed: Dec. 5, 2006. Publication Data Sep. 28, 2010 (in Eng.).
13. Grigoriev S.A., Fedotov A.A., Martemianov S.A., Fateev V.N. Synthesis of nanostructural electrocatalytic materials on various carbon substrates by ion plasma sputtering of platinum metals. *Russian J. of Electrochemistry*, 2014, vol. 50, no. 7, pp. 638–646 (in Eng.).
14. Gluhov A.S., Fedotov A.A., Grigor'ev S.A., Kuleshov N.V. Magnetronno-ionnoe raspylenie kak metod sinteza katalizatorov dlâ elektroi-miçeskih sistem s tverdogopolimernym elektrolitom. *International Scientific Journal "Alternativnââ ènergetika i èkologiâ" (IS-JAEE)*, 2012, no. 04 (108), pp. 101–107 (in Russ.).
15. Fedotov A.A., Grigor'ev S.A., Gluhov A.S., Dzhus' K.A., Fateev V.N. Sintez nanostrukturirovannyh elektrokatalizatorov na osnove magnetronno-ionnogo raspyleniâ. *Kinetika i kataliz*, 2012, vol. 53, issue 6, pp. 753–758 (in Russ.).
16. Bryazkalo A.M., Gol'denberg R.E., Grigor'ev S.A., Pristavko Yu.N., Fateev V.N. Ustrojstvo dlâ naneseniâ pokrytij na poroški. RU 2 344 902 C1 B22F 1/02 C23C 14/34 B02C 17/20. RF. 27.01.2009/ Bûl. no. 3 (in Russ.).
17. Nechitailov A.A., Hamova T.V., Zvonareva T.K. et al. Sposob poluçeniâ katalitiçeskogo sloâ toplivnogo èlementa. RU 2 358 359 C1 H01M 4/88 H01M 8/10. RF. // 10.06.2009// Bûl. # 16 (in Russ.).
18. Gurovich B.A., Kuleshova E.A., Fateev V.N. et al. Sposob poluçeniâ katalitiçeskogo sloâ toplivnogo èlementa. RU 2 414 021 C1 H01M 4/88. RF. 10.03.2011. Bûl. no. 7 (in Russ.).
19. Penning F.M. Coating by cathode disintegration. Patent 2 146 025 AH01J41/06, H01J41/20, H01J41/00, C23C14/35. USA. opubl.7.02.1939 (in Eng.).
20. Danilin B.S., Syrchin V.K. Magnetronnye raspylitel'nye sistemy. Moscow: Radio i svâz' Publ., 1982 (in Russ.).
21. Kuz'michev A.I. Magnetronnye raspylitel'nye sistemy. Kiev: Avers Publ., 2008 (in Russ.).
22. Sarakinos K., Alami J., Konstantinidis S. High power pulsed magnetron sputtering: A review on scientific and engineering state of the art. *Surface & Coatings Technology*, 2010, vol. 204, pp. 1661–1684 (in Eng.).
23. Xie L., Brault P., Bauchire J.-M., Thomann A.-L., Bedra L. Molecular dynamics simulations of clusters and thin film growth in the context of plasma sputtering deposition. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2014, vol. 47, 224004 (in Eng.).
24. Alexeeva O., Chistov A., Sumarokov V. Preparation of hydride-forming intermetallic films. *Int. J. Hydrogen Energy*, 1995, vol. 20, pp. 397–399 (in Eng.).
25. Alexeeva O.K., Zakharov A.I., Sumarokov V.N. Interaction of magnetron sputtered PrNi<sub>5</sub> films with hydrogen. *Int. J. Hydrogen Energy*, 1996, vol. 21, pp. 1001–1003 (in Eng.).
26. Alexeeva O.K., Shapir B.L., Sumarokov V.N., Vinogradova E.A. Interaction of hydrogen sulfide with Ni-Al protective coatings prepared by vacuum deposition. *Int. J. Hydrogen Energy*, 1999, vol. 24, pp. 235–239 (in Eng.).
27. Alexeeva O.K., Amirkhanov D.M., Kotenko A.A., Chelyak M.M. Creation of hydrogen - selective tubular composite membranes based on Pd-alloys: I. Improvement of ceramic support with Ni layer deposition. In: T.N. Veziroglu et al. (eds.), *Hydrogen Materials Science and Chemistry of Carbon Nanomaterials*. Springer, 2007, pp. 95–103 (in Eng.).
28. Alekseeva O.K., Gavrilkin A.A., Legasov V.A., Romanovski B.V., Rusanov V.D., Safonov M.S., Sumarokov V.N., Chistov A.G., Chumak P.S. Harakteristiki nanesennogo lentoçnogo katalizatora s aktivnym sloem nikelâ Reneâ. *Kin. i kat.*, 1987, vol. 28, no. 5, pp. 240–243 (in Russ.).
29. Alexeeva O.K., Iltchenko N.L., Panteleimonova A.A., Novikov A.A., Sumarokov V.N. Modified hydrogen sulfide adsorbents-catalysts. *Int. J. Hydrogen Energy*, 1994, vol. 19, pp. 693–696 (in Eng.).



30. Alekseeva O.K., Alekseev S.Yu., Amirhanov D.M., Kotenko A.A., Chelyak M.M., Shapir B.L. Vysokotemperaturnye katalitičeskie membrannye reaktory dlya processov s učastiem vodoroda. *Membrany. Ser. Kritičeskie tehnologii*, 2003, no. 3 (19), pp. 20–31 (in Russ.).

31. Alexeeva O.K., Klebanov Yu.D., Safonova A.M., Sidorov G.L., Sumarokov V.N., Vinogradova E.A. Preparation of adsorption-catalytic and protective coatings on carbon fibers used for hydrogen purification. *Int. J. Hydrogen Energy*, 1999, vol. 24, pp. 241–246 (in Eng.).

32. Alekseeva O.K., Amirhanov D.M., Bryazkalo A.M., Fateev V.N., Chelyak M.M. Kompozitnye funktsional'nye materialy s pokrytiâmi iz metallov (splavov) Pt-gruppy ili ih zamenitelej dlya zadač vodorodnoj ènergetiki. *Dragocennye metally. Dragocennye kamni*, 2006, no. 12 (156), pp. 139–150 (in Russ.).

33. Asanithi P., Chaikyakun S., Limsuwan P. Growth of silver nanoparticles by dc magnetron sputtering. *J. of Nanomaterials*, 2012, vol. 2012, Article ID 963609.

34. Slavcheva E., Ganske G., Topalov G., Mokwa W., Schnakenberg U. Effect of sputtering parameters on surface morphology and catalytic efficiency of thin platinum films. *Applied Surface Sci.*, 2009, vol. 255, no. 13–14, pp. 6479–6486 (in Eng.).

35. Slavcheva E.P. Magnetron sputtered iridium oxide as anode catalyst for PEM hydrogen generation. *Macedonian J. of Chem. and Chem. Eng.*, 2011, vol. 30, no. 1, pp. 45–54 (in Eng.).

36. Slavcheva E., Ganske G., Schnakenberg U. Sputtered Pd as hydrogen storage for a chip-integrated microenergy system. *The Scientific World J.*, 2014, vol. 2014, Article ID 146126, 7 pages (in Eng.).

37. Dzhumaliev A.S., Nikulin Yu.V., Filimonov Yu.A. Vliânie naprâženiâ smešeniâ na podložke na teksturu, magnitnye svoystva i morfologiju poverhnosti plenok nikelâ. *Geteromagnitnaâ mikroèlektronika*, 2012, issue 13, p. 25 (in Russ.).

38. Dzhumaliev A.S., Nikulin Yu.V., Filimonov Yu.A. Vliânie naprâženiâ smešeniâ na strukturu, morfologiju i magnitnye svoystva plenok nikelâ, polučennykh magnetronnym raspyleniem na postoânnom toke. *Nanoinženeriâ*, 2013, no. 2, p. 24 (in Russ.).

39. Nikulin Yu.V., Dzhumaliev A.S., Filimonov Yu.A. Formirovanie teksturirovannykh plenok ferromagnitnykh 3-d metallov s različnoj kristallografičeskoj orientaciej i mikrostrukturnym stroeniem metodom magnetronnogo raspyleniâ na postoânnom toke. *Nelinejnyj mir*, 2013, no. 2, p. 5 (in Russ.).

40. Shtansky D.V., Gloushankova N.A., Bashkova I.A. et al. Multifunctional Ti-(Ca,Zr)-(C,N,O,P) films for load-bearing implants. *Biomaterials*, 2006, vol. 27, no. 19, pp. 3519–3531 (in Eng.).

41. Fateev V., Glukhov A., Nikitin S., Markelov V., Alekseeva O., Grigoriev S. New physical technologies for catalyst synthesis and anticorrosion protection. *Proceeding of 5-th European PEFC&H<sub>2</sub> Forum 2015*, Lucerne, Switzerland, April 27–30 (in press) (in Eng.).

42. Fateev V., Kulygin V., Nikitin S., Poremskiy V., Ostrovskiy S., Glukhov A., Pushkarev. Plasma technologies for water electrolyzers. *Proceedings of 7-th Exergy, Energy and Environment Simposium*, France. Valenciennes, April 27–30, 2015 (in press) (in Eng.).

43. Brault P., Rouald'es S., Caillard A., Thomann A.-L., Mathias J., Durand J., Coutanceau C., L'èger J.-M., Charles C., Boswell R. Solid polymer fuel cell synthesis by low pressure plasmas: a short review. *Eur. Phys. J. Appl. Phys.*, 2006, vol. 34, pp. 151–156 (in Eng.).

44. Bogatov V.A., Zaharov S.S., Kislyakov P.P., Krynin A.G., Hohlov Yu.A. Vliânie režimov magnetronnogo napyleniâ na optiko-fizičeskie svoystva mednykh nanopokrytij. *Nanomaterialy i nanotehnologii*, 2011, no. 4, pp. 45–53 (in Russ.).

45. Yaldagard M., Jahanshahi M., Seghatoleslami N. Carbonaceous nanostructured support materials for low temperature fuel cell electrocatalysts - A Review. *World J. of Nano Sci. and Eng.*, 2013, vol. 3, pp. 121–153 (in Eng.).

46. Huang H., Wang X. Recent progress on carbon-based support materials for electrocatalysts of direct methanol fuel cells. *J. Mater. Chem. A*, 2014, vol. 2, pp. 6266–6291 (in Eng.).

47. Brault P., Caillard A., Thomann A.-L. Polymer electrolyte Fuel Cell electrodes grown by vapor deposition techniques. *Chem. Vap. Deposition*, 2011, vol. 17, pp. 296–304 (in Eng.).

48. Wang X.X., Tan Z.H., Zeng M., Wang J.N. Carbon nanocages: A new support material for Pt catalyst with remarkably high durability. *Scientific Reports*, 2014, vol. 3, no. 28, p. 1 (in Eng.).

49. Novoselov K.S. Technology: Rapid progress in producing grapheme. *Nature*, 2014, vol. 505, no. 7483, pp. 291 (in Eng.).

50. Bo X., Guo L. Simple synthesis of macroporous carbon-graphene composites and their use as a support for Pt electrocatalysts. *Electrochimica Acta*, 2013, vol. 90, pp. 283–290 (in Eng.).

51. Yang S.-Y., Chang K.-H., Lee Y.-F., Ma C.-C. M., Hu C.-C. Constructing a hierarchical graphene-carbon nanotube architecture for enhancing exposure of graphene and electrochemical activity of Pt nanoclusters. *Electrochemistry Commun.*, 2010, vol. 12, pp. 1206–1209 (in Eng.).

52. Lv R., Cui T., Jun M.-S., Zhang Q., Cao A., Su D.S., Zhang Z., Yoon S.-H., Miyawaki J., Mochida I., Kang F. Open-ended, N-doped carbon nanotube-graphene hybrid nanostructures as high-performance



catalyst support. *Adv. Funct. Mater.*, 2011, vol. 21, pp. 999–1006 (in Eng.).

53. Shen Y.-L., Chen S.-Y., Song J.-M., Chen I.-G. Ultra-long Pt nanolawns supported on TiO<sub>2</sub>-coated carbon fibers as 3D hybrid catalyst for methanol oxidation. *Nanoscale Research Lett.*, 2012, vol. 7, pp. 237 (in Eng.).

54. Wang X., Li X., Liu D., Song S., Zhang H. Green synthesis of Pt/CeO<sub>2</sub>/graphene hybrid nanomaterials with remarkably enhanced electrocatalytic properties. *Chem. Commun.*, 2012, vol. 48, pp. 2885–2887 (in Eng.).

55. Tabet-Aoul A., Mohamedi M. Interrelated functionalities of hierarchically CNT/CeO<sub>2</sub>/Pt nanostructured layers: synthesis, characterization, and electroactivity. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2012, vol. 14, pp. 4463–4474 (in Eng.).

56. Sun C.-L., Chen Li-C., Su M.-C. et al. Ultrafine platinum nanoparticles uniformly dispersed on arrayed CN<sub>x</sub> nanotubes with high electrochemical activity. *Chem. Mater.*, 2005, vol. 17, no 14, pp. 3749–3753 (in Eng.).

57. Yoshii K., Tsuda T., Arimura T., Imanishi A., Torimoto T., Kuwabata S. Platinum nanoparticle immobilization onto carbon nanotubes using Pt-sputtered room-temperature ionic liquid. *RSC Advances*, 2012, vol. 2, pp. 8262–8264 (in Eng.).

58. Matolín V., Matolínová I., Václavů M. et al. Platinum-doped CeO<sub>2</sub> thin film catalysts prepared by magnetron sputtering. *Langmuir*, 2010, vol. 26, no. 15, pp. 12824–12831 (in Eng.).

59. Kim H.-T., Lee J.-K., Kim J. Platinum-sputtered electrode based on blend of carbon nanotubes and carbon black for polymer electrolyte fuel cell. *J. of Power Sources*, 2008, vol. 180, pp. 191–194 (in Eng.).

60. Zhang C., Hu J., Nagatsu M., Shu X., Toyoda H., Fang S., Meng Y. Magnetron sputtering of platinum nanoparticles onto vertically aligned carbon nanofibers for electrocatalytic oxidation of methanol. *Electrochimica Acta*, 2011, vol. 56, pp. 6033–6040 (in Eng.).

61. Shang N., Papakonstantinou P., Wang P., Ravi S., Silva P. Platinum integrated graphene for methanol Fuel Cells. *J. Phys. Chem. C*, 2010, vol. 114, pp. 15837–15841 (in Eng.).

62. Jukk K., Kozlova J., Ritslaid P. et al. Magnetron sputtered PtNP/MWCNT composite electrocatalysts for oxygen reduction reaction. *MA2013-02 224th ECS Meeting*, San Francisco, CA. 2013. Abstract No 2473 (in Eng.).

63. Pham K.-C., Chua D. H. C., McPhail D. S., Wee A.T.S. The direct growth of graphene-carbon nanotube hybrids as catalyst support for high-performance PEM

fuel cells. *ECS Electrochemistry Letters*, 2014, vol. 3, no 6, pp. F37 Langmuir F40 (in Eng.).

64. Khan A., Nath B. K., Chutia J. Nanopillar structured platinum with enhanced catalytic utilization for electrochemical reactions in PEMFC. *Electrochimica Acta*, 2014, vol. 146, pp. 171–177 (in Eng.).

65. Brault P., Josserand Ch., Bauchire J.-M., Caillard A., Charles Ch., Boswell R.W. Anomalous diffusion mediated by atom deposition into a porous substrate. *Phys. Rev. Lett.*, 2009, vol. 102, p. 045901 (in Eng.).

66. Brault P. Plasma deposition of catalytic thin films: Experiments, applications, molecular modeling. *Surface & Coatings Technology*, 2011, vol. 205, pp. S15–S23 (in Eng.).

67. Ayes A.I., Mahmoud S.T., Qamhieh N., Karam Z.A. Fabrication and characterization of percolating nanocluster devices. *J. Nanomed. Nanotechnol.*, 2012, vol. 3, p. 1 (in Eng.).

68. Muratore C., Reed A.N., Bultman J.E., Ganguli S., Cola B.A., Voevodin A.A. Nanoparticle decoration of carbon nanotubes by sputtering. *Carbon*, 2013, vol. 57, pp. 274 Langmuir 281 (in Eng.).

69. Xie L., Brault P., Coutanceau C., Bauchire J.-M., Caillard A., Baranton S., Berndt J., Neytsda E.C. Efficient amorphous platinum catalyst cluster growth on porous carbon: A combined molecular dynamics and experimental study GREMI. *Applied Catalysis B: Environmental*, 2015, vol. 162, pp. 21–26 (in Eng.).

70. Xie L., Brault P., Bauchire J.-M., Thomann A.-L., Bedra L. Molecular dynamics simulations of clusters and thin film growth in the context of plasma sputtering deposition. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2014, vol. 47, p. 224004 (in Eng.).

71. Gras-Marti A., Valles-Abarca J.A. Slowing down and thermalization of sputtered particle fluxes: Energy distributions. *J. of Applied Physics*, 1983, vol. 54, pp. 1071–1075 (in Eng.).

72. Meyer K., Schuller I.K., Falco C.M. Thermalization of sputtered atoms. *J. of Applied Physics*, 1981, vol. 52, pp. 5803–5805 (in Eng.).

73. Dameron A.A., Olson T.S., Christensen S.T. et al. Pt–Ru alloyed Fuel Cell catalysts sputtered from a single alloyed target. *ACS Catal.*, 2011, vol. 1, no. 10, pp. 1307–1315 (in Eng.).

74. Veith G.M., Lupini A.R., Pennycook S.J., Ownby G.W., Dudney N.J. Nanoparticles of gold on  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> produced by dc magnetron sputtering. *Journal of Catalysis*, 2005, vol. 231, pp. 151–158 (in Eng.).

75. Veith G.M., Lupini A.R., Pennycook S.J., Villa A., Prati L., Dudney N.J. Magnetron sputtering of gold



nanoparticles onto  $\text{WO}_3$  and activated carbon. *Catalysis Today*, 2007, vol. 122, pp. 248–253 (in Eng.).

76. Yamamoto H., Hirakawa K., Abe T. Surface modification of carbon nanofibers with platinum nanoparticles using a “polygonal barrel-sputtering” system. *Materials Letters*, 2008, vol. 62, pp. 2118–2121 (in Eng.).

77. Akamaru S., Inoue M., Abe T. Surface modification of NaCl particles with metal films using the polygonal barrel-sputtering method. *Materials Sci. Applic.*, 2013, vol. 4, pp. 29–34 (in Eng.).

78. Hiromi C., Inoue M., Taguchi A., Abe T. Optimum Pt and Ru atomic composition of carbon-supported Pt–Ru alloy electrocatalyst for methanol oxidation studied by the polygonal barrel-sputtering method. *Electrochimica Acta*, 2011, vol. 56, pp. 8438–8445 (in Eng.).

79. Cavarroc M., Ennadjaoui A., Mougénot M., Brault P., Escalier R., Tessier Y., Durand J., Roualdès S., Sauvage T., Coutanceau C. Performance of plasma sputtered Fuel Cell electrodes with ultra-low Pt loadings. *Electrochemistry Communications*, 2009, vol. 11, no 4, pp. 858–861 (in Eng.).

80. Mougénot M., Andreazza P., Andreazza-Vignolle C., Escalier R., Sauvage Th., Lyon O., Brault P. Cluster organization in co-sputtered carbon-platinum films as revealed by grazing incidence X-ray scattering. *J. of Nanoparticle Research*, 2012, vol. 14, p. 672 (in Eng.).

81. Umeda M., Nagai K., Shibamine M., Inoue M. Methanol oxidation enhanced by the presence of  $\text{O}_2$  at novel Pt–C co-sputtered electrode. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2010, vol. 12, pp. 7041–7049 (in Eng.).

82. Umeda M., Matsumoto Y., Inoue M., Shironita S.  $\text{O}_2$ -enhanced methanol oxidation reaction at novel Pt–Ru–C co-sputtered electrodes. *Electrochimica Acta*, 2013, vol. 101, pp. 142–150 (in Eng.).

83. Shironita S., Ueda M., Matsumoto Y., Umeda M. Novel  $\text{O}_2$ -enhanced methanol oxidation performance at Pt–Ru–C sputtered anode in direct methanol fuel cell. *J. of Power Sources*, 2013, vol. 243, pp. 635–640 (in Eng.).

84. Corpuz A.R., Olson T.S., Joghee P. et al. Effect of a nitrogen-doped PtRu/carbon anode catalyst on the durability of a direct methanol fuel cell. *Journal of Power Sources*, 2012, vol. 217, pp. 142–151 (in Eng.).

85. Hirakawa K., Inoue M., Abe T. Methanol oxidation on carbon-supported Pt–Ru and  $\text{TiO}_2$  (Pt–Ru/ $\text{TiO}_2$ /C) electrocatalyst prepared using polygonal barrel-sputtering method. *Electrochimica Acta*, 2010, vol. 55, pp. 5874–5880 (in Eng.).

86. Mougénot M., Caillard A., Brault P., Baranton S., Coutanceau C. High Performance plasma sputtered PdPt fuel cell electrodes with ultra low loading. *Int. J. of Hydrogen Energy*, 2011, vol. 36, pp. 8429–8434 (in Eng.).

87. Ren Z., Xiao L., Wang G., Lu J., Zhuang L. Intermetallic  $\text{Pt}_2\text{Si}$ : magnetron-sputtering preparation and electrocatalysis toward ethanol oxidation. *Journal of Energy Chemistry*, 2014, vol. 23, pp. 265–268 (in Eng.).

88. Gasda M. D., Teki R., Lu T.-M., Koratkar N., Eisman G. A., Gall D. Sputter-deposited Pt PEM Fuel Cell electrodes: particles vs layers. *J. of The Electrochemical Society*, 2009, vol. 156, no. 5, pp. B614–B619 (in Eng.).

89. Caillard A., Cuynet S., Lecas T. et al. Gas aggregation source based on pulsed plasma sputtering for the synthesis of PtX catalytic nanoclusters. *ESCAMPIG XXII*, Greifswald, Germany, July 15–19, 2014 (in Eng.).

90. Cuynet S., Caillard A., Lecas T., Bigarré J., Buvat P., Brault P. Deposition of Pt inside fuel cell electrodes using high power impulse magnetron sputtering. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2014, vol. 47, p. 272001 (5pp) (in Eng.).

91. Fateev V.N., Guseva M.I., Pahomov V.P., Kulikova L.N., Vladimirov B.G., Chekushkin Yu.N., Gordeeva G.V. Sintez anodnyh elektrokatalitičeskikh pokrytij metodom implantacii atomov otlači. *Elektrohimiâ*, 1990, vol. 26, pp. 74–76 (in Eng.).

92. Kratzig A., Zachäus C., Brunken S. et al.  $\text{RuS}_2$  thin films as oxygen-evolving electrocatalyst: Highly oriented growth on single-crystal  $\text{FeS}_2$  substrate and their properties compared to polycrystalline layers. *Phys. Status Solidi A*, 2014, vol. 211, no. 9, pp. 2020–2029 (in Eng.).

93. Kim J.Y., Oh T.-K., Shin Y., Bonnett J., Weil K.S. et al. A novel non-platinum group electrocatalyst for PEM fuel cell application. *Int. J. Hydrogen Energy*, 2011, vol. 36, no. 7, pp. 4557–4564 (in Eng.).

Транслитерация по ISO 9:1995



## ВЫБОР СОСТАВА ОБОРУДОВАНИЯ МОДУЛЬНОЙ ВДЭС С ВЫСОКОЙ ДОЛЕЙ ЗАМЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

*В.В. Елистратов, М.А. Конищев, Р.С. Денисов*

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого  
НОЦ «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе»  
РФ 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29  
тел./факс: (812) 552-80-68, e-mail: elistratov@cef.spbstu.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.07.002

Заключение совета рецензентов: 09.04.15    Заключение совета экспертов: 16.04.15    Принято к публикации: 23.04.15

Для автономных северных регионов наиболее эффективным механизмом экономии топлива является использование возобновляемых источников энергии в комплексных системах энергоснабжения для обеспечения средней и высокой доли замещения. Учитывая высокий ветровой потенциал северных территорий, наиболее целесообразно строительство ветродизельных электростанций (ВДЭС). Для выбора оптимального состава оборудования применяется многоуровневая последовательность с использованием метода анализа иерархий на последнем уровне. Согласно этой последовательности, рассчитываются параметры всех возможных вариантов состава оборудования ВДЭС. Вводятся граничные условия, и из общего числа выделяется несколько вариантов со значениями, которые удовлетворяют этим условиям. Из этого множества, адаптируя метод анализа иерархий (МАИ) к области ветроэнергетики, выбирается оптимальный вариант. Этим вариантом считается тот, что имеет максимальное значение приоритета. Для примера был проанализирован проект ВДЭС в пос. Амдерма. Было рассмотрено более ста вариантов, из которых отобрано шесть. Для окончательного выбора использован МАИ.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, ветровая энергия, дизельная генерация, суровые климатические условия, ВДЭС, состав оборудования, параметры и режимы, оптимизация.





## THE CHOICE OF THE EQUIPMENT CONFIGURATION OF MODULAR WDPP WITH A HIGH PENETRATION LEVEL BASED ON THE HIERARCHIES ANALYSIS METHOD

*V.V. Elistratov, M.A. Konishchev, R.S. Denisov*

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University  
Science-education center "Renewable Energy Sources"  
29 Politehnicheskaya Str., Saint Petersburg, 195251 Russian Federation  
ph./fax: (812) 552-80-68, e-mail: elistratov@cef.spbstu.ru

Referred 09 April 2015 Received in revised form 16 April 2015 Accepted 23 April 2015

The most effective mechanism of fuel economy for autonomous northern regions is the usage of renewable energy in complex systems with medium and high penetration level. Moreover, the construction of wind-diesel power plant (WDPP) is the most expedient for the northern territories with the high wind potential. To choice equipment configuration, the methodology in the form of multi-level sequence, applying the analysis hierarchy process (AHP) on the last level, is used. According to the sequence, the parameters of all possible variants of WDPP equipment configuration are calculated. Introducing the boundary conditions, several options with values that satisfy conditions are allocated from the total number of variations. From this set, adapting AHP to wind energy, the best option is selected. This embodiment is the one that has the highest priority value. For example, the draft WDPP in the village Amderma is reviewed. Over a hundred options have been considered then six of them were selected, satisfying the boundary conditions. For the final choice AHP is used.

**Keywords:** renewable energy, wind energy, diesel generation, harsh climatic conditions, WDPP, equipment configuration, performances and modes, optimization.



*Елистратов Виктор Васильевич  
Victor V. Elistratov*

**Сведения об авторе:** д-р техн. наук, профессор, директор научно-образовательного Центра «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе» СПбПУ, Председатель научного совета по проблемам возобновляемых источников энергии СПб Центра РАН, Заслуженный энергетик РФ.

**Образование:** ЛПИ им. М.И. Калинина, 1977, инженер-гидроэнергетик; д-р техн. наук, 1996.

**Область научных интересов:** возобновляемые источники энергии, разработка систем энергоснабжения на основе ВИЭ.

**Публикации:** более 170.  
Индекс Хирша: 10.

**Information about the author:** DSc., Prof., Director of Science-education center "Renewable Energy Sources" of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; the Chairman of the Scientific Council on Renewable Energy Center of St. Petersburg Academy of Sciences; Honored Power Engineer of RF.

**Education:** hydropower engineer, LPI, 1977; DSc., 1996.

**Research interests:** renewable energy, system engineering based on RES, wind power.

**Publications:** more 170.  
H-index: 10.



*Конищев Михаил Анатольевич  
Michail A. Konishchev*

**Сведения об авторе:** канд. техн. наук, заведующий отделением НОЦ «ВИЭ» СПбПУ.

**Образование:** инженерно-строительный факультет, кафедра «Возобновляемые источники энергии и гидроэнергетика» СПбПУ, 2006 г.; канд. техн. наук, 2010 г.

**Область научных интересов:** энерго-комплексы на основе ВИЭ, технологии проведения ресурсного анализа, интеллектуальное преобразование ВИЭ и управление.

**Публикации:** 14.  
Индекс Хирша: 1.

**Information about the author:** PhD (engineering), Head of the Department of Science-education center "Renewable Energy Sources".

**Education:** hydropower engineer, SPbSPU, 2006; PhD, 2010.

**Research interests:** hybrid system based on RES, intelligent automation, wind power.

**Publications:** 14.  
H-index: 1.



Денисов Роман Сергеевич  
Roman S. Denisov

**Сведения об авторе:** инженер НОЦ «ВИЭ» СПбПУ.

**Образование:** инженер по специальности «Электрические станции», КГТУ, г. Калининград, 2012 г.

**Область научных интересов:** ветроэнергетика, ветродизельные электростанции, электрическая часть энергоустановок, оптимизация параметров ВДЭС.

**Публикации:** 7.

Индекс Хирша: 1

**Information about the author:** engineer of Science-education center «Renewable Energy Sources».

**Education:** power engineer, KSTU, Kaliningrad, 2012.

**Research interests:** wind power, wind-diesel power plants, power facilities, power plants based of RES.

**Publications:** 7.

H-index: 1.

### Актуальность работы

Около 65% территории России находится в зоне автономного и децентрализованного энергоснабжения [1]. Электрификация этих районов осуществляется преимущественно дизельными электростанциями (ДЭС), состоящими из одной или нескольких дизель-генераторных установок (ДГУ). Количество ДГУ, работающих в зонах автономного энергоснабжения на территории России [2–4], составляет около 50 тыс. штук суммарной мощностью 17–20 млн. кВт с выработкой электроэнергии около 50 млрд. кВт·ч в год. В связи с удалённостью потребителей и высокой стоимостью доставки топлива экономически обоснованный тариф электроэнергии у потребителя колеблется от 15 до 150 руб./кВт·ч. Например, в Ненецком автономном округе в 2014 году тариф, который оплачивается за счет государственных дотаций и перекрёстного финансирования, составил 45 руб./кВт·ч.

Северные регионы России можно охарактеризовать некоторыми общими признаками:

- мощность систем энергоснабжения различных потребителей составляет от 50 до 1 000 кВт [4];
- высокий ветровой потенциал: средние скорости ветра на высоте 10 м более 5 м/с и удельная плотность ветрового потока более 400 Вт/м<sup>2</sup> [4];
- суровые климатические условия: температура ниже –40 °С зимой, вечная мерзлота;
- географическая удалённость потребителей от источников топлива и энергии;
- сложная транспортная логистика и высокая стоимость доставки топлива и оборудования.

Мировой опыт США (Аляски), Канады, Финляндии, Норвегии, Швеции – стран, имеющих схожие природно-климатические условия, показывает, что наиболее рационально создавать в северных регионах ветродизельные электростанции (ВДЭС) [5], которые обуславливают экономию дальнепривозных топливно-энергетических ресурсов (показан на рисунке 1).



Рис. 1. Ветродизельная электростанция на Аляске (США)

Fig. 1. Wind-diesel power plants in Alaska (USA)

Вопросами создания комплексных систем энергоснабжения на основе ВИЭ посвящены работы М.И. Бальзанникова [6], П.П. Безруких [7], С.В. Грибкова [8], R. Hunter [9], Y. Hu и P. Solana [10], A. Ilinca [11], E. Kamal [12], R. Sebastian [13], а также работы авторов [1, 4, 5, 14–16] и др. Анализ этих работ показывает, что наиболее эффективным механизмом экономии топлива является использование ВИЭ в комплексных системах энергоснабжения для обеспечения средней и высокой доли замещения. Учитывая высокий ветровой потенциал северных территорий, строительство такой ВДЭС наиболее целесообразно. Однако для обеспечения эффективности такой системы энергоснабжения необходима разработка комплексной методики выбора структуры и состава обо-

рудования ВДЭС с учётом природно-климатических, социально-экономических, транспортных и экологических факторов.

### Постановка цели и задач работы

Процесс выбора состава оборудования можно разделить на два варианта: оптимизация по одному параметру или по нескольким. Первый вариант описан в работах [13, 14], в которых обоснованы критерии выбора основного оборудования ВДЭС, коэффициенты веса каждого из этих критериев и функции эффективности для дополнительного оборудования. Алгоритм выбора оборудования ВДЭС по одному параметру – мощности ВДЭС – показан на рисунке 2.

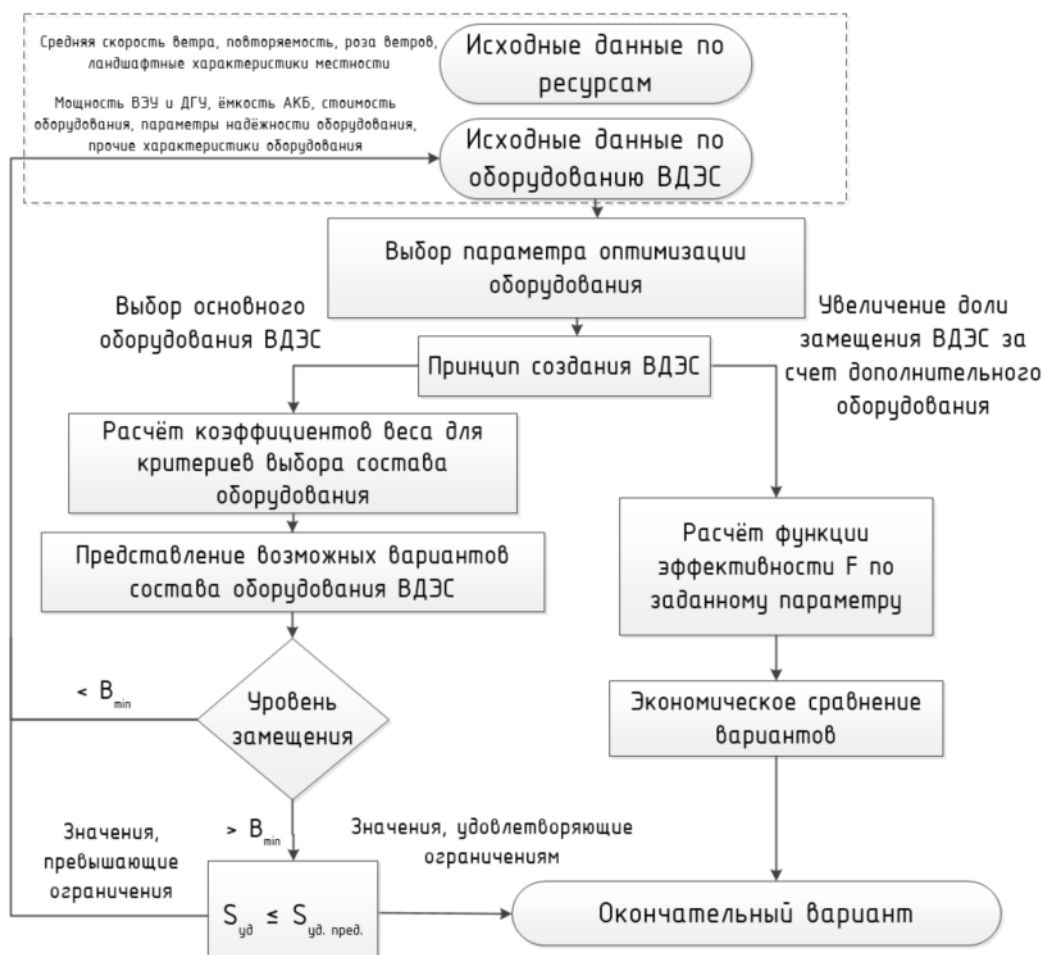


Рис. 2. Алгоритм решения однопараметрической задачи  
Fig. 2. The algorithm of one-parameter objective solving

Во втором случае задача оптимизации состава оборудования ВДЭС с учётом большого числа параметров имеет вид [17]:

$$x_m \rightarrow \max / \min, \quad (1)$$

где  $x_m$  – параметры ВДЭС;  $m$  – число параметров.

Для решения такой многопараметрической задачи выбора состава оборудования ВДЭС с высокой долей замещения применяется метод анализа иерархий (МАИ) [18, 19], который позволяет осуществить выбор приемлемого варианта состава оборудования на основе анализа всех возможных вариантов.

### Алгоритм решения многопараметрической задачи

Решение задачи представляет собой многоуровневую последовательность.

На первом уровне формируются исходные данные, характеризующие регион: ветровые ресурсы региона, график нагрузки и мощности потребителя, стоимость поставляемого дизельного топлива, тариф на электрическую энергию и другие характеристики.

Второй уровень состоит из двух подуровней. На первом подуровне выбираются все возможные варианты состава оборудования ВДЭС, отличающиеся друг от друга параметрами и характеристиками. Выбор состава оборудования ВДЭС с высокой долей замещения должен быть выполнен в соответствии со следующими рекомендациями [4, 8–11]:

1. Кроме основного оборудования (ДГУ, ветроэнергетические установки), в состав ВДЭС входят: дополнительные разменные ДГУ, аккумуляторные батареи (АКБ), двунаправленный инвертор (И), шкафы управления интеллектуальной системой и др.
2. Доля установленной мощности ветроэнергетических установок (ВЭУ) должна составлять от 100 до 400 % от установленной мощности ДГУ.
3. Минимальная мощность ДГУ определяется в соответствии с ветровыми ресурсами региона и мощностью аккумулирующего оборудования.

4. На ДЭС используется минимум два ДГУ, один из которых должен быть резервным.

5. Мощность дополнительных ДГУ должна быть в диапазоне 25–35 % от мощности основных ДГУ, чтобы не позволять основным ДГУ работать при низких значениях КПД.

6. Выбор ВЭУ, ДГУ и АКБ производится из разработанной базы данных оборудования.

В результате составляются перечни используемого оборудования по типам и характеристикам, удовлетворяющим рекомендациям. Для дальнейших расчетов выделяются характеристики:

- количество ВЭУ  $m$ , шт.;
- ёмкость АКБ  $C$ , А·ч;
- число часов наработки до технического обслуживания (ТО)  $t$ , ч.

На втором подуровне проводится расчет основных параметров выбранных вариантов ВДЭС:

- стоимость 1 кВт установленной мощности  $S$ , тыс. руб.;
- уровень замещения  $b$ , %;
- количество замен АКБ в год  $h$ , шт.;

На третьем уровне происходит отбор парето-оптимального множества [17] вариантов ВДЭС. Выбор вариантов происходит с помощью граничных условий:

- нижняя граница – минимум уровня замещения ( $b_{\min}$ , %);
- верхняя граница – максимум стоимости оборудования ВДЭС ( $S_{\max}$ , млн. руб.);
- максимум количества включений/отключений ДГУ (раз);
- максимум числа циклов зарядов/разрядов АКБ (раз).

На четвёртом уровне производится сравнение возможных вариантов методом анализа иерархий. Для данного метода характерно составление матриц парных сравнений и определение коэффициентов веса для каждого критерия.

Многоуровневая система выбора окончательного решения состава оборудования ВДЭС с высокой долей замещения показана на рисунке 3.



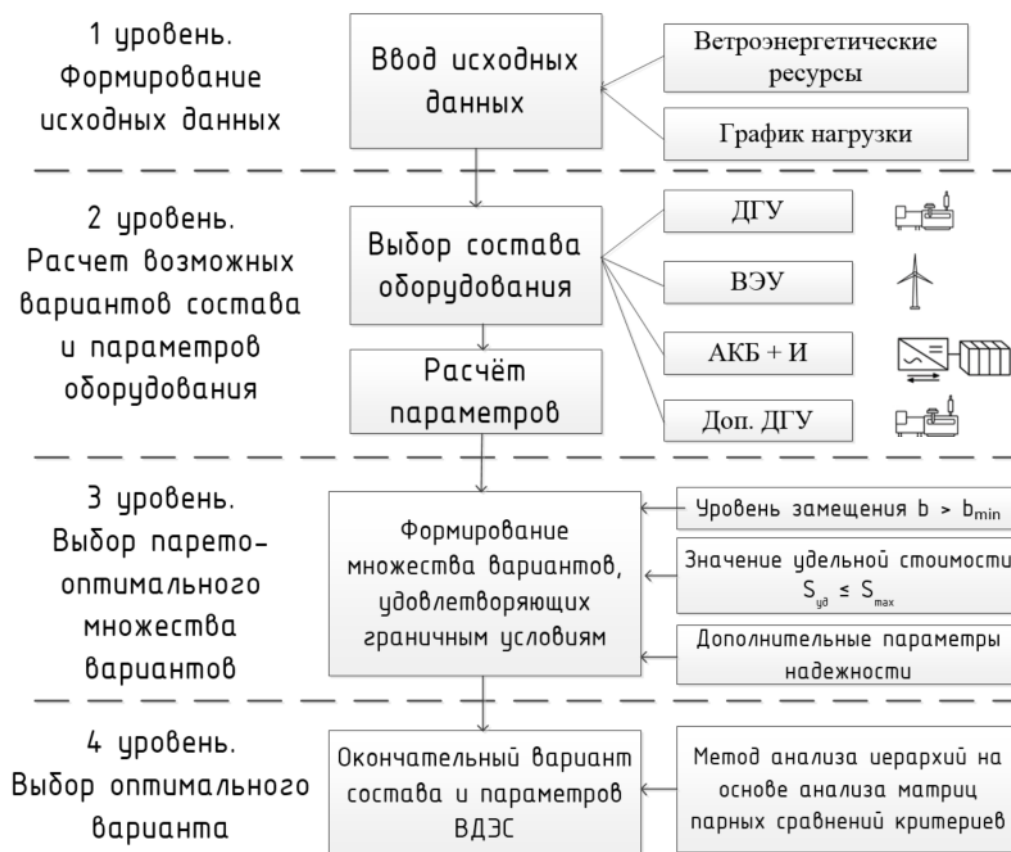


Рис. 3. Многоуровневый выбор состава оборудования  
Fig. 3. The multilevel selection of equipment configuration

### Применение метода анализа иерархий для принятия окончательного решения

Метод анализа иерархий в общем виде представляет собой иерархическую структуру, на более низких уровнях которой сравниваются параметры оборудования ВДЭС, а на более высоких уровнях параметры объединены в критерии, и происходит сравнение этих критериев. Согласно МАИ при объединении схожих параметров в более общий критерий субъективность экспертной оценки снижается. Кроме того, метод позволяет добавлять и учитывать как дополнительные параметры, так и дополнительные критерии.

Решение задачи (1) для выбранных на втором уровне параметров записывается в виде:

$$\begin{cases} b, t, C \rightarrow \max, \\ S, m, h \rightarrow \min. \end{cases} \quad (2)$$

Выбранные параметры группируются в следующие критерии:

1. Стоимость  $X$ , к которой относится параметр «Стоимость 1 кВт установленной мощности».
2. Замещение  $Y$  объединяет параметры «Уровень замещения», «Количество ВЭУ», «Ёмкость АКБ».

3. Автономность  $Z$  объединяет параметры «Замена АКБ в год», «Число часов наработки до ТО».

В основе метода анализа иерархий находится попарное сравнение матриц, составленных из значений параметров, принадлежащих каждому из  $n$ -вариантов. Для каждого параметра составляется своя матрица с размерностью  $n \times n$ . Для возможности сравнения различных параметров между собой используется переход из абсолютной шкалы в относительную.

Далее рассчитываются матрицы-вектора приоритетов, которые состоят из значений приоритетов  $i$ -го варианта определённого параметра. Например, для уровня замещения приоритет  $i$ -го варианта  $b_i$  будет выглядеть, как

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n B_{i,j}}, \quad (4)$$

где  $n$  – число вариантов,  $B_{ij}$  – элемент  $i$ -ой строки  $j$ -ого столбца матрицы параметра «Уровень замещения»  $B$ .

Полученные значения составят матрицу-вектор приоритетов, в котором максимальный приоритет будет иметь элемент с наибольшим значением. Для минимизации какого-нибудь критерия необходимо использовать транспонированную матрицу  $B$ .



Согласно МАИ, коэффициенты веса присваиваются критериям с помощью ранжированной шкалы значений от 1 до 9. Затем составляется матрица коэффициентов веса ( $\alpha$  для замещения,  $\beta$  для автономности), в которой диагональные элементы будут иметь обратное значение. Путем перемножения матрицы-вектора приоритета параметров на матрицу

коэффициентов веса ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) получим относительное значение веса для каждого варианта. Далее то же самое делается и для критериев. Сравнение критериев происходит с учетом матрицы коэффициентов веса  $\omega$ . Алгоритм применения МАИ для выбора окончательного варианта состава оборудования ВДЭС показан на рисунке 4.



**Рис. 4.** Алгоритм выбора окончательного варианта состава оборудования ВДЭС с высокой долей замещения  
**Fig. 4.** The algorithm of the final version selection of WDP equipment configuration with a high penetration level

В общем виде значение  $I$ , которое выражает относительный приоритет  $i$ -го состава оборудования, будет записываться в виде:

$$\begin{cases} I = \omega_1 \cdot X_i + \omega_2 \cdot Y_i + \omega_3 \cdot Z_i, \\ X_i = S_i, \\ Y_i = \alpha_1 \cdot b_i + \alpha_2 \cdot C_i + \alpha_3 \cdot m_i, \\ Z_i = \beta_1 \cdot h_i + \beta_2 \cdot t_i, \\ I = \max, i \in D, i > 0. \end{cases} \quad (5)$$

Оптимальным составом оборудования признаётся тот состав, значение  $I$  которого окажется выше, чем значения у других составов.

#### Пример выбора оптимального состава оборудования ВДЭС в Ненецком автономном округе

Для примера рассмотрен выбор оптимального варианта состава оборудования ВДЭС в пос. Амдерма Ненецкого автономного округа. Проанализированы

варианты с использованием разного состава оборудования: ВЭУ марок Ghge-30 и АВЭУ-10, свинцово-кислотные АКБ разной ёмкости (от 96 до 336 кВт·ч) и ДГУ марки АД30\_ММЗ с разным числом часов наработки до ТО (от 250 до 1 000 ч.). Установленная мощность станции составляет 90 кВт с суммарной выработкой 200 тыс. кВт·ч/год.

Для данного состава оборудования рассчитан наилучший вариант ВДЭС. В соответствии с третьим уровнем методики приняты следующие граничные условия для стоимости оборудования  $S$ , доли замещения  $b$  и числа часов автономной работы до технического обслуживания  $t$ :

$$\begin{cases} S < 21\,000 \text{ тыс.руб.}, \\ b \geq 80 \%, \\ t \geq 250 \text{ ч.} \end{cases} \quad (6)$$

Схема ВДЭС с высокой долей замещения показана на рисунке 5.



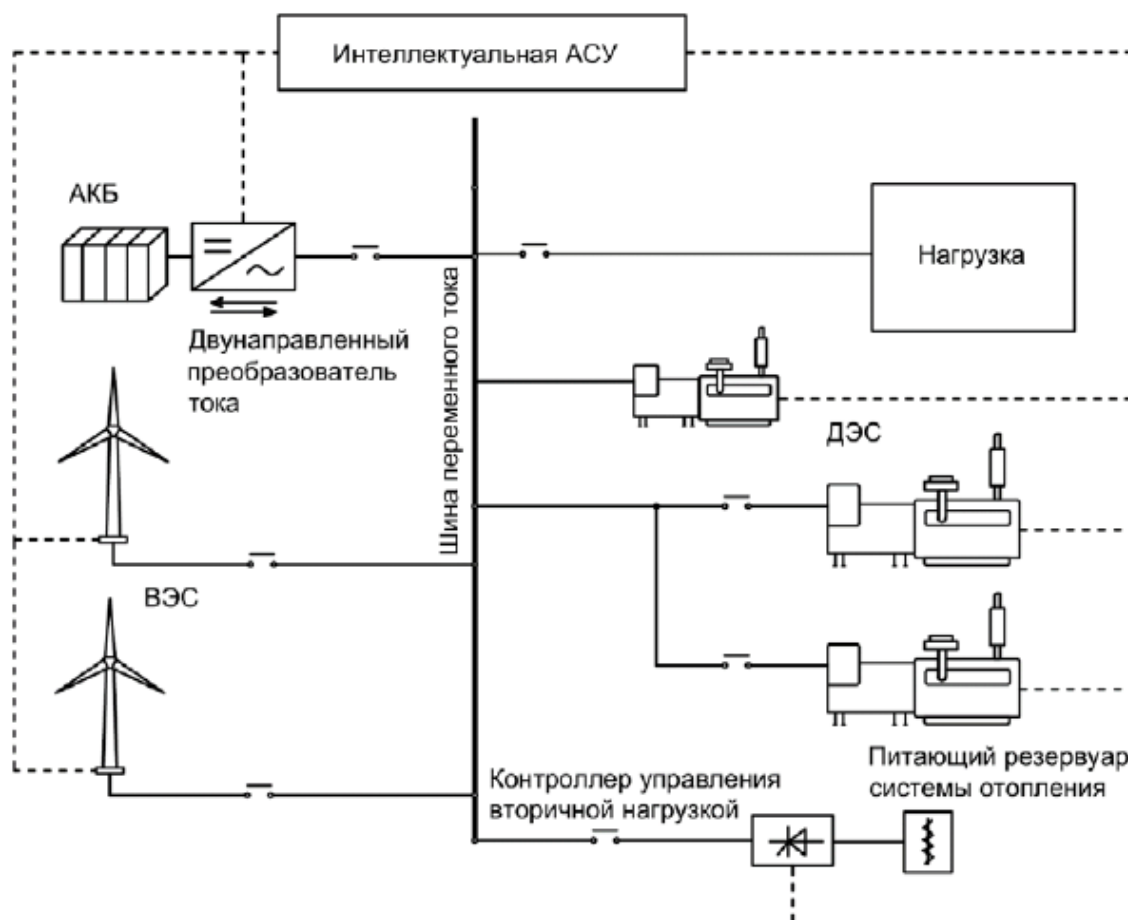


Рис. 5. Схема ВДЭС с высокой долей замещения  
Fig. 5. Scheme of WDEP with a high penetration level

Результаты расчетов приведены в таблице 1. В таблице более темным цветом выделены те значения вариантов, которые удовлетворяют условию (2).

Параметры выбранных вариантов

Parameters of chosen options

Таблица 1

Table 1

Номер варианта	1	2	3	4	5	6
Стоимость 1 кВт установленной мощности, тыс. руб.	229	226,3	233	227,3	227,9	233,1
Уровень замещения, %	81	80	80	81	80	80
Количество ВЭУ, шт.	2	2	2	2	2	6
Ёмкость АКБ, А·ч	144	96	96	144	96	336
Замена АКБ в год	0,5	0,33	0,33	0,5	0,33	0,5
Часы наработки до ТО	500	500	250	1 000	1 000	1 000

Приоритетным параметром в критерии «Замещение» выбран «Уровень замещения», в критерии «Автономность» выбран «Число часов наработки до ТО». Значения параметров приведены на графике (рисунок 5).

В итоге решение системы уравнения (5) для каждого из шести вариантов представлено в таблице 2 и на рисунке 6.

Таблица 2

Значение относительного приоритета каждого из вариантов

Table 2

The value of the relative priority of all options

№ вар-та	1	2	3	4	5	6
Значение I	0,153596	0,153792	0,13503	0,185907	0,184747	0,186967

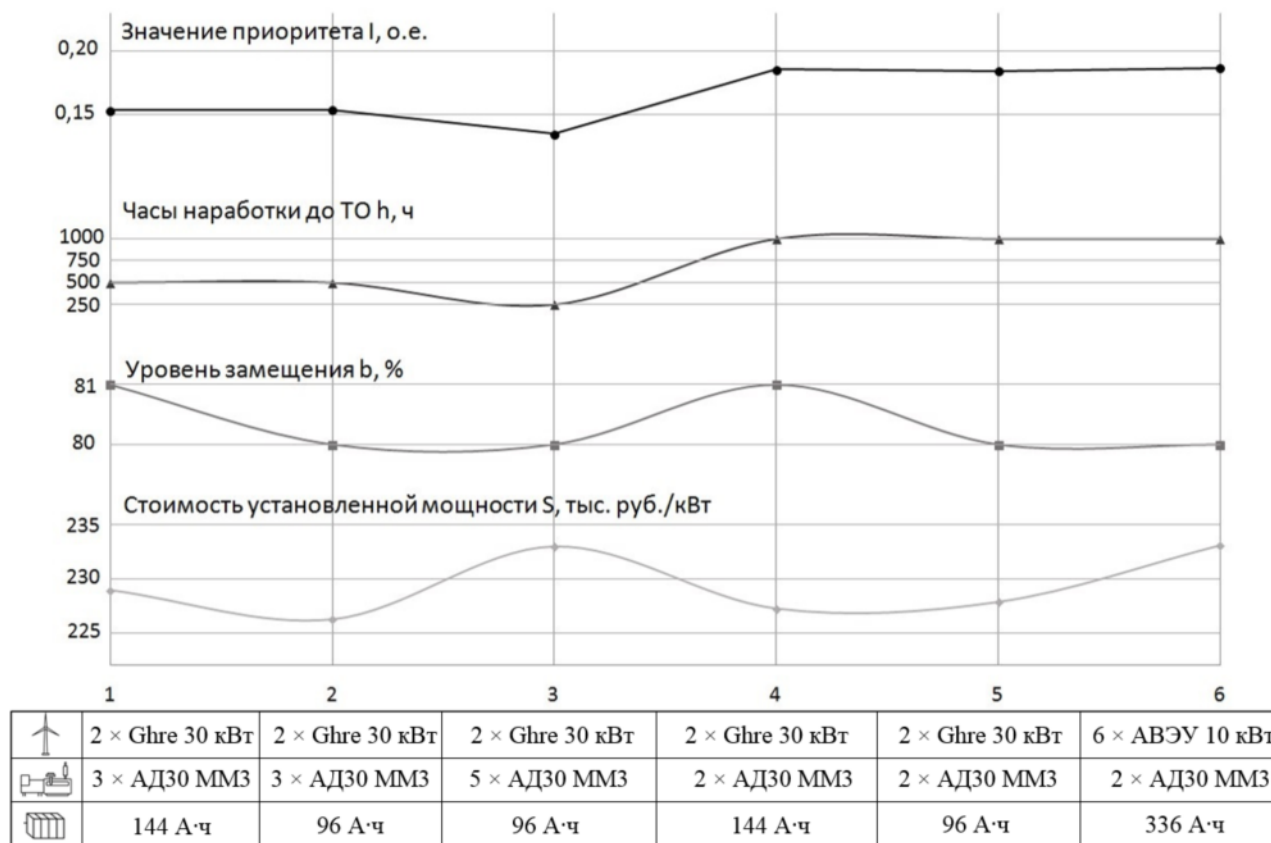


Рис. 6. Состав оборудования, значения основных параметров и приоритета I каждого варианта  
 Fig. 6. The equipment configuration, the values of parameters and priority I of all options

В результате расчёта вариант № 6 имеет максимальное значение приоритета  $I$ , то есть оптимальным признан 6-й вариант состава оборудования.

Пос. Амдерма находится в Ненецком автономном округе, экономически обоснованный тариф в котором составляет 45 руб./кВт·ч. Для оптимального варианта состава оборудования ВДЭС стоимость электроэнергии составляет 25,6 руб./кВт·ч. Экономия топлива для данного варианта составляет около 1,7 млн. руб. в год (при стоимости дизеля 35 руб./л). Экономический эффект за счет снижения тарифа составляет около 4 млн. руб./год.

### Выводы

1. Разработан алгоритм расчета оптимального варианта состава и параметров оборудования ВДЭС на основе многоуровневой оптимизации, адаптированной к суровым климатическим услови-

ям, с учётом природно-климатических, социально-экономических, транспортных и экологических факторов.

2. Разработана методика многопараметрической оптимизации выбора состава оборудования ВДЭС с высокой долей замещения на основе метода анализа иерархий, адаптированного под параметры и критерии, применяемые в области использования ВИЭ.

3. На основе предложенной методики рассчитан вариант состава и параметров ВДЭС с высокой долей замещения для условий Ненецкого автономного округа. В результате расчета обоснован вариант, в котором за счет внедрения высокой доли использования ветровой энергии обеспечены экономический эффект около 4 млн. руб./год и снижение стоимости электроэнергии с 45 до 25,6 руб./кВт·ч. Таким образом, подтверждена эффективность проектирования и строительства ВДЭС с высокой долей замещения в северных регионах России.

Исследования проводились при поддержке проекта № 14.577.21.0066 в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» и Президентского гранта НШ-2240.2014.8 государственной поддержки ведущих научных школ РФ.

### Список литературы

1. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб: Наука, 2013. 308 с.
2. Поляков И.С., Хватов О.С., Дарьенков А.Б., Пшеничников В.В. Имитационная модель дизель-генераторной электростанции с переменной скоростью вращения на базе синхронного генератора // Эксплуатация морского транспорта. Санкт-Петербург. 2012. № 1. С. 61 – 67.
3. Основные виды производства электроэнергии на территории России [Электронный ресурс] // Министерство энергетики Российской Федерации [Официальный сайт]. URL: <http://www.minenergo.gov.ru/> (дата обращения: 02.03.2015 г.)
4. Elistratov V.V., Denisov R.S., Konishchev M.A., Knezhevich M. Problems of construction Wind-Diesel Power Plants in harsh climatic conditions // Journal of Applied Engineering Science. Vol. 12. No. 1. 2014. P. 29–36.
5. Елистратов В.В., Конищев М.А. Ветродизельные электростанции для автономного энергоснабжения северных территорий России // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAE). 2014. № 11 (151). С. 62–71.
6. Бальзаников М.И., Елистратов В.В. Возобновляемые источники энергии. Аспекты комплексного использования // Самарский государственный архитектурно-строительный университет. Самара, 2008.
7. Безруких П.П., Стребков Д.С. Состояние, перспективы и проблемы развития возобновляемых источников энергии // Малая Энергетика. М.: ОАО «НИИЭС», 2005. № 1–2. С. 6–12.
8. Грибков С.В. Состояние и перспективы развития ветровых систем электроснабжения малой мощности // Малая Энергетика. М.: ОАО «НИИЭС». 2006. № 1–2. С. 67–75.
9. Hunter R., Elliot G. Wind-diesel system. A guide to the technology and its implementation // Published by the Press Syndicate of the University of Cambridge. Cambridge University Press, 1994. 261 p.
10. Hu Y., Solana P. Optimization of a hybrid diesel-wind generation plant with operational options // Renewable Energy. MAR 2013. Vol. 51. P. 364–372.
11. Weis T.M., Ilinca A. The utility of energy storage to improve the economics of wind-diesel power plants in Canada // Renewable Energy. JUL 2008. Vol. 33. P. 1544–1557.
12. Kamal E., Koutb M., Sobaih A.A., Abozalam B. An intelligent maximum power extraction algorithm for

hybrid wind–diesel-storage system // Electrical Power and Energy Systems. 2010. No 32. P. 170–177.

13. Sebastian R. Simulation of the transition from «wind only» mode to «wind-diesel» mode in a no-storage wind-diesel system // IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS. September 2009. Vol. 7, No 5. P. 539–544.
14. Денисов Р.С. К вопросу обоснования состава и параметров оборудования ветродизельной электростанции // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAE). 2014. № 11 (151). С. 72–77.
15. Денисов Р.С., Елистратов В.В. Обоснование состава оборудования ВДЭС с высокой долей замещения для автономных северных поселений // Возобновляемая энергетика. Пути повышения энергетической и экономической эффективности: Материалы Первого Международного форума «Reenfor-2014». 10-11 ноября 2014 г. Москва: ОИВТРАН, 2014.
16. Elistratov V.V., Kudryasheva I.G., Pilipets P.A. Energy efficient solutions of power supply in north regions // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 725–726, P. 1463–1469.
17. Черноуцкий И.Г. Методы оптимизации и принятия решений: Учебное пособие. СПб: Издательство «Лань», 2001.
18. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. М.: Издательство ЛКИ, 2008. 360 с.
19. Ногин В.Д. Принятие решений при многих критериях. Учебно-методическое пособие. СПб: Издательство «ЮТАС», 2007. 104 с.

### References

1. Elistratov V.V. Vozobnovlâemaâ ènergetika. Saint-Petersburg: Nauka Publ., 2013, 308 p. (in Russ.).
2. Polyakov I.S., Hvatov O.S., Dar'nikov A.B., Pshenichnikov V.V. Imitacionnââ model' dizel'-generatornoj èlektrostantsii s peremennoj skorost'û vrašeniâ na baze sinhronnogo generatora. *Èkspluataciâ morskogo transporta*, Saint-Petersburg, 2012, no. 1, pp. 61-67 (in Russ.).
3. Osnovnye vidy proizvodstva èlektroènergii na territorii Rossii. Ministerstvo ènergetiki Rossijskoj Federacii. Available at: <http://www.minenergo.gov.ru/> (02.03.2015) (in Russ.).
4. Elistratov V.V., Denisov R.S., Konishchev M.A., Knezhevich M. Problems of construction Wind-Diesel Power Plants in harsh climatic conditions. *Journal of Applied Engineering Science.*, 2014, vol. 12, no. 1, pp. 29-36 (in Eng.).
5. Elistratov V.V., Konishchev M.A. Vetrodizel'nye èlektrostantsii dlâ avtonomnogo ènergosnabženiâ severnyh territorij Rossii. *International Scientific Journal «A'l'ternativnââ ènergetika i èkologiâ» (ISJAE)*, 2014, no. 11 (151), pp. 62–71 (in Russ.).



6. Bal'zannikov M.I., Elistratov V.V. Vozobnovlâemye istočniki ènergii. Aspekty kompleksnogo ispol'zovaniâ. Samarskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet, Samara, 2008 (in Russ.).

7. Bezrukih P.P., Strebkov D.S. Sostoânie, perspektivy i problemy razvitiâ vozobnovlâemyh istočnikov ènergii. *Malaâ Ènergetika*, Moscow: OAO «NIIÈS» Publ., 2005, no. 1–2, pp. 6–12 (in Russ.).

8. Gribkov S.V. Sostoânie i perspektivy razvitiâ vetrovyh sistem èlektrosnabženiâ maloj mošnosti. *Malaâ Ènergetika*, Moscow: OAO «NIIÈS» Publ., 2006, no. 1–2, pp. 67–75 (in Russ.).

9. Hunter R., Elliot G. Wind-diesel system. A guide to the technology and its implementation. Published by the Press Syndicate of the University of Cambridge. Cambridge University Press, 1994, 261 p. (in Eng.).

10. Hu Y., Solana P. Optimization of a hybrid diesel-wind generation plant with operational options. *Renewable Energy*, MAR 2013, vol. 51, pp. 364–372 (in Eng.).

11. Weis T.M., Ilinca A. The utility of energy storage to improve the economics of wind-diesel power plants in Canada. *Renewable Energy*, JUL 2008, vol. 33, pp. 1544–1557 (in Eng.).

12. Kamal E., Koutb M., Sobaih A.A., Abozalam B. An intelligent maximum power extraction algorithm for hybrid wind–diesel-storage system. *Electrical Power and Energy Systems*, 2010, no. 32, pp. 170–177 (in Eng.).

13. Sebastian R. Simulation of the transition from «wind only» mode to «wind-diesel» mode in a no-

storage wind-diesel system. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS*, September 2009, vol. 7, no. 5, pp. 539–544 (in Eng.).

14. Denisov R.S. K voprosu obosnovaniâ sostava i parametrov oborudovaniâ vetro-dizel'noj èlektrostantsii. *International Scientific Journal «Alternativnââ ènergetika i èkologiâ» (ISJAE)*, 2014, no. 11 (151), pp. 72–77 (in Russ.).

15. Denisov R.S., Elistratov V.V. Obosnovanie sostava oborudovaniâ VDÈS s vysokoj dolej zamešeniâ dlâ avtonomnyh severnyh poselenij. *Vozobnovlâemaâ ènergetika. Puti povyšeniâ ènergetičeskoj i èkonomičeskoj èffektivnosti: Materialy Pervogo Meždunarodnogo foruma «Reenfor-2014»*, 10–11 November 2014, Moscow: OIVT RAN Publ., 2014 (in Russ.).

16. Elistratov V.V., Kudryasheva I.G., Pilipets P.A. Energy efficient solutions of power supply in north regions. *Applied Mechanics and Materials*, 2015, vol. 725–726, pp. 1463–1469 (in Russ.).

17. Chernorucky I.G. Metody optimizacii i prinâtiâ rešenij: study guide. Saint-Petersburg: «Lan'» Publ., 2001 (in Russ.).

18. Saati T.L. Prinâtie rešenij pri zavisimostâh i obratnyh svâzâh: Analitičeskie seti. Moscow: LKI Publ., 2008. 360 p (in Russ.).

19. Nogin V.D. Prinâtie rešenij pri mnogih kriteriâh: study guide. Saint-Petersburg: «ÛTAS» Publ., 2007. 104 p (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995



## АКЦИЯ «АРХИВНЫЕ НОМЕРА 2000–2013»:

**Научно-технический центр «ТАТА»  
предлагает приобрести архивные номера журналов**

1. Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAE) (2000–2013);
2. Международный научный журнал «Письма в «АЭЭ»» (№ 1, 2014);
3. Международный научный журнал «Космонавтика» (№ 1, 2011; № 1-2 и № 3-4, 2012);
4. Международный научный журнал «Фундаментальная и прикладная физика» (№ 1, 2012)
5. Международный научный журнал «История оружия и военное искусство» (№ 1-2, 2012).

стоимость одного номера – 360 руб. (почтовые расходы на территории РФ включены);  
стоимость комплекта из 6 номеров (любых) – 1 860 руб. (почтовые расходы на территории РФ включены);  
стоимость комплекта из 12 номеров (любых) – 3 000 руб. (почтовые расходы на территории РФ включены).

**количество журналов ограничено!**

по вопросам приобретения обращаться  
e-mail: p.maximova@hydrogen.ru  
(Максимова Полина Александровна)



ОСЕВЫЕ УСКОРИТЕЛИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ  
ВЕТРОВЫХ ПОТОКОВ*С.С. Доржиев, Е.Г. Базарова, К.А. Горинов*

ФГБНУ ВИЭСХ

Россия 109456, Москва, пр. 1-й Вешняковский, д. 2

тел.: (499) 171-19-20, 171-02-74; факс: (499) 170-51-01; e-mail: Dss.61@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.07.003

Заключение совета рецензентов: 09.04.15    Заключение совета экспертов: 16.04.15    Принято к публикации: 23.04.15

В статье рассмотрена перспектива использования ветроустановок для энергоснабжения относительно небольших и рассредоточенных объектов, расположенных в зонах с малой плотностью нагрузки, удаленных от крупных электрических сетей, нефте- и газопроводов. В сельской местности, где ветер и вода являются основными недорогими экологически чистыми источниками энергии, имеются широкие перспективы для электрификации удаленных ферм, отгонных пастбищ, а также для инфраструктуры систем связи.

На примере ветровых потоков рассмотрен способ ускорения низкопотенциальных потоков внешней среды. Выявлена необходимость исследовать применение различных конструкций ускорителей потока для повышения эффективности ветровых энергоустановок применительно к районам низкой ветровой активности.

В статье представлено описание эксперимента на испытательном стенде, предназначенном для имитации работы ветроприемного устройства. Испытательный стенд представляет собой диск, пропускающий воздушный поток через специальные прорези с изменяющимися размерами.

Одной из задач данного исследования является создание конструкции ветроприемного устройства с осевым аэродинамическим ускорителем ветрового потока. В статье представлены компьютерная и физическая модели ветроприемного устройства. Использование предлагаемого ветроприемного устройства позволит увеличить выработку энергии как в суточном, так и в годовом периоде.

Ключевые слова: сельская местность, низкопотенциальный поток, ветроприемное устройство, концентратор потока, конфузор, диффузор, труба Вентури, эффективность, район низкой ветровой активности, испытательный стенд, ускоритель ветрового потока.

## THE AXIS ACCELERATORS OF THE LOW-POTENTIAL WIND FLOW

*S.S. Dorzhiev, E.G. Bazarova, K.A. Gorinov*

All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture

2, 1-st Veshnyakovskiy Str., Moscow, 109456 Russian Federation

тел.: (499) 171-19-20, 171-02-74; факс: (499) 170-51-01; e-mail: Dss.61@mail.ru

Referred 09 April 2015    Received in revised form 16 April 2015    Accepted 23 April 2015

The article discusses the prospect of using wind turbines to supply power to a relatively small and dispersed facilities located in areas with low load density remote from major electricity networks, oil and gas pipelines. In rural areas, where wind and water are essentially one of the cheapest sources of clean energy, there are broad prospects for the electrification of remote farms, rangeland, and infrastructures for communication systems.

Then the article considers a method of accelerating the low-potential flows of external environment on the example of wind flow and identifies that the research on the application of different designs of flow boosters is important in order to increase the efficiency of wind power plants in relation to areas of low wind activity.

The article presents the description of the experiment on the test stand designed to simulate the operation of wind installation. The test bed is a disc that let air flow through the slits with varying sizes.

One of the objectives of the research is the creation of the wind installation design with axial aerodynamic wind flow accelerator. The article presents computer and physical models of wind installation. The use of the proposed wind installation will increase energy production both in daily and annual period.

Keywords: rural areas, low-potential flow, wind installation, flux concentrator, confuser, diffuser, Venturi tube, efficiency, area of low wind activity, test stand, wind flow accelerator.



Доржиев Сергей Содномович  
Sergei S. Dorzhiev

**Сведения об авторе:** канд. техн. наук, старший научный сотрудник ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ) ФАНО России.

**Образование:** Восточно-Сибирский технологический институт (ВСТИ).

**Область научных интересов:** энергетика, возобновляемые источники энергии, ветроэнергетические установки, аэродинамика, энергосбережение.

**Публикации:** 35

e-mail: Dss.61@mail.ru

**Information about the author:** PhD, Senior Researcher of The All-Russian Scientific Research Institute for electrification of agriculture (VIESH) at the Russian Academy of Agriculture Sciences.

**Education:** Eastern Siberian Technological Institute.

**Research area:** energy, renewable energy, wind turbines, aerodynamics, energy saving.

**Publications:** 35.



Базарова Елена Геннадьевна  
Elena G. Bazarova

**Сведения об авторе:** канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ) ФАНО России.

**Образование:** Восточно-Сибирский технологический институт (ВСТИ).

**Область научных интересов:** энергетика, возобновляемые источники энергии, ветроэнергетические установки, аэродинамика, энергосбережение.

**Публикации:** 25.

e-mail: Bazelgen08@mail.ru

**Information about the author:** PhD, leading researcher of The All-Russian Scientific Research Institute for electrification of agriculture (VIESH) at the Russian Academy of Agriculture Sciences.

**Education:** Eastern Siberian Technological Institute.

**Research area:** energy, renewable energy, wind turbines, aerodynamics, energy saving.

**Publications:** 25.



Горинов Константин Аркадьевич  
Konstantin A. Gorinov

**Сведения об авторе:** аспирант ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ) ФАНО России.

**Образование:** Марийский государственный университет (МарГУ).

**Область научных интересов:** энергетика, возобновляемые источники энергии, ветроэнергетические установки, аэродинамика, энергосбережение.

**Публикации:** 5.

e-mail: skier-tu@mail.ru

**Information about the author:** post-graduate student of The All-Russian Scientific Research Institute for electrification of agriculture (VIESH) at the Russian Academy of Agriculture Sciences.

**Education:** Mari State University.

**Research area:** energy, renewable energy, wind turbines, aerodynamics, energy saving.

**Publications:** 5.



## Введение

Для наиболее экономичного энергоснабжения потребителей необходимо привлекать различные источники энергии как централизованные, так и местные. Поэтому в последние годы в России и за рубежом расширились работы по использованию возобновляемых источников энергии. Применение энергоустановок, преобразующих энергию ветра и воды в любой другой вид энергии, направлено прежде всего на улучшение энергоснабжения относительно небольших и рассредоточенных объектов, расположенных в зонах с малой плотностью нагрузки, удаленных от крупных электрических сетей, нефте- и газопроводов [1].

Анализ существующих ветроустановок показывает, что эффективно применяются ВЭУ в районах со среднегодовой скоростью ветра от 7 м/с и выше, где суточные и месячные гистограммы скорости ветра ровные. Особенно хорошо зарекомендовали себя в указанных районах быстроходные малолопастные ветроагрегаты. Однако в районах со среднегодовой скоростью ветра 4–7 м/с проведенные исследования

показывают, что быстроходные малолопастные ВЭУ, рассчитанные на быстроходность  $Z_{6...9}$ , работают в расчетном режиме от 152 до 720 часов или от 2 до 8 % в год [2].

## Анализ существующих моделей конструкций ускорителей потока

Основные требования, предъявляемые к ветроагрегатам потребителями и специалистами, заключаются в необходимости обеспечить устойчивую работу энергетической установки даже при слабых скоростях ветра (3–3,5 м/с). В данный момент актуальными являются исследования возможности применять различные конструкции ускорителей потока для повышения эффективности ветровых энергоустановок применительно к районам низкой ветровой активности. В последнее время разработано большое количество предложений по применению в конструкциях ветроустановок дополнительных устройств (концентраторов потока, потокоускоряющих элементов), призванных повысить эффективность использования ветровой энергии (рис. 1) [3].



**Рис. 1.** Концентраторы потока, призванные повысить эффективность использования ветровой энергии  
**Fig. 1.** The flux concentrators that are designed to improve the efficiency of the wind energy use

Общей характерной особенностью этих установок является то, что для организованного подвода и отвода воздушного потока к рабочему колесу и от него используются различного типа потоконап-

равляющие устройства или концентраторы потока. Концентраторы потока представляют собой конфузорные или диффузорные устройства, устанавливаемые в непосредственной близости от рабочего колеса

энергоустановки. Предположительно, в результате их действия повышается скорость потока в зоне колеса и, следовательно, коэффициент использования энергии потока.

Однако задача по концентрации воздушных потоков оказалась совсем не простой. Даже такие простые устройства, как конфузоры оказались малоэффективны. Если отношение диаметров входящего и исходящего отверстий невелико и составляет 1,3–1,5, то можно получить прирост скорости потока на 20–25 %. Дальнейшее увеличение входного отверстия конфузора никакого прироста скорости не даёт, хотя и такой прирост повысит эффективность ветрогенератора почти в 2 раза. Но надо понимать, что будет такой же прирост энергии, если увеличить в два раза ометаемую ветряком площадь. В этом случае размер крыльев ветряка надо увеличить в 1,4 раза (как раз до размеров входного отверстия конфузора). Получается, что применение конфузоров неэффективно – проще увеличить размер крыльев, чем собирать конструкцию с конфузуром, которую надо при этом ещё ориентировать по ветру [4].

### Моделирование работы осевых ускорителей ветрового потока

Попытаемся разобраться, почему обычный конфузор оказался таким неэффективным концентратором. В случае ламинарного потока, направленного прямо по оси конфузора, происходит разделение потока на две части. Центральная часть, которая практически не встречает сопротивления, пролетает через конфузур, слегка ускоряясь. А остальная часть потока начинает завихряться, оставаясь со стороны входного отверстия конфузора, так как встречает большое сопротивление. Работа над формой конфузора позволяет прибавить к выходной скорости лишь незначительную величину – несколько процентов, но проблему не решает. Поэтому сейчас ни одна крупная фирма в мире не производит мощные ветрогенераторы с конфузурными.

С другой стороны, повсеместно в расходомерах используются трубы Вентури (трубы с конусными сужениями с обеих сторон), работающие по принципу перепада давления. В основе принципа их действия лежит эффект Вентури и закон Бернулли – в узкой части трубки давление уменьшается, а скорость потока возрастает. Трубы Вентури имеют наименьшие потери давления (напора) среди сужающих поток устройств. Известно, что потери напора при использовании трубы Вентури составляют от 5 до 20 % (при изменении отношения площади сечения трубопровода к горловине от 1,6 до 10,0), причём для длинных труб Вентури, а для коротких потери ещё меньше. Но это же показывает, что концентрацию воздушных потоков (и не только воздушных) можно увеличить в 10–15 раз, теряя только до 20–30 % энергии. Найдя технологически простые и дешёвые варианты таких конструкций, можно увеличить эф-

фективность ветроэнергетики на порядок, так как можно уменьшить на порядок затраты на строительство ветроэлектростанций и стоимость обслуживания, а также увеличить срок их службы.

Теория идеального ветряка, ограничивающая коэффициент использования энергии ветра (КИЭВ) значением 59,3 %, предполагает, что отходящий от ветряка воздух, имеющий скорость в три раза меньше скорости ветра, сплошным цилиндром уходит в бесконечность. На практике уже на незначительном расстоянии от ветряка окружающий быстрый поток размывает отходящий цилиндр и ускоряет его. Ускорение вызывает понижение давления, которое передается на заднюю сторону лопастей и дает дополнительную мощность. Поэтому концентраторы, которые направляют струи наружного быстрого воздуха внутрь отходящего медленного потока, вызывают повышение КИЭВ [5].

Согласно классической теории идеального ветряка, потеря скорости в плоскости ветроколеса равна одной трети скорости ветра, а полная потеря скорости ветра за ветроколесом в два раза больше потери скорости в плоскости его вращения. Таким образом, скорость ветра в плоскости ВПУ есть среднее арифметическое скорости ветра впереди ветроколеса и скорости ветра за колесом.

$$V_{\text{ВПУ}} = \frac{V_1 + V_2}{2}, \quad (1)$$

где  $V_1$  – скорость ветра перед ветроколесом;  $V_2$  – скорость ветра за ветроколесом.

Мы заменим ветроколесо кругообразным пропускающим воздух диском (рис. 2) и примем, что в сечении диска у ветра отнимается столько энергии, что скорость за диском достигает только значения  $V_2 = 1/3 V_1$  (в идеальном случае).

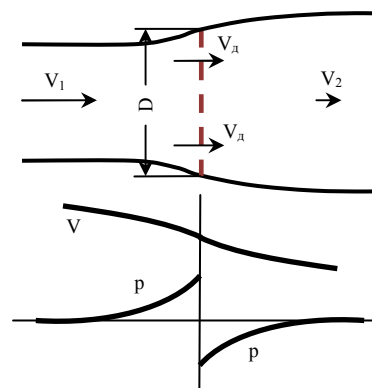


Рис. 2. Схематическое изображение работы кругообразного пропускающего воздух диска

Fig. 2. Schematic of the circular air-permeable disk operation

Это происходит таким образом, что перед ветроколесом воздух чуть задерживается (тормозится). Его скорость переходит при этом в давление примерно как

у тела, падающего на пружинящую подставку, где кинетическая энергия переходит в натяжение пружины. Вследствие этого воздух поступает на колесо уже со сниженной скоростью, но с повышенным давлением. Для получения большей энергии на ветроколесе нужно прежде всего уменьшить кинетическое давление за ветроколесом, повысив скорость.

Известно, что внутренняя часть ветроколеса всех традиционных крыльчатых ветроустановок остается неиспользованной в силу конструктивных соображений и низкого КПД (ветровой поток перед ветроколесом сминается, меняется угол атаки и, следовательно, КПД падает). Поэтому принимают, что  $1/3$  действительного радиуса ветроколеса не используется [6].

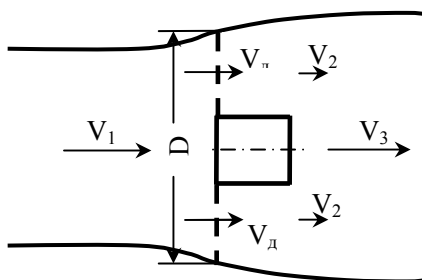


Рис. 3. Схематическое изображение работы диска с трубой  
Fig. 3. The schematic of the operation of the disk with the pipe

Согласно формуле (1), для того чтобы увеличить скорость в плоскости ветроприемного устройства  $V_{ВПУ}$ , необходимо увеличить скорость ветра за диском  $V_2$ . Для этого в центре диска устанавливаем трубу диаметром  $d=D/3$  и обдуваем диск ветровым потоком той же скорости  $V_1$  (рис. 3).

В этом случае труба не будет препятствовать свободному проходу ветрового потока, поэтому на выходе скорость потока  $V_3$  будет лишь немного меньше  $V_1$ . Таким образом, в воздушном потоке за диском будет наблюдаться градиент скорости, при этом благодаря вязкости (наличие сцепления частиц друг с другом) слои воздуха, движущиеся быстрее, увлекают за собой слои, движущиеся медленнее, происходит увеличение скорости ветра за диском  $V_2$  и, соответственно, увеличивается скорость в плоскости  $V_{ВПУ}$ .

На рис. 4 представлен испытательный стенд для имитации работы ветроприемного устройства. Испытательный стенд представляет собой диск, пропускающий воздушный поток через специальные прорези с изменяющимися размерами. При увеличении или уменьшении размеров прорезей изменяется коэффициент торможения потока ветроприемного устройства.



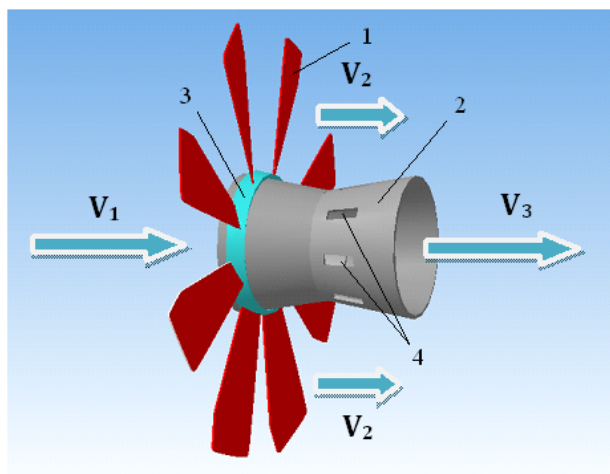
Рис. 4. Испытательный стенд для имитации работы диска в режиме «без трубы» (а) и в режиме «с трубой» (б)  
Fig. 4. The test bed to simulate the operation of the disk in the "no pipe" (a) and in the "pipe" (b)

### Конструкция ВЭУ с ускорителем ветрового потока

Одной из задач нашего исследования является создание конструкции ветроприемного устройства с уско-

рителем ветрового потока [7, 8]. На рис. 5 (а, б) представлены компьютерная и физическая модели ветроприемного устройства (ВПУ).





**Рис. 5.** Ветроприемное устройство с ускорителем ветрового потока: а) компьютерная модель; б) физическая модель  
**Fig. 5.** The wind installation with wind flow accelerator: (a) computer model; b) physical model

К примеру, лучшая ветроустановка мощностью 1 кВт при скорости ветра  $V = 5$  м/с и при максимальном коэффициенте использования энергии ветра  $\xi = 0,5$  вырабатывает  $\approx 100$  Вт.

В районах со среднегодовой скоростью ветра 4–7 м/с продолжительность ветров с такой скоростью составляет 3 500–5 200 часов/год, что характерно для большей части населенной территории России, а продолжительность ветров выше 8 м/с составляет всего 500–2 400 часов в год (таблица Поморцева) [9]. Разработанная ВЭУ с осевым ускорителем ветрового потока предназначена для эффективной работы в районах с низким ветровым потенциалом для выработки стабильной выходной установленной мощности при скоростях ветра 4–7 м/с за счет увеличения скорости воздушного потока, проходящего через ветроприемное устройство, которое создаст разрежение за ветроприемным устройством, что обеспечивает дополнительную мощность на лопастях за счет тяги (разность давления перед и за ветроприемным устройством).

Ветроприемное устройство содержит ветроколесо и аэродинамический ускоритель потока, выполненный в виде трубки Вентури и расположенный в центре ВПУ. При этом ветроколесо свободно вращается на подшипнике, посаженном на трубку Вентури, которая является осью ветроколеса. Ветроприемное устройство дополнительно снабжено специальными отверстиями, через которые быстрый воздушный поток (эжектирующий поток), проходящий в трубке Вентури, увлекает за собой медленный наружный воздушный поток (эжектируемый поток), создавая за ветроколесом некоторое разрежение, что в свою оче-

редь создает разрежение за ветроколесом и способствует увеличению скорости воздушного потока, проходящего через ветроколесо.

### Заключение

Основными конкурентными преимуществами ВЭУ с ускорителем ветрового потока являются: увеличение выработки электроэнергии в годовом режиме до 400 % в зависимости от среднегодовой скорости ветра; повышение коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) до 55–62 %; минимальное сервисное обслуживание; – а использование композитных материалов не только удешевит и облегчит конструкцию, но и увеличит срок службы ВЭУ.

ВЭУ с ускорителями ветрового потока могут применяться для электроснабжения потребителей, рассредоточенных на территориях с малой удельной нагрузкой (сельскохозяйственные потребители, фермерские, рыболовные, охотничьи, индивидуальные хозяйства, социальные сферы и т.д.), а также для электрификации социальной инфраструктуры территорий (сотовая связь, информационное обеспечение, метеостанции, посты МЧС, видеонаблюдение, охранные функции, мониторинг и т.д.).

Серийное производство ВЭУ малой мощности позволит создать эффективные системы электроснабжения в децентрализованных регионах, а также будет способствовать популяризации идеи использования ветроэнергетики среди населения и руководства регионов России.

## Список литературы

1. Шефтер Я.И. Использование энергии ветра. М.: Энергоатомиздат, 1983.
2. Андрианов В.Н., Быстрицкий Д.Н., Вашкевич К.П. Ветроэлектрические станции. М.: Государственное энергетическое издательство, 1960.
3. Альтернативная энергетика в мире сегодня и прогнозы на завтра. Available at: <http://vce-znau.ru/fizika/5840/index.html?page=2>
4. Концентраторы потоков. Available at: <http://wings777.ru/concentrators.htm>
5. Розин М.Н. Концентраторы, ускоряющие отходящий поток. <http://www.rosinmn.ru/>
6. Бетц А. Энергия ветра и ее использование посредством ветряных двигателей. Харьков: Государственное научно-техническое издательство Украины, 1933.
7. Патент 142342 РФ F03D1/04. Ветроустановка с активным ускорителем ветрового потока / Доржиев С.С., Базарова Е.Г., Горинов К.А. // Изобретения. Полезные модели. 2014, № 18.
8. Патент 143120 РФ F03D1/04. Ветроустановка с пассивным ускорителем ветрового потока / Доржиев С.С., Базарова Е.Г., Горинов К.А. // Изобретения. Полезные модели. 2014, № 20.
9. Андрианов В.Н., Быстрицкий Д.Н., Вашкевич К.П. Ветроэлектрические станции. М.: Государственное энергетическое изд-во, 1960.

## References

1. Shefter Ya.I. Ispol'zovanie ènergii vetra. Moscow: Ènergoatomizdat Publ., 1983.
2. Andrianov V.N., Bystrickij D.N., Vashkevich K.P. Vetroèlektričeskie stancii. Moscow: Gosudarstvennoe ènergetičeskoe Publ., 1960.
3. Al'ternativnaâ ènergetika v mire segodnâ i prognozy na zavtra. Available at: <http://vce-znau.ru/fizika/5840/index.html?page=2>
4. Koncentratory potokov. Available at: <http://wings777.ru/concentrators.htm>
5. Rozin M.N. Koncentratory, uskorâûšie othodâšij potok. Available at: <http://www.rosinmn.ru/>
6. Betc A. Ènergiâ vetra i ee ispol'zovanie posredstvom vetrânyh dvigatelej. Har'kov: Gosudarstvennoe naučno-tehničeskoe izdatel'stvo Ukrainy (Publ.), 1933.
7. Dorzhiev S.S., Bazarova E.G., Gorinov K.A. Vetrustanovka s aktivnym uskoritelem vetrovogo potoka. Patent # 142342 RF. *Izobretenija. Poleznye modeli*, 2014, no. 18.
8. Dorzhiev S.S., Bazarova E.G., Gorinov K.A. Vetrustanovka s passivnym uskoritelem vetrovogo potoka. Patent #143120 RF. *Izobretenija. Poleznye modeli*, 2014, no. 20.
9. Andrianov V.N., Bystrickij D.N., Vashkevich K.P. Vetroèlektričeskie stancii. Moscow: Gosudarstvennoe ènergetičeskoe izd-vo (Publ.), 1960.

Транслитерация по ISO 9:1995



### Opening Statement

The 14th International Conference on Wind Engineering will celebrate its first half century of existence at the forthcoming conference to be held in Porto Alegre, Brazil, June 21-26, 2015; fifty-two years after the initial event took place at Teddington (UK) in 1963. The Organizing Committee invites engineers, meteorologists, scientists and professionals of all related fields interested in this exciting branch of knowledge to have an active participation in the 2015 edition of the ICWE, hosted for the first time in South America.

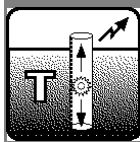
### Topics of Interest

The ICWE14 is a multi-disciplinary conference concerning multifold topics, among which (some of them):

- Turbulence theory
- Wind structure
- Numerical and physical modeling of atmospheric flow fields
- Vehicle aerodynamics
- Wind tunnels
- Wind tunnel tests
- Computational fluid dynamics
- Wind loads on buildings and structures
- Wind turbines
- Wind energy production
- Atmospheric dispersion of pollutants
- Forest fire propagation
- Wind erosion
- Urban planning
- Architectural aerodynamics
- Static and dynamic wind effects

[www.icwe14.org](http://www.icwe14.org)





## ТЕРМОВОЛЬТАИЧЕСКИЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ САМООРГАНИЗАЦИИ ПРИМЕСЕЙ И ДЕФЕКТОВ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ ТИПА $A^{III}B^V$

*А.Ю. Лейдерман, А.С. Саидов, М.М. Хашаев, У.Х. Рахмонов*

Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз  
Республика Узбекистан 100084, г. Ташкент, ул. Бодомзор йули, 2В  
тел: (+998-71)-235-41-04; e-mail: ley@uzsci.net, amin@uzsci.net, khashaev@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.07.004

Заключение совета рецензентов: 09.04.15 Заключение совета экспертов: 16.04.15 Принято к публикации: 23.04.15

В статье исследуется синергетика полупроводников с глубокими примесями и дефектами. Работа основана на ранее развитых теоретических представлениях о возможности развития процессов самоорганизации в  $n$ -полупроводниках типа  $A^{III}B^V$  в условиях однородного нагрева. При этом, в результате распада возникающих при выращивании комплексов типа мелкий донор + вакансия, возможно появление периодического распределения вакансий и мелких доноров вдоль образца, что приводит к появлению изотипных потенциальных барьеров  $n-n^+$ , т.е. к появлению внутреннего электрического поля. Разделение создаваемых нагревом свободных носителей на этих потенциальных барьерах приводит к появлению токов и напряжений, синергетических по своей природе.

Приведены результаты исследований полупроводников типа  $A^{III}B^V$ , полученных по методу Чохральского и обладающих  $n$ -типом проводимости: GaAs<Sn>, GaAs<Te>, InP<Te>, GaSb<Te>. Исследования структур с омическими контактами, изготовленных на основе этих материалов, показали, что они обладают рядом достаточно необычных свойств: при однородном нагреве в них появляются токи и напряжения, зависящие от температуры, т.е. пластина  $n$ -полупроводника типа  $A^{III}B^V$  при  $T > 50-60$  °C ведет себя как генератор тока и (или) напряжения. Такие необычные свойства объясняются распадом под влиянием нагрева имеющихся во всех этих материалах комплексов вида мелкий донор + вакансия, в результате чего под воздействием температуры в процессе самоорганизации возникают периодические распределения концентрации вакансий, эффективно работающих легирующих доноров и рекомбинационных центров вдоль образца, что и служит причиной появления в них токов и напряжений, синергетических по своей природе. Работа может быть полезна при разработке приборов на основе полупроводников типа  $A^{III}B^V$ .

Ключевые слова: полупроводник типа  $A^{III}B^V$ , примесь, вакансия, самоорганизация, мелкий донор, рекомбинационный центр, синергетические токи и напряжения.

## THERMOVOLTAIC SYNERGETIC EFFECTS OF SELF-ORGANIZATION OF IMPURITIES AND DEFECTS IN SEMICONDUCTORS OF TYPE $A^{III}B^V$

*A.Yu. Leyderman, A.S. Saidov, M.M. Khashaev, U.K. Rahmonov*

Physical-Technical Institute of Scientific Production Association "Physics-Sun"  
of the Academy of Sciences of the Uzbekistan Republic  
2B Bodomzor juli Str., Tashkent, 100084 Uzbekistan Republic  
ph.: (+998-71)-235-41-04; e-mail: ley@uzsci.net, amin@uzsci.net, khashaev@mail.ru

The paper deals with the synergetic of semiconductors with deep impurities and defects. The work is based on previously developed theoretical concepts of the self-organization processes in  $n$ -type semiconductors  $A^{III}B^V$  under uniform heating. The decay arising at the growing the complexes of shallow donor + vacancy causes appearance of periodic distribution of vacancies' concentration and that of small donors along the sample, that leads to the appearance of potential barriers isotype  $n-n^+$ , i.e. appearance of internal electric fields. Separation of heat generated free carriers on these potential barriers causes the appearance of currents and voltages, synergistic in nature. The paper demonstrates the research results of the  $A^{III}B^V$  type semiconductors grown up by Chohralsky method and had  $n$ -type of conductivity:  $GaAs<Sn>$ ,  $GaAs<Te>$ ,  $InP<Te>$ ,  $GaSb<Te>$ . Research of the structures with simple ohmic contact manufactured from these semiconductors shows that they have some rather unusual properties: at uniform heating in them temperature-depended currents and voltages appear, that is the sample of  $A^{III}B^V$  type  $n$ -semiconductors at  $T > 50-60$  °C works as generator of current and (or) generator of voltage. Such unusual properties are explained by decay of complexes of type shallow donor + vacancy under influence of temperature. As a result at self-organization processes periodical distribution of vacancies and those of effective working donors and recombination centers appear that cause appearance in the samples synergetic currents and voltages. This work can be useful at manufacturing devices based on  $A^{III}B^V$  semiconductors.

**Keywords:** semiconductors of  $A^{III}B^V$  type, impurity, vacancy, self-organization, shallow donor, recombination center, synergetic currents and voltages.

**Сведения об авторе:** д-р физ.-мат. наук, профессор, главный научный сотрудник ФТИ НПО «Физика-Солнце» АН РУз; орден «Дустлик».

**Область научных интересов:** инжекционные и фотоэлектрические явления в полупроводниках и полупроводниковых структурах на их основе; взаимодействие примесей и дефектов в полупроводниках; процессы самоорганизации и синергетические явления в полупроводниках с примесями и дефектами.

**Публикации:** 3 монографии, 3 монографических сборника, более 160 статей и 3 изобретения.

**Information about the author:** DSc (physics and mathematics), professor, the Chief Researcher in the Physical-Technical Institute of Scientific Production Association "Physics-Sun" of the Academy of Sciences of the Uzbekistan Republic; she has the order "Dustlik".

**Research interests:** injection and photoelectric phenomena in semiconductors and in semiconductor structures on their based; interaction of impurities and defects in semiconductors; self-organization processes and synergistic phenomena in semiconductors with impurities and defects.

**Publications:** 3 monographs, 3 monograph collection and more than 160 articles and 3 inventions.



Лейдерман Ада Юльевна  
Ada Yu. Leyderman

**Сведения об авторе:** известный физик в области полупроводниковых материалов, д-р физ.-мат. наук, профессор, лауреат Государственной премии Республики Узбекистан 2007 г.; с 1984 г. по настоящее время работает главным научным сотрудником в ФТИ НПО «Физика-Солнце» Академии Наук Республики Узбекистан.

**Область научных интересов:** взаимодействие примесей в алмазоподобных полупроводниках и физические основы выращивания кремния, арсенида галлия, алюминия-арсенида галлия, высокоомных, однородных и варизонных твердых растворов  $IV_{1-x}IV_x$ ,  $(IV_2)_{1-x}(A^3B^5)_x$ ,  $(IV_2)_{1-x}(A^2B^6)_x$ ,  $(IV_2)_{1-x-y}(A^3B^5)_x(A^2B^6)_y$ , а также гетероструктур на их основе.

**Публикации:** 2 монографии, более 250 статей и 36 изобретений по вопросам растворимости в многокомпонентных растворах и технологии полупроводниковых мате-

**Information about the author:** famous physicist in the field of semiconductor materials, DSc (physics and mathematics), professor, laureate of State Prize of the Uzbekistan Republic in 2007; he has been working as the Chief Researcher in the Physical-Technical Institute of Scientific Production Association "Physics-Sun" of the Academy of Sciences of the Uzbekistan Republic since 1984.

**Research interests:** the interaction of impurities in diamond-like semiconductors and physical fundamentals of growing silicon, gallium arsenide, aluminum-gallium arsenide, high-resistivity, homogeneous and various-gap solid solutions of  $IV_{1-x}IV_x$ ,  $(IV_2)_{1-x}(A^3B^5)_x$ ,  $(IV_2)_{1-x}(A^2B^6)_x$ ,  $(IV_2)_{1-x-y}(A^3B^5)_x(A^2B^6)_y$ , as well as heterostructures based on them.

**Publications:** 2 monographs and more than 250 articles and 36 inventions on the



Саидов Амин Сафарбаевич  
Amin S. Saidov

риалов твердых растворов: Si-Ge, Al-GaAs, Ge-GaAs, Si-GaP, Ge-InP, Ge-CdTe, Ge-ZnSe, GaAs-ZnSe, Sn-InSb, Ge-Sn, Si-Sn, а также гомо-, гетероструктур и приборов на их основе; теоретически обоснованы и синтезированы новые классы полупроводниковых варизонных непрерывных твердых растворов: 1-класс  $IV_{1-x} IV_x$ :  $Si_{1-x}Ge_x$ ,  $Si_{1-x}Sn_x$ ,  $Ge_{1-x}Sn_x$ ; 2-класс  $(IV_2)_{1-x}(A^3B^5)_x$ :  $(Ge_2)_{1-x}(GaAs)_x$ ,  $(Si_2)_{1-x}(GaP)_x$ ,  $(Ge_2)_{1-x}(InP)_x$ ,  $(Sn_2)_{1-x}(InSb)_x$ ,  $(Si_2)_{1-x}(GaSb)_x$ ; 3-класс  $(IV_2)_{1-x}(A^2B^6)_x$ :  $(Ge_2)_{1-x}(CdTe)_x$ ,  $(Ge_2)_{1-x}(ZnSe)_x$ ,  $(Si_2)_{1-x}(ZnS)_x$ ,  $(Si_2)_{1-x}(CdS)_x$ ,  $(Si_2)_{1-x}(ZnSe)_x$ ; 4-класс  $(IV_2)_{1-x-y}(A^3B^5)_x(A^2B^6)_y$ :  $(Ge_2)_{1-x-y}(GaAs)_x(ZnSe)_y$ ,  $(ZnSe)_{1-x-y}(Si_2)_x(GaP)_y$ .

solubility in multicomponent solutions and technology of semiconductor materials of solid solutions: Si-Ge, Al-GaAs, Ge-GaAs, Si-GaP, Ge-InP, Ge-CdTe, Ge-ZnSe, GaAs-ZnSe, Sn-InSb, Ge-Sn, Si-Sn, as well as homo-, hetero and devices based on them. They are theoretically grounded and synthesized a new class of semiconductor variband continuous solid solutions: 1-class  $IV_{1-x} IV_x$ :  $Si_{1-x}Ge_x$ ,  $Si_{1-x}Sn_x$ ,  $Ge_{1-x}Sn_x$ ; 2-class  $(IV_2)_{1-x}(A^3B^5)_x$ :  $(Ge_2)_{1-x}(GaAs)_x$ ,  $(Si_2)_{1-x}(GaP)_x$ ,  $(Ge_2)_{1-x}(InP)_x$ ,  $(Sn_2)_{1-x}(InSb)_x$ ,  $(Si_2)_{1-x}(GaSb)_x$ ; 3-class  $(IV_2)_{1-x}(A^2B^6)_x$ :  $(Ge_2)_{1-x}(CdTe)_x$ ,  $(Ge_2)_{1-x}(ZnSe)_x$ ,  $(Si_2)_{1-x}(ZnS)_x$ ,  $(Si_2)_{1-x}(CdS)_x$ ,  $(Si_2)_{1-x}(ZnSe)_x$ ; 4-class  $(IV_2)_{1-x-y}(A^3B^5)_x(A^2B^6)_y$ :  $(Ge_2)_{1-x-y}(GaAs)_x(ZnSe)_y$ ,  $(ZnSe)_{1-x-y}(Si_2)_x(GaP)_y$ .

**Сведения об авторе:** докторант Физико-технического института НПО "Физика-Солнце" АН РУз.

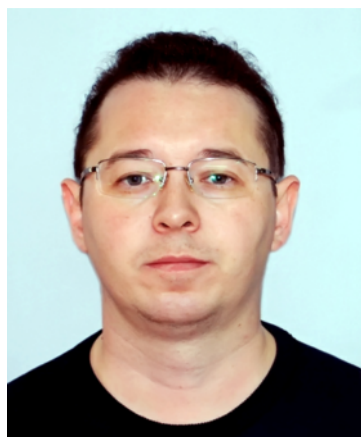
**Область научных интересов:** фото- и термоэлектрические эффекты в полупроводниках и полупроводниковых структурах; процессы самоорганизации и синергетические явления в полупроводниках с примесями и дефектами.

**Публикации:** 9.

**Information about the author:** postgraduate of the Physical-Technical Institute of Scientific Production Association "Physics-Sun" of the Academy of Sciences of the Uzbekistan Republic.

**Research interests:** the photo- and thermoelectric effects in semiconductors and semiconductor structures, self-organization processes and synergistic phenomena in semiconductors with impurities and defects.

**Publications:** 9.



Хашаев Муслим Мусагитович  
Muslim M. Khashaev

**Сведения об авторе:** ведущий инженер лаборатории «Роста кристаллов» ФТИ НПО АН РУз.

**Образование:** аспирантура Физико-технического института НПО "Физика-Солнце" АН РУз.

**Область научных интересов:** фотоэлектрические и инжекционные явления в полупроводниках и полупроводниковых структурах; взаимодействие примесей и дефектов.

**Публикации:** 10.

**Information about the author:** leader engineer of the laboratory "Growth of Crystals" of the Physical-Technical Institute of Scientific Production Association "Physics-Sun" of the Academy of Sciences of the Uzbekistan Republic.

**Education:** postgraduate of the Physical-Technical institute of Scientific Production Association "Physics-Sun" of the Academy of Sciences of the Uzbekistan Republic.

**Research interests:** the photoelectric effect in semiconductors and semiconductor structures, the interaction of impurities in diamond-like semiconductors.

**Publications:** 10.



Рахмонов Уткур Хикматалиевич  
Utkur K. Rahmonov

## Введение

В последнее десятилетие появился целый ряд работ, посвященных исследованию достаточно необычных свойств полупроводниковых материалов, связанных с их реакцией на нагревание. В отличие от общеизвестных классических эффектов типа Пельтье, Зеебека и т.п., обусловленных перепадом температур на концах материала, в этих работах речь идет о воздействии однородного нагрева на однородный полупроводник (без всяких потенциальных барьеров типа  $p$ - $n$ -перехода,  $n$ - $n^+$ -перехода или выпрямляющего контакта металл–полупроводник). К этим работам в первую очередь следует отнести большую группу работ Каминского В.В. и др. (напр. [1–3]), посвященных исследованию сульфида самария. В этих работах экспериментально наблюдалось напряжение, возникающее при однородном нагревании однородного образца. Далее следует назвать работы, посвященные необычным свойствам поликристаллического кремния, полученного переплавкой металлургического кремния марки КРЗ на открытом воздухе в солнечной печи [4–6]. В этих работах однородный образец, изготовленный из такого материала, с простыми омическими контактами под влиянием однородного нагрева становился генератором тока и напряжения. Первоначальное впечатление было таким, что этот материал становится подобным электрету, однако у электретов появляется только ток, а здесь возникают и токи, и напряжения. Кроме того, в электретах воздействия только температуры недостаточно, нужно еще электрическое поле. Впоследствии было предложено объяснение, основывающееся на экспериментально установленном факте периодического (или квазипериодического) распределения концентрации многочисленных примесей, появляющегося в материале в результате процессов самоорганизации (саморегулирования), происходящих под воздействием температуры. Идея состоит в том, что эти примеси при таком распределении создают в материале внутренние потенциальные изотипные барьеры типа  $n$ - $n^+$ , на которых происходит разделение свободных носителей, создаваемых теплом.

Данная работа продолжает поиск полупроводниковых материалов, в которых могут наблюдаться достаточно необычные эффекты, обусловленные процессами самоорганизации. В данной работе исследуются полупроводники типа  $A^{III}B^V$ , выращенные по методу Чохральского и обладающие  $n$ -типом проводимости. Мы остановили свой выбор на этой группе материалов по следующей причине. Только в

этой группе при комнатной температуре полностью отсутствуют вакансии, в то время как в таких же материалах с  $p$ -типом проводимости они присутствуют, что подтверждается исследованиями ЭПР [7, 8]. По мнению авторов [8], в материале  $n$ -типа, выращенном по методу Чохральского, все вакансии в процессе выращивания объединяются с мелкой легирующей примесью, образуя комплексы типа мелкий донор + вакансия. Цель данной работы – исследовать эти материалы в условиях однородного нагрева.

## Исследуемый материал и методика эксперимента

Исследовались четыре полупроводниковых материала типа  $A^{III}B^V$ , выращенные по методу Чохральского и обладающие  $n$ -типом проводимости:  $GaAs<Sn>$ ,  $GaAs<Te>$ ,  $InP<Te>$ ,  $GaSb<Te>$ .

Образцы арсенида галлия  $GaAs$   $n$ -типа проводимости, легированного оловом  $Sn$ , с исходной концентрацией электронов  $n_n = 1,1 \div 3,4 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$  были толщиной  $350 \pm 20 \text{ мкм}$  с площадью поперечного сечения  $30 \text{ мм}^2$ .

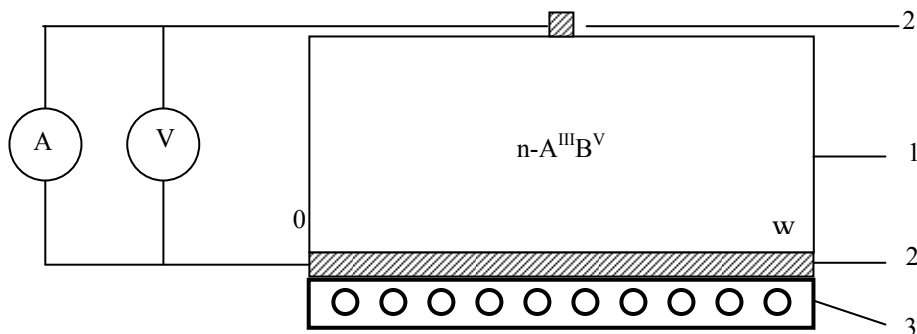
Образцы галлий стибнума  $GaSb$   $n$ -типа проводимости, легированного теллуром  $Te$ , с исходной концентрацией  $n_n = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$  были толщиной  $530 \text{ мкм}$  с площадью поперечного сечения  $63 \text{ мм}^2$ .

Образцы фосфида индия  $InP$   $n$ -типа проводимости, легированного теллуром  $Te$ , с исходной концентрацией электронов  $n_n = 7,0 \cdot 10^{17} \div 1,4 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  были толщиной  $695 \text{ мкм}$  с площадью поперечного сечения  $34 \text{ мм}^2$ .

Образцы арсенида галлия  $GaAs$   $n$ -типа проводимости, легированного теллуром  $Te$ , с исходной концентрацией электронов  $n_n = 3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  были толщиной  $480 \text{ мкм}$  с площадью поперечного сечения  $91 \text{ мм}^2$ .

Ко всем четырем образцам были приделаны простые омические контакты (с одной стороны образцов – сплошной контакт, а с другой – в виде полоски), созданные методом вакуумного напыления при давлении  $P = 10^{-4} \text{ Па}$  и  $T = 400 \text{ }^\circ\text{C}$ . Для образцов  $GaAs<Sn>$ ,  $GaAs<Te>$ ,  $GaSb<Te>$  контакты были выполнены из серебра, для  $InP<Te>$  – из алюминия. Таким образом, из всех четырех материалов ( $GaAs<Sn>$ ,  $GaAs<Te>$ ,  $InP<Te>$ ,  $GaSb<Te>$ ) были изготовлены однотипные образцы с простыми омическими контактами. Далее эти однородные образцы подвергались однородному нагреву. Схема полученных структур и проводимых измерений показана на рис. 1.



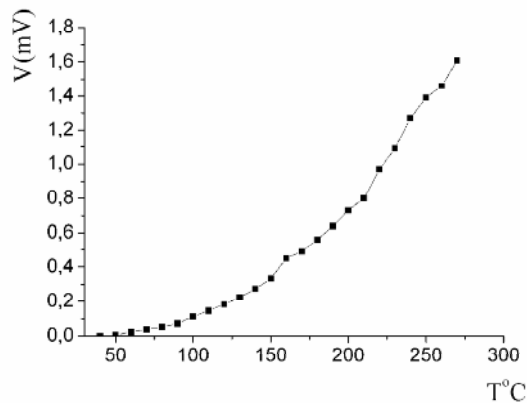
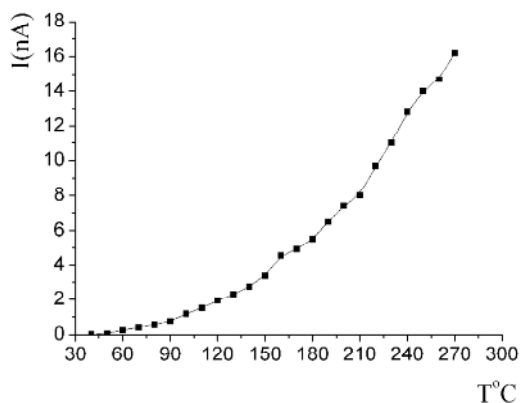


**Рис. 1.** Схема изучаемой  $n\text{-A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ -структуры с омическими контактами: 1 – полупроводник типа  $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$  с  $n$ -типом проводимости; 2 – омические контакты; 3 – нагреватель  
**Fig. 1.** The scheme of researched  $n\text{-A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ -structures with ohmic contacts: 1 - the semiconductor  $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$  with  $n$ -type of conductivity; 2 - ohmic contacts; 3 - a heater

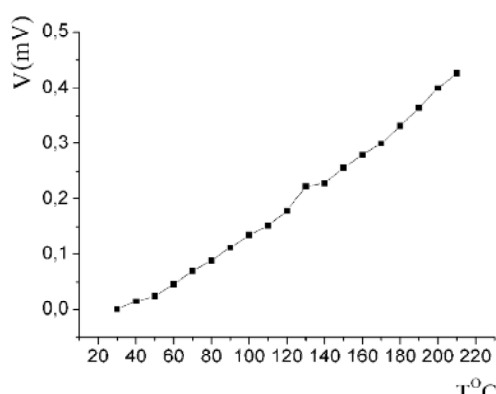
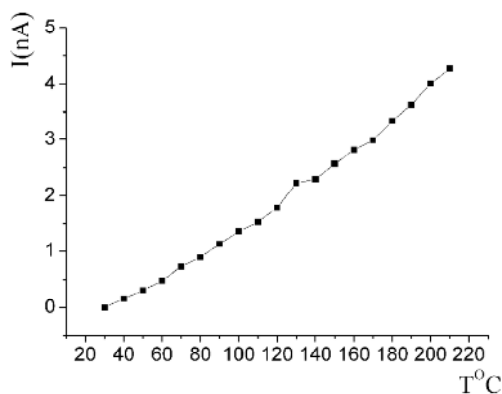
### Результаты и их теоретический анализ

Результаты измерений токовых и вольтовых температурных зависимостей, наблюдавшихся при одно-

родном нагреве образцов с омическими контактами, изготовленных из  $\text{GaAs}\langle\text{Sn}\rangle$ ,  $\text{GaSb}\langle\text{Te}\rangle$ ,  $\text{InP}\langle\text{Te}\rangle$ ,  $\text{GaAs}\langle\text{Te}\rangle$ , приведены на рисунках 2, 3, 4 и 5.

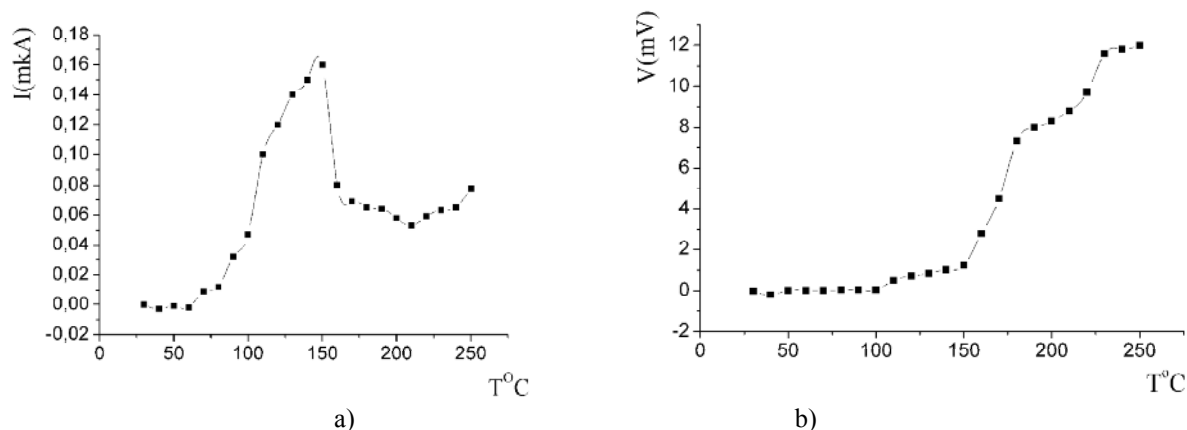


**Рис. 2.** Зависимости тока (а) и напряжения (б) от температуры для образца  $\text{GaAs}\langle\text{Sn}\rangle$   $n$ -типа с омическими контактами  
**Fig. 2.** Temperature-current dependence (a) and temperature-voltage dependence (b) for  $n$ -type sample  $\text{GaAs}\langle\text{Sn}\rangle$  with ohmic contacts

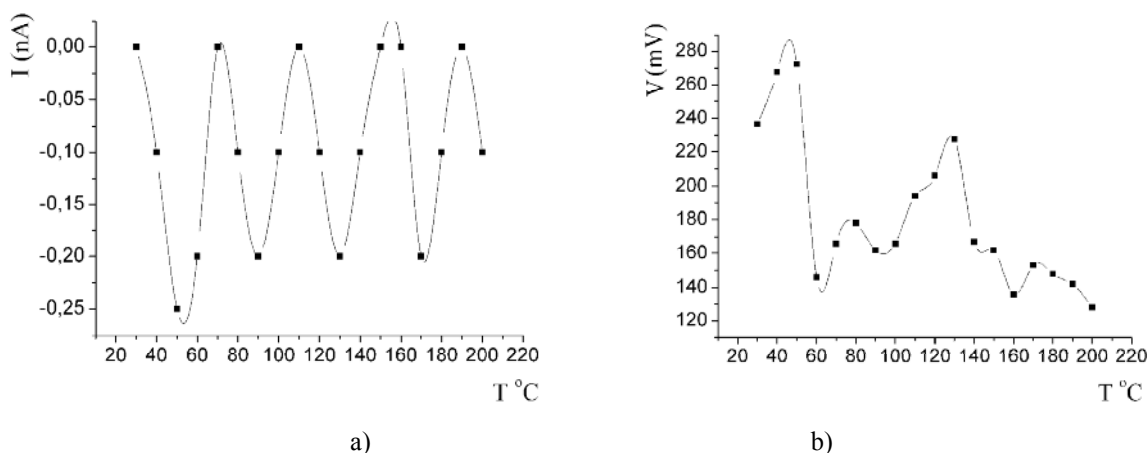


**Рис. 3.** Зависимости тока (а) и напряжения (б) от температуры для образца  $\text{GaSb}\langle\text{Te}\rangle$   $n$ -типа с омическими контактами  
**Fig. 3.** Temperature-current dependence (a) and temperature-voltage dependence (b) for  $n$ -type sample  $\text{GaSb}\langle\text{Te}\rangle$  with ohmic contacts





**Рис. 4.** Зависимости тока (а) и напряжения (б) от температуры для образца InP<Te> *n*-типа с омическими контактами  
**Fig. 4.** Temperature-current dependence (a) and temperature-voltage dependence (b) for *n*-type sample InP<Te> with ohmic contacts



**Рис. 5.** Зависимости тока (а) и напряжения (б) от температуры для образца GaAs<Te> *n*-типа с омическими контактами  
**Fig. 5.** Temperature-current dependence (a) and temperature-voltage dependence (b) for *n*-type sample GaAs<Te> with ohmic contacts

Таким образом, экспериментально установлен факт появления во всех этих четырех материалах токов и напряжений в условиях однородного нагревания, т. е. при  $T > 50 \div 60$  °C все они становятся своеобразными генераторами тока и (или) напряжения. Попытаемся объяснить эти явления.

В настоящее время можно считать установленным, что в полупроводниках  $A^{III}B^V$  *n*-типа, выращенных по методу Чохральского, практически не существует свободных вакансий (например [7, 8]). Это обусловлено тем, что катионная вакансия в соединениях  $A^{III}B^V$  весьма подвижна и, являясь сама по сути дела акцептором, легко связывается под действием кулоновского взаимодействия с мелким донором, образуя нейтральный донорно-акцепторный комплекс. В частности в *n*-типе арсенида галлия, легированном теллуром, это будет комплекс типа вакансии галлия + донорный атом теллура. В случае, когда в материале концентрация мелких доноров выше концентрации вакансий, свободные вакансии будут отсутствовать. Действительно, это полностью

подтверждается исследованиями парамагнитного резонанса, поскольку сигнал ЭПР, который можно связать с вакансиями, наблюдается только в *p*-типе GaAs [7]. Попытаемся рассмотреть процессы, происходящие в таких полупроводниках под действием температуры.

Используя представления, развитые ранее в [9–11], запишем уравнение, описывающее динамику изменения концентрации вакансий в таком полупроводнике под действием температуры:

$$\frac{\partial V_{vac}}{\partial t} = D_V \frac{\partial^2 V_{vac}}{\partial x^2} + V_{vac}(Q) - U_V + K(Q)N_{dV} - K_1(Q)N_{dV}. \quad (1)$$

Здесь первый член в правой части описывает диффузию вакансий ( $D_V$  – коэффициент диффузии вакансий);  $V_{vac}(Q)$  – количество свободных вакансий, рождаемых в единицу времени в единице объема под

действием однородного нагрева  $Q(T)$ ;  $U_V \approx V_{vac} / \tau_V$  – скорость рекомбинации вакансий;  $\tau_V$  – время жизни свободных вакансий;  $N_{dV}$  – количество комплексов типа мелкий донор + вакансия. Член  $K(Q)N_{dV}$  описывает процесс распада этих комплексов под действием температуры, а член  $K_1(Q)N_{dV}$  описывает образование новых комплексов, когда вновь образованные вакансии объединяются в силу кулоновского взаимодействия со свободными мелкими донорами. Ясно, что  $N_{dV} \sim V_{vac}$ , поскольку каждый такой комплекс содержит один мелкий донор + одну вакансию.

Если предположить, что концентрация вновь образующихся вакансий очень мала, то вторым и третьим членами в уравнении (1) можно пренебречь и, учитывая прямую пропорциональную зависимость между концентрацией комплексов  $N_{dV}$  и концентрацией вакансий  $V_{vac}$ , в стационарных условиях  $\left(\frac{\partial V_{vac}}{\partial t} = 0\right)$  окончательно записать:

$$D_V \frac{\partial^2 V_{vac}}{\partial x^2} + K(Q)V_{vac} - K_1(Q)V_{vac} = 0. \quad (2)$$

Если распад комплексов происходит интенсивнее, чем их образование, т. е.  $K(Q) > K_1(Q)$ , то уравнение (2) может быть приближенно записано в виде:

$$D_V \frac{\partial^2 V_{vac}}{\partial x^2} + K(Q)V_{vac} = 0, \quad (3)$$

т. е. распределение вакансий в исследуемом материале описывается уравнением гармонического осциллятора, решение которого имеет вид:

$$V_{vac} = C_1 \cos \omega x + C_2 \sin \omega x, \quad (4)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – постоянные интегрирования, определяемые граничными условиями. В частности, они могут быть такими:  $V_{vac} = V_{vac}(0)$  при  $x=0$ ;  $V_{vac} = V_{vac}(w)$  при  $x=w$  (где  $x=0$  и  $x=w$  – концы образца – см. рис. 1).

Частота возникающего распределения описывается выражением:

$$\omega = \sqrt{\frac{K(Q)}{D_V}}, \quad (5)$$

т. е. непосредственно зависит от интенсивности теплового воздействия. Поскольку коэффициент распада комплексов  $K(Q)$  будет расти с ростом температуры, то и частота распределения вакансий также будет возрастать.

Полученное решение носит ярко выраженный периодический характер. Оно может быть записано в виде:

$$V_{vac} = A \sin(\omega x + \alpha), \quad (6)$$

где  $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$ ,  $\operatorname{tg} \alpha = -\frac{C_2}{C_1}$  – амплитуда и фаза возникающего распределения концентрации вакансий.

Выражение (6) можно также переписать в виде:

$$V_{vac} = V_0 + V_{vac}^* \sin(\omega x), \quad (7)$$

где  $V_{vac0}$  – средняя концентрация вакансий;  $V_{vac}^*$  – амплитуда их изменения.

Периодический характер полученного пространственного распределения однозначно свидетельствует о начале процессов самоорганизации в рассматриваемой системе.

Поскольку каждый комплекс состоит из одного мелкого донора + одна вакансия, то в этом процессе высвобождается такое же количество мелких доноров, в результате концентрация легирующих мелких доноров перестает быть постоянной и тоже приобретает периодический характер (рис. 6):

$$N_d = N_{d0} + V_{vac}^* \sin(\omega x), \quad (8)$$

где  $N_d$  – полная концентрация доноров;  $N_{d0}$  – исходная (начальная) концентрация доноров. Второй член (8) описывает количество доноров, высвободившихся в результате распада комплексов.

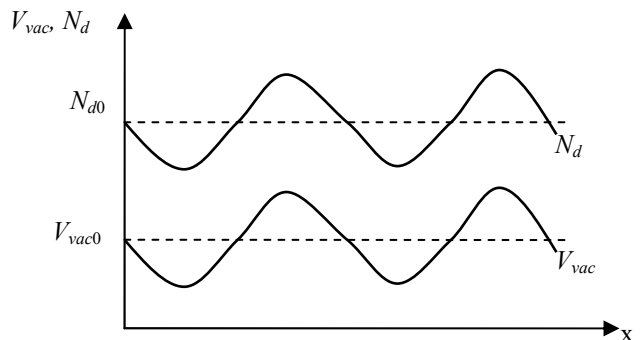


Рис. 6. Качественный ход зависимости концентраций вакансий  $V_{vac}$  и доноров  $N_d$  по длине образца

Fig. 6. Approximate type of dependence of vacancies' concentration  $V_{vac}$  and donors' concentration  $N_d$  along the length of the sample

Таким образом, в материале вдоль образца возникает ряд потенциальных барьеров с диффузионным потенциалом

$$V_{n-n^*} = \frac{kT}{q} \ln \frac{N_d}{N_{d0}}, \quad (9)$$

где  $N_{d0} = n_n$  – концентрация электронов в исходном  $n$ -полупроводнике.

Обычно при нагревании происходит рождение свободных носителей, часть из них рекомбинирует, и в результате устанавливается новая равновесная концентрация, т. е. первоначально процесс описывается уравнением:

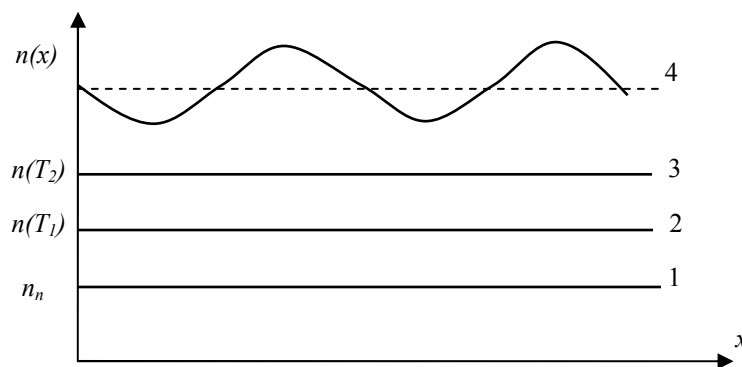
$$\frac{dn}{dt} = U - Q(T), \quad (10)$$

где  $U = \frac{n - n_n}{\tau_n}$  – рекомбинация свободных носителей;  $Q(T)$  – их тепловая генерация;  $\tau_n$  –

время жизни электронов. В стационарных условиях  $\left(\frac{dn}{dt} = 0\right)$   $U = Q(T)$ , и устанавливается новая концентрация электронов:

$$n = n_n + \tau_n Q(T), \quad (11)$$

где  $\tau_n Q(T) = \Delta n$  – дополнительная концентрация электронов, появившаяся в результате нагревания, причем  $\Delta n$  будет расти с ростом температуры. В обычном материале, в котором не происходит распада комплексов и периодического изменения концентрации доноров, концентрация электронов будет просто расти с ростом температуры (рис. 7, кривые 2, 3).



**Рис. 7.** Качественный ход зависимости концентрации электронов в полупроводнике при нагревании: кривая 1 – исходное состояние (с исходной концентрацией  $n_n$ ); кривые 2 и 3 – равномерное возрастание концентрации электронов с ростом температуры  $n(T_1) = n_n + \tau_n Q(T_1)$ ,  $n(T_2) = n_n + \tau_n Q(T_2)$ ; кривая 4 – изменение концентрации электронов, обусловленное периодическим распределением мелких доноров, возникшем при распаде комплексов мелкий донор + вакансии в результате однородного нагревания

**Fig. 7.** Approximate type of electrons' concentration in semiconductor at heating: curve 1 – origin state (with origin concentration  $n_n$ ), curves 2 and 3 – uniform increasing electrons' concentration at temperature's increasing  $n(T_1) = n_n + \tau_n Q(T_1)$ ,  $n(T_2) = n_n + \tau_n Q(T_2)$ ; curve 4 – changing of electrons' concentration caused by periodical distribution of shallow donor appearance at disintegration of complexes of type shallow donor + vacancy at uniform heating

Но в нашем случае, когда концентрация легирующей примеси становится периодической по длине образца, концентрация свободных электронов также станет периодической, во всяком случае у нее появится периодическая добавка:

$$n = n_n + \tau_n Q + V_{vac}^* \sin(\omega \cdot x). \quad (12)$$

Используя обычные для исследования синергетических процессов граничные условия отсутствия возбуждения на краях, имеем

$$n|_{x=0} = n_n + \tau_n Q(T), \quad (13)$$

что свидетельствует о развитии процессов самоорганизации исключительно в самом образце, без всяких влияний из контактов. Когда концентрация электронов

начинает подчиняться уравнению (12), ее вид качественно может быть представлен на рис. 7 (кривая 4).

Поскольку в полупроводнике есть изотипные потенциальные барьеры, в нем появляется внутреннее электрическое поле  $E_D$  Демберовского типа:

$$E_D = -\frac{kT}{q} \frac{b-1}{b+1} \left(\frac{dn}{dx}\right)^{-1} n. \quad (14)$$

Соответственно, на границах разомкнутого образца возникает динамическая разность потенциалов

$$V_Q = \int_0^w E_D dx, \quad (15)$$

которую справедливо назвать синергетической термо-ЭДС Демберовского типа:

$$V_Q = -\frac{kT}{q} \frac{(b-1)}{(b+1)} \ln \frac{n(w)}{n(0)}. \quad (16)$$

Эта ЭДС определяется спонтанно возникающим в однородном полупроводнике под действием однородного нагревания перепадом концентрации свободных носителей. Такая синергетическая термо-ЭДС принципиально отличается от обычной ЭДС Дембера, возникающей, как известно, в результате привнесения извне (например, инъекцией) изменения концентрации носителей. Единственным общим свойством двух этих ЭДС является их одинаковая зависимость от разности подвижностей электронов и дырок.

Полное падение напряжения на образце

$$V = \frac{J}{q\mu_p(b+1)} \int_0^w \frac{dx}{n} - \frac{kT}{q} \frac{(b-1)}{(b+1)} \int_0^w \frac{dn}{n}. \quad (17)$$

Используя выражение для концентрации электронов (12), легко получить окончательную зависимость тока от напряжения:

$$J = J_Q \frac{q}{kT} (V - V_{oc}), \quad (18)$$

где

$$J_Q = \frac{qD_p(b+1)(n_n + \tau_n Q(T))^2}{d \left( n_n + \tau_n Q(T) + \frac{V^*}{\omega} (\cos \omega d - 1) \right)}, \quad (19)$$

а

$$V_{oc} = V|_{J=0} = -\frac{kT}{q} \frac{(b-1)}{(b+1)} \ln \left( 1 + \frac{V^* \sin \omega d}{n_n + \tau_n Q(T)} \right) \quad (20)$$

можно назвать предельной синергетической демберовской термо-ЭДС.

Ток короткого замыкания в таком образце

$$J_{sc} \approx J_Q \frac{q}{kT} |V_{oc}|. \quad (21)$$

Соответственно, мощность, выделяемая в результате этих синергетических процессов,

$$P \equiv JV = J_Q \frac{q}{kT} (V - V_{oc}) \cdot V, \quad (22)$$

причем максимально достигаемая мощность

$$P_{max} = J_Q \frac{q}{kT} V_{oc}^2. \quad (23)$$

Таким образом, возникающие в однородном образце под воздействием однородного нагревания процессы самоорганизации вакансий, мелких доноров и, как следствие, свободных носителей приводят к генерации в нем токов и напряжений, синергетических по своей природе.

Развитые представления достаточно хорошо объясняют появление токов и напряжений при однородном нагреве однородных образцов, изготовленных из GaSb<Te> и GaAs<Te> (см. рис. 2 и 3).

Однако для образцов InP<Te> (рис. 3) и GaAs<Te> (рис. 4) эти представления совершенно не подходят. Объяснение, по-видимому, кроется в том, что при возникновении изотипных  $n-n^+$ -переходов в образцах из GaSb<Te> и GaAs<Te> большая часть образца остается квазинейтральной, и основное падение напряжения приходится именно на нее, в то время как падение на самом  $n-n^+$ -переходе мало.

Вероятно, в случае InP<Te> и GaAs<Te> процессы носят более сложный характер. При этом падение напряжения на изотипном  $n-n^+$ -переходе может быть существенным и даже определяющим, так что для расчета можно использовать представления теории генерационно-рекомбинационных токов.

Любой ток в полупроводнике, вообще говоря, можно было бы назвать генерационно-рекомбинационным (ГР) на основании уравнений непрерывности:

$$\text{div} J_n = -q \cdot U_n, \quad \text{div} J_p = q \cdot U_p, \quad (24)$$

где  $U_n$  и  $U_p$  – скорости рекомбинации электронов и дырок соответственно.

Исторически сложилось так, что этот термин обычно используют, когда говорят о токе, формирующемся в области объемного заряда (ООЗ)  $p-n$ -перехода, изотипного перехода (например,  $n-n^+$  или  $p-p^+$ ) или каких-то других ООЗ (гетеропереходы, барьеры типа металл-полупроводник, сходные с  $p-n$ -переходом по зонной диаграмме и т.д.). Первая работа, посвященная исследованиям ГР-токов, была создана в 1959 году Са, Нойсом и Шокли [12], когда после широкого использования германиевых приборов стали делать кремниевые. При этом оказалось, что во многих кремниевых диодах температурная зависимость тока не отвечает теории, которая хорошо объясняет результаты для германиевых приборов. Как известно, по диодной теории для  $p-n$ -перехода ток определяется зависимостью:

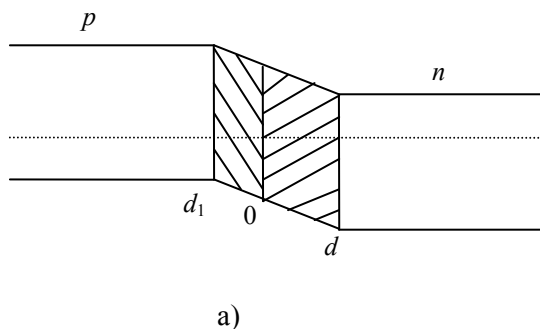
$$I = I_s \cdot e^{\frac{qV}{kT}}, \quad (25)$$

где

$$I_s \approx \frac{q \cdot D_p \cdot p_n}{L_p} + \frac{q \cdot D_n \cdot n_p}{L_n} =$$

$$= q \cdot n_i^2 \cdot \left( \frac{D_n}{L_n \cdot p_p} + \frac{D_p}{L_p \cdot n_n} \right). \quad (26)$$

Поскольку собственная концентрация  $n_i \sim e^{-\frac{E_g}{2kT}}$ , то  $I_s \sim e^{-\frac{E_g}{kT}}$ , в то время как эксперимент для кремниевых приборов давал  $I_s \sim e^{-\frac{E_g}{2kT}}$ . Таким образом, получалось очень большое расхождение теории и эксперимента. Учет падения напряжения на базе диода, демберовского падения напряжения и т. д., сделанный впоследствии, в частности в работах В.И. Стафеева, все равно не дает такой зависимости.

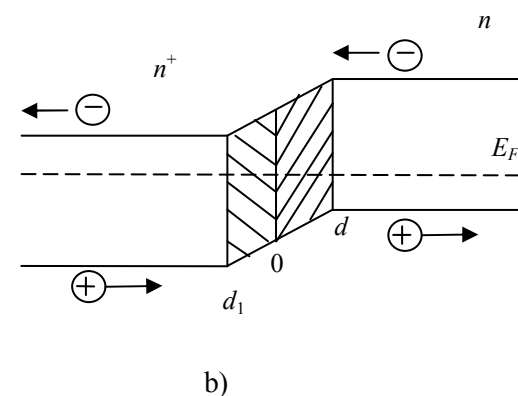


Следует подчеркнуть, что при построении диодной теории размер области объемного заряда не принимается во внимание. Часто говорят, что ее можно стянуть в плоскость или линию (рис. 8.), при переходе через которую происходит изменение потенциала, и потом, принимая распределение Больцмана, получается:

$$p(d) = p_n \cdot e^{\frac{qV_{p-n}}{kT}} \quad \text{или} \quad n(d) = n_n \cdot e^{\frac{qV_{n-n^+}}{kT}}, \quad (27)$$

где  $V_{p-n}$  и  $V_{n-n^+}$  – падения напряжения на  $p$ - $n$  переходе и  $n$ - $n^+$  переходе:

$$V_{p-n} = \frac{k \cdot T}{q} \cdot \ln \frac{p(0)}{p_n}, \quad V_{n-n^+} = \frac{k \cdot T}{q} \cdot \ln \frac{n(d)}{n_n}. \quad (28)$$



**Рис. 8.** Энергетическая диаграмма  $p$ - $n$ -перехода (а) и изотипного  $n$ - $n^+$ -перехода (б).  $E_F$  – уровень Ферми, область пространственного заряда заштрихована,  $[d_1, 0]$ - $n^+$  область объемного заряда,  $[0, d]$ - $n$  – область объемного заряда  
**Fig. 8.** Energetic scheme of  $p$ - $n$ -junction (a) and izotype  $n$ - $n^+$ -junction (b).  $E_F$  – Fermi's level, space charge's part is shaded,  $[d_1, 0]$ - $n^+$  – space charge's part,  $[0, d]$ - $n$  – space charge's part

При подходе, развитом в [12], очень важно как раз то, что происходит непосредственно в области объемного заряда. Выбирая более существенную часть, в данном случае  $n$ -область ООЗ, записываем на основании уравнения (24):

$$I = q \cdot \int_0^d U \cdot dx, \quad (29)$$

где  $U$  – скорость рекомбинации неравновесных носителей. Полученный таким образом результат, был назван током генерации-рекомбинации. В работе [12] использовалась статистика Шокли-Рида и соответствующее выражение для скорости рекомбинации:

$$U = N_R \frac{c_n \cdot c_p \cdot (p \cdot n - n_i^2)}{c_n \cdot (n + n_i) + c_p \cdot (p + p_i)}. \quad (30)$$

Используя (29) и (30) и переходя к интегрированию по потенциалу  $\phi$ , в работе [10] был получен результат вида:

$$I = I_s \cdot e^{\frac{qV}{2kT}}, \quad (31)$$

$$\text{где } I_s = \left( \frac{d\phi}{dx} \right)^{-1} \cdot \frac{k \cdot T}{2} \cdot \sqrt{c_n \cdot c_p} \cdot n_i \sim e^{-\frac{E_g}{2kT}}.$$

Таким образом, были объяснены температурные зависимости для кремниевых диодов. Впоследствии в работе А.Ю. Лейдерман [13] было аналитически показано, что зависимость (31) получается только в случае, когда рекомбинационный уровень лежит близко к середине запрещенной зоны. Если он лежит не в середине, то сначала может наблюдаться зависимость вида  $I \sim n_i \cdot e^{\frac{qV}{kT}}$  и только потом, с ростом напряжения,  $I \sim e^{\frac{qV}{2kT}}$ , которое обычно связывают с током генерации-рекомбинации. Далее в работе [14] рассматривались токи генерации-рекомбинации в условиях рекомбинации неравновесных носителей, происходящей через двухуровневый комплекс, и по-



казано, что ток генерации–рекомбинации выходит практически на насыщение, когда становится существенным внутрикомплексный обмен. Возможны разные модели двухуровневых рекомбинационных комплексов (см. например [15–18]). В частности, на рис. 9 показана схема рекомбинации через двухуровневый комплекс типа мелкий донор + вакансия, характерный для многих материалов типа  $A^{III}B^{VI}$  и полупроводников  $A^{III}B^V$ , выращенных по методу Чохральского и обладающих  $n$ -типом проводимости [15–18].

При этом скорость рекомбинации  $U$  будут иметь вид [15–18]:

$$U = N_{dv} \frac{c_{n1}c_{p2}(pn - n_i^2)}{c_{n1}(n + n_{11}) + c_{p2}(p + p_{12}) + c_{12}pn}, \quad (32)$$

где  $c_{n1}$  – коэффициент захвата электрона на донорный уровень;  $c_{p2}$  – коэффициент захвата дырки на

уровень вакансий;  $n_{11} = N_c \cdot e^{\frac{E_c - E_d}{kT}}$  – статистический фактор Шокли-Рида для уровня доноров

$E_d$ ;  $p_{12} = N_v \cdot e^{\frac{E_v - E_{vac}}{kT}}$  – статистический фактор Шокли-Рида для уровня вакансий  $E_{vac}$ ;  $c_{12}$  – коэффициент, описывающий внутрикомплексный электронный обмен между уровнями донора и вакансии.

Однако во всех этих случаях концентрация рекомбинационных центров или рекомбинационных комплексов считалась постоянной. В данной работе делается попытка рассмотреть ГР-токи в условиях, когда концентрация эффективно работающих рекомбинационных центров будет убывать в процессе возбуждения материала, в частности, в результате температурно-стимулированных процессов распада ре-

комбинационных комплексов типа положительно заряженный мелкий донор + отрицательно заряженная вакансия. Для конкретности рассматривается модель рекомбинационного комплекса типа положительно заряженный мелкий донор + отрицательно заряженная вакансия, свойственный материалам  $A^{III}B^V$ , обладающих  $n$ -типом проводимости, выращенных по методу Чохральского.

Итак, предположим, что возникновение внутреннего изотипного потенциального барьера (или даже нескольких барьеров) может быть причиной появления так называемого генерационно-рекомбинационного тока, формирующегося в области объемного заряда (29), определяемого исключительно скоростью рекомбинации неравновесных носителей  $U$  и размерами области объемного заряда  $d$  (см. рис. 8b). Будем считать, что подобно тому, как это делается обычно (см. например [12–14]), главной является  $n$ -область, и интегрирование должно быть проведено по ней. Поскольку мы не знаем размеры возникающей области объемного заряда, то, конечно, не можем точно рассчитать ток по формуле (29), однако, анализ характера зависимости  $U[p(T)]$  может многое объяснить.

Исходим из того, что вначале, т. е. при комнатной температуре, в нашем образце нет свободных вакансий, но присутствует большое количество комплексов типа положительно заряженный мелкий донор + отрицательно заряженная вакансия с концентрацией  $N_{dv}$ , которые можно рассматривать как своеобразную донорно-акцепторную пару. При нагревании возникающие свободные носители могут рекомбинировать через эти комплексы (рис. 9).

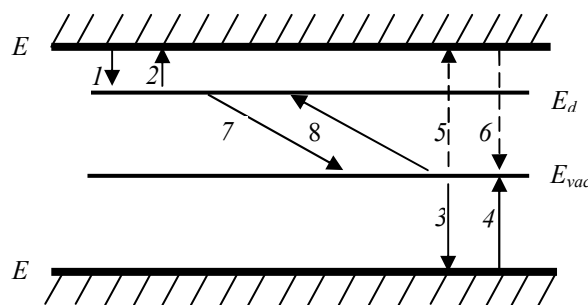


Рис. 9. Схема рекомбинации через рекомбинационный комплекс типа мелкий донор + вакансия. Переходы:

1 -  $c_{n1}N_d(1 - f_{R1})n$ , 2 -  $c_{n1}N_d f_{R1}n_{11}$  – обмен донорного уровня с зоной проводимости; 3 -  $c_{p2}N_{vac}f_{R2}p$ , 4 -  $c_{p2}N_{vac}(1 - f_{R2})p_{12}$  – обмен уровня вакансии с валентной зоной; 5 -  $c_{n2}N_{vac}(1 - f_{R2})n$ , 6 -  $c_{n2}N_{vac}f_{R2}n_{12}$  – обмен уровня вакансии с зоной проводимости; 7 -  $c_{12}N_d f_{R1}(1 - f_{R2})$ , 8 -  $c_{12}N_{vac}f_{R2}(1 - f_{R1})e^{\frac{E_d - E_{vac}}{kT}}$  – обмен уровня донора с уровнем вакансии, так называемый внутрикомплексный обмен;  $f_{R1}$  и  $f_{R2}$  – вероятности заполнения уровней доноров  $E_d$  и вакансий  $E_{vac}$  электронами соответственно

Fig. 9. Scheme of recombination through recombination complex of type shallow donor + vacancy. Here: 1 -  $c_{n1}N_d(1 - f_{R1})n$ , 2 -  $c_{n1}N_d f_{R1}n_{11}$  – exchange donor level with the conduction band; 3 -  $c_{p2}N_{vac}f_{R2}p$ , 4 -  $c_{p2}N_{vac}(1 - f_{R2})p_{12}$  – exchange vacancy level with the valence band; 5 -  $c_{n2}N_{vac}(1 - f_{R2})n$ , 6 -  $c_{n2}N_{vac}f_{R2}n_{12}$  – exchange vacancy level with the conduction band; 7 -  $c_{12}N_d f_{R1}(1 - f_{R2})$ , 8 -  $c_{12}N_{vac}f_{R2}(1 - f_{R1})e^{\frac{E_d - E_{vac}}{kT}}$  – exchange donor level with the vacancy level, so-called inter complex exchange;  $f_{R1}$  and  $f_{R2}$  – the probability of filling the donor level  $E_d$  and vacancy level  $E_{vac}$  by electrons respectively

Можно представить полные концентрации свободных электронов и дырок как  $p = p_n + \Delta p$ ,  $n = n_n + \Delta n$ , где  $\Delta p$  и  $\Delta n$  – термостимулированные добавки, обусловленные однородным нагреванием. Так как рассматривается небольшой уровень возбуждения, когда  $\Delta n < n_n \approx N_d$ ,  $\Delta p < p_n$ ,  $p < p_{12}$ ,  $n < n_{11}$ , то формулу (32) можно приближенно записать как

$$U \approx N_{dv} \cdot B \cdot \Delta p, \quad (33)$$

$$\text{где } B = \frac{c_{n1} c_{p2}}{c_{n1} n_{11} + c_{p2} p_{12}}.$$

В нашем случае очень существенно, что концентрация рекомбинационных комплексов  $N_{dv}$  не остается постоянной, поскольку эти комплексы интенсивно распадаются в процессе нагрева, так что количество эффективно работающих рекомбинационных комплексов можно записать как

$$N_{eff} = N_{dv} - V_{vac}(T), \quad (34)$$

где  $V_{vac}(T)$  – концентрация образующихся при нагревании свободных вакансий, причем их концентрация растет с ростом температуры. Тогда скорость рекомбинации  $U$  (33) можно записать как

$$U = (N_{dv} - V_{vac}) B \cdot \Delta p, \quad (35)$$

причем  $U$  достигает максимума (рис.10) при условии

$$\frac{dU}{dT} = 0, \text{ т. е. при}$$

$$(N_{dv} - V_{vac}) \cdot \frac{\Delta p}{dT} = \frac{dV_{vac}}{dT} \cdot \Delta p. \quad (36)$$

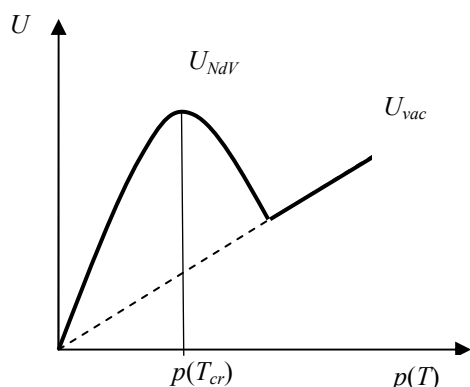


Рис. 10. Качественный вид зависимости скорости рекомбинации неравновесных носителей  $U$  от уровня возбуждения

Fig. 10. Approximated dependence of recombination rate of non-equilibrium carriers  $U$  from excitation

С дальнейшим ростом температуры скорость рекомбинации будет убывать, т. е. будет происходить ингибирование (подавление) рекомбинации за счет уменьшения концентрации эффективно работающих рекомбинационных комплексов. Поскольку генерационный ток (29) прямо пропорционален скорости рекомбинации  $U$ , этот факт хорошо объясняет убывание тока для образца  $\text{InP} < \text{Te}$  на рис. 4а. Конечно, ингибирование рекомбинации не может продолжаться бесконечно. Далее должны начать работать другие каналы рекомбинации, в частности, рекомбинация, идущая непосредственно через свободные вакансии (показанная на рис. 10 пунктиром).  $U$  начнет возрастать, но так как рекомбинация через вакансии идет менее интенсивно, чем через обычные рекомбинационные центры или комплексы, то это возрастание будет довольно слабым, что также хорошо согласуется с экспериментальными результатами на рис. 4а.

Теперь вернемся к рис. 5а для образца  $\text{GaAs} < \text{Te}$ , на котором зависимость  $I(T)$  носит достаточно ярко выраженный периодический характер. Эти результаты тоже можно качественно объяснить в рамках концепции о появлении изотипных потенциальных  $n-n^+$ -барьеров, возникающий внутри которых ток является генерационно-рекомбинационным и описывается формулой (29).

В данном случае можно предположить, что вакансии и, соответственно, мелкие доноры, создающие  $n-n^+$ -переходы, располагаются на большей части образца, так что эффективная концентрация рекомбинационных центров с использованием выражения для концентрации вакансий (7) будет:

$$N_{Reff} = N_{dv} - V_0 - V_d^* \sin \omega \cdot x. \quad (37)$$

Тогда

$$I_{GR} = \int_0^d N_{Reff} \cdot B \cdot \Delta p \cdot dx, \quad (38)$$

и если предположить, что концентрация рекомбинационных комплексов  $N_{Reff}$  меняется по длине  $x$  сильнее, чем изменение концентрации свободных носителей  $\Delta p$ , то из (37) и (38) получим:

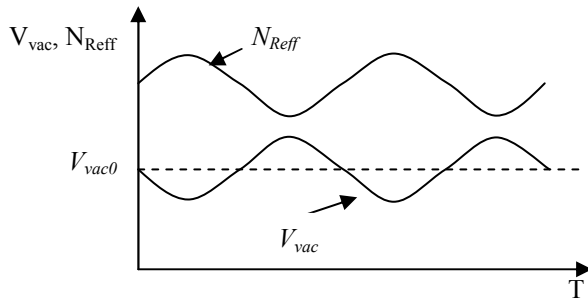
$$I_{GR} \approx (N_{dv} - V_{vac0} - V_{vac}^* \sin \omega \cdot d) \cdot B \cdot \Delta p_{av}. \quad (39)$$

Здесь  $\Delta p_{av}$  – среднее значение концентрации свободных дырок в области объемного заряда.

Проанализируем вид выражения в скобках, представляющий собой эффективную концентрацию рекомбинационных комплексов. Если концентрация вакансий (7) является периодической функцией, то  $N_{Reff}$  тоже будет периодической функцией вида:

$$N_{Reff} = \text{const} \cdot V_{vac}^* \sin(\omega \cdot d), \quad (40)$$

где  $const = N_{dv} - V_0$ . Это иллюстрируется рисунком 11, из которого видно, что зависимость  $N_{Reff}(T)$  хорошо совпадает с видом зависимости  $I(T)$  на рис. 5а.



**Рис. 11.** Качественный вид зависимостей концентрации вакансий  $V_{vac}$  и концентрации эффективных рекомбинационных комплексов  $N_{Reff}$  (40) от температуры. Предполагается линейная зависимость частоты распределения концентрации вакансий от температуры  $\omega = \alpha \cdot T$

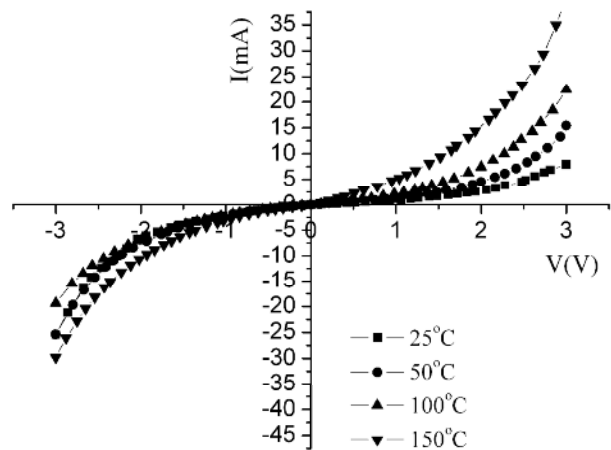
**Fig. 11.** Approximated dependence of vacancies' concentration  $V_{vac}$  and that of effective recombination complexes  $N_{Reff}$  (40) from temperature. Linear dependence of frequency of vacancies' concentration from temperature  $\omega = \alpha \cdot T$  is supposed

Итак, данное исследование показывает, что в материалах  $n$ -типа  $A^{III}B^V$ , выращенных по методу Чохральского (конкретно в  $GaAs<Te>$  и  $InP<Te>$ ), в которых изначально отсутствуют свободные вакансии, даже при небольшом однородном нагревании возникают температурно-стимулированные токи, т. е. изготовленные из этих материалов однородные образцы с простыми омическими контактами превращаются в своеобразные генераторы тока. Эти экспериментальные факты объясняются на основе представлений о том, что в этих материалах все вакансии объединены в комплексы типа мелкий донор + вакансия, которые легко распадаются под воздействием температуры, причем в процессе их распада концентрации как вакансий, так и мелких доноров могут в результате процессов самоорганизации распределяться вдоль образца периодически. В этом случае в образце неизбежно возникают внутренние изотипные потенциальные  $n-n^+$ -переходы, на которых происходит разделение свободных носителей. Возникновение внутреннего электрического поля и внутреннего потенциального барьера означает нарушение квазинейтральности, хотя бы на части образца. Возникший  $n-n^+$ -переход становится источником генерационно-рекомбинационного тока, который определяется исключительно только скоростью рекомбинации свободных носителей. В свою очередь, рекомбинация в полупроводниках с такой сложной системой примесей, дефектов и дефект-примесных комплексов типа мелкий донор + вакансия протекает не по обычным законам. Появляется внутрикомплексное взаимодействие свободных носителей, и сама концентрация рекомбинационных центров (комплексов) оказывается изменяющейся в процессе возбуждения полупроводника. В случае простого предпо-

ложения о том, что  $N_{Reff} = N_{dv} - V_{vac}(T)$ , причем  $V_{vac}$  растет с температурой, легко удастся объяснить спад тока и небольшой последующий подъем (рис. 4а). Если же опираться на предположение о периодическом распределении вакансий, считая, что оно с самого начала существенно, то легко объяснить периодические колебания тока  $I(T)$  (рис. 5а). В действительности эти представления легко совместимы. Если  $V = V_0 + V^* \sin(\omega \cdot x)$ , но изотипный барьер один, протяженность его небольшая и  $\sin(\omega \cdot x) \approx \omega \cdot x$ , то

$V = V_0 + V^* \omega \cdot x$ , тогда  $N_{Reff} = N_{dv} - V_0 - V^* \omega \cdot d$  и если  $\omega = \alpha \cdot T$ , то  $N_{Reff} = N_{dv} - V_0 - V^* \cdot \alpha \cdot T \cdot d$ , т. е.  $N_{Reff}$  просто убывает с температурой. В случае же  $GaAs<Te>$ , по-видимому, такое приближение невозможно и надо пользоваться полным выражением (37). Но в обоих случаях предлагаемая модель позволяет качественно объяснить появление термостимулированных токов при однородном нагревании однородных образцов с простыми омическими контактами в материалах  $n$ -типа  $A^{III}B^V$ , выращенных по методу Чохральского (конкретно в  $GaAs<Te>$  и  $InP<Te>$ ).

Таким образом, несмотря на явные различия в характере зависимостей  $I(T)$  во всех четырех материалах группы  $A^{III}B^V$  наблюдается появление токов и напряжений при однородном нагреве и, так или иначе, оно связывается с возникновением изотипных потенциальных барьеров и внутренних электрических полей. Тогда в этом же температурном интервале ВАХ должна показывать наличие выпрямления тока. В качестве примера такой набор температурных зависимостей ВАХ для образца из  $InP<Te>$  представлен на рисунке 12.



**Рис. 12** Вольт-амперная характеристика образца  $R_{ohm}$ - $n$ - $InP<Te>$ - $R_{ohm}$  с простыми омическими контактами  
**Fig. 12.** Current-voltage characteristics of  $R_{ohm}$ - $n$ - $InP<Te>$ - $R_{ohm}$  structure with simple ohmic contacts

Видно, что ВАХ при комнатной температуре (25 °C) имеет чисто омический характер, но с ростом

температуры появляется выпрямление. Оно тем больше, чем выше температура. Этот эксперимент однозначно указывает на наличие выпрямляющего потенциального барьера при  $T > 50 \div 60^\circ\text{C}$ .

### Выводы

Итак, исходя из концепции изначального существования в полупроводниках  $A^{III}B^V$ , выращенных по методу Чохральского и обладающих  $n$ -типом проводимости, комплексов типа мелкий донор + вакансия (при полном отсутствии свободных вакансий) удалось предсказать возможность развития в таких материалах под воздействием однородного нагрева процессов самоорганизации (саморегулирования) вакансий, освобождающихся при распаде комплексов под воздействием температуры, а вслед за ними, мелких легирующих доноров и рекомбинационных комплексов. Эти процессы, формируя в объеме полупроводника изотипные потенциальные барьеры типа  $n-n^+$ , тем самым приводят к возникновению в нем внутреннего электрического поля. Разделение свободных носителей, созданных однородным нагревом, на этих барьерах является причиной появления токов и напряжений, синергетических по своей природе. Эта теоретическая модель нашла хорошее экспериментальное подтверждение на образцах  $\text{GaAs}<\text{Te}>$ ,  $\text{GaAs}<\text{Sn}>$ ,  $\text{GaSb}<\text{Te}>$  и  $\text{InP}<\text{Te}>$ .

Работа выполнена по гранту фундаментальных исследований Ф2-ФА-0-97004 АН РУз.

### Список литературы

1. Каминский В.В., Соловьев С.М., Голубков А.В. Генерация электродвижущей силы при однородном нагреве полупроводниковых образцов моносulfида самария // Письма в Журнал технической физики. 2002. Т. 28, вып. 6. С. 29–34.
2. Каминский В.В., Голубков А.В., Васильев Л.Н. Дефектные ионы самария и эффект генерации электродвижущей силы в  $\text{SmS}$  // Физика твердого тела. 2002. Т. 44, Вып. 8. С. 1501–1505.
3. Каминский В.В., Казанин М.М. Термовольтаический эффект в тонкопленочных структурах на основе sulfида самария // Письма в Журнал технической физики. 2008. Т. 34, Вып. 8. С. 92–94.
4. Саидов А.С. Термоэлектретные свойства технического кремния полученного восьмикратной переплавкой на солнечной печи // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAE). 2010. № 3(83). С. 22–25.
5. Саидов А.С., Лейдерман А.Ю., Маншуров Ш.Т. Необычные свойства поликристаллического кремния, полученного пятикратной переплавкой металлургического кремния на солнечной печи // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAE). 2011. № 5(97). С. 27–33.
6. Саидов А.С., Лейдерман А.Ю., Аюханов Р.А., Маншуров Ш.Т., Абакумов А.А. Спектральная чувствительность поликристаллического кремния, полученного пятикратной переплавкой металлургического кремния на солнечной печи // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAE). 2012. № 4. С. 42–47.
7. Hwang C. J. Optical Properties of  $n$ -Type GaAs. Formation of Efficient Hole Traps during Annealing in Te-Doped GaAs // Journal of Applied Physics. 1969. No. 40. P. 4584–4592.
8. Булярский С.В., Фистуль В.И. Термодинамика и кинетика взаимодействующих дефектов в полупроводниках. М.: Наука, 1997.
9. Leyderman A.Yu., Saidov A.S., Khashaev M.M., Rahmonov U.K. About Possibility of Development Synergetic Processes in Semiconductors of Type  $A^{III}B^V$  // Journal of Materials Science Research. 2013. Vol. 2, No. 2. P. 14–21.
10. Leyderman A.Yu., Saidov A.S., Khashaev M.M., Rahmonov U.Kh. Thermovoltaic processes in gallium arsenide doped with tin // Applied Solar Energy. 2012. Vol. 48, No. 3. P. 165–168.
11. Leyderman A.Yu., Saidov A.S., Khashaev M.M., Rahmonov U.Kh. Study of properties of tellurium doped indium phosphide as photoconversion material // Applied Solar Energy. 2014. Vol. 50, No. 3. P. 143–145.
12. Sah C.T., Noyce R., Shockley W. Carrier generation and recombination in  $p$ - $n$ -junctions and  $p$ - $n$ -junction characteristics // Proceedings Institute of Radio Engineers. 1957. Vol. 9, No 11/12. P. 1055–1065.
13. Leyderman A.Yu. On the generation – recombination current in  $p$ - $n$ -junctions of semiconductors with continuous gap – state spectrum // Physica Status Solidi (a). 1985. Vol. 87, No 2. P. 363–372.
14. Leyderman A.Yu. Effect of the generation – recombination currents on the photovoltaic conversion of solar energy // Applied Solar Energy. 1999. Vol. 35, No 2. P. 20–25.
15. Лейдерман А.Ю., Минбаева М.К. Механизм быстрого роста прямого тока в полупроводниковых диодных структурах // Физика и техника полупроводников. 1996. Т. 30, № 10. С. 1729–1728.
16. Лейдерман А.Ю. Статистика рекомбинации в полупроводниках с распадающимися в результате рекомбинационно-стимулированных процессов сложными примесными комплексами // Доклады Академии Наук УзССР. 1989. № 1. С. 24–26.
17. Карагеоргий-Алкалаев П.М., Лейдерман А.Ю. Рекомбинация и релаксационные процессы в полупроводниках с примесными комплексами // В сборнике «Физика и материаловедение полупроводников с глубокими уровнями». М.: Металлургия, 1978.
18. Лейдерман А.Ю., Хашаев М.М. Особенности рекомбинации в полупроводниках  $A^{III}B^V$  // Доклады

Академии Наук республики Узбекистан. 2012. № 3. С. 22–24.

## References

1. Kaminskij V.V., Solov'ev S.M., Golubkov A.V. Generaciâ elektrodvižusej sily pri odnorodnom nagreve poluprovodnikovyh obrazcov monosul'fida samariâ. *Pis'ma v Žurnal tehničeskoj fiziki*, 2002, vol. 28, is. 6. pp. 29-34.
2. Kaminskij V.V., Golubkov A.V., Vasil'ev L.N. Defektnye iony samariâ i êffekt generacii elektrodvižusej sily v SmS. *Fizika tverdogo tela*, 2002, vol. 44, is. 8. pp. 1501-1505.
3. Kaminskij V.V., Kazanin M.M. Termovol'taičeskij êffekt v tonkoplenočnyh strukturah na osnove sul'fida samariâ. *Pis'ma v Žurnal tehničeskoj fiziki*, 2008, vol. 34, is. 8. pp. 92-94.
4. Saidov A.S. Termoëlektretne svojstva tehničeskogo kremniâ polučennogo vos'mikratnoj pereplavkoj na solnečnoj peči. *International Scientific Journal "Al'ternativnaâ ênergetika i êkologîâ" (ISJAE)*, 2010, no. 3(83). pp. 22-25.
5. Saidov A.S., Lejderman A.Yu., Manshurov Sh.T. Neobyčnye svojstva polikristalličeskogo kremniâ, polučennogo pâtikratnoj pereplavkoj metallurgičeskogo kremniâ na solnečnoj peči. *International Scientific Journal "Al'ternativnaâ ênergetika i êkologîâ" (ISJAE)*, 2011, no. 5(97), pp. 27-33.
6. Saidov A.S., Lejderman A.Yu., Ayuhanov R.A., Manshurov Sh.T., Abakumov A.A. Spektal'naâ fotočuvstvitel'nost' polikristalličeskogo kremniâ, polučennogo pâtikratnoj pereplavkoj metallurgičeskogo kremniâ na solnečnoj peči. *International Scientific Journal "Al'ternativnaâ ênergetika i êkologîâ" (ISJAE)*, 2012, no. 4, pp. 42-47.
7. Hwang C. J. Optical Properties of n-Type GaAs. Formation of Efficient Hole Traps during Annealing in Te-Doped GaAs. *Journal of Applied Physics*, 1969, no. 40, pp. 4584-4592.
8. Bulyarskij S.V., Fistul' V.I. Termodinamika i kine-tika vzaimodejstvuûših defektov v poluprovodnikah. Moscow: Nauka Publ., 1997.
9. Leyderman A.Yu., Saidov A.S., Khashaev M.M., Rahmonov U.K. About Possibility of De-velopment

Synergetic Processes in Semiconductors of Type A<sup>III</sup>B<sup>V</sup>. *Journal of Materials Science Research*, 2013, vol. 2, no. 2, pp. 14-21.

10. Leyderman A.Yu., Saidov A.S., Khashaev M.M., Rahmonov U.Kh. Thermovoltaic processes in gallium arsenide doped with tin. *Applied Solar Energy*, 2012, vol. 48, no. 3, pp. 165-168.

11. Leyderman A.Yu., Saidov A.S., Khashaev M.M., Rahmonov U.Kh. Study of properties of tellurium doped indium phosphide as photoconversion material. *Applied Solar Energy*, 2014, vol. 50, no. 3, pp. 143-145.

12. Sah C.T., Noyce R., Shockley W. Carrier generation and recombination in p-n-junctions and p-n-junction characteristics. *Proceedings Institute of Radio Engineers*, 1957, vol. 9, no. 11/12, pp. 1055-1065.

13. Leyderman A.Yu. On the generation – recombination current in p-n-junctions of semiconductors with continuous gap – state spectrum. *Physica Status Solidi (a)*, 1985, vol. 87, no. 2, pp. 363-372.

14. Leyderman A.Yu. Effect of the generation – recombination currents on the photovoltaic conversion of solar energy. *Applied Solar Energy*, 1999, vol. 35, no. 2, pp. 20-25.

15. Lejderman A.Yu., Minbaeva M.K. Mehanizm bystrogo rosta prâмого toka v poluprovodnikovyh diodnyh strukturah. *Fizika i tehnika poluprovodnikov*, 1996, vol. 30, no. 10, pp. 1729-1728.

16. Lejderman A.Yu. Statistika rekombinacii v poluprovodnikah s raspadaûšimisâ v rezul'tate rekombinacii-stimulirovannyh processov složnymi primesnymi kompleksami. *Reports of Academy of Sciences of the Uzbekistan Republic*, 1989, no. 1, pp. 24-26.

17. Karageorgij-Alkalaev P.M., Lejderman A.Yu. Rekombinaciâ i relaksacionnye processy v poluprovodnikah s primesnymi kompleksami. Articles «Fizika i materialovedenie poluprovodnikov s glubokimi urovnâmi», Moscow: Metallurgîâ Publ., 1978.

18. Lejderman A.Yu., Hashaev M.M. Osobennosti rekombinacii v poluprovodnikah A<sup>III</sup>B<sup>V</sup>. *Reports of Academy of Sciences of the Uzbekistan Republic*, 2012, no. 3, pp. 22-24.

Транслитерация по ISO 9:1995







**КОРРЕЛЯЦИЯ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ  
С КОНЦЕНТРАЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТЬЮ ПАРАМЕТРОВ  
РЕШЕТКИ ТВЕРДОГО РАСТВОРА ВНЕДРЕНИЯ  $TiN_xH_y$**

***И. Хидиров, В.В. Гетманский, С.Дж. Рахманов, И.А. Эргашев\****

Институт ядерной физики АН Республики Узбекистан  
Узбекистан 100214, Ташкент, ул. Бобура, 14Б-57  
тел.: 8-10-998712-289-34-64; e-mail: khidirov@inp.uz  
\* Каршинский Государственный университет  
Узбекистан 731100, г. Карши, ул. Кучабог, 17  
тел.: +99-891-215-59-82

doi: 10.15518/isjaee.2015.07.005

Заключение совета рецензентов: 09.04.15 Заключение совета экспертов: 16.04.15 Принято к публикации: 23.04.15

В работе изучена концентрационная зависимость параметров решетки твердого раствора внедрения  $TiN_xH_{0,20}$  ( $x = 0,12 - 0,50$ ). Установлена нелинейная концентрационная зависимость параметров базисной гексагональной решетки в исследованной области концентрации азота: она претерпевает перегиб в двух местах и состоит из трех частей, что свидетельствует об изменении характера межатомной силы взаимодействия атомов. Обнаружена корреляция между концентрационной зависимостью параметров решетки твердого раствора внедрения и фазовыми превращениями, протекающими при низкотемпературном отжиге.

Ключевые слова: параметр решетки, твердый раствор внедрения  $TiN_xH_{0,20}$ , концентрационная зависимость фазовых превращений, корреляция.

**PHASE TRANSFORMATION CORRELATION WITH THE CONCENTRATION  
DEPENDENCE OF THE LATTICE PARAMETERS OF  $TiN_xH_y$  SOLID SOLUTION**

***I. Khidirov, V.V. Getmanskiy, S.J. Rakhmanov, I.A. Ergashev\****

Institute of Nuclear Physics Uzbekistan Academy of Sciences  
14B-57 Bobur Str., Tashkent, 100214 Uzbekistan Republic  
ph.: 8-10-998712-289-34-64; e-mail: khidirov@inp.uz  
\*Karshi State University  
17 Kuchabog Str., Karshi, 731100 Uzbekistan Republic  
ph.: +99-891-215-59-82



The paper studies the concentration dependence of the lattice parameters of the  $\text{TiN}_x\text{H}_{0.20}$  interstitial solid solution ( $x = 0.12 - 0.50$ ) and establishes the nonlinear concentration dependence of the parameters of basic hexagonal lattice in the investigated area of nitrogen concentrations. This one bends in two places and consists of three parts that testifies to change of the character of interatomic interaction force. The paper detects the correlation between the concentration dependence of the lattice parameters of the solid solution and phase transformations taking place in low-temperature annealing.

Keywords: lattice parameter,  $\text{TiN}_x\text{H}_{0.20}$  interstitial solid solution, concentration dependence, phase transformation, correlation.

Хидиров И.  
Khidirov I.

**Сведения об авторе:** д-р физ.-мат. наук, профессор, заведующий лабораторией структурных превращений в твердых телах Института ядерной физики АН РУз, Институт ядерной физики АН РУз.

**Образование:** Ташкентский государственный педагогический университет им. Низами (1969).

**Область научных интересов:** водородное материаловедение и водородная энергетика, аккумулярование водорода в кристаллах, структурные фазовые превращения в сплавах внедрения (в карбидах, нитридах и гидридах металлов).

**Публикации:** более 200 статей, 3 монографии, 4 патента.

**Information about the author:** DSc (physics and mathematics) (1998), professor (2007), Head of the laboratory of the Structural Transformations in Solids States of the Institute of Nuclear Physics of Uzbekistan Academy of Sciences, Institute of Nuclear Physics of Uzbekistan AS.

**Education:** Tashkent State Pedagogical University (1969).

**Research area:** hydrogen materials science and hydrogen energy, storage of hydrogen in crystals, structural phase transitions in interstitial alloys (carbides, nitrides, hydrides of metals).

**Publications:** more than 200 articles, 3 monograph, 4 patents.

Гетманский В.В.  
Getmanskiy V.V.

**Сведения об авторе:** старший научный сотрудник Института ядерной физики АН РУз.

**Образование:** Ташкентский электротехнический институт связи (1982).

**Область научных интересов:** водородное материаловедение и водородная энергетика, аккумулярование водорода в кристаллах, автоматизация экспериментов.

**Публикации:** более 30 статей.

**Information about the author:** Senior Researcher, Institute of Nuclear Physics of Uzbekistan AS.

**Education:** Tashkent Electrotechnical Institute of Communications (1982).

**Research area:** hydrogen materials science and hydrogen energy, storage of hydrogen in crystals, automation of experiments.

**Publications:** more than 30 articles.

## Введение

Высокая температура плавления, малый удельный вес, высокая прочность, коррозионная стойкость во многих агрессивных средах и морской воде сделали титан почти универсальным и необходимым материалом для многих конструкций в различных отраслях техники [1]. Титан и сплавы на его основе и в настоящее время не потеряли свое практическое значение.

Как известно, водород – одна из самых вредных примесей в титане, которую трудно устранить, и не может служить легирующим для него элементом, поэтому устранение вредного влияния водорода на свойства титана имеет большое значение. Одним из таких методов является вакуумный отжиг титана и его сплавов. В некоторых случаях влияние водорода нейтрализуют, связывая его в фазы более стабильные, чем простые гидриды титана: нитридогидриды

и карбогидриды и др. Они отличаются более высокой стабильностью, чем двойные гидриды титана [1]. В связи с этим представляет интерес исследование структурных характеристик и свойств этих сплавов.

Анализ данных литературы [2–5] показывает, что в твердом растворе внедрения  $\text{TiN}_x\text{H}_y$  при различных концентрациях азота и фиксированной концентрации водорода наблюдается ряд фазовых превращений при понижении температуры ( $T < 1000^\circ\text{C}$ ), что может свидетельствовать об изменении межатомных сил взаимодействия в зависимости от концентрации азота. Если это так, то данное изменение должно сказываться на характере концентрационной зависимости параметров решетки. Цель настоящей работы – установить концентрационную зависимость параметров решетки твердого раствора внедрения  $\text{TiN}_x\text{H}_y$  и корреляцию между ней и фазовыми превращениями в области гомогенности твердого раствора внедрения.

### Экспериментальная часть

Для этой цели были определены параметры решетки образцов твердого раствора внедрения  $TiN_xH_y$  с концентрацией атомов азота  $0,12 \leq x \leq 0,50$ . Концентрации атомов водорода в образцах имели близкие значения в пределах ошибки их определения методом химического анализа (около 5 %) и в среднем составляли  $y \approx 0,20$ . Синтез осуществляли методом самораспространяющегося высокотемператур-

ного синтеза [6] из порошков Ti марки ПТМ, содержащего 0,35 мас. % водорода в атмосфере азота. Концентрации атомов неметаллов в сплавах определяли методом химического анализа. Согласно результатам рентгенофазового анализа, образцы относятся к гексагональной сингонии ( $\alpha$ -фаза, пространственная группа – п. г.  $P6_3/mmc$ ), являются однофазными и однородными по составу. На рис. 1 представлена рентгенограмма твердого раствора внедрения  $TiC_{0,40}H_{0,20}$ .

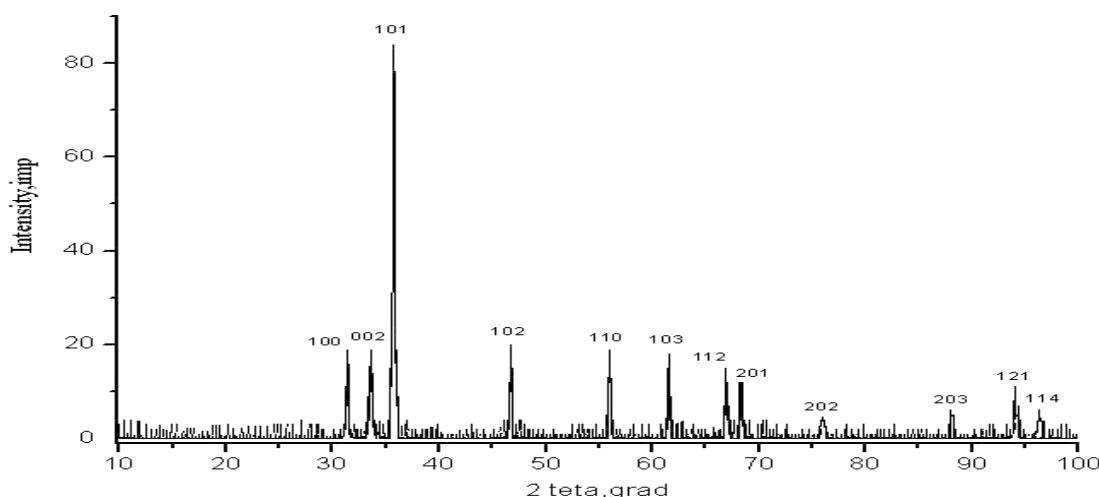


Рис. 1. Рентгенограмма твердого раствора внедрения  $TiN_{0,40}H_{0,20}$   
Fig. 1. X-ray photograph of the  $TiN_{0,40}H_{0,20}$  interstitial solid solution

На рис. 2 представлена концентрационная зависимость параметров решетки образцов [6]. Как видно, она имеет нелинейный характер. Для всех составов отношение параметров решетки  $c/a$  в пределах ошибки определения остается постоянным:  $c/a \approx 1,61$ . По-видимому, это можно объяснить тем, что атомы азота и водорода в решетке  $\alpha$ -Ti создают упругое изотропное напряжение по всем направлениям, как в решеточном газе. Нелинейную концентрационную зависимость параметров решетки можно объяснить изменением характера межатомных сил взаимодействия в области гомогенности твердого раствора. Как видно на рис. 2, концентрационная зависимость параметров решетки претерпевает перегиб в двух местах и состоит из трех частей.

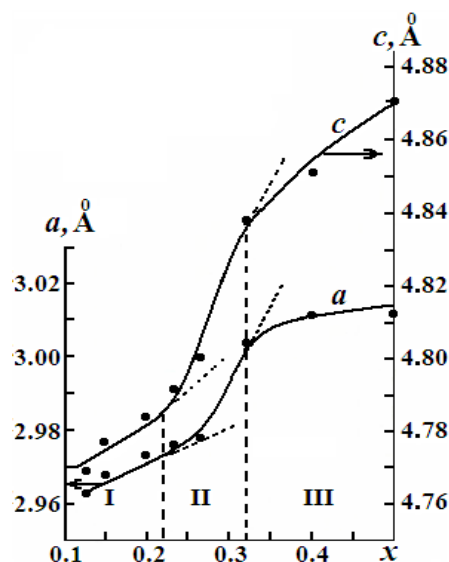


Рис. 2. Зависимость параметров решетки  $a$  и  $c$  твердого раствора  $TiN_xH_y$  от концентрации азота. Вертикальные штрихи показывают концентрационные границы изменения  $a$  и  $c$ . Касательные штрихи показывают изменение хода концентрационной зависимости  $a$  и  $c$

Fig. 2. The dependence of the lattice  $a$  and  $c$  parameters of  $TiN_xH_y$  interstitial solid solution from nitrogen concentration. Vertical dotted lines show the concentration boundaries of  $a$  and  $c$  parameters change. Tangent dotted lines show the variation of the concentration dependence of  $a$  and  $c$

Часть I (в интервале  $0,12 \leq x < 0,23$ ) соответствует образованию ближнего порядка с положительным параметром в первой координационной сфере ( $q_1 = 0,098 > 0$ ), который был определен в [2]. Часть II (интервал  $0,23 \leq x < 0,26$ ) соответствует следующим фазовым превращениям: беспорядок ( $\alpha$ -фаза)  $\xrightarrow{\approx 1170 K}$   $\alpha$ -фаза с ближним порядком ( $q_1 < 0$ )  $\xrightarrow{\approx 1020 K}$  дальний порядок ( $\alpha'$ -фаза)  $\xrightarrow{\approx 870 K}$  распад ( $\alpha'$ -фаза +  $\gamma$ -фаза), которые наблюдались в [3]. В этой части параметр ближнего порядка в первой координационной сфере имеет отрицательное значение ( $q_1 = -0,061$  [2]). Часть III (в интервале  $0,26 < x \leq 0,50$ ) соответствует фазовому переходу: порядок ( $\alpha'$ -фаза)  $\xrightarrow{\approx 1070-970 K}$  порядок ( $\gamma$ -фаза), который был обнаружен в [3]. Интересно отметить, что даже изменение типа ближнего порядка для  $TiN_xH_y$  [2] коррелирует с концентрационной зависимостью параметров решетки  $a$  и  $c$ , в которой наблюдается перегиб примерно с концентрации  $TiN_{0,23}H_{0,20}$  (рис. 2). Линейная концентрационная зависимость параметров решетки переходит из части I в части II и III с различной крутизной наклона относительно оси абсциссы. В части II атомы металлов в образовании сплава при понижении температуры участвуют не как статистически расположенные атомы внедрения в междоузлиях кристаллической решетки (п.г.  $R6_3/mmc$ )  $\alpha$ -Ti ( $\alpha$ -фаза), а как полноценные составляющие компонентов сплава. При этом они, занимая свои конкретные позиции, приводят к другой фазе, а именно, упорядоченной  $\alpha'$ -фазе (п. г.  $R\bar{3}m1$ ), отличной от кристаллической решетки  $\alpha$ -Ti. В части III образующаяся моноклинная  $\gamma$ -фаза при дальнейшем понижении температуры описывается в п. г.  $C2/m$ . Пространственные группы  $R\bar{3}m1$  и  $C2/m$  фазы генетически связаны с кристаллической решеткой  $\alpha$ -Ti (с  $\alpha$ -фазой). Если  $\alpha'$ -фаза формируется как результат упорядочения атомов внедрения в междоузлиях ГПУ решетки  $\alpha$ -Ti, то  $\gamma$ -фаза образуется в результате деформации кристаллической решетки упорядоченной  $\alpha'$ -фазы из-за термоупругого напряжения при понижении температуры.

Судя по концентрационной зависимости параметров решетки и фазовым превращениям, происходящим при понижении температуры, можно предположить, что в области концентрации азота  $0,12 \geq N/Ti < 0,23$  в ближайших координационных сферах преобладают силы взаимодействия между одноименными атомами. Это обуславливает ближний порядок с положительным параметром. Следовательно, в этом интервале концентрации азота наблюдается тенденция к распаду. Однако процесс распада сильно замедлен из-за низкой температуры распада, поэтому при этих концентрациях процесс распада не наступает даже после длительного низкотемпературного отжига [5].

В области концентрации  $0,23 \leq N/Ti \leq 0,26$  силы взаимодействия между разноименными атомами в

достаточной степени преобладают над силами одноименных атомов на дальних расстояниях. Это служит причиной появления дальнего порядка в расположении атомов неметаллов на основе первичной гексагональной решетки. Но длительный отжиг приводит к большой неоднородности концентрации атомов неметаллов из-за их упорядоченного расположения в сильно нестехиометрическом сплаве, что обуславливает распад упорядоченного твердого раствора внедрения на две упорядоченные фазы [3].

В области концентрации  $0,26 < N/Ti \leq 0,50$  при упорядочении неметаллов распад не происходит из-за достаточной концентрации неметаллов для сохранения устойчивости упорядоченной структуры. Однако при увеличении степени дальнего порядка в расположении неметаллов происходит деформация решетки, которая в свою очередь определяет переход порядок-порядок, а именно из гексагональной упорядоченной  $\alpha$ -фазы (п.г.  $R\bar{3}m1$ ) в моноклинную упорядоченную  $\gamma$ -фазу (п. г.  $C2/m$ ).

## Выводы

Обнаружена нелинейная концентрационная зависимость параметров решетки твердого раствора  $TiN_xH_{0,20}$ , коррелирующая с изменением типа ближнего порядка и фазовыми превращениями в области гомогенности при понижении температуры. Установленная закономерность свидетельствует об изменении характера межатомных сил взаимодействия в области гомогенности твердого раствора  $TiN_xH_{0,20}$ .

## Список литературы

1. Корнилов И.И. Титан. М.: Наука, 1975. 309 с.
2. Хватинская Д.Я., Курбонов И.И., Хидиров И. и др. Ближний порядок в системе Ti-N-H // УЗб. физ. ж. 1992. № 6. С. 54–56.
3. Хидиров И. Процессы упорядочения и распада в твердом растворе азота и водорода в  $\alpha$  - Ti // Ж. неорг. химии. 2001. Т. 46, № 3. С. 432–438.
4. Khidirov I. Neutron diffraction study of isotopic effect in arrangement of hydrogen atoms in solid solutions in of the Ti-N-H, Ti-N-D AND Ti-N-H-D systems. Chapter 2. P. 13–36. In the book "Neutron Diffraction: Instruments, methodologies and applications". Ed. Xinzhe Jin. – New York: Nova Science Publishers. USA, 2013. 86 p. Web site: www.novapublishers.com.
5. Хидиров И., Каримов И.А., Эм В.Т. и др. Нейтронографическое исследование фазового перехода типа порядок-беспорядок в нитридогидридах титана // Неорг. материалы. 1981. Т. 17, № 8. С. 1416–1420.
6. Амосов А.П., Боровинская И.П., Мержанов А.Г. Порошковая технология СВС синтеза материалов. М.: Машиностроение -1, 2007. 471 с.
7. Хидиров И. Нейтронографическое исследование систем Ti-C, Ti-N, Ti-C-H и Ti-N-H. Saarbrücken: LAMBERT-Academic Publisher, Германия. 2014. 184 с.

## References

1. Kornilov I.I. Titan. Moscow: Nauka Publ., 1975. 309 p.
2. Hvatinskaya D.Ya., Kurbonov I.I., Hidirov I. et al. Bližnij porâdok v sisteme Ti-N-H. *Uzb. fiz. ž.*, 1992, no. 6, pp. 54–56.
3. Hidirov I. Processy uporâdočeniâ i raspada v tverdom rastvore azota i vodoroda v  $\alpha$ -Ti. *Ž. neorg. himii*, 2001, vol. 46, no. 3, pp. 432–438.
4. Khidirov I. Neutron diffraction study of isotopic effect in arrangement of hydrogen atoms in solid solutions in solid solutions of the Ti-N-H, Ti-N-D AND Ti-N-H-D systems; chapter 2, pp. 13–36. In the book “Neutron Diffraction: Instruments, methodologies and applications”. Ed. Xinzhe Jin. – New York: Nova Science Publishers. USA, 2013, 86 p. Web site: [www.novapublishers.com](http://www.novapublishers.com).
5. Hidirov I., Karimov I.A., Èm V.T. et al. Nejtronografičeskoe issledovanie fazovogo perehoda tipa porâdok-besporâdok v nitridogidridah titana. *Neorg. Materialy*, 1981, vol. 17, no. 8, pp. 1416–1420.
6. Amosov A.P., Borovinskaya I.P., Merzhanov A.G. Poroškovaâ tehnologiâ SVS sinteza materialov. Moscow: Mašinostroenie -1 Publ., 2007, 471 p.
7. Hidirov I. Nejtronografičeskoe issledovanie sistem Ti-C, Ti-N, Ti-C-H i Ti-N-H. Saarbrücken: LAMBERT-Academic Publisher, Germany, 2014, 184 p.

Транслитерация по ISO 9:1995



19-22 мая 2015

9-я международная научно-техническая конференция «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР»

**В конференции принимают активное участие российские и зарубежные специалисты из конструкторских, проектных организаций, машиностроительных заводов, научно-исследовательских институтов, атомных электростанций.**

Цель предстоящей конференции: предоставить специалистам возможность обмена опытом, достижениями и информацией в вопросах, связанных с безопасностью эксплуатации АЭС с ВВЭР, расчетно-теоретическими и экспериментальными работами, направленными на повышение безопасности, модернизацию и продление эксплуатационного срока службы АЭС с ВВЭР.

Место проведения конференции: ОКБ «ГИДРОПРЕСС», город Подольск, Московская область.

Тематика конференции: доклады, представляемые на конференцию, должны быть посвящены решению вопросов обеспечения работоспособности и безопасности АЭС с реакторными установками с ВВЭР в процессе проектирования, проведения НИОКР, эксплуатации и снятия с эксплуатации.

Планируется, что участники представят свои доклады в шести секциях:

**Секция 1:** Разработка и верификация расчетных кодов для обоснования безопасности

**Секция 2:** Вопросы обоснования проектно-технических решений и экспериментальной поддержки при проектировании и вводе в эксплуатацию АЭС

**Секция 3:** Топливо и его использование; физика активной зоны

**Секция 4:** Проблемы эксплуатации, контроль и управление, диагностика, модернизация и продление ресурса действующих АЭС

**Секция 5:** Материаловедение, прочность и водно-химический режим

**Секция 6:** Инновационные реакторы четвертого поколения, охлаждаемые водой сверхкритического давления.

Оргкомитет конференции приглашает заинтересованные организации принять участие в данном мероприятии.

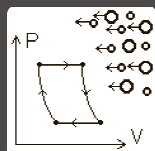
**Официальный сайт:**

[www.gidropress.podolsk.ru/ru/presscenter/news.php?news\\_cid=61&news\\_id=441](http://www.gidropress.podolsk.ru/ru/presscenter/news.php?news_cid=61&news_id=441)

[www.atomic-energy.ru/GIDROPRESS-VVER-2015](http://www.atomic-energy.ru/GIDROPRESS-VVER-2015)







ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

THERMODYNAMIC ANALYSIS

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АЭ

THERMODYNAMIC ANALYSIS OF BASIC  
ENERGY GENERATION PROCESSING IN AE

Статья поступила в редакцию 27.03.15. Ред. рег. № 2208

The article has entered in publishing office 27.03.15. Ed. reg. No. 2208



УДК 66.047.75.021.4

МОДЕЛЬ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ПЕЧАХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ  
КАРБИДА КРЕМНИЯ



*В.С. Кузеванов, Г.С. Закожурникова, С.С. Закожурников*

Филиал ФГБОУ ВПО Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
РФ 404110, Волгоградская обл., г. Волжский, пр. Ленина, 69  
тел.: (8443)21-01-60; факс: (8443)21-01-66; e-mail: vfmei@vfmei.ru  
galya.vlz@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.07.006

Заключение совета рецензентов: 03.04.15 Заключение совета экспертов: 10.04.15 Принято к публикации: 20.04.15

Предметом исследования является процесс теплообмена в печах сопротивления при производстве карбида кремния. В общей физической модели процесса рассматривается твёрдое тело с газовыми полостями и внутренним тепловыделением. Твёрдая составляющая многокомпонентна и увлажнена. Учитываются теплопроводность при переменных теплофизических параметрах, переменная пористость, тепло химических реакций, процесс сушки твёрдой составляющей, генерация газовой составляющей в химических реакциях и перенос тепла фильтрационным потоком газа.

Математическое описание процесса представляет собой систему из двух дифференциальных уравнений: уравнения теплопроводности для пористого тела с химически реагирующими компонентами и уравнения переноса тепла в процессе фильтрации газа через взаимосвязанные поры. Дифференциальные уравнения дополнены необходимыми замыкающими соотношениями.

Замыкающие соотношения получены в результате рассмотрения моделей процессов, сопутствующих производству карбида кремния: сушки, расчёта поля давления в системе связанных пор, удельного тепла химических реакций и эффективного коэффициента теплопроводности.

Полученная математическая модель позволяет определить температурные поля, подобрать варианты загрузки печи и режимов плавки при производстве карбида кремния.

Ключевые слова: пористый материал, производство карбида кремния, физическая модель, математическая модель, температурные поля, теплообмен, объёмные тепловыделения.



## HEAT AND MASS TRANSFER MODEL IN FURNACES IN THE SILICON CARBIDE PRODUCTION

*V.S. Kuzevanov, G.S. Zakozhurnikova, S.S. Zakozhurnikov*

Volzhsky Branch of the National Research University "Moscow Power Engineering Institute"  
69 Lenin Ave., Volzhsky, Volgograd reg., 404110 Russian Federation  
ph.: (8443)21-01-60; fax: (8443)21-01-66; e-mail: vfmei@vfmei.ru  
galya.vlz@mail.ru

Referred 03 April 2015 Received in revised form 10 April 2015 Accepted 20 April 2015

The paper researches the process of heat and mass transfer in furnaces of the resistance in the silicon carbide production and considers a solid body with gas cavities and internal heat in general physical model of the process. Solid part is multicomponent and moist. The thermal conductivity with variable thermal parameters, variable porosity, the heat of chemical reactions, the process of drying the solid component, the generation of gas in chemical reactions and heat transfer seepage gas flow are taking into account.

The mathematical description of the process is a system of two differential equations: the heat equation for a porous body with a chemically reactive components and heat transfer equation in the process of filtering the gas through the interconnected pores. Differential equations are supplemented by the necessary closing relations.

Closing relations are the results of the considering of the processes model accompanying the silicon carbide production: the drying, calculating the pressure field in the system of interconnected pores, heat of chemical reactions and the effective thermal conductivity.

The obtained mathematical model allows determining the temperature field, choosing variants of loading the furnace and regimes of melting in the silicon carbide production.

**Keywords:** porous material, production of silicon carbide, physical model, mathematical model, temperature fields, heat and mass transfer, volumetric heat generation.



*Кузеванов Вячеслав Семенович*  
*Vyacheslav S. Kuzevanov*

**Сведения об авторе:** д-р техн. наук, профессор кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» филиала ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Волжском.

**Образование:** Московский энергетический институт.

**Область научных интересов:** тепловая и атомная энергетика, ресурсосбережение, моделирование технологических процессов.

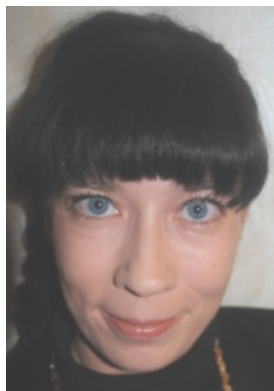
**Публикации:** 142.

**Information about the author:** DSc (tech.), professor of a chair of Thermal Engineering and Heat Engineering Department Volzhsky Branch of the National Research University "Moscow Power Engineering Institute".

**Education:** Moscow Power Engineering Institute.

**Research area:** thermal and nuclear energy, resource conservation, modeling of technological processes.

**Publications:** 142.



*Закожурникова Галина Сергеевна*  
*Galina S. Zakozhurnikova*

**Сведения об авторе:** старший преподаватель кафедры «Промышленная теплоэнергетика» филиала ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Волжском.

**Образование:** Московский энергетический институт (технический университет).

**Область научных интересов:** тепломассообмен.

**Публикации:** 14.

**Information about the author:** senior lecture of a chair of Industrial Thermal Power Engineering Department of Volzhsky Branch of the National Research University "Moscow Power Engineering Institute".

**Education:** Moscow Power Engineering Institute.

**Research area:** heat and mass transfer.

**Publications:** 14.



Закожурников Сергей Сергеевич  
Sergei S. Zakozhurnikov

**Сведения об авторе:** аспирант кафедры «Тепломассообменных процессов и установок» ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва

**Образование:** Московский энергетический институт (технический университет).

**Область научных интересов:** моделирование технологических процессов, ресурсосбережение, энергосбережение.

**Публикации:** 18.

**Information about the author:** postgraduate student of National Research University "Moscow Power Engineering Institute".

**Education:** Moscow Power Engineering Institute.

**Research area:** modeling of technological processes, resource conservation, energy conservation.

**Publications:** 18.

## Введение

Предметом исследования является процесс тепломассообмена в печах сопротивления при производстве карбида кремния. Карбид кремния (SiC) используется во многих отраслях промышленности: огнеупорной, металлургической, керамической, электротехнической. SiC обладает рядом полезных свойств, таких как высокая прочность, низкий коэффициент теплового расширения, высокая электрическая проводимость, нелинейное электрическое сопротивление. Карбид кремния является материалом, попадающим в диапазон твердости между алмазом и корундом (между 9,5 и 10 по шкале Мооса). Он достаточно стабилен химически и устойчив к действию кислот. Благодаря высокой твердости, карбид кремния является основным сырьем для изготовления абразивных труб, крыльчаток, насосных камер и т. д. Большая зернистость карбида кремния используется при создании таких абразивных изделий, как наждачная бумага, шлифовальные круги, диски, проводочные пилы и ряда других. Также карбид кремния применяют в технологиях хранения радиоактивных отходов.

На сегодняшний день производство SiC остаётся во многом таким же, как и в конце XIX века: кварц высокой чистоты смешивают с высококачественным коксом или антрацитом в больших электрических печах сопротивления, и при нагреве до температуры выше 2 000 °C получают карбид кремния в соответствии со следующей реакцией:  $\text{SiO}_2 + 3\text{C} = \text{SiC} + 2\text{CO}$ .

Процесс плавки сопровождается значительным теплоподводом, требуя 8 000–10 000 кВт·ч электрической энергии на тонну конечного продукта.

Карбид кремния извлекают из печи, охлаждают и затем сортируют на различные классы. Сортировка применяется для отделения полноценного кристаллического карбида (карборунда) от металлургического карбида кремния. Отсортированный карборунд затем измельчают и просеивают до нужного вида.

Образование SiC сопровождается и другими химическими реакциями, в результате которых образуются твердые и газообразные продукты. Теплота

химических реакций, образование дополнительной газовой составляющей, процесс сушки, перенос тепла фильтрационным потоком газа оказывают значительное влияние на процесс тепломассообмена и в целом на процесс производства SiC.

Экспериментальное исследование нестационарного тепломассообмена в печах для производства карбида кремния усложнено высокими температурами в процессе карбидообразования.

В таких объективно ограниченных условиях анализа важным является расчетное исследование плавки с целью определения режимов с повышенным выходом SiC. Основой исследования при этом является нахождение распределения температур в печи и определение его влияния на увеличение массового выхода продукта.

## Общая физическая модель процесса

В работе рассматривается твердое тело (индекс «1») с газовыми полостями (индекс «2») и внутренним тепловыделением. Твердая составляющая многокомпонентна и увлажнена.

Предполагается, что перенос тепла за счет молекулярной теплопроводности может быть описан как для сплошной среды с теплофизическими параметрами, эквивалентными соответствующим параметрам пористого объекта.

### В модели учитывается:

1. Теплопроводность при переменных теплофизических параметрах ( $\lambda$ ,  $\rho$ ,  $c$ ).
2. Переменная пористость ( $\epsilon$ ).
3. Химические реакции:
  - тепло химических реакций;
  - образование дополнительной газовой составляющей.
4. Процесс сушки.
5. Перенос тепла фильтрационным потоком газа.

### Значимые параметры и допущения:

1. Масса системы ( $M$ ).

Изменение массы связано с химическими реакциями и сушкой с образованием летучих продуктов плавки (выходом газа и пара (далее газ) из системы).



2. Температура ( $T$ ).

Температура определена состоянием твёрдой пористой структуры. Температура газа равна температуре твёрдой структуры в соответствующей локальной области в любой момент времени.

3. Давление ( $P$ ).

Давление определено состоянием газовой составляющей.

4. Пористость ( $\varepsilon$ ).

Изменение пористости связано с изменением массы твёрдой составляющей, то есть с химическими реакциями.

5. Константы химических реакций ( $k_{p,i}$ ):

-  $k_{p,i}$  определяют скорость изменения состава и массы твёрдой структуры;

-  $k_{p,i}$  определяют скорость изменения состава и плотности массового расхода газовой составляющей.

6. Влажность твёрдой структуры ( $x_b$ ).

Влага равномерно распределена в сухой твёрдой составляющей (твёрдых компонентах) и находится в микропорах, не связанных между собой каналами. Концентрация микропор в твёрдом компоненте, не участвующем в химической реакции, неизменна.

Изменение влажности определено процессом сушки. Сушка сопровождается изменением состава и плотности массового расхода газовой составляющей за счёт парового компонента, а также изменением массы составляющей, отнесённой к твёрдой.

**Базовые элементы модели переноса тепла:**

1. Уравнение теплопроводности в системе, изменяющейся вследствие химических реакций и сушки, является основным уравнением баланса энергии;

2. Учитывается перемещение газовой составляющей, сопровождающееся переносом тепла;

3. Характерные времена процессов «1» и «2» считаются таковыми, что перемещение газовой составляющей можно рассчитывать в квазистационарном приближении;

4. Состояние газовой составляющей описывается уравнением для смеси идеальных газов.

5. В процессе химических превращений и сушки изменяется пористость системы  $\left(\varepsilon = \frac{v_2}{v}\right)$ , но не меняется её произвольно выбранный объём  $v$ ;

6. Перепады давления в системе и уровень изменения давления малы. Поле давления определяет фильтрационные потоки, но при расчете теплофизических параметров процесс можно полагать изобарным.

Таким образом, совокупный тепломассоперенос представлен как нестационарный процесс теплопроводности, на который наложен процесс перераспределения тепла в пористом теле вследствие тепломассопереноса фильтрационным потоком газа.

**Математическая модель**

Для определения температурного поля в печи для производства SiC запишем дифференциальное уравнение энергии в виде, не учитывающем массоперенос:

$$\frac{\partial \rho h}{\partial \tau} = -\operatorname{div} q + q_v, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность;  $h$  – энтальпия;  $q_v$  – мощность внутренних источников тепла в теле.

Заметим, что уравнение (1) является, по существу, уравнением теплопроводности для тела с переменными теплофизическими свойствами.

Определим  $\rho h$  для конкретной пористой системы как:

$$\rho h = \rho_1 (1 - \varepsilon) h_1 + \rho_2 \varepsilon h_2. \quad (2)$$

Рассмотрим элементарную ячейку постоянного объема  $v$ , в которой согласно модели сплошной среды содержится и составляющая 1, и составляющая 2 в пропорциях, определенных их объемными долями. Перепишем уравнение (2) для всех компонентов объема  $v$ :

$$\rho h = \tilde{\rho}_1^c \cdot h_1^c + \tilde{\rho}_{\text{газ}} \cdot h_{\text{газ}} + \tilde{\rho}_b \cdot h_b + \tilde{\rho}_{\text{пар}} \cdot h_{\text{пар}} + \tilde{\rho}_2 h_2, \quad (3)$$

где верхний индекс « $\sim$ » относится к парциальной плотности  $\tilde{\rho}_i$ , определяемой как  $\tilde{\rho}_i = \lim_{v \rightarrow 0} \frac{m_i}{v}$ ; где

$m_i$  – масса компонента « $i$ » в элементарной ячейке;  $\tilde{\rho}_1^c$ ,  $h_1^c$  – парциальная плотность и энтальпия твёрдого сухого компонента;  $\tilde{\rho}_{\text{газ}}$ ,  $h_{\text{газ}}$  – парциальная плотность и энтальпия газа, появляющегося в результате химических реакций в твёрдом сухом компоненте;  $h_b$ ,  $\tilde{\rho}_b$  – энтальпия водяной фазы и парциальная плотность, определяющая влажность твёрдого компонента;  $\tilde{\rho}_{\text{пар}}$ ,  $h_{\text{пар}}$  – парциальная плотность и энтальпия пара, появляющегося из воды в результате фазового перехода при сушке твёрдого компонента;  $\tilde{\rho}_2$ ,  $h_2$  – парциальная плотность и энтальпия газовой составляющей в связанных порах.

Учтем, что в отсутствие массопереноса

$$\left. \begin{aligned} \tilde{\rho}_1^c + \tilde{\rho}_{\text{газ}} + \tilde{\rho}_{1,0} &= \text{const}, \\ \tilde{\rho}_b + \tilde{\rho}_{\text{пар}} + \tilde{\rho}_{b,0} &= \text{const}, \\ \tilde{\rho}_2 + \tilde{\rho}_{2,0} &= \text{const}, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где нижний индекс «0» соответствует начальным условиям, определенным в момент включения электронагрева системы (начало режима плавки).

Тогда из (3) и (4) и в приближении  $\frac{\partial h_i}{\partial \tau} = C_i \frac{\partial T}{\partial \tau}$  производная по времени функции  $\rho h$  будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \tau}(\rho h) = & \left\{ \rho_1^c (1-\varepsilon)(1+v)^{-1} C_1^c + (1+v)^{-1} [\rho_{1,0}^c (1-\varepsilon_0) - \rho_1^c (1-\varepsilon)] C_{\rho, \text{газ}} + \rho_b \frac{(1-\varepsilon)}{1+v} v C_b + \frac{v}{1+v} [\rho_{b,0} (1-\varepsilon_0) - \rho_b (1-\varepsilon)] C_{\rho, \text{пар}} + \right. \\ & \left. + \rho_2 \varepsilon C_{\rho, 2} \right\} \times \frac{\partial T}{\partial \tau} + \frac{1}{1+v} (h_1^c - h_{\text{газ}}) \frac{\partial [\rho_1^c (1-\varepsilon)]}{\partial \tau} + (h_b - h_{\text{пар}}) \cdot \frac{v}{1+v} \cdot \frac{\partial [\rho_b (1-\varepsilon)]}{\partial \tau}. \end{aligned} \quad (5)$$

Заметим, что в (5) правая часть записана через плотности  $\rho_i$  и объемные доли каждого компонента,

причем  $v = \frac{V_b}{V_1^c}$  – доля не связанных между собой

микропор – согласно принятой модели есть величина постоянная.

Обозначим интенсивность объемной генерации газа в химических реакциях как  $\tilde{g}_{\text{хим}}$  и пара в процессе сушки как  $\tilde{g}_{\text{суш}}$ . Очевидно, что

$$\tilde{g}_{\text{хим}} = -\frac{\partial \tilde{\rho}_1^c}{\partial \tau} = -\frac{1}{1+v} \frac{\partial [\rho_1^c (1-\varepsilon)]}{\partial \tau},$$

$$\text{а } \tilde{g}_{\text{суш}} = -\frac{\partial \tilde{\rho}_b}{\partial \tau} = -\frac{v}{1+v} \frac{\partial [\rho_b (1-\varepsilon)]}{\partial \tau}.$$

Тогда, согласно физическому смыслу, две последние составляющие правой части соотношения (5) можно определить как внутренние источники (стоки) тепла, обусловленные процессами химических превращений ( $q_{V, \text{хим}}$ ) и сушкой твердого компонента ( $q_{V, \text{суш}}$ ):

$$\left. \begin{aligned} q_{V, \text{хим}} &= (h_1^c - h_{\text{газ}}) \tilde{g}_{\text{хим}} = e \tilde{g}_{\text{хим}}, \\ q_{V, \text{суш}} &= (h_{\text{пар}} - h_b) \tilde{g}_{\text{суш}} = r \tilde{g}_{\text{суш}}, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где  $e$  – теплота совокупности химических реакций, приводящих к появлению газовой составляющей;  $r$  – скрытая теплота парообразования.

Перенесем эти составляющие удельного объемного тепловыделения в правую часть уравнения (1) при его записи с учетом полученных соотношений (5) и (6). Имеем:

$$\Phi \frac{\partial T}{\partial t} = -\text{div} q + q_{V, \text{эл}} + q_{V, \text{хим}} - q_{V, \text{суш}}. \quad (7)$$

Здесь  $\Phi$  соответствует выражению в фигурных скобках правой части (5), а индекс «эл» относится к

тепловыделению, обусловленному подводом электрической энергии.

Рассмотрим процесс переноса тепла, определяемый переносом массы вследствие перемещения (фильтрации) парогазовой составляющей в системе взаимосвязанных макропор. По аналогии с выражениями (6) можно записать:

$$q_{V, \phi} = -\text{div} q_{\phi} = e_{\phi} \tilde{g}_{\phi}, \quad (8)$$

где индекс « $\phi$ » относится к процессу фильтрации.

Естественно, температурное поле в пористом теле зависит от  $q_{V, \phi}$ , но и  $q_{V, \phi}$  зависит от температурного поля, поскольку температура определяет теплофизические параметры смеси газов, а совместно с характеристиками проницаемости обуславливает поле давления в газовой составляющей, и, следовательно,  $\tilde{g}_{\phi}$  и  $q_{V, \phi}$ .

Наша общая модель физического процесса позволяет представить математическую модель как систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \Phi \frac{\partial T}{\partial t} &= -\text{div} q + q_{V, \text{эл}} + q_{V, \text{хим}} - q_{V, \text{суш}} + q_{V, \phi}, \\ q_{V, \phi} &= q_{V, \phi} \left\{ T, \frac{\partial T}{\partial t}, \tilde{g}_{\text{хим}}, \tilde{g}_{\text{суш}}, P, \frac{\partial P}{\partial x_i} \right\}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

## Модели расчета объемных тепловыделений $q_{V, i}$

### Определение $q_{V, \text{эл}}$ .

Принято, что базовая доля  $q_{V, \text{эл}}^K$  энерговыделения приходится на греющий элемент плавильной печи (кern). Поскольку электрическое сопротивление шихты зависит от влажности, а также от наличия SiC как составляющей с высокой электрической проводимостью, принято

$$q_{V, \text{эл}}^K = q_{V, \text{эл}}^0 \frac{(1 - \bar{x}_b)(1 - x_{\text{SiC}})}{1 - x_{b, 0}}. \quad (10)$$



И в любой момент времени проверяется выполнение условия:

$$Q_{эл} = \int_{V_n} q_{V,эл} dV. \quad (11)$$

В соотношениях (10), (11) индекс «0» соответствует началу плавки;  $x_{SiC}$  – массовая доля SiC в шихте;  $\bar{x}_в$  – средняя влажность твёрдой составляющей шихты;  $V_n$  – объём загрузки плавильной печи.

**Определение  $q_{V,хим}$**

Удельное тепло всех « $n$ » принятых во внимание химических реакций

$$q_{V,хим} = \sum_{j=1}^n q_{V,j} = \sum_{j=1}^n e_j \tilde{g}_{хим,j}, \quad (12)$$

где  $e_j$  – тепло химической реакции « $j$ ».

Общее удельное выделение летучих продуктов реакции « $j$ » за время  $\tau$

$$G_{хим,j} = \int_0^\tau \tilde{g}_{хим,j} \delta_{i,j} d\tau.$$

$$\text{Здесь } \delta_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{если } \tau_{1,j} < \tau < \tau_{2,j}, \\ 0, & \text{если } \tau \leq \tau_{1,j} \text{ или } \tau \geq \tau_{2,j}. \end{cases} \quad (13)$$

В условиях (13) по определению функции  $\delta_{i,j}$  через  $\tau_{1,j}$  и  $\tau_{2,j}$  обозначены время начала и завершения химической реакции типа « $j$ » соответственно.

Считаем, что  $\tilde{g}_{хим,j}$  есть функция, определяемая только видом химической реакции, и что сама реакция протекает при достижении температуры реагирующих компонентов значения  $T_{н.р,j}$  – температуры начала химической реакции типа « $j$ », а значение  $\tilde{g}_{хим,j}$  при наличии всех компонентов реакции и условии  $T(x,y,z) > T_{н.р,j}$  не зависит от координат  $(x,y,z)$  и времени.

Тогда  $G_{хим,j} = \tilde{g}_{хим,j} \int_0^\tau \delta_{i,j} d\tau$  и в целом по расчётной зоне  $V_{р,j}$ , где сосредоточены соответствующие виду химической реакции компоненты,

$$\tilde{G}_{хим,j} = \tilde{g}_{хим,j} \int_{V_{р,j}} \int_0^\tau \delta_{i,j} d\tau dV \text{ или} \quad (14)$$

$$\tilde{G}_{хим,j} = \tilde{g}_{хим,j} \int_{V_{р,j}} (\tau_{2,j} - \tau_{1,j}) dV,$$

где  $\tau_{1,j}$  – время достижения температуры начала химической реакции типа « $j$ » ( $T_{н.р,j}$ ) при разогреве плавильной печи;  $\tau_{2,j}$  – время достижения температуры  $T_{н.р,j}$  при охлаждении разогретой реакционной сре-

ды. Очевидно, что  $\tau_{1,j}$  и  $\tau_{2,j}$  есть функции координат.

Данные по выходу газообразных продуктов при производстве карбида кремния для разных составов шихты известны. Эти данные получают при проведении соответствующих замеров на практике для контроля за исполнением экологических требований по выбросам побочных продуктов производства в окружающую среду. Обычно эти данные представлены как выход газообразного продукта реакции « $j$ » на единицу массы ( $M_{загр}$ ) загружаемой шихты,  $G_{хим,j}^э$ .

Тогда, в рамках принятой модели,

$$\tilde{g}_{хим,j} = \frac{G_{хим,j}^э M_{загр}}{\int_{V_{р,j}} (\tau_{2,j} - \tau_{1,j}) dV}, \quad (15)$$

где подинтегральные функции  $\tau_{1,j}$  и  $\tau_{2,j}$  определяются с использованием экспериментальных данных по температурным полям по производству карбида кремния [1].

**Определение  $q_{V,суш}$**

В работе [1] представлена модель сушки пористого материала при внутреннем нагреве. Поскольку эта модель сушки полностью адекватна общей модели процессов, принятой в настоящей работе,  $\tilde{g}_{суш}$  определяется согласно модели [1], а  $q_{V,суш}$  по соотношению (6).

**Определение  $q_{V,\phi}$**

В работах [2] и [3] описана и верифицирована модель расчёта поля давления в пористой среде с реагирующими компонентами применительно к процессу производства карбида кремния.

При известном распределении давления фильтрационная составляющая  $\tilde{g}_\phi$  определяется по модели Дарси, а  $q_{V,\phi}$  по соотношению (8).

#### Модель расчёта эффективного коэффициента теплопроводности $\lambda_{эф}$

Рассмотрим модель по определению эффективного коэффициента теплопроводности двухкомпонентной системы  $\lambda_{эф}$ , фактически фигурирующего в операторе  $\text{div} q$  правой части базового уравнения (1) и (9):

$$\text{div} q = -\text{div}(\lambda_{эф} \text{grad} T). \quad (16)$$

Пусть в частном варианте «а» двухкомпонентная система имеет вид чередующихся слоев однородных компонентов, когда можно считать, что тепловой поток направлен вдоль слоев. Пусть, как принято ранее,  $\varepsilon$  – объёмная доля компонента «2».



Тогда в рамках модели сплошной среды

$$\lambda_{эф,а} = \lambda_1(1-\varepsilon) + \lambda_2\varepsilon, \quad (17)$$

где «а»—индекс варианта.

Пусть в ином частном варианте «б» двухкомпонентная система имеет вид чередующихся слоев однородных компонентов, когда можно считать, что тепловой поток направлен поперек слоев по нормали к ним. Тогда

$$\lambda_{эф,б} = \left( \frac{1-\varepsilon}{\lambda_1} + \frac{\varepsilon}{\lambda_2} \right)^{-1}, \quad (18)$$

где «б» индекс варианта.

Полагая, что в пористой системе многообразная форма пор и их случайное расположение определяют равную вероятность любого угла  $\varphi (0 < \varphi < 90^\circ)$  между нормалью к поверхности раздела «твердая составляющая—газовая составляющая» и вектором плотности теплового потока, имеем из (17) и (18):

$$\lambda_{эф} = \frac{2\lambda_1\lambda_2 + \varepsilon(1-\varepsilon)(\lambda_1 - \lambda_2)^2}{2[\lambda_2(1-\varepsilon) + \lambda_1\varepsilon]}. \quad (19)$$

#### Модель изменения пористости $\varepsilon$ системы

По определению

$$\tilde{g}_{хим} = -\frac{\partial \rho_1^c}{\partial \tau} = -\frac{1}{1+\nu} \left\{ (1-\varepsilon) \frac{\partial \rho_1^c}{\partial \tau} - \rho_1^c \frac{\partial \varepsilon}{\partial \tau} \right\}. \quad \text{Откуда}$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial \tau} = \frac{1}{\rho_1^c} \left\{ (1+\nu) \tilde{g}_{хим} + (1-\varepsilon) \frac{\partial \rho_1^c}{\partial \tau} \right\}. \quad (20)$$

И изменяющаяся во времени пористость системы

будет определена как  $\varepsilon = \varepsilon_0 + \int_{\tau} \frac{\partial \varepsilon}{\partial \tau} d\tau$ .

Заметим, что производная  $\frac{\partial \rho_1^c}{\partial \tau}$  в соотношении

(20) может быть представлена как  $\frac{\partial \rho_1^c}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial \tau}$  с опре-

делением  $\frac{\partial \rho_1^c}{\partial T}$  по справочным данным для материалов шихты.

#### Выводы

Разработка модели тепломассопереноса в печах при производстве SiC потребовала подробного анализа физических процессов тепло- и массообмена в

процессе плавки карбида кремния, с принятием во внимание большого числа теплофизических параметров. В модели учтены основные факторы, влияющие на интенсивность процессов тепломассообмена в электропечах сопротивления, а именно: теплота химических реакций, образование дополнительной газовой составляющей, процесс сушки, перенос тепла фильтрационным потоком газа. Математически описан тепломассообмен в пористой среде с внутренними источниками тепла. Полученная математическая модель позволяет определить температурные поля в процессе образования карборунда и подобрать варианты загрузок печи и режимов плавки карбида кремния с целью увеличения выхода продукта и экономии энергоресурсов.

#### Список литературы

1. Кузеванов В.С., Закожурникова Г.С. Модель сушки пористого проницаемого материала при внутреннем нагреве // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). 2013. № 14. С. 19–23.
2. Кузеванов В.С., Закожурникова Г.С. Общая модель для расчета поля давления в пористой среде с реагирующими компонентами // Известия ВолгГТУ. Серия «Процессы преобразования энергии и энергетические установки». 2014. Т. 18, № 6 (145). С. 106–110.
3. Кузеванов В.С., Закожурникова Г.С. Расчет поля давления в пористой среде с реагирующими компонентами // Известия ВолгГТУ. Серия «Процессы преобразования энергии и энергетические установки». 2014. Т. 18, № 6 (145). С. 110–113.

#### References

1. Kuzevanov V.S., Zakozhurnikova G.S. Model' suški poristogo pronicaemogo materiala pri vnutrennem nagreve. *International Scientific Journal "Alternativnaâ energetika i èkologiâ" (ISJAEE)*, 2013, no. 14, pp. 19–23.
2. Kuzevanov V.S., Zakozhurnikova G.S. Obšââ model' dlâ rasčeta polâ davleniâ v po-ristoj srede s reagiruûšimi komponentami. *Izvestiâ VolgGTU. Seriâ "Processy pre-obrazovaniâ ènergii i ènergetičeskie ustanovki"*, 2014, vol. 18, no. 6 (145), pp. 106–110.
3. Kuzevanov V.S., Zakozhurnikova G.S. Rasčet polâ davleniâ v poristoj srede s reagi-ruûšimi komponentami. *Izvestiâ VolgGTU. Seriâ "Processy preobrazovaniâ ènergii i ènergetičeskie ustanovki"*, 2014, vol. 18, no. 6 (145), pp. 110–113.

Транслитерация по ISO 9:1995



## СОКРАЩЕНИЕ ВЫБРОСОВ АЗС НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИХ РАССЕЙВАНИЯ

*С.А. Кошкарёв*

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет  
РФ 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, «ВолгГАСУ», кафедра «БЖДТ»  
тел.: 8 (8442)-96-99-07, 8-961-07-023-77, 8937-696-1087  
e-mail: kaf\_bgdvt@mail.ru, cool.koshka12@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.07.007

Заключение совета рецензентов: 18.12.14 Заключение совета экспертов: 16.02.15 Принято к публикации: 15.04.15

В статье проведено сравнение значений концентраций загрязняющих веществ, полученных с помощью натурных измерений, моделирование рассеивания выбросов автозаправочных станций (АЗС) (расчетного мониторинга), которые расположены на городской территории. Сделан вывод о целесообразности учета технологии заправки топлива в резервуары при обосновании размера санитарно-защитной зоны АЗС, – а также вывод о необходимости проводить расчеты рассеивания паров тяжелых углеводородов в атмосфере для различных физических параметров источника выбросов – АЗС. Обосновано заключение о целесообразности установки системы улавливания паров тяжелых углеводородов для АЗС, в пределах границы СЗЗ которых расположена жилая застройка.

Ключевые слова: загрязняющее вещество, автозаправочная станция (АЗС), выбросы, атмосфера, рассеивание, мониторинг, санитарно-защитная зона, устройство, улавливание, адсорбция.

## THE ENVIRONMENTAL SAFETY IMPROVING BY MODELING DISPERSION AND EMISSIONS REDUCING OF GAS STATIONS

*S.A. Koshkarev*

Volgograd State University of Architecture and Building Construction  
1 Academicheskaya Str., Volgograd, 400074 Russian Federation  
ph.: 8-(8442)-96-99-07, 8-961-07-023-77, 8937-696-1087;  
e-mail: kaf\_bgdvt@mail.ru; cool.koshka12@mail.ru



Referred 18 December 2014 Received in revised form 16 February 2015 Accepted 15 April 2015

The paper suggests the perspective ways of reduction emissions of dangerous pollutions on the gas stations. It compares the pollutant concentration values obtained by in environmental measurements and the modeling of dispersion of emissions from the gas stations located on the city territory. This paper concludes that there is the advisability to account of technology fuel filling process in tanks for the regulations of the sanitary protection zone size of gas station. Moreover it concludes that the calculations of heavy hydrocarbon vapor dispersion in the atmosphere for various physical parameters of the emissions source (gas station) are necessary. Therefore the installation of vapor trapping of heavy hydrocarbons to the gas station is necessary as well.

**Keywords:** pollutions, gas station, emissions, the atmosphere, modeling, dispersion, monitoring, sanitary protection zone, device, capture, adsorption.



Кошкарёв Сергей  
Аркадьевич

**Сведения об авторе:** канд. техн. наук, докторант Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета; доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» и «Альтернативная энергетика и промэкология» (2010–по настоящее время); инженер ФГБОУ «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет».

**Образование:** инженер-строитель, Волгоградский государственный инженерно-строительный институт (1977–1983); Санкт-Петербургский технологический институт, аспирантура (1987–1992); Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, докторантура (2012– по настоящее время).

**Область научных интересов:** теоретические и экспериментальные основы аэродинамики частиц пыли в задачах охраны труда и экологической безопасности в строительстве (частицы пыли РМ 2,5 и РМ 10, моделирование стратификации выбросов, процессы в псевдоожиженном слое гранулированных материалов, пылеулавливание).

**Публикации:** 35, в том числе 1 авторское свидетельство СССР, 2 патента РФ и 5 РФ патентов на полезную модель.

**Information about the author:** PhD (engineering), demonstrator of “BZDT” department, associate professor of “Safety in Technosphere” of Volgograd State University of Architecture and Building Construction.

**Education:** a civil engineer; Volgograd State University of Architecture and Building Construction.

**Research area:** designing, development of environmental design documentation (MPE, WGL, etc.).

**Publications:** 35.

## Введение

В настоящее время влияние выбросов автозаправочных станций (далее АЗС) на окружающую среду и особенности их распространения недостаточно полно изучены. Следует отметить, что имеются вполне апробированные методики по расчету количества таких выбросов [1, 2]. Результаты расчета валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от АЗС показывают, что данные значения составляют до 420 т/г для г. Ставрополя и до 800 т/г для Волгограда (слив топлива в резервуары АЗС и заправка а/т) [3].

Известно, что моделирование рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от объектов промышленности и городского хозяйства прово-

дятся с целью определения приземных концентраций на границе жилой застройки и санитарно-защитной зоны в районе расположения по методике ОНД-86 [4]. Расчет рассеивания в атмосфере загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах предприятия, выполняется, например, по программе «УПРЗА Эколог 3.00», разработанной фирмой «Интеграл», «УПРЗА Эко-Центр» и другим программным обеспечением, согласованным и рекомендованным к использованию ГГО им. А.И. Воейкова. Данные программы реализуют методику расчета концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе, содержащихся в выбросах предприятия ОНД-86 [4]. Порядок расчета: классификация источников выбросов загрязняющих веществ; мощность выбросов для ряда геометрических размеров и параметров источников определяет-

ся методическим пособием по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [5]. В данном документе источник выбросов – АЗС – определяется по целому ряду признаков как неорганизованный источник выбросов в атмосферу. При этом методики по расчету выбросов АЗС [1, 2] дают суммарное количество для ингредиентов. Нормативный документ [5] рекомендует принимать высоту неорганизованных источников выбросов в расчетах на рассеивание, например, по программе «УПРЗА Эко-Центр», связанных с работой автотранспорта,  $H = 5$  м. При этом некоторые источники выбросов имеют высоту выделения ниже 5 метров.

В работе [6] были приведены результаты предварительных исследований по моделированию рассеивания паров тяжелых углеводородов в атмосфере, которые показали превышение относительных концентраций в долях предельно допустимой концентрации (ПДК) ряда загрязняющих веществ в контрольных точках на границе СЗЗ и жилой застройки, расположенной в пределах СЗЗ АЗС. Была отмечена целесообразность применения перспективных методов снижения выбросов путем установки устройств улавливания тяжелых углеводородов (паров бензина) для такого АЗС, как одного из наиболее опасных и значительных по количеству загрязнений.

Таким образом, анализ литературных данных демонстрирует наличие по крайней мере двух проблем. Первая проблема связана с методологией расчетов рассеивания ингредиентов, ее известных дефектов, которые проявляются в т.ч. при моделировании стратификации паров тяжелых углеводородов. При этом источники АЗС имеют разную высоту выделения. Вторая проблема – сокращение выбросов АЗС. Результаты расчетов по моделированию рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосфере показывают, что в целом ряде случаев значения расчетных приземных концентраций выше предельно допустимых значений в контрольных точках на границе СЗЗ и особенно жилой застройки, расположенной в пределах СЗЗ АЗС, для ряда газообразных ингредиентов выбросов АЗС.

### Теоретический анализ

Расчеты по моделированию рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосфере проводились на компьютере по программам «УПРЗА Эколог 3.00» и «УПРЗА Эко-Центр». В рамках данной рабо-

ты было выполнено прогнозирование – моделирование рассеивания паров выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от нескольких среднестатистических АЗС г. Ставрополя с целью определить концентрации тяжелых углеводородов на границе жилой застройки и санитарно-защитной зоны по методике ОНД-86 [4]. При этом рассматривался самый неблагоприятный режим при одновременном сливе топлива в 2 наземных резервуара среднестатистической АЗС и заправки а/т из топливораздаточных колонок (ТРК). Расчеты проводились в двух вариантах. В первом варианте высота неорганизованного источника – АЗС – принималась  $H = 5$  м. Во втором высота принималась  $H = 3$  м, т. е. равной фактической (физической) высоте источника.

Результаты расчетов максимально разовых и среднегодовых значений выбросов углеводородов среднестатистических АЗС г. Ставрополя выполнялись по методике [1, 2] и соответствующей программе на компьютере, например серии «Эко-Центр». Максимально разовые и среднегодовые значения выбросов по конкретным ингредиентам также рассчитаны с применением компьютерной программы, с учетом содержания их в бензине (Аи 92–95) по методике [1, 2]. Полученные значения выбросов были использованы как исходные данные к последующему расчетному моделированию по методике [4].

Для описания тепломассовых процессов непрерывной абсорбции в аппаратах различных типов конструкций для получения решений в виде комбинации конечных элементарных функций и интегралов, конечных функций, которые могут быть получены решением дифференциального уравнения. С этой целью можно использовать однопараметрическую диффузионную модель [3, 7]:

$$\frac{\partial c}{\partial x} \left( D \frac{\partial c}{\partial x} \right) - \frac{\partial (wc)}{\partial x} = \frac{\partial c}{\partial \tau}, \quad (1)$$

где  $c$  – относительная концентрация вещества в потоке сорбента в направлении движения  $x$  (жидкости-сорбента, например, в устройстве очистки абсорбционного типа),  $D$  – эффективный коэффициент диффузионного объемного перемешивания жидкости в направлении ее движения  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $w$  – линейная объемная скорость движения жидкости-сорбента,  $\text{м}^3/\text{м}^2\text{с}$ ,  $\tau$  – время.

Граничные условия записываются в общепринятом виде условий Данквертса [3, 7]:

$$\left. wc_0 = wc \right|_{x=0}, \quad \left. -D \frac{dc}{dx} \right|_{x=0}, \quad \left. \frac{dc}{dx} \right|_{x=L} = 0 \quad (2)$$



Решение уравнения (1) с условиями (2) имеет вид:

$$c = (1 - c_0) \left[ \frac{e^{\lambda_1 x}}{1 - \frac{D\lambda_1}{w} e^{L(\lambda_1 - \lambda_2)} \left( e^{L(\lambda_1 - \lambda_2)} + \frac{w}{D\lambda_2} - 1 \right)} - \frac{e^{\lambda_2 x}}{\lambda_2 \left( \frac{e^{L(\lambda_1 - \lambda_2)}}{\lambda_1} - \frac{D}{w} \left( e^{L(\lambda_1 - \lambda_2)x} + \frac{w}{D\lambda_2} - 1 \right) \right)} \right]. \quad (3)$$

Иной, макрокинетический подход к анализу непрерывных процессов межфазного теплообмена заключается в определении плотности распределения  $\rho(\tau)$  жидкости-сорбента по времени его пребывания в аппарате  $\tau$ . При теоретическом анализе использовалась функция влияния (4), которая соответствует диффузионному распространению мгновенно поданного точечного возмущения в безграничной неподвижной среде в направлении  $x$ :

$$\rho(\tau) = \frac{1}{2\sqrt{\pi D \tau}} \left[ e^{-\frac{(D_a - w\tau)^2}{4\tau D}} \right], \quad (4)$$

где  $D$  – эффективный коэффициент диффузионного объемного перемешивания жидкости в направлении ее движения  $x$ , м<sup>2</sup>/с,  $\tau$  – время пребывания жидкости-сорбента в аппарате,  $D_a$  – диаметр аппарата (или характерный, эквивалентный геометрический размер для устройств, поперечное сечение которых отличается от круга).

При этом значение средней конечной безразмерной массовой концентрации паров углеводородов бензина  $(\bar{c}(x)|_{x=L} = \bar{c}_{\text{вых}})$  ( $\bar{c} = (c/c_0)$  – значение концентрации углеводородов бензина на выходе из аппарата в (3), (5) в жидком сорбенте, выгружаемом из аппарата, может определяться по следующей интегральной зависимости:

$$\bar{c} = \frac{1}{2\sqrt{\pi D \tau}} \int_0^\infty \frac{c(\tau)}{\sqrt{\tau}} \left[ e^{-\frac{(D_a - w\tau)^2}{4\tau D}} \right] d\tau. \quad (5)$$

Для реального аппарата конечной длины (характерного размера)  $D_a$  наиболее надежным методом измерения средней конечной массовой концентрации паров бензина  $C_{\text{вых}}$  в жидком сорбенте на выходе из аппарата представляется использование плотности распределения  $\rho$  по времени пребывания жидкого сорбента в ап-

парате  $\tau$  (среднего времени пребывания  $\bar{\tau}$ ), непосредственно получаемого в опытах с трассером:

$$\bar{c} = \int_0^\infty c(\tau) \rho(\tau) d\tau. \quad (6)$$

### Экспериментальные исследования концентрации углеводородов в районе расположения АЗС

Измерения проведены в теплый период года при температуре воздуха 22 °С и наиболее неблагоприятных погодных условиях для рассеивания веществ со скоростью ветра: при скорости ветра  $v \leq 0,5$  м/с штиль, и наибольшей скорости ветра, превышение которой составляет 5%  $U^* = 6$  м/с [4, 5].

Экспериментальные замеры проводились в соответствии с принятыми стандартными методиками.

Для измерения температуры воздуха применялись спиртовые и ртутные термометры, а также термоанемометры ТА-4 ЛИОТ и ТА-8М. Скорость ветра измерялась с помощью крыльчатых (АСО-3) и чашечных (МС-13) анемометров, при малых скоростях – с помощью термоанемометров.

Замеры концентраций загрязняющих веществ производились с помощью газоанализаторов типа УГ-2. При проведении исследований пробы загрязненного воздуха отбирались с помощью стеклянных шприцев, а также с помощью специальных газовых пипеток. Для анализа проб применялись лабораторные газовые хроматографы серии “Цвет-100М” [8]. При этом концентрации углеводородов – ингредиентов паров бензина нефтяного – пересчитывались на основе их содержания по данным литературы [1, 2]

Результаты измерения концентрации углеводородов нефти при скорости ветра  $v = 0,5$  м/с и  $U^* = 6$  м/с, т. е. при наиболее неблагоприятных условиях для рассеивания веществ в районе расположения среднестатистической АЗС г. Ставрополя, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты измерения суммарной концентрации тяжелых углеводородов  
(значения максимальной концентрации паров бензина нефтяного)  
при скорости ветра  $v = 0,5$  м/с и  $U^* = 6$  м/с в районе расположения среднестатистической АЗС, г. Ставрополь

Table 1

The results of the total concentration measuring of heavy hydrocarbons  
(the maximum concentration of gasoline vapor oil)  
when the wind speed  $v = 0,5$  m/s and  $U^* = 6$  m/s in the situation' area of the average statistic gas station, Stavropol

Технологический процесс АЗС	Расстояние от источника выброса, х, м															
	10				30				50				100			
	Концентрация паров бензина нефтяного (углеводородов), мг/м³															
	утро		вечер		утро		вечер		утро		вечер		утро		вечер	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Одновременная заправка 4 автомашин	60–70	50	50–70	40	30–50	20–30	10–40	10–20	30	10	10–20	5–8	10	5	5–10	менее 5
Одновременная заправка 8 автомашин	110–120	90–100	80–100	80	50–60	30	20–40	10–20	40–50	10	5–20	5–8	10	5	5–10	менее 5
Слив топлива в один резервуар	200–280	130–150	150–180	80–110	80–100	70–80	20–60	50–70	70–80	40–50	20–60	30	30–50	20–30	5–30	10–20
Одновременный слив в два резервуара	300–350	170–200	150–230	120–150	140–150	150–200	60–100	100–120	130–150	70–80	50–100	50–60	40–50	20–50	5–40	10–30

На рисунке 1 представлены осредненные результаты по принятым к исследованию АЗС для высоты  $H = 5$  м. На рисунке 2 – для фактической высоты  $H = 3$  м. Графики приведены для некоторых ингре-

диентов выбросов, для которых расхождение измеренных и расчетных значений концентрации было существенным (максимальным).

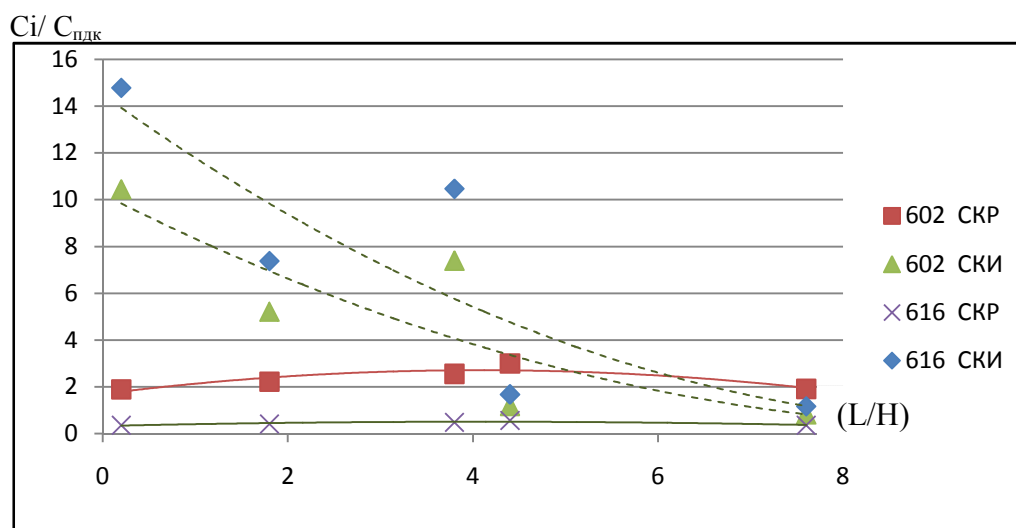
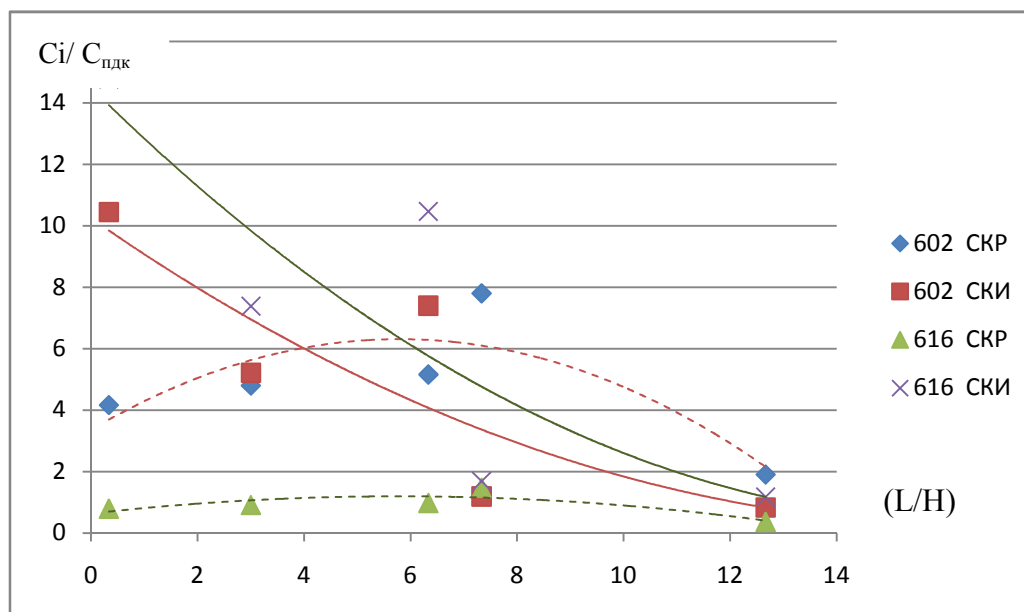


Рис. 1. Значения расчетных и измеренных концентраций  $C/C_{\text{ПДК}}$  бензола (602) и ксилола (С616)  $C_i$  для высоты неорганизованного источника  $H = 5$  м (рекомендованной к расчету для источника – АЗС) в долях от ПДК

Fig. 1. The values of calculated and measured concentrations of  $C_i/C_{\text{MPC}}$  benzene (602) and xylene (616) for the source' height  $H = 5$  m (recommended to the calculation for the source - gas station) as a proportion of MPC



**Рис. 2.** Значения расчетных и измеренных концентраций  $C_i/C_{ПДК}$  бензола (602) и ксилола (С616) для высоты неорганизованного источника  $H = 3$  м (расчетно-фактической высоты источника - АЗС) в долях от ПДК  
**Fig. 2.** The values of the calculated and measured concentrations of  $C_i/C_{MPC}$  benzene (602) and xylene (616) for the modeling calculation of the source' height  $H = 3$  m (the actual physical settlement for the source - gas station) as a proportion of MPC

На графиках, изображенных на рисунках 1 и 2, приведены результаты моделирования рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосфере и осредненные значения измеренных концентраций ингредиентов в районе расположения. На этих графиках приняты следующие условные сокращения: СКР – средние концентрации расчетных ингредиентов (углеводородов), полученные по программе (методика ОНД-86 [4]) и рекомендаций [5]. СКИ – средние измеренные концентрации (по данным измерений).

При этом средние значения измеренных концентраций ингредиентов (СКИ) бензола (602) и ксилола (С616) рассчитывались из суммарных значений концентраций углеводородов на основе данных по содержанию их в бензине (Аи 92–95).

#### Экспериментальные исследования эффективности абсорбционного устройства улавливания углеводородов из выбросов АЗС

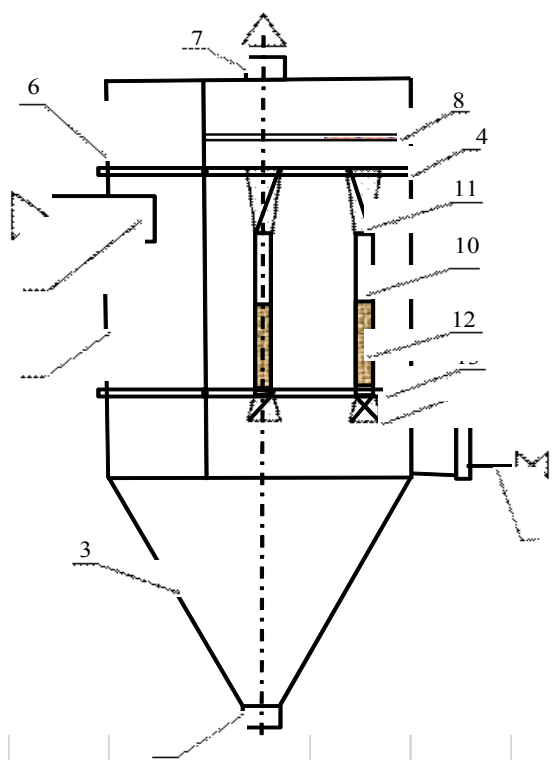
Для снижения выбросов АЗС – улавливания паров бензина – было предложено использовать абсорбционный аппарат. Схема абсорбционного уст-

ройства предложенной конструкции представлена на рис. 3 [9].

Устройство относится к средствам очистки газов в пеноподобном слое, образуемом путем диспергирования жидкости закрученным потоком обрабатываемого газа. Коэффициент межфазного переноса от закрученного газозвдушного потока к жидкому сорбенту в 3–5 раз выше, чем коэффициент межфазного переноса в незакрученном газозвдушном потоке.

Конструктивное исполнение предлагаемого устройства направлено на повышение эффективности его работы за счет интенсификации массообменных процессов между очищаемым газом и сорбентом при формировании и стабилизации пеноподобного слоя, обеспечивающего поглощение вредных примесей из очищаемого газозвдушного потока и предотвращающего смешивание загрязненного и очищенного газозвдушных потоков.

Предлагаемое устройство содержит металлический цилиндрический корпус, состоящий из трех герметично соединенных блоков, разделенных горизонтальными перегородками: технологического, сепарационного и блока-поддона.



**Рис. 3.** Схема устройства абсорбционного типа:

- 1 – патрубок входа; 2 – технологический блок-модуль;
- 3 – блок-поддон с жидким сорбентом; 4 – патрубок слива отработанного сорбента; 5 – регулятор подачи и поддержания уровня жидкости; 6 – сепарационный блок;
- 7 – патрубок выхода очищенного потока газа;
- 8 – пластинчатый сепаратор; 9 – конфузоры;
- 10 – контактные трубчатые камеры; 11 – диффузоры;
- 12 – насыпные насадки (седла Берля, кольца Рашига);
- 13, 14 – горизонтальные перегородки

**Fig. 3.** Plot of the device absorption type:

- 1 – inlet nozzle (entrance); 2 - process flow module; 3 - block pallet with a liquid sorbent; 4 - drainage pipe having used sorbent; 5 - control supply and maintain the liquid level;
- 6 - separation module; 7 - outlet nozzle purified gas stream;
- 8 - plate separator; 9 - confusers; 10 - contact tubular chamber;
- 11 - diffusers; 12 - Bulk packing (Berl saddles, Raschig rings);
- 13, 14 - horizontal partitions

Проведенный теоретический анализ процесса абсорбции паров бензина в предложенном устройстве показал, что получаемое описание процесса достаточно сложно для практического использования и требует экспериментального установления ряда параметров. При этом необходимо определять эффектив-

ный коэффициент диффузионного объемного перемешивания жидкости в направлении ее движения  $D$ , исходя из среднего времени пребывания в аппарате  $\bar{\tau}$ , а также интегральный кинетический параметр абсорбции паров. Для упрощения практического применения и расчета абсорбции паров бензина в устройстве предложенной конструкции были изучены его работа и эффективность улавливания углеводородов с получением регрессии в зависимости от ряда параметров устройства.

Экспериментальные исследования проводились в промышленных условиях на стенде, схема которого показана на рис. 4. Основу установки составил аппарат предложенной конструкции, изготовленный из оргстекла, в полномасштабном (М 1:1) исполнении с сохранением геометрических размеров, соотношений и форм реального (промышленного) устройства. Контактные камеры имеют диаметр 80 мм.

Через патрубок выхода очищенного воздуха в сепарационном блоке экспериментальный образец подключен к вентилятору, работа которого обеспечивает разрежение в аппарате.

В качестве абсорбентов при проведении экспериментальных исследований использовались мазут и керосин.

Для поддержания уровня жидкого сорбента в блоке-поддоне предусмотрен регулятор подачи. Уровень сорбирующей жидкости в блоке-поддоне фиксировался визуально. Высота заполнения контактных камер жидким поглотителем оценивалась по шкале делений, нанесенной на стенки камеры.

Аэродинамическое сопротивление аппарата определялось по разности давлений, измеряемых с помощью электронного микроманометра ЭПМ ЛТА.

Для определения концентрации паров бензина в паровоздушной смеси, подаваемой на очистку и после аппарата, использовался хроматограф «Цвет-500М» [7, 10]

Расход паровоздушной смеси регулировался с помощью шибера.

Температура, барометрическое давление и относительная влажность воздуха замерялись с помощью ртутного термометра расширения с ценой деления 0,1 °С, барометра anerоида и психрометра.

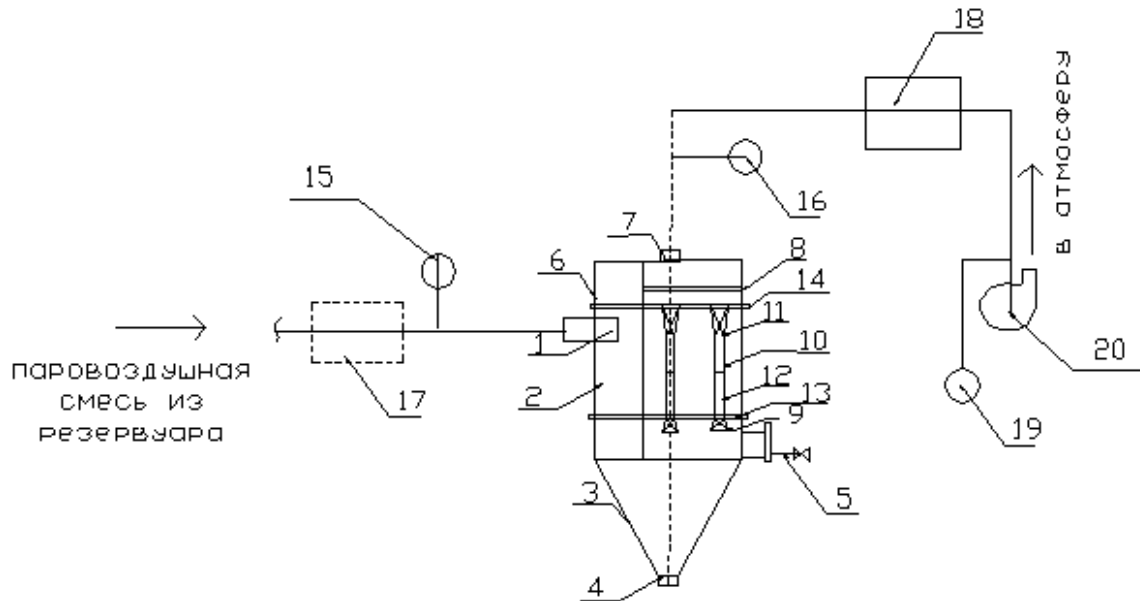


Рис. 4. Схема экспериментальной установки.

1 – патрубок входа; 2 – технологический блок-модуль; 3 – блок-поддон с жидким сорбентом; 4 – патрубок слива отработанного сорбента; 5 – регулятор подачи и поддержания уровня жидкости; 6 – сепарационный блок; 7 – патрубок выхода очищенного потока газа; 8 – пластинчатый сепаратор; 9 – конфузур; 10 – контактные трубчатые камеры; 11 – диффузоры; 12 – насыпные насадки (седла Берля); 13, 14 – горизонтальные перегородки; 15, 16 – измерительный комплекс для определения расхода и давления; 17, 18 – измерительный комплекс для определения концентрации; 19 – дистанционно-управляемый шибер; 20 – вентилятор

Fig. 4. The experimental setup scheme:

1 – inlet nozzle (entrance); 2 – process flow module; 3 – block pallet with a liquid sorbent; 4 – drainage pipe used sorbent; 5 – control supply and maintain the liquid level; 6 – separation unit; 7 – outlet purified gas stream nozzle (exit); 8 – plate separator; 9 – confusers; 10 – contact tubular chamber; 11 – diffusers; 12 – bulk packing (Berl saddles); 13, 14 – horizontal partition; 15, 16 – measurement system for measuring (determining) the flow rate and pressure; 17, 18 – measurement system to measure the concentration; 19 – remote-controlled gate; 20 – fan (ventilator)

При проведении экспериментальных исследований по оценке характеристик предложенного абсорбционного аппарата для улавливания паров бензина был реализован полный факторный эксперимент  $2^n$  ( $n$  – число факторов) [11]. В качестве определяющих факторов были приняты:  $\bar{g}_k$  – скорость очищаемой паровоздушной смеси в контактной камере, отнесенная к 1 м/с;  $\bar{h}_3$  – высота насыпной загрузки в контактной камере, отнесенная к высоте контактной камеры;  $\bar{h}_ж$  – уровень подъема жидкого сорбента в контактной камере, отнесенный к высоте контактной камеры.

Определяющие факторы приведены к виду [11–13]:

$$x_1 = \frac{\bar{g}_k - \bar{g}_{k0}}{\Delta \bar{g}},$$

$$x_2 = \frac{\bar{h}_3 - \bar{h}_{30}}{\Delta \bar{h}_3},$$

$$x_3 = \frac{\bar{h}_ж - \bar{h}_{ж0}}{\Delta \bar{h}_ж}.$$

В качестве функций отклика рассматривались степень улавливания паров бензина и аэродинамическое сопротивление аппарата.

Степень улавливания оценивалась как отношение массы уловленных паров к массе паров, содержащихся в паровоздушной смеси, поступающей на очистку:

$$\eta = \frac{M_1 - M_2}{M_1}, \quad (7)$$

где  $M_1, M_2$  – масса паров бензина до и после аппарата соответственно, г.

В свою очередь

$$M = cL, \quad (8)$$

где  $c$  – концентрация паров, мг/м<sup>3</sup>;  $L$  – расход паровоздушной смеси, м<sup>3</sup>/с.

$$g_k = \frac{L}{3600N \frac{\pi D_k^2}{4}} = \frac{L}{18,086N}, \text{ м/с}, \quad (9)$$

где  $D_k$  – диаметр контактной камеры, м;  $N$  – число контактных камер, шт.



Адекватность полученных регрессионных зависимостей и значимость коэффициентов в них оценивались по критериям Фишера и Стьюдента соответственно посредством сравнения расчетных значений этих величин с табличными [11]. Полученные результаты при статистической обработке показали, что линейная модель с недостаточной степенью точности описывает процесс, и, следовательно, неадекватна. С учетом этого был сделан вывод о необходи-

мости аппроксимации модели полиномом второго порядка. Результаты экспериментальных исследований по оценке характеристик предложенного абсорбционного аппарата в рабочих режимах приведены в таблице 2 (4-й и 5-й столбцы демонстрируют три уровня подъема сорбента в контактной камере, который устанавливался в каждом аэродинамическом режиме и фиксировался визуально).

Результаты экспериментальных исследований

Таблица 2

The results of experimental studies

Table 2

Расход паровоздушной смеси, подаваемой на очистку, $L$ , м <sup>3</sup> /ч	Скорость потока в контактной камере, $q_k$	Высота насыпной загрузки в контактной камере, $\bar{h}_3$	Уровень подъёма сорбента в контактной камере, $\bar{h}_ж$	Степень улавливания паров, $\eta$
1	2	3	4	5
жидкий сорбент – мазут				
145	1	0,5	0	83,0
			0,25	83,5
			0,5	83,5
145	1	0,8	0	90,7
			0,25	91,1
			0,5	91,1
360	2,5	0,5	0	85,4
			0,25	86,0
			0,5	86,4
360	2,5	0,8	0	93,3
			0,25	93,5
			0,5	94,0
580	4	0,5	0	87,1
			0,25	87,3
			0,5	87,9
580	4	0,8	0	95,0
			0,25	95,2
			0,5	95,3
жидкий сорбент – керосин				
145	1	0,2	0	80,7
			0,25	81,0
			0,5	81,1
145	1	0,5	0	82,8
			0,25	83,0
			0,5	83,2
145	1	0,8	0	90,5
			0,25	90,7
360	2,5	0,5	0	85,0
			0,25	85,7
			0,5	86,0
360	2,5	0,8	0	93,1
			0,25	93,3
			0,5	93,7
580	4	0,5	0	86,8
			0,25	87,2
			0,5	87,5
580	4	0,8	0	94,8
			0,25	95,0
			0,5	95,3



## Результаты и обсуждение

1. На основе проведенного анализа выполненных расчетов принятой к исследованию выборке АЗС, расположенной в г. Ставрополе, для высоты источника  $H = 3$  м и  $H = 5$  м можно сделать следующий вывод. Измеренные концентрации ингредиентов бензола (602) и ксилола (С616) в контрольных точках на границе жилой застройки и СЗЗ значительно превосходили расчетные значения в двух принятых вариантах с высотой источника АЗС  $H = 3$  м и  $H = 5$  м. При расположении АЗС в недостаточной степени аэрируемых воздухом жилых кварталах было отмечено большее расхождение в результатах расчетного и натурного мониторинга. Для расчета значений концентраций тяжелых углеводородов в контрольных точках жилой застройки в пределах границы СЗЗ предпочтительнее принимать высоту источника  $H = 3$  м (фактическую). Для определения величин концентраций тяжелых углеводородов в контрольных точках на границе СЗЗ (50 м и более) для получения более точных, совпадающих с данными натурных измерений, предпочтительнее принимать высоту источника  $H = 5$  м.

По результатам математической обработки данных экспериментальных исследований по оценке характеристик предложенного абсорбционного аппарата в рабочих режимах получены уравнения регрессии:

- при использовании мазута в качестве жидкого сорбента

$$\eta = 0,8 + 0,028\bar{v}_k(1 - 0,1\bar{v}_k) + 0,14\bar{h}_z(2,16\bar{h}_z - 1) + 0,148\bar{h}_j(\bar{h}_j - 0,15); \quad (10)$$

- при использовании керосина в качестве жидкого сорбента

$$\eta = 0,798 + 0,028\bar{v}_k(1 - 0,1\bar{v}_k) + 0,14\bar{h}_z(2,16\bar{h}_z - 1) + 0,148\bar{h}_j(\bar{h}_j - 0,15). \quad (11)$$

2. При средней эффективности улавливания в 90 % достигается соответствующее значение снижения выбросов. При этом концентрации ингредиентов, в т. ч. бензола (602) и ксилола (С616), в контрольных точках на границе жилой застройки и СЗЗ при расчетном и натурном мониторинге также соответственно уменьшались. Данная опытно-промышленная установка прошла успешное испытание на одной из АЗС Ставрополя.

## Заключение

1. Наличие жилой застройки в пределах границы СЗЗ, превышение в контрольных точках на границе застройки значений  $C_{\text{пдк}}$  для концентраций тяжелых

углеводородов предполагает проведение на АЗС комплекса природоохранных мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Технологические мероприятия, например, исключение одновременного слива топлива из двух автоцистерн-заправщиков, не обеспечивают снижения концентраций углеводородов бензина на границе СЗЗ (см. рис.1 и 2). При этом для АЗС, в пределах границы СЗЗ которых расположена жилая застройка, целесообразно устанавливать системы улавливания паров углеводородов, в частности с использованием предложенного устройства. При этом существенно снижаются выбросы загрязняющих веществ АЗС в атмосферу в среднем на 90 %.

2. Вместе с тем при разработке методической литературы и программ расчета («Эколог», «Эко-Центр» и т.п.) следовало бы вводить коэффициент, интегрально учитывающий влияние плотности стратифицирующихся веществ, таких как тяжелые углеводороды выбросов АЗС. Кроме того, целесообразно реализовать возможность аппроксимации неорганизованных источников выбросов более сложными геометрическими примитивами, более точно повторяющими, например, границы территории АЗС. Это особенно актуально для случая нахождения жилой застройки в пределах границы СЗЗ АЗС и тому подобных объектов.

## Список литературы

1. Методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров. СПб: Интеграл, 1997.
2. Методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров. Дополнение. НИИ «Атмосфера», СПб: «Интеграл», 2002.
3. Соколова Е.В. Повышение экологической безопасности городских автозаправочных станций: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.19. Волгоград, 2013.
4. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Л.: ГГО им. Воейкова, Гидрометеиздат, 1987.
5. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. СПб.: НИИ «Атмосфера». 2012. Строительная климатология. СНиП 23-01-99 г. М.: 2000.
6. Кошкарев С.А., Соколова Е.В. Анализ эффективности методов снижения выбросов паров тяжелых углеводородов АЗС с использованием результатов моделирования их рассеивания в атмосфере // Международный научный журнал «Альтернативная

энергетика и экология» (ISJAEE). 2013. № 11(133). С. 52–55.

7. Кошкарев С.А. Непрерывная сушка дисперсных материалов в аппаратах лотковой и цилиндрической формы: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08. СПб., 1992. 20 с.

8. Мишина Л.А. Методы химического, физико-механического и метрологического контроля. Л.: Недра, 1998. 192 с.

9. Патент №139122 Россия МКИ В 01 Д 47/02. Устройство для очистки газов / Кошкарев С.А., Азаров В. Н. и др. // Заявка № 2013138200/05; Заявлено 15.08.2013. Оpubл. бюллетень № 10, 10.04.2014.

10. Другов Ю.С. Березин В.Г. Газохроматографический анализ загрязненного воздуха. М.: Химия, 1981. 265 с.

11. Ермаков С.М. Математическая теория оптимального эксперимента. М.: Наука, 2007. 320 с.

12. Батрак А.П. Планирование и организация эксперимента. Красноярск: ИПЦ СФУ, 2007. 60 с.

13. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы планирования эксперимента. М.: Мир, 1981. 520 с.

## References

1. Metodické ukazaniá po opredeleniú vybrosov zagrâznâúših vešestv v atmosferu iz rezervuarov [Methodological guidelines for calculation emissions of pollutants into the atmosphere from tanks]. St. Petersburg: Integral Publ., 1997.

2. Metodické ukazaniá po opredeleniju vybrosov zagrâznâjushhiv veshhestv v atmosferu iz rezervuarov [Methodological guidelines for calculation emissions of pollutants into the atmosphere from tanks]. Addition. NII «Atmosfera» Publ., St. Petersburg: «Integral» Publ., 2002.

3. Sokolova E.V. Povyšenie èkologičeskoj bezopasnosti gorodskih avtozapravočnyh stancij [Increasing greening safety the city's gas stations]: PhD thesis abstract (techniques): 05.23.19: Volgograd, 2013.

4. OND-86. Metodika račeta koncentracij v atmosfernom vozduhe vrednyh vešestv, soderžaših v vybro-sah predpriátij [Method of calculating the concentration in the air of harmful substances in industrial emissions]. Leningrad: GGO im. Voejkova, Gidrometeoizdat, 1987.

5. Metodické posobie po račetu, normirovaniú i kontrolú vybrosov zagrâznâúših vešestv v atmosfernyj vozduh [Guidelines on the calculation, regulation and control of emissions of pollutants into the air]. St. Petersburg: NII «Atmosfera» Publ., 2012. Stroitel'naja klimatologija. SNiP 23-01-99. Moscow: 2000.

6. Koshkarev S.A., Sokolova E.V. Analiz èffektivnosti metodov sniženiá vybrosov parov táželyh uglevodorodov AZS s ispol'zovaniem rezul'tatov modelirovaniá ih rasseivaniá v atmosfere [Analysis of the effectiveness of methods to reduce vapor emissions of heavy hydrocarbon gas stations using results of atmospheric stratification dispersion modeling]. *International Scientific Journal "Alternative Energy and Ecology" (ISJAEE)*, 2013, no. 11(133), pp. 52–55.

7. Koshkarev S.A. Nepreryvnaá suška dispersnyh materialov v apparatah lotkovej i cilindričeskoj formy [Continuous drying of dispersed materials in the device tray and cylindrical shape]: PhD thesis abstract (techniques): 05.17.08. SPb., 1992. 20 p.

8. Mishina L.A. Metody himičeskogo, fiziko-mehaničeskogo i metrologičeskogo kontrolá [Methods of chemical, physical, mechanical and metrological control]. L.: Nedra Publ., 1998. 192 p.

9. Koshkarev S.A., Azarov V.N., et al. Ustrojstvo dlá očistki gazov. Patent №139122 RF, MКИ V 01 D 47/02. Zajavka № 2013138200/05. Opubl. bjulleten' № 10 10.04.2014.

10. Drugov Ju.S. Berезин V.G. Gazohromatografičeskij analiz zagrâznennogo vozduha [Gas chromatographic analysis of air pollution]. Moscow: Himija Publ., 1981. 265 p.

11. Ermakov S.M. Matematičeskaâ teoriá optimal'nogo èksperimenta [Mathematical theory of optimal experiment]. Moscow: Nauka Publ., 2007. 320 p.

12. Batrak A.P. Планирование и организация эксперимента [Planning and organization of the experiment]. Krasnoyarsk: IPC SFU Publ., 2007. 60 p.

13. Dzhonson N. [Johnson N.]. Statistika i planirovanie èksperimenta v tehnikе i nauke. Metody planirovaniá èksperimenta [Statistics and experimental design in engineering and science. Methods of planning design' experiments]. Moscow: Mir Publ., 1981. 520 p.

Транслитерация по ISO 9:1995



## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

***В.В. Родченко, А.Г. Галеев, П.В. Пичужкин, А.В. Палешкин, Е.В. Гусев***

ФГБОУ ВПО Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)  
Россия 125993, Москва, ГСП-3, А-80, Волоколамское ш., д. 4  
тел.: (8-499) 158-91-36; e-mail: mai@mai.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.07.008

Заключение совета рецензентов: 07.04.15 Заключение совета экспертов: 15.04.15 Принято к публикации: 24.04.15

В статье рассмотрены основные экологические проблемы эксплуатации ракетно-космических систем в процессе проведения наземных и летных испытаний, выявлены основные воздействующие факторы, влияющие на окружающую природную среду в зоне расположения испытательных и стартовых комплексов. Предложены способы улучшения экологической обстановки при эксплуатации ракет-носителей и пути снижения вероятности аварийного исхода испытаний с нештатными ситуациями, а также рассмотрена оценка рассеивания опасных фрагментов, веществ, например предельно-допустимых концентраций токсичных выбросов в зонах падения отработавших ступеней ракет-носителей, что должно привести к уменьшению механического и химического загрязнения окружающей среды при эксплуатации ракетно-космической системы.

Ключевые слова: ракетно-космическая система, ракета-носитель, разгонные блоки, испытательный и стартовый комплексы, окружающая природная среда.

## ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF ROCKET AND SPACE SYSTEMS OPERATION

***Vladimir Rodchenko, Aivengo Galeev, Pavel Pichuzhkin, Andrey Paleshkin, Evgeniy Gusev***

Moscow Aviation Institute (National Research University)  
4 Volokolamskoe Drive, GSP-3, A-80, Moscow, 125993 Russian Federation  
ph.: (8-499) 195-91-36; e-mail: mai@mai.ru

Referred 07 April 2015 Received in revised form 15 April 2015 Accepted 24 April 2015

The article describes the major environmental problems of rocket-space systems exploitation in the course of ground and flight testing, identifies the main influencing factors that affect the environment in the area of testing and launch facilities. Moreover the article suggests the ways of improving the ecological situation in the launch vehicles operation and ways to reduce the likelihood of accidental outcome of tests emergency situations; as well as evaluation of the dispersion of considered dangerous fragments, substances such as maximum permissible concentration of toxic emissions in the areas of exhaust stages falling of launch vehicles, which should lead to a reduction in mechanical and chemical pollution of the environment in the space-rocket systems operation.

Keywords: rocket-space system, test and launch complexes, launch vehicle, environment.



Родченко Владимир  
Викторович  
Vladimir Rodchenko

**Сведения об авторе:** д-р техн. наук, профессор, почетный работник Высшей школы, действительный член Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, заместитель заведующего кафедрой «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем» Московского авиационного института (национального исследовательского университета); научно-педагогический стаж более 40 лет.

Был руководителем и участвовал в выполнении ряда хозяйственных работ по заказам промышленности, в том числе по программам: «Энергия-Буря», «Магистраль», «Синева» и др.

**Образование:** Московский авиационный институт.

**Область научных интересов:** теория и практика создания реактивных устройств, способных двигаться в грунтах с высокими скоростями; отработка сложных технических систем.

**Публикации:** более 180, в том числе 7 монографий, 9 учебных пособий, 4 авторских свидетельства и патента на изобретения.

**About the author:** DSc (engineering), Professor, Honorary Worker of Higher School, member of the K.E. Tsiolkovsky Russian Academy of Cosmonautics, the Deputy Head of the department "Management of operation of rocket and space systems" of Moscow Aviation Institute (National Research University); scientific and pedagogical experience more than 40 years. He was a leader and participated in the implementation of a number of contractual works on the orders of the industry, including the following programs: "Energia-Buran", "Highway", "The blue", etc.

**Education:** Moscow Aviation Institute.

**Research area:** Theory and practice of jet devices that can move in the ground at high speeds; testing of complex technical systems.

**Publications:** more than 180, including 7 monographs, 9 textbooks, 4 patents for inventions.



Галеев Айвенго  
Гадыевич  
Aivengo Galeev

**Сведения об авторе:** д-р техн. наук, профессор, лауреат премии Совета Министров СССР в области науки и техники, действительный член Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, главный научный сотрудник ФКП «НИИ РКП», профессор кафедры «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем» Московского авиационного института (национального исследовательского университета); научно-педагогический стаж 40 лет.

Участвовал в отработке ряда систем по ракетно-космическим программам «Космос-1», «Космос-3», «Н1Л3», «Энергия-Буря», «GSLV», «Ангара» и др.

**Образование:** Казанский авиационный институт.

**Область научных интересов:** теория и практика наземных испытаний ракетных двигателей и двигательных установок, гидро- и газодинамика процессов в энергоустановках, исследования в области водородной технологии.

**Публикации:** более 180, в том числе 6 монографий, 6 учебных пособий, 44 авторских свидетельства и патента на изобретения.

**About the author:** DSc (engineering), Professor, Laureate of USSR Council of Ministers in the field of science and technology, member of the K.E. Tsiolkovsky Russian Academy of Cosmonautics, Chief Researcher of the PCF "SIC RSI", professor of "Management of operation of rocket and space systems" of Moscow Aviation Institute (National Research University); scientific and pedagogical experience of 40 years. He participated in working out a number of systems for missile and space programs "Space-1", "Space-3", "N1L3", "Energia-Buran", "GSLV", "Angara" and others.

**Education:** Kazan Aviation Institute.

**Research area:** theory and practice ground tests of rocket engines and moving-enforcement units, hydro and gas dynamics processes in power plants, research in the field of water-native technology.

**Publications:** more than 180, including 6 monographs, Nephi, 6 textbooks, 44 patents for inventions.



Пичужкин Павел  
Викторович  
Pavel Pichuzhkin

**Сведения об авторе:** старший преподаватель кафедры «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем» Московского авиационного института (национального исследовательского университета); научно-педагогический стаж 9 лет.

**Образование:** Московский авиационный институт.

**Область научных интересов:** экспериментальная отработка сложных технических систем, управление эксплуатацией ракетно-космической техники, экология космических средств.

**Публикации:** 20.

**About the author:** Senior Lecturer in "Management of operation of rocket and space systems" Moscow Aviation Institute (National Research University); scientific and pedagogical experience of 9 years.

**Education:** Moscow Aviation Institute.

**Research area:** experimental development of complex technical systems, control the operation of rocket and space technology, the environment of space vehicles.

**Published:** 20.







Палешкин Андрей  
Вячеславович  
Andrey Paleshkin

**Сведения об авторе:** канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем» Московского авиационного института (национального исследовательского университета); научно-педагогический стаж 9 лет.

**Образование:** Московский авиационный институт.

**Область научных интересов:** экспериментальная отработка сложных технических систем, управление эксплуатацией ракетно-космической техники, надежность и техническая диагностика сложных технических систем.

**Публикации:** 40.

**About the author:** PhD, Senior Lecturer in "Management of operation of rocket and space systems" of Moscow Aviation Institute (National Research University); scientific and pedagogical experience of 9 years.

**Education:** Moscow Aviation Institute.

**Research area:** experimental development of complex technical systems, control the operation of rocket and space technology, reliability and technical diagnostics of complex technical systems.

**Published:** 40.



Гусев Евгений  
Владимирович  
Evgeniy Gusev

**Сведения об авторе:** старший преподаватель кафедры «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем» Московского авиационного института (национального исследовательского университета); научно-педагогический стаж 9 лет.

**Образование:** Московский авиационный институт.

**Область научных интересов:** экспериментальная отработка сложных технических систем, управление эксплуатацией ракетно-космической техники, надежность и техническая диагностика сложных технических систем

**Публикации:** 40.

**About the author:** Senior Lecturer in "Management of operation of rocket and space systems" of Moscow Aviation Institute (National Research University); scientific and pedagogical experience of 9 years.

**Education:** Moscow Aviation Institute.

**Research area:** experimental development of complex technical systems, control the operation of rocket and space technology, reliability and technical diagnostics of complex technical systems.

**Published:** 40.

## Введение

Современные и перспективные ракетно-космические системы, обладая значительной массой, высокой энергетикой и имея в большинстве случаев значительные запасы токсичных компонентов ракетного топлива (КРТ), относящихся к первому и второму классам опасности, таких как несимметричный диметилгидразин (НДМГ), гидразин, азотный тетраоксид (АТ) и др., могут интенсивно загрязнять приземную атмосферу, создавать реальную угрозу для населения и окружающей природной среды (ОПС), особенно в районах запуска на космодромах, района падения ступеней ракет-носителей (РН) по трассе полета, а также при авариях на ИК и СК, ликвидации и утилизации ракет.

Элементы, отделяющиеся от ракет-носителей, различаются по массе, конфигурации и кинематическим параметрам в момент отделения – удаленности от точки старта, высоте, углу наклона траектории к земной поверхности.

Поскольку условия полета РКС при каждом пуске могут быть разными: меняется тип траектории выведения, масса и параметры движения ступеней в момент отделения (в первую очередь из-за выработки различного количества топлива в зависимости от

задания и условий полета на активном участке), условия полета и характер движения после отделения (состояние атмосферы: плотность, ветер и др.), – все это в совокупности может приводить к значительному рассеиванию отделяющихся частей и их фрагментов (в случае разрушения, особенно при возникновении аварийной ситуации).

В районе космодромов на расстояниях от точки старта до 800 км при двухступенчатом выведении и до 2 500 км при трехступенчатом выведении образуются «пятна» площадью 1500–5000 км<sup>2</sup>, усеянные точками падения.

В настоящее время эта проблема приобретает особую остроту там, где траектории полета РН проходят над территориями континентальной суши, так как в этих случаях зоны падения должны отчуждаться от хозяйственной и другой деятельности населения. Это наносит существенный ущерб природному ландшафту, фауне и флоре.

Под **экологичностью** РКС понимается их свойство сохранять качество окружающей природной среды (ОПС) в установленных пределах в процессе их наземной и летной эксплуатации, а также по окончании эксплуатации.

Объектами окружающей природной среды, на которые оказывают неблагоприятное воздействие РКС, являются: атмосфера, литосфера, гидросфера, окру-



жающее космическое пространство и физические поля Земли.

Атмосферой называется газовая оболочка Земли, которая вращается вместе с нею как единое целое. По составу воздуха атмосфера состоит из гомосферы (высота до 90–100 км) и гетеросферы (высота свыше 100 км).

В гомосфере в результате перемешивания относительный состав воздуха по объему постоянен, а именно: азот – 78,08 %; кислород – 20,95 %; другие инертные газы – 0,94 %; и случайные примеси. В гетеросфере над перемешиванием преобладают процессы диффузии газов, и увеличивается процентное содержание легких газов.

В пределах гомосферы находится озоносфера – слой атмосферы с повышенным содержанием озона, простирающийся от 10 км до 70–100 км над Землей. Концентрация молекул озона в озоносфере примерно в 10 раз выше его концентрации у поверхности Земли. Максимальная концентрация приходится на высоту 20–25 км. Существующей озоносферы достаточно для поглощения жесткого ультрафиолетового излучения Солнца, она таким образом обеспечивает защиту клеток живых организмов на Земле.

В верхней части гомосферы и нижней части гетеросферы (на высоте 60–1 000 км) располагается ионосфера, для которой характерно повышенное содержание свободных электронов и ионов с максимумом на высоте 300 км.

Литосфера или земная кора, простирающаяся на глубину 30–75 км под континентами и на 5–10 км под океанами, представляет твердую оболочку Земли.

Воды Мирового океана совместно с водами суши, которые находятся в реках, озерах, болотах, образуют ледники, снежный покров, морские льды, пропитывают до известной глубины почвы и горные породы, – формируют водную оболочку или гидросферу.

К физическим полям Земли, на которые может оказывать неблагоприятное воздействие функционирование РКС, относятся магнитное и электрическое.

На рис. 1 приведены основные виды воздействий (загрязнений) от применения РКС в процессе наземной и летной эксплуатации. При этом они сгруппированы по объектам ОПС, на которые оказывается влияние.

В результате применения РКС источниками воздействий на объекты ОПС являются:

- продукты сгорания КРТ;
- продукты окисления и разложения КРТ;
- агрегаты и системы РКС (двигательная установка РН, РБ и КА, наземные и бортовые радиотехнические комплексы);
- отделяющиеся части (ОЧ) ракет-носителей; КА, завершившие активное существование.

Рассмотрим основные виды воздействий (загрязнений) ОПС со стороны РКС на различных этапах эксплуатации.



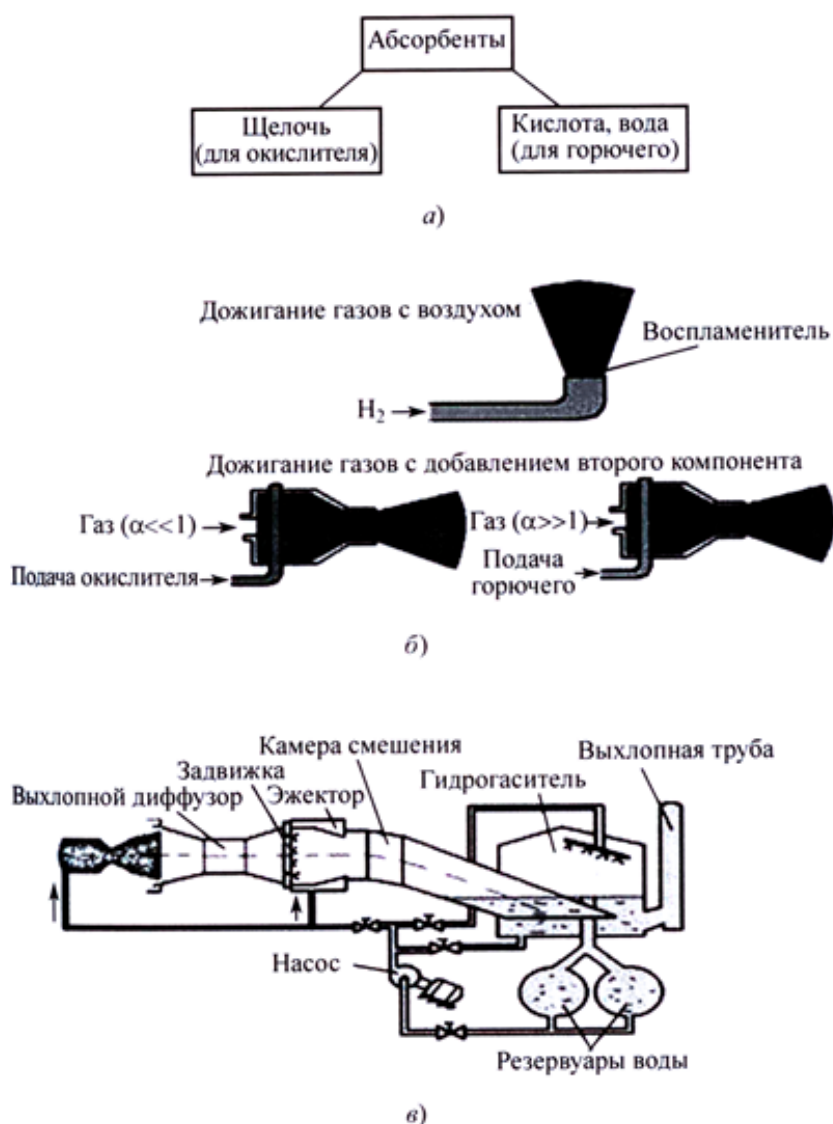
Рис. 1. Основные виды воздействий (загрязнений) от применения РКС  
Fig. 1. The main types of impacts (pollution) from the RSC application

## Подготовка к пуску и пуск РКС

**Химическое загрязнение** почвы имеет место при авариях в процессе хранения и транспортирования КРТ, проливах КРТ при заправке РКС. Химическое загрязнение приземного атмосферного воздуха токсичными продуктами происходит в результате выбросов газообразных фаз КРТ при заправке РН, продуктов их сгорания при работе двигательной установки (ДУ) первых степеней, рабочих тел систем терморегулирования и пожаротушения СК [1].

В процессе заправки КРТ РН «Космос-3М» и «Циклон» имеет место выпуск паров через дренажно-предохранительные клапаны (ДПК) или дренажные отверстия в атмосферу. В штатном режиме подготовки к пуску через дренажные коммуникации выбрасывается до 25 кг НДМГ и до 50 кг АТ и до 50 кг АК-27И.

Для того чтобы исключить попадание паров КРТ в атмосферу при заправке РН «Протон-К» и «Рокот», в системы заправки СК введены системы дожигания и нейтрализации паров КРТ, апробированные на испытательных комплексах и представленные на рис. 2 [2].



**Рис. 2.** Системы нейтрализации и дожигания проливов и выбросов КРТ: а – с использованием абсорбционного метода; б – с использованием термического метода; в – с отводом продуктов сгорания в процессе запуска и огневого испытания на стенде ИК

**Fig. 2.** Neutralization systems and post combustion spills and releases of CRF:

A – using the absorption method; b – heat method; c – in with the tap of products of combustion during start-up and test firing at the booth IR

Облака продуктов сгорания КРТ – дренажные выбросы – могут подниматься на высоту до нескольких километров и распространяться на значительные расстояния по направлению ветра. Следы токсичных веществ с концентрацией, превышающей предельно допустимое значение, могут фиксироваться на расстоянии нескольких десятков километров от места старта [1].

На рис. 3 схематично представлена картина образования стартовых клубов продуктов сгорания в процессе запуска РН на СК с истечением газов из ракетных двигателей через три газохода газоотражательного устройства СК (при нахождении РН на СК до команды КП – контакт подъема, – соответствующей набору 90 % тяги двигателями 1-й ступени РН).

Рассмотрим влияние химического загрязнения от различных КРТ на объекты ОПС.

Эффекты загрязнения почвы углеводородным горючим типа керосин заключаются в изменении раз-

мера популяции и биомассы почвенной микрофлоры. Керосин способен длительное время сохраняться в почве, являясь источником последующего загрязнения подземных водоносных слоев и открытых водоемов, а также вторичного загрязнения атмосферы. Углеводородное топливо очень долго сохраняется в почве и воде, практически не разрушается биохимическим путем и, несмотря на малую токсичность, неблагоприятно влияет на санитарное состояние объектов природы. Загрязнение рек и озер керосином крайне пагубно отражается на рыбном хозяйстве.

Ввиду применения на РН «Протон» двигателей, выполненных по схеме с дожиганием генераторного окислительного газа, его запуск производится с опережением подачи окислителя, что вызывает при старте РН с СК выбросы паров азотной кислоты (АК) и азотного тetroксида (АТ), которые частично дожигаются в истекающей струе ракетных двигателей с избыточным содержанием горючего [2, 3].

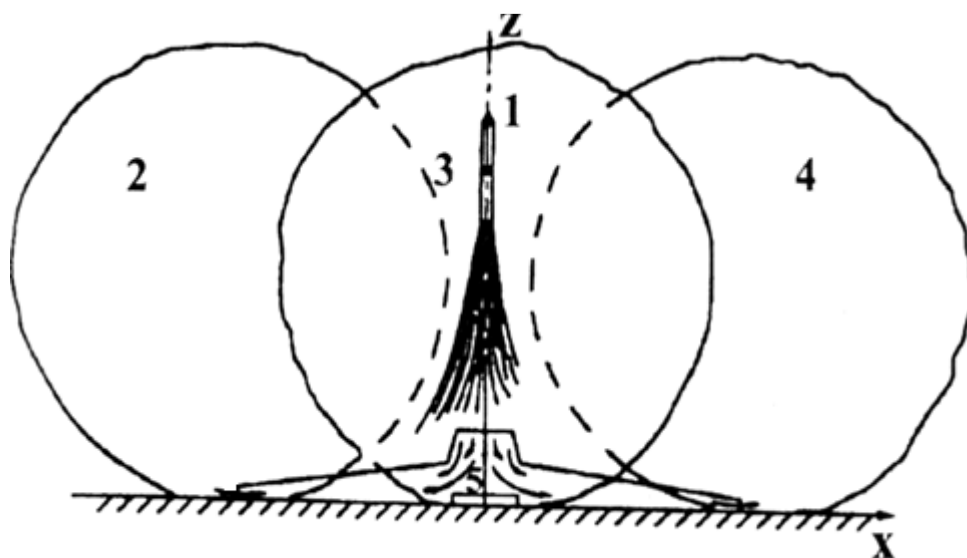


Рис. 3. Схема формирования клубов продуктов сгорания КРТ при старте РН:

1 – ракета-носитель; 2, 3, 4 – стартовые клубы факела; 5 – газоотражатель с тремя газоходами  
Fig. 3. Diagram of formation of the combustion product clouds of rocket propellant components (RPC):  
1 – launch vehicle; 2, 3, 4 – starting clouds of torch; 5 – duct deflector with three flues

Проливы и выбросы АК и АТ приводят к поражению растительности, отрицательно влияют на микрофлору почвы. Насыщенная АК и АТ почва и вода являются источником повышенного содержания солей азотной кислоты (нитратов в сельскохозяйственной продукции). В больших количествах нитраты могут оказывать различные нарушения функционального состояния организма человека и животных вплоть до тяжелых отравлений.

Функционирование двигателей в ДУ ступеней РКС на маршевом режиме происходит с некоторым избытком горючего, соответствующим получению максимального удельного импульса тяги используемых ракетных двигателей, и сопровождается боль-

шим тепловыделением и догоранием продуктов сгорания с кислородом воздуха, что приводит к **тепловому загрязнению** атмосферы [1, 2]. Расчеты показывают, что при пуске РН типа «Космос-3М» в течение 300–350 с выделяется энергия, равная  $4,2 \cdot 10^9$  Дж. Такого количества тепла достаточно, чтобы нагреть на 10 °С воздух в полусфере радиусом 250 м с центром в месте старта.

В продуктах сгорания КРТ типа керосин/жидкий кислород содержится углекислый газ, препятствующий рассеиванию в космическом пространстве собственного излучения земли, т.е. способствующий созданию парникового эффекта. Расчеты показыва-

ют, что при пуске РН типа «Союз-У» в атмосферу выбрасывается ~ 190 тонн углекислого газа.

Работа ДУ РН сопровождается также **акустическим воздействием**. Уровень шума при пуске РКС достигает 160–180 дБ, что по воздействию сравнимо с шумовым оружием. При таких уровнях акустического воздействия в районе старта могут гибнуть птицы и животные.

Таким образом, за счет внедрения на СК РН «Протон» систем нейтрализации и дожигания дренажных выбросов с применением абсорбционных и термических методов (см. рис. 2а и 2б) практически исключено вредное экологическое влияние на ОПС в районе космодрома.

### Полет РКС

После старта траектория РКС проходит в плотных слоях атмосферы. Работа ДУ приводит к её **химическому загрязнению**, причем степень загрязнения зависит от массы РКС, состава КРТ, количества пусков, способа выведения КА на опорную орбиту и т.д. При этом необходимо также учитывать физико-химические процессы, протекающие в атмосфере. Установлено, что полет ракет тяжелого класса на высоте выше 20 км в стратосфере и даже выше 60 км в мезосфере может привести к тяжелым последствиям, вызванным выбросами паров воды и окиси азота. Чувствительность атмосферы возрастает с уменьшением ее давления.

Отрицательное воздействие пусков РКС на атмосферу может проявляться также в разрушении озоносферы (озонового слоя). Малое содержание озона и его химическая активность делают озоновый слой областью атмосферы, наиболее подверженной воздействию антропогенных факторов. Одним из аспектов антропогенного воздействия на озоновый слой является эксплуатация РКС. Повышенный интерес именно к этому фактору объясняется тем, что значительная часть озonoактивных веществ, образующихся в результате работы ДУ, выбрасывается непосредственно в озоновом слое.

Характер разрушения озонового слоя при работе жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) и ракетного двигателя твердого топлива (РДТТ) различен. Разрушение озонового слоя в процессе работы ЖРД происходит в основном за счет каталитических реакций разложения озона под действием окислов азота, содержащихся в следе движения РКС. Окислы азота образуются как в результате сгорания КРТ, так и при воздействии высокотемпературного факела ЖРД на атмосферный воздух, причем для ЖРД на высококипящих компонентах основной является первая схема образования окислов азота, а для ЖРД на низкокипящих – вторая.

При пуске РКС с РДТТ в атмосферу наряду с окислами азота выбрасываются озоноразрушающие частицы окиси алюминия и соединения хлора (в основном хлороводород). Частицы окиси алюминия

инициируют так называемый аэрозольный цикл разрушения атмосферного озона (процесс гибели молекул озона на поверхности аэрозольных частиц). Хлороводород, который сам непосредственно не взаимодействует с озоном, находится в атмосфере длительное время (месяцы и годы), постепенно разлагаясь под действием ультрафиолетового (УФ) излучения Солнца и образуя каталитически активные для озона формы (хлор и окись хлора). Таким образом, разрушение озонового слоя имеет место как непосредственно во время пуска РКС (образование озоновой дыры), так и спустя продолжительное время после него.

Сравнительный анализ воздействия РН «Космос-3М», «Союз» и «Зенит» с ЖРД и РН с РДТТ, применяемых в качестве ускорителей на РН «Титан-34» и МКТС «Спейс-Шаттл», показал, что РН с ЖРД в 4–5 раз меньше уничтожают озон на единицу массы полезного груза [1].

При достижении РКС достаточно большой высоты (300–400 км) в результате взаимодействия продуктов сгорания ДУ с ионосферной плазмой в ионосфере образуются зоны с пониженным содержанием электронов, так называемые ионосферные дыры.

Так, при пусках мощных РН «Сатурн-5» и «Центавр» площади ионосферных дыр со снижением в два раза концентрации электронов достигали 1–3 млн км<sup>2</sup> при нескольких часах существования. Отечественные мощные РН «Энергия» и «Протон» имеют активные участки полета до 200 км, поэтому при их запусках образование ионосферных дыр менее вероятно.

Пространственно-временные характеристики ионосферной дыры и степень истощения ионосферы в ней зависят от вида топлива, траектории полета ракеты, геофизических условий во время пуска.

Ионосферные дыры проявляются в виде различных оптических эффектов (свечение атмосферы). Так как ионосфера обладает способностью многократного отражения радиоволн, что используется в обеспечении дальней связи на Земле, то ионосферные дыры могут ухудшать качество радиосвязи. Кроме того, ионосферные дыры приводят к увеличению радиационных потоков в районе старта РКС [1].

Работа ДУ разгонных блоков (РБ) может привести к образованию не только ионосферных дыр, но и так называемых триггерных эффектов в магнитосфере, т. е. к нарушению динамического равновесия волн и частиц этой неустойчивой среды.

Следует отметить, что влияние пусков РН и полетов РБ на ионосферу остаются еще до конца не изученными.

В процессе полета РКС ее ступени, части ступеней (блоки, подвесные баки), некоторые конструктивные элементы, например, хвостовой отсек и головной обтекатель, после выполнения своих функций отделяются и падают на поверхность Земли в определенные районы. Эти районы, называемые районами падения (РП), располагаются вдоль трассы



полета. Расстояние районов падения отделяющихся частей от места пуска зависит от соотношения масс ступеней, тяги и времени работы ДУ, характера траектории полета и ряда других факторов [1].

Некоторые РП исключены из хозяйственной деятельности (примерно 4 млн га), а в остальных районах (общей площадью около 29 млн га, из них на территории морей ~ 9 млн га) сельскохозяйственные, геологические, нефтедобывающие и лесозаготовительные работы, а также судоходство и рыбный промысел прекращаются только на время пусков РКС.

В районах падения отделяемых частей (ОЧ) РКС, запускаемых с отечественных космодромов, накоп-

лено 85–100 тыс. т. металлических фрагментов, что создает **механическое загрязнение** поверхности Земли, а также акваторий морей, озер и рек. На месте падения ОЧ возникает **эрозия почвы**, что проявляется в образовании воронок в результате взрыва остатков КРТ в баках ОЧ. Продукты сгорания при взрыве выбрасываются в атмосферу и могут вызывать её химическое и тепловое загрязнение. Непрореагировавшие остатки КРТ вносят основной вклад в химическое загрязнение почвы. Масса остатков КРТ в баках отработавших ступеней зависит от типа РКС и для отечественных РН составляет сотни килограммов (табл. 1).

Масса остатков КРТ в баках отработавших ступеней РН

Таблица 1

Table 1

Weight of CRF residues in the exhaust stages LV tanks

Наименование РН	КРТ	Количество остатков в баке при выключении двигателя	
		1 ступень	2 ступень
Космос-ЗМ	АК-27И НДМГ	1 364 667	
Циклон-3	АТ НДМГ	1 392 616	318 215
Циклон-2	АТ НДМГ	1 600 776	
Протон-К	АТ НДМГ	3 888 3 125	1599 1003
Протон-М	АТ НДМГ	361 151	747 517
Союз Молния	Керосин Т-1	1 200	450
	Кислород	2 300	1 100
	Перекись	300	300
	Водорода	500	260
Зенит	Керосин РГ-1	1000	
	Кислород	2300	

Следует отметить, что при эксплуатации РН «Протон-К» из-за значительного количества остатков компонентов в баках ракеты в зонах падения отработавших ступеней за счет выбросов НДМГ и АТ их влияние на ОПС было значительным.

С внедрением РН «Протон-М» в эксплуатацию количество остатков КРТ в баках ракеты на 1-й и 2-й ступенях к моменту окончания функционирования ДУ значительно уменьшилось (см. табл. 1) за счет изменения циклограммы работы и конструкции систем питания двигателя (внедрение мероприятий по повышению антикавитационных свойств насосов) при штатной эксплуатации. При падении ступеней часть компонентов дожигалась с воздухом окружающей среды, и в зоне падения практически отсутствовали выбросы компонентов, что исключало отрицательное влияние эксплуатации РКС «Протон-М» на ОПС.

Общее количество компонентов ракетного топлива, попавшего в грунт, оценить сложно, так как их основная часть уничтожается в результате взрыва

при контакте ОЧ с поверхностью земли. Для второй и третьей ступеней РН этой проблемы практически не существует, потому что при их падении с большой высоты КРТ выгорают или испаряются под действием высокой температуры, возникающей при аэродинамическом торможении ступени на атмосферном участке полета [3].

### Эксплуатация космических средств

За более чем 40-летний период запусков КА службами наземного слежения было зарегистрировано в космосе около 23 тыс объектов искусственного происхождения размером более 10 см, из которых около 7 400 продолжает оставаться на околоземных орбитах, причем лишь 5 % из них представляют собой действующие КА, а остальные, по существу, являются космическим мусором. Количество осколков размером в несколько сантиметров исчисляется десятками тысяч.



Экологические последствия **механического загрязнения** космоса включают как непосредственное влияние на природную среду, так и опосредованное – создание опасности разрушения КА, функционирующих на орбите.

При торможении космических объектов, в том числе космического мусора, в плотных слоях атмосферы, а также при работе их ДУ на высоте около 80 км (высота естественного метеорного слоя) происходит образование слоя **взвешенных мелкодисперсных частиц**. Слой состоит из пыли (частиц окислов алюминия с размерами от 0,01 до 10 мкм) и аэрозолей, образовавшихся в процессе абляции космических объектов и сгорания КРТ. Из-за низкой скорости оседания слой может существовать довольно длительное время. При наличии высокой концентрации водяного пара возможно появление серебристых облаков, возникающих из-за оседания пара на частицах алюминия, которые могут влиять на локальное альbedo Земли. Возможно также влияние частиц окислов алюминия в качестве катализаторов на скорость химических реакций с участием малых составляющих атмосферы. Однако точно оценить этот эффект в настоящее время не представляется возможным.

При оценке влияния техногенного засорения околоземного космического пространства следует учитывать, что возможность столкновения КА с космическим мусором стала вполне реальной. Например, для станции «Мир» (средняя высота орбиты 400 км, время эксплуатации более 10 лет) вероятность столкновения с фрагментом размером более 1 см составляет несколько процентов. При средней относительной скорости 12 км/с такое столкновение может привести к катастрофическим последствиям. Вероятность столкновения с течением времени растет, и уже сейчас возникла проблема разработки защитных проектируемых КА.

Опасность представляет падение космических объектов, содержащих радиоактивные вещества. В настоящее время в окружающем космическом пространстве находится порядка 50 объектов с радиоактивными термоэлектрическими генераторами (РТГ) и ядерными энергетическими установками (ЯЭУ). Аварийные ситуации с ЯЭУ могут возникнуть вследствие отказа системы управления космического объекта при выполнении операций увода на орбиту захоронения или в результате его столкновения с фрагментами космического мусора. В первом случае низкоорбитальный объект орбиты захоронения не достигает, постепенно входит в плотные слои атмосферы и может упасть на Землю в виде мелких и крупных фрагментов.

Во втором случае ЯЭУ может распасться на различные фрагменты, являющиеся радиоактивными, и при входе КА в плотные слои атмосферы возможно их сгорание и выпадение радиоактивных загрязнений.

Следовательно, причинами радиоактивного загрязнения околоземного космического пространства, атмосферы и поверхности Земли могут быть только

нештатные ситуации с космическими объектами, содержащими РТГ или ЯЭУ.

В процессе наземной и летной эксплуатации космических средств (КСр) происходит **загрязнение физических полей Земли** из-за электромагнитного излучения наземных и бортовых радиотехнических систем. При этом различают тепловое и специфическое воздействия электромагнитного излучения на живые организмы и ОПС.

Тепловое воздействие на ОПС приводит к тому, что температура в зоне действия источников электромагнитного излучения на 1–2 градуса выше, чем в прилегающих районах.

Тепловое воздействие на живой организм является следствием поглощения им энергии электромагнитного поля. Начиная со значения плотности потока энергии, называемого тепловым порогом (для человека он составляет 10 мВт/см<sup>2</sup>), механизм терморегуляции организма не справляется с отводом тепла, и температура тела повышается. Особенно вреден перегрев для тканей со слабо развитой сосудистой системой или с недостаточным кровообращением (глаза, мозг, почки и т.д.).

Специфическое воздействие проявляется в ослаблении биологической активности молекул белка, в нарушении работы сердечно-сосудистой системы (повышение функциональной активности щитовидной железы) и обмена веществ. Это воздействие на живой организм начинается при интенсивности электромагнитного излучения значительно меньше теплового порога. Специфическое воздействие электромагнитного излучения вызывает обратимые и необратимые изменения в организме человека: торможение рефлексов, понижение кровяного давления, замедление сокращений сердца, изменение состава крови и т.д.

Субъективные проявления отрицательного воздействия электромагнитного поля проявляются в головной боли, повышении утомляемости, раздражительности, сонливости, одышке, ухудшении зрения, повышении температуры тела, болей в области сердца.

**Способы повышения экологичности КСр.** Как показал анализ влияния КСр на ОПС, наибольшее экологическое воздействие оказывают механические и химические загрязнения. Что касается разрушения озонового слоя, истощение ионосферы и образования слоя мелкодисперсных частиц в нижних слоях атмосферы, то, как указывают многочисленные источники, воздействие КСр на эти явления незначительно либо несравнимо с влиянием других источников загрязнения.

Радиоактивное загрязнение ОПС, после того как были прекращены запуски КА с бортовыми ядерными энергоустановками, возможно только в случае неуправляемого спуска с орбиты ранее запущенных КА.

Рассмотрим основные способы уменьшения механического и химического загрязнения ОПС со стороны элементов РКС.



Исключить механическое загрязнение поверхности Земли возможно только при использовании многоразовых космических систем, что в ближайшем будущем сделать не удастся из-за огромных финансовых затрат, необходимых на их разработку и реализацию: даже созданные многоразовые космические системы «Спейс-Шатл» и «Энергия-Буран» в полном смысле не являются многоразовыми.

Сокращение размеров и количества районов посадки первых ступеней можно достичь следующими способами:

- использовать более совершенные методики расчета районов падения ОЧ РН;
- совершенствовать системы управления РН на основе бортового вычислительного комплекса, позволяющего совершать полет по гибкой траектории;
- изменить конструкции РН, что позволяет совершать управляемый спуск отработавшими ступенями в определенном районе.

Статистическая обработка данных пусков РН «Союз-У» показала, что уже в настоящее время можно сократить размеры районов падения боковых блоков этих ракет примерно на 17 %; это позволит возратить в хозяйственное использование около 150 тыс гектаров отчужденных ранее земель.

Благодаря использованию терминальной системы наведения на базе бортового вычислительного комплекса в модернизируемых РН «Союз-У» и «Космос-ЗМ» предполагается сократить площади районов падения в 2–2,5 раза.

Расширение диапазона орбит при сохранении существующих трасс пусков и районов падения ОЧ РН возможно при совершении пространственного маневра верхней ступенью ракеты.

Совершение отработавшими первыми ступенями РН управляемого спуска возможно при установке на них аэродинамических конструкций. В качестве таких конструкций могут использоваться парашют, парашют или дельтаплан. Эти конструкции, управляемые с Земли или самонаводящиеся по сигналам наземных радиомаяков, могут обеспечивать посадку ступени в круге радиусом 25 м (в настоящее время протяженность РП ОЧ составляет 50 км, а ширина – 30 км).

Радикальное уменьшить химическое загрязнение можно при переводе всех РН на экологически чистые КРТ. В наибольшей степени этому требованию удовлетворяют топливные пары: углеводородное горючее сжиженный природный газ/жидкий кислород и жидкий водород/жидкий кислород. Наихудшие показатели экологической чистоты у КРТ НДМГ/АТ, поэтому проектируемые современные РН («Ангара», «Русь» и др.) эти компоненты не используют.

Величину остатков компонентов ракетного топлива в баках отработавших ступеней можно уменьшить одним из следующих способов:

- сжиганием остатков топлива на пассивном участке траектории полета отделившейся ступени;
- индивидуальными заправками баков РН;
- индивидуальными программами движения РН;

- работой ДУ ступеней РН до полного выгорания топлива.

Обеспечение экологичности перспективных отечественных средств выведения предусматривается на стадии создания РН «Ангара». Примером этому служит перспективное семейство РН легкого, среднего и тяжелого классов на базе универсального ракетного модуля (УРМ) «Ангара», эксплуатацию которых для вывода полезных нагрузок по отечественным и коммерческим заказам планируется обеспечивать с космодрома Плесецк с 2018 г.

Внедрение на первых ступенях РН семейства «Ангара» возвращаемых блоков (ВБ) на основе УРМ с разворачиваемым крылом, и снабженного турбовинтовым реактивным двигателем, позволит обеспечить значительное сокращение отчуждаемых земель в зоне космодрома Восточный за счет возвращения и посадки ВБ на аэродром при эксплуатации указанного ракетно-космического комплекса.

Для снижения или предотвращения дальнейшего засорения околоземного космического пространства необходимы разработка и внедрение ряда технических и организационных мероприятий. К числу таких мероприятий относятся:

- сокращение ежегодного числа запусков КА за счет увеличения сроков их активного существования на орбите;
- выведение группы КА одной РН;
- исключение разрушения КА на орбите;
- увод отработавших ракетных ступеней КА с рабочих орбит на орбиты захоронения;
- уменьшение числа отделяемых фрагментов КА.
- лицензирование космической деятельности;
- штрафные санкции в случае аварий и взрывов РКН, приведших к увеличению загрязнения ОПС.

**Пути снижения вероятности аварийного исхода полета изделий РКТ.** Одним из важнейших показателей уровня разработки изделий РКТ, наряду с энергетическими и точностными характеристиками, является её безаварийная эксплуатация.

Решение этой задачи затрагивает всю совокупность мероприятий программы экспериментальной отработки алгоритмов, обеспечения надёжности и эксплуатационной документации. При этом многие вопросы тесно связывают работу и характеристики агрегатов изделия с работой системы управления полётом.

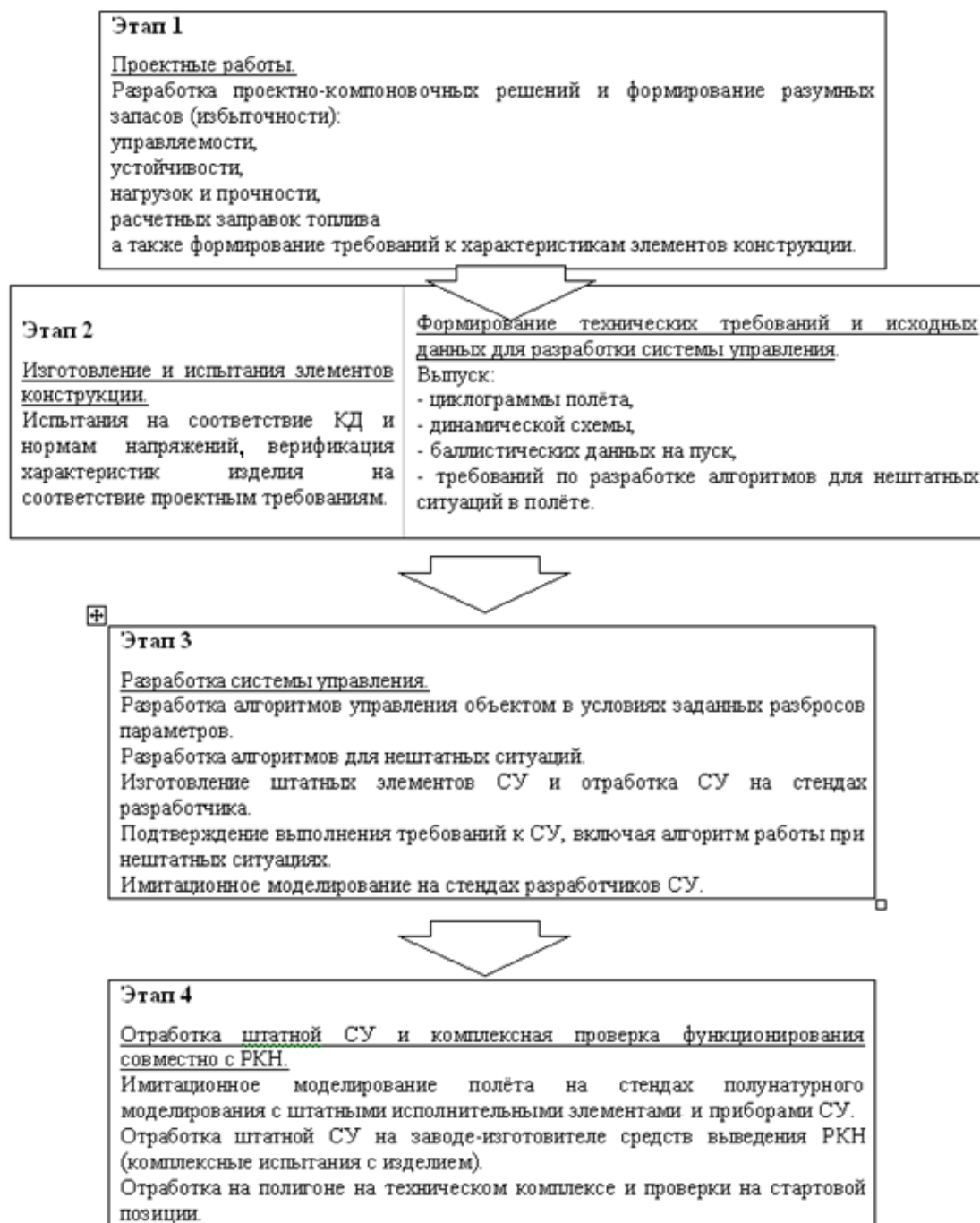
В связи с тем что в отечественной практике ракетостроения РКС разрабатываются одними организациями, а системы управления (СУ) для них разрабатываются другими, представляется целесообразным рассмотреть некоторые аспекты затронутой проблемы по безаварийной эксплуатации РКС, решение которых связано с возложением на СУ дополнительных функций по обеспечению безаварийного полёта в случае возникновения отказов (нештатных ситуаций).



Помимо высоких требований, предъявляемых к системам управления в связи с необходимостью решать поставленные задачи идентификации в полёте возможных отказов, их парирования и минимизации ущерба, необходимо обеспечить возможность влиять на процесс полёта имеющимися бортовыми средствами СУ, которые в свою очередь должны обеспе-

чить высокую достоверность и точность определения динамических свойств отдельных узлов и агрегатов и изделия в целом.

Задача обеспечения безаварийных полётов решается на разных этапах создания и эксплуатации РН, РБ и КА с применением алгоритма, представленного на рис. 4.



**Рис. 4.** Работы по снижению вероятности аварии в полёте РКН на разных этапах создания и эксплуатации  
**Fig. 4.** Works to reduce the probability of an accident in ILV flight at different stages of development and operation

Основы обеспечения безаварийности полётов закладываются на этапе выполнения проектных работ

в виде резервирования элементов, создания избыточности по управляемости, то есть запасов управ-

ляемости, и запасов прочности элементов конструкции, установки необходимой бортовой вычислительной информационно-измерительной системы и т.д.

Следует отметить, что в ракетной технике имеются агрегаты и механизмы, которые не могут быть резервированы, например, двигатели и рулевые приводы. Это обстоятельство усложняет процесс обеспечения безаварийных пусков (известны случаи отказов двигательных установок и рулевых приводов).

На этапе изготовления узлов и элементов конструкции, помимо проведения обязательных статических и динамических испытаний (автономных испытаний) узлов и агрегатов, подтверждающих их работоспособность при заданных видах нагружений, очень важен комплекс экспериментальных исследований, направленных на верификацию математических моделей, описывающих динамические свойства объекта управления в полёте.

И, безусловно, на этапе подготовки к пуску важнейшую роль в обеспечении успешного полёта играет комплекс работ, направленный на проверку готовности системы управления: отработка СУ на автономных и комплексных стендах, стендах полунатурного имитационного моделирования полёта, проверки на технической и стартовой позиции, включая сверку и контроль ввода полётного задания.

Рассматривая этап проектных работ (см. рис. 4) следует отметить, что решение комплексной задачи означает и возможное наличие противоречий в оптимальной реализации одним комплектом управляющих органов и средств различных целевых функций.

Например, при модернизации одной из РН тяжёлого класса, включающей создание новой системы управления, на участке полёта 1-й ступени перед разработчиком СУ ставились следующие задачи (которые были успешно решены, что уже подтверждено 10-ю пусками РН):

- 1) обеспечение точного выведения в заданную область с максимальными энергетическими характеристиками;
- 2) обеспечение устойчивого и управляемого полёта;
- 3) приведение отработавшей ступени в заданную область;
- 4) обеспечение наиболее полной выработки топлива из баков за счёт системы управления расходом;
- 5) ограничение нагрузок на РН до заранее заданных предельных величин;
- 6) обеспечение успешного завершения полёта в случае отказа одной из 6-и рулевых машин двигателей 1-й ступени;
- 7) автоматическая идентификация аварийной ситуации и минимизация ущерба в случае аварии.

Приведенный перечень задач показывает, что выполнение пунктов 1, 3 и 4 очевидно должно быть увязано между собой. Реализация п. 5 приводит к необходимости реализовать разные программы выведения с терминальным наведением на конечном

интервале времени полёта, т.е. влияет на пп. 1, 3, 4. Кроме того, она связана с пп. 6 и 2, т.е. закон управления, обеспечивающий снижение нагрузок, должен реализовываться и при любом отказавшем рулевом приводе с сохранением управляемого и устойчивого полёта (что ограничено предельными возможностями исполнительных органов управления).

Идентификация аварийной ситуации на борту (п. 7) должна происходить с учётом выполнения всех перечисленных ранее задач, и система управления не должна вырабатывать аварийную команду на выключение двигателей в случаях изменения динамических параметров полёта, обусловленных работой контура ограничения нагрузок и возможного отказа рулевого привода.

**Участки полета, соответствующие выключению двигателей и отделению ступеней.** Здесь характерно резкое изменение величины и направления суммарного пространственного вектора перегрузки, связанного с падением тяги, появлением возмущающих моментов, в результате которых поперечные перегрузки становятся соизмеримы с продольными.

Так, полет в невесомости или близком к нему состоянии при действии на объект управления слабых гравитационных полей характеризуется кратковременными включениями двигателей стабилизации и ориентации на участках пассивного полета и кратковременным воздействием средств разделения на участках отделения КА от РБ.

Модели гидродинамики топлива в баках, отнесенные к первой группе, необходимы для исследования устойчивости управляемого полета и формирования соответствующих алгоритмов системы управления и обеспечение динамической устойчивости [3, 4].

Проект обеспечения максимальной выработки топлива из баков (повышает энергетические характеристики ступени РН) и не допущение попадания воздушных пузырей в заборные устройства топливных магистралей, что гарантирует безаварийную работу двигателя на конечных участках выработки топлива из баков ракеты, был разработан и экспериментально исследован в ЦНИИМАШ.

Результаты исследований легли в основу принятия решений по оптимизации выработки топлива при гарантированном непопадании в заборное устройство опасных газовых включений. Эти результаты позволили повысить энергетические характеристики при выведении на орбиту станции «Мир» средствами РН и снять проблему опасности аварии для ряда других изделий.

Для изучения динамики топлива, находящегося в условиях действия внешних факторов, также требуется создание специальных моделирующих установок и моделирования этих внешних условий.

В результате исследований, проведённых в России, Германии, Франции, США и других странах, разработаны различные подходы к описанию динамики движения топлива, частично заполняющего



баки в условиях действия слабых гравитационных полей и в невесомости [1].

Решение проблемы безаварийного полёта РБ после отделения КА, а также на участках между включениями двигателей разгонного блока очень актуально для РБ с двигателями на криогенном топливе (кислород + керосин, кислород + водород).

В условиях невесомости жидкий водород перемещается внутри топливных баков, взаимодействуя с внутрибаковыми конструкциями и внутренней поверхностью баков, частично меняет своё агрегатное состояние, что сопровождается изменением температуры и давления.

Если давление превышает допустимый уровень, может произойти разрушение бака и взрыв с соответствующими негативными последствиями для объекта полезной нагрузки. Для предотвращения этого явления необходимо проработать надёжный прогноз динамики функционирования изделия и поведения топлива внутри баков.

На участке полёта между включениями криогенных двигателей могут быть задействованы другие исполнительные органы системы управления, и это позволит точно прогнозировать динамику полёта изделия и его ориентацию в пространстве.

В случае автономного полёта разгонного блока после отделения КА влиять на динамику и ориентацию РБ можно только путём выбора времени открытия тех или иных дренажных клапанов, обеспечивающих сброс давления и выброс газожидкостных фракций в окружающую среду.

Как показывает отечественный и зарубежный опыт эксплуатации изделий РКТ, в полёте случаются нештатные ситуации, и очень важно в этих случаях принять все меры для предотвращения или минимизации ущерба от аварии.

**Оценка рассеивания точек падения отработавших ступеней.** При проведении проектных работ стартовых космических комплексов и средств выведения на орбиты полезных нагрузок большое внимание уделяется вопросам комплексной оценки энергетических возможностей средств выведения с учетом ряда существующих ограничительных факторов, среди которых все большее значение принимают задачи минимизации экологического ущерба при реализации пусков.

Одним из существенных аспектов в решении этой целевой задачи является уменьшение потребных областей отчуждения, выделяемых для падения отработавших ступеней средств выведения. Эта проблема требует комплексного решения задач динамики движения, аэродинамики, теплофизики и прочности сложных по форме и массово-инерционным характеристикам объектов.

Как правило, районы падения отработавших ступеней определяются с использованием упрощенных динамических моделей и уточняются при поступлении опытных данных, в том числе данных о падении

фрагментов, разрушенных в плотных слоях атмосферы [4, 5 и 7].

Выбор математических моделей возмущающих факторов в значительной мере обусловлен методом исследования рассматриваемого явления. Применительно к анализу движения отработавших ступеней наиболее адекватным является метод статистического моделирования, при котором возмущающие факторы представляются случайными величинами или случайными процессами с известными статистическими характеристиками, которые были приведены в [6] с рассмотрением уравнения движения объекта относительно центра масс с учетом возмущений от ветровых нагрузок.

Область рассеивания точек падения объекта в зонах отчуждения аппроксимируется эллипсом рассеивания (эллипсом равной плотности вероятности), размеры полуосей которого зависят от вероятности попадания точек падения в этот эллипс. Если полуоси эллипса равны утроенным среднеквадратическим отклонениям

$$a = 3\tilde{\sigma}_x,$$

$$b = 3\tilde{\sigma}_y,$$

то вероятность попадания в эллипс равна  $P = 0,99$ .

Размеры эллипсов рассеивания точек падения отработавших ступеней средств выведения с учетом всех возмущающих факторов (за исключением влияния: осевых моментов инерции и разбросов на них; перекрестных моментов инерции; боковых и продольных центровок и их разбросов; положения центра давления и их разбросов) составляют:

– для 1-й ступени на уровне  $3\sigma$   $2A_x \cdot 2A_z = 120 \times 50$  км и площадь  $S = 6\,000$  км<sup>2</sup>, что в первом приближении согласуется с размерами поля отчуждения  $122 \times 50$  км;

– для 2-й ступени на уровне  $3\sigma$   $2A_x \cdot 2A_z = 160 \times 50$  км и площадь  $S = 8\,000$  км<sup>2</sup>, что согласуется с размерами поля отчуждения  $160 \times 50$  км, где  $A_x$  – большая ось эллипса  $A_z$  – малая ось эллипса.

Исследования, проведенные на полной пространственной модели с учетом всех возмущающих факторов по программе статистического моделирования, позволяют получить эллипсы рассеивания на уровне  $3\sigma$ :

–  $2A_x \cdot 2A_z = 90 \times 66$  км и площадь  $S = 5\,940$  км<sup>2</sup> для 1-ой ступени соответственно;

–  $2A_x \cdot 2A_z = 66,5 \times 17$  км и площадь  $S = 1\,130,5$  км<sup>2</sup> для 2-ой ступени соответственно.

Существенное уменьшение размеров эллипса рассеивания для 2-ой ступени связано с наличием в конструкции промежуточного отсека, имеющего форму усеченного конуса, который при спуске выполняет в некотором роде роль тормозных щитков. При этом возникает так называемый эффект влияния



боковых центровок на уменьшение размеров полей падения. Причины этого явления:

- малый запас статической устойчивости на гиперзвуковых скоростях ( $M > 4$ );
- наличие больших балансировочных углов атаки  $> 20$  град в районе достижения максимального аэродинамического качества при допустимом разбросе положения центра давления ( $M > 4$ );
- достаточно большое балансировочное аэродинамическое качество до  $K_{\text{бал}} = 1,27$  на гиперзвуковом

участке спуска ( $M > 4$ ) и случайной произвольной ориентацией вектора поперечной силы в плотных слоях атмосферы;

- большой скоростью полета ступени при отделении от средств выведения ( $V_0 = 3\,055$  м/с).

Результаты статистического моделирования максимальных значений характерных параметров отработавших ступеней на траекториях спуска представлены в таблице 2.

Таблица 2

Характерные параметры движения для ускорителя 1-й и 2-й ступени РН

Table 2

Motion characteristic parameters for accelerator of 1st and 2nd stages LV

Ступени средства выведения	1-я ступень	2-я ступень
Максимальный скоростной напор $Q$ [кг/м <sup>2</sup> ]	30 000	55 000
Максимальный угол наклона траектории при отражении, град	30	-15
Средний угол атаки на фронте нарастания скоростного напора, град	10	2
Максимальная угловая скорость в канале крена, град/с	300	500
Максимальная угловая скорость в канале рыскания, град/с	120	300
Максимальная угловая скорость в канале тангажа, град/с	120	370
Время полета, с	458	472

На рис. 5 для примера приведены сравнительные размеры полей падения отработанных ступеней на космодроме Байконур для трех вариантов:

- без управления;
- при пассивном спуске со стабилизаторами;
- при управляемом спуске.

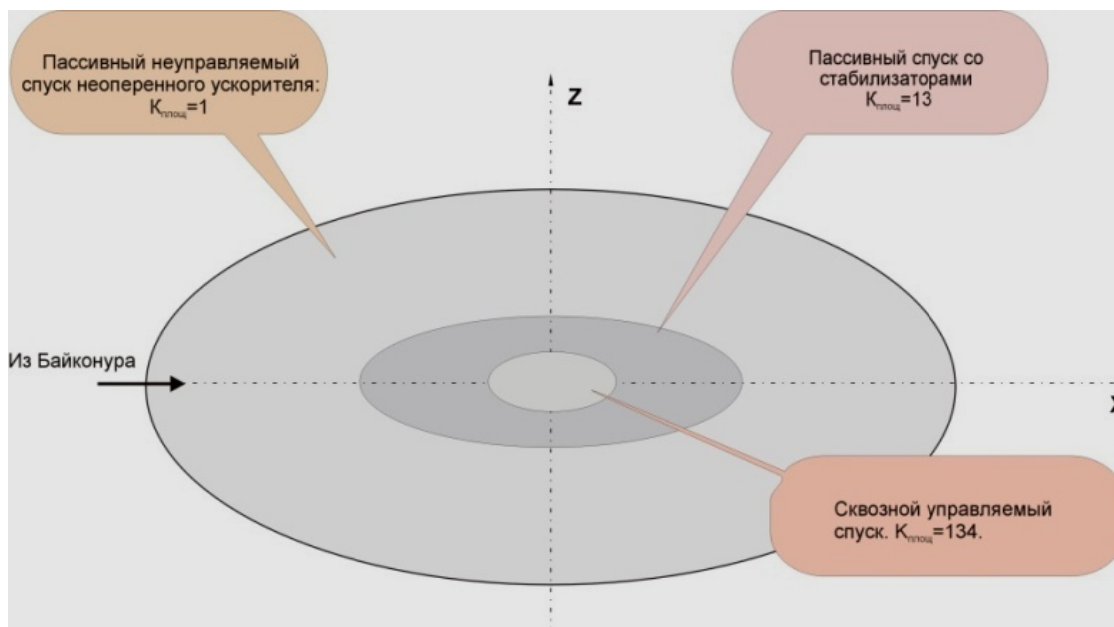


Рис. 5. Эллипсы рассеивания точек падения 1-й ступени РН  
Fig. 5. Ellipses of dispersion of the 1st stage LV incidence points

Видно, что применение специальных методов существенно уменьшает рассеивание точек падения отработавших ступеней средств выведения.

## Выводы

1. Выявление экологических проблем с последующим анализом их составляющих дает возмож-



ность минимизировать, а в некоторых случаях прогнозировать и предотвращать негативные последствия.

2. Результаты расчетов, выполненных с использованием принятой в настоящее время модели аэродинамических характеристик, показали, что оси эллипсов рассеивания точек падения отработавших 1-ой и 2-ой ступеней и соответствующие площади (при принятых допущениях о неразрушении ступени) для районов космодрома Байконур составляют:

- для 1-й ступени  $2A_x \cdot 2A_z = 90 \times 66$  км;  $S = 5\,940$  км<sup>2</sup>;

- для 2-й ступени  $2A_x \cdot 2A_z = 66,5 \times 17$  км;  $S = 1\,130,5$  км<sup>2</sup>.

3. При статистическом моделировании динамики спуска 1-й ступени наблюдаются траектории с отражением от плотных слоев атмосферы, что приводит к увеличению разброса точек падения.

4. Разработанная методология иллюстрируется на примере оценки эллипсов рассеивания точек падения 1-й ступени при использовании стабилизирующих пассивных устройств типа оперения и реализации алгоритма управляемого спуска. Если эллипс рассеивания при неуправляемом спуске оценить единичной площадью, то использование стабилизирующих устройств может уменьшить площадь рассеивания в 13 раз, а использование управляемого спуска – в 134 раза.

5. Значительно сократить площадь отчуждаемых земель в зоне космодрома Восточный можно будет после создания СК для эксплуатации ракетно-космического комплекса «Ангара» на экологически чистых КРТ (жидкий кислород/керосин) и внедрения на первых ступенях РН возвращаемых блоков (ВБ) на основе УРМ с разворачиваемым крылом и турбовинтовым реактивным двигателем, обеспечивающими возвращение и посадку отработанного ВБ 1-й ступени на аэродром в зоне СК.

### Список литературы

1. Экологические проблемы и риски воздействий РКТ на окружающую природную среду. Справочное пособие. М.: Изд-во «Анkil», 2000.
2. Галеев А.Г. Экологическая безопасность при испытаниях и отработке ракетных двигателей: Учебное пособие. М.: Изд-во МАИ, 2006.
3. Галеев А.Г., Денисов К.П., Ищенко В.И. и др. Испытательные комплексы и экспериментальная отработка ЖРД. М.: Машиностроение / Машиностроение-Полет, 2012. 368 с.
4. Мусабаев Т.А., Бизяев Р.В., Владимиров А.В., Володин В.Д. Оценка рассеивания точек падения отработавших ступеней средств выведения методом статистического моделирования динамики пространственного движения на участке спуска // М.: Четвертый Международный аэрокосмический конгресс, IAC-2003. Сборник тезисов докладов. 2003.

5. Золотов А.А., Титов М.И. Обеспечение надежности транспортных аппаратов космических систем. М.: Машиностроение, 1988.

6. Гусев Е.В., Палешкин А.В., Пичужкин П.В., Родченко В.В. Пути уменьшения экологического ущерба при нештатной эксплуатации ракетно-космической техники // Электронный журнал «Труды МАИ». 2014. Выпуск № 71. [www.mai.ru/science/trudy/](http://www.mai.ru/science/trudy/)

7. Александров Е.С., Баранов Л.Т., Вайнтрауб А.И., Гарюнов В.И., Гузенко В.Л., Жигилей В.С. Основы эксплуатации космических средств. Санкт-Петербург: Изд-во ВКУ имени А.Ф. Можайского, 2000.

### References

1. Èkologièskie problemy i riski vozdeystvij RKT na okružaišu prirodu sreu. Spravoènoe posobie [Environmental problems and risks impacts RCT on the environment. A reference guide]. Moscow: «Ankil» Publ., 2000 (in Russ.).

2. Galeev A.G. Èkologièskaâ bezopasnost' pri ispytaniâh i otrabotke raketnyh dvigatelej [Environmental safety during tests and testing rocket engines: a Training manual]. Moscow: Publishing house of Moscow aviation Institute, 2006.

3. Galeev A.G., Denisov K.P., Ischenko V.I. et al. Ispytatel'nye komplekсы i èksperimental'naâ otrabotka ŽRD [Test facilities and experimental testing of a rocket engine]; Moscow: Mašinstroenie/Mašinstroenie-Polet Publ. [Mechanical Engineering / Mechanical Flight], 2012, 368 p (in Russ.).

4. Musabaev T.A., Bizyaev R.V., Vladimirov A.V., Volodin V.D. Ocenka rasseivaniâ toèek padeniâ otrabotavših stupenej sredstv vyvedeniâ me-todom statistièeskogo modelirovaniâ dinamiki prostranstvenno-go dviženiâ na učastke spуска [Evaluation of the dispersion of the points of incidence of exhaust stages apparatus and method of statistical modeling of the dynamics of spatial movement on the downhill stretch]. Moscow: Četvertyj Meždunarodnyj aèrokosmièeskij kongress, IAC-2003 [Fourth international aerospace Congress IAC-2003, art abstracts], 2003 (in Russ.).

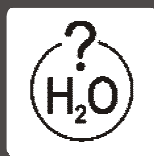
5. Zolotov A.A., Titov M.I. Obespeèenie nadežnosti transportnyh apparatov kosmièskih sistem [Ensuring reliability of transport vehicles space systems]. Moscow: Mašinstroenie Publ., 1988 (in Russ.).

6. Gusev E.V., Paleshkin A.V., Pichuzhkin P.V., Rodchenko V.V. Ways to reduce environmental damage in case of abnormal operation of rocket and space technology. *Journal "Trudy MAI"* (online), issue 71. Available at: [www.mai.ru/science/trudy/](http://www.mai.ru/science/trudy/)

7. Aleksandrov E.S., Baranov L.T., Vaintraub A.I., Garyunov V.I., Guzenko V.L., Zhigiley V.S. Osnovy èkspluatcii kosmièskih sredstv [Fundamentals of operation of space vehicles]. Saint-Petersburg: A.F. Mozhaisky VIKU Publ., 2000 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995





УДК: 697.94

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ УСТАНОВКИ ОПРЕСНЕНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ВОДЫ

*А.Н. Гриценко<sup>1</sup>, С.Д. Стрекалов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Филиал ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

РФ 404110, Волгоградская обл., г. Волжский, пр. Ленина, 69

тел.: +7 (8443) 21-01-60; факс (8443) 21-01-66; e-mail: vfmei@vfmei.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный

архитектурно-строительный университет (ВолГАСУ)

РФ 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

тел.: +7 (8442) 96-98-26; факс (8442) 97-49-33; e-mail: rectorat@vgasu.vrn.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.07.009

Заключение совета рецензентов: 17.04.15    Заключение совета экспертов: 24.04.15    Принято к публикации: 05.05.15

В статье приведен обзор некоторых известных способов опреснения минерализованных вод и анализ их энергетической эффективности. Предложены две схемы энергоэффективных установок для опреснения минерализованной воды с использованием теплового насоса. Рассматриваются состав оборудования предложенных установок и параметры их эксплуатации, приводится пример конкретного температурного режима и расчёт баланса тепловых потоков. Производится оценка и сравнение эффективности предлагаемых установок по теоретическим и практическим методикам. Обсуждается возможность регулирования температурного режима эксплуатации установки и её элементов, приводятся графики изменения энергетических показателей. Сделаны выводы о применении установок, в том числе на базе альтернативных источников энергии.

Ключевые слова: установка, способ опреснения воды, тепловой насос, увлажнение и осушка воздуха, вакуумные установки, эффективность затрат энергии.

## ENERGY-EFFICIENT DESALINATION PLANTS OF MINERALIZED WATER

*A.N. Gritsenko<sup>1</sup>, S.D. Strekalov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>The branch of the National Research University of Moscow Power Engineering Institute (MPEI)

69 Lenin Avenue, Volzhsky, Volgograd Region, 404110 Russian Federation

ph.: 8 (8443) 21-01-60; fax: (8443) 21-01-66; e-mail: vfmei@vfmei.ru

<sup>2</sup>Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE)

1 Academicheskaya, Volgograd, 400074 Russian Federation

ph.: +7 (8442) 96-98-26; fax: (8442) 97-49-33; e-mail: rectorat@vgasu.vrn.ru

Referred 17 April 2015    Received in revised form 24 April 2015    Accepted 05 May 2015

The article is a review of the known methods of mineralized water desalination and the analysis of their energy efficiency. Furthermore, this article proposes two schemes of the energy-efficient desalination plants using the heat pump, and considers equipment parameters and composition plants during their operation. There is an example of specific temperature conditions of the plants and calculation of heat flow balance. Moreover the article evaluates and compares the effectiveness of the proposed facilities for theoretical and practical methods; discusses the temperature operation plant control and its elements, there are the graphs of energy indicators as well. The article concludes that the application of these plants is effective, including on the alternative energy sources.

Keywords: plant, desalination method, a heat pump, humidifying and dehumidifying air, vacuum systems, energy consumption efficiency.





Сергей Дмитриевич  
Стрекалов  
Sergey D. Strekalov

**Сведения об авторе:** д-р техн. наук, профессор кафедры «Безопасность жизне-деятельности в техносфере» ФГБОУ ВПО Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета (ВолГАСУ); факультет инженерных систем и техносферной безопасности; лауреат премии правительства РФ в области науки и техники.

**Образование:** Волгоградский сельскохозяйственный институт, факультет механизации сельского хозяйства (1970–1975). Специальность «Инженер-механик».

**Область научных интересов:** волновые процессы, возобновляемые и нетрадиционные источники энергии, волновые ветродвигатели, исследование взаимодействия потока с крылом методом одномерных упругих нитей.

**Публикации:** 120, в том числе 5 монографий, 49 изобретений и патентов.

**Information about the author:** DSc (engineering), Professor of the Health and Safety in the Technosphere Department of Engineering Systems and Technosphere Safety Faculty; Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering; winner of the Government of the Russian Federation in the field of science and technology.

**Education:** Volgograd Agricultural Institute (1970–1975); Faculty of Agricultural Mechanization. "Mechanical Engineer" specialty.

**Research area:** wave processes, renewable and alternative energy sources, wind turbines wave, the study of interaction of the flow with a wing by one-dimensional elastic yarns.

**Publications:** 120, including 5 monographs, 49 inventions and patents.



Александр Николаевич  
Гриценко  
Alexandr N. Gritsenko

**Сведения об авторе:** канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленная тепло-энергетика» филиала ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет (МЭИ)» в г. Волжском.

**Образование:** Ташкентский политехнический институт (ТашПИ), механический факультет (1975–1980); специальность «Холодильные и компрессорные машины и установки (ХКМиУ)».

**Область научных интересов:** термодинамические процессы, энергосбережение, возобновляемые источники энергии.

**Публикации:** 62, из них 12 изобретений.

**Information about the author:** PhD., associate professor of "Industrial Power" Department of the branch of National Research University (MPEI) in Volzhsky.

**Education:** Tashkent Polytechnic Institute (TashPI) (1975–1980), Mechanical Department. "Refrigeration and Compressor Machinery" specialty.

**Research area:** thermodynamic processes, energy efficiency, renewable energy.

**Publications:** 62, including 12 inventions.

## Введение

В условиях с ограниченными природными ресурсами пресной воды, для промышленных районов с жарким и сухим климатом, судов дальнего плавания вопрос опреснения морских, сточных и минерализованных вод является весьма актуальным. Современное наращивание мощностей промышленной индустрии определяет возросшую потребность в энергетических ресурсах и пресной воде. Высокие требования к качеству питательной воды на ТЭЦ и котельных определяют наличие её специальной физико-химической подготовки. Необходимость сохранения окружающей среды и энергосбережения на предприятиях определяет актуальность создания замкнутых оборотных циклов и эффективных способов производства, утилизации вторичных и загрязнённых вод.

В зарубежной и отечественной практике для получения пресной воды нашли широкое применение установки с парокомпрессионными и струйными аппаратами [1]. Так, например, французской фирмой

«SIDEM» в ОАЭ современная опреснительная установка, производительностью 5 000 м<sup>3</sup>/сутки, выполнена на базе горизонтально-трубных плёночных испарителей, оборудованных пароструйными компрессорами [2]. В российской теплоэнергетике применяются многоступенчатые испарительные установки (МИУ) на базе вертикально-трубных испарителей, работающие в условиях повышенных давлений, а в области опреснения морских, солоноватых вод – работающие в условиях вакуума дистилляционные опреснительные установки (ДОУ).

## Теоретическая часть

Анализ эксплуатации термодистилляционных установок в России и странах СНГ изложен в обзорных статьях [3, 4]. Бесспорным преимуществом рассматриваемых установок является получение пресной воды высокого качества. Однако фазовая теплота парообразования воды в испарительно-конденсационных процессах в данных установках оказывает существенное влияние на затраты энергии

для получения единицы массы дистиллята. Решить вопрос о существенном снижении энергопотребления в данных типах установок затруднительно во всём возможном диапазоне давлений рабочего тела.

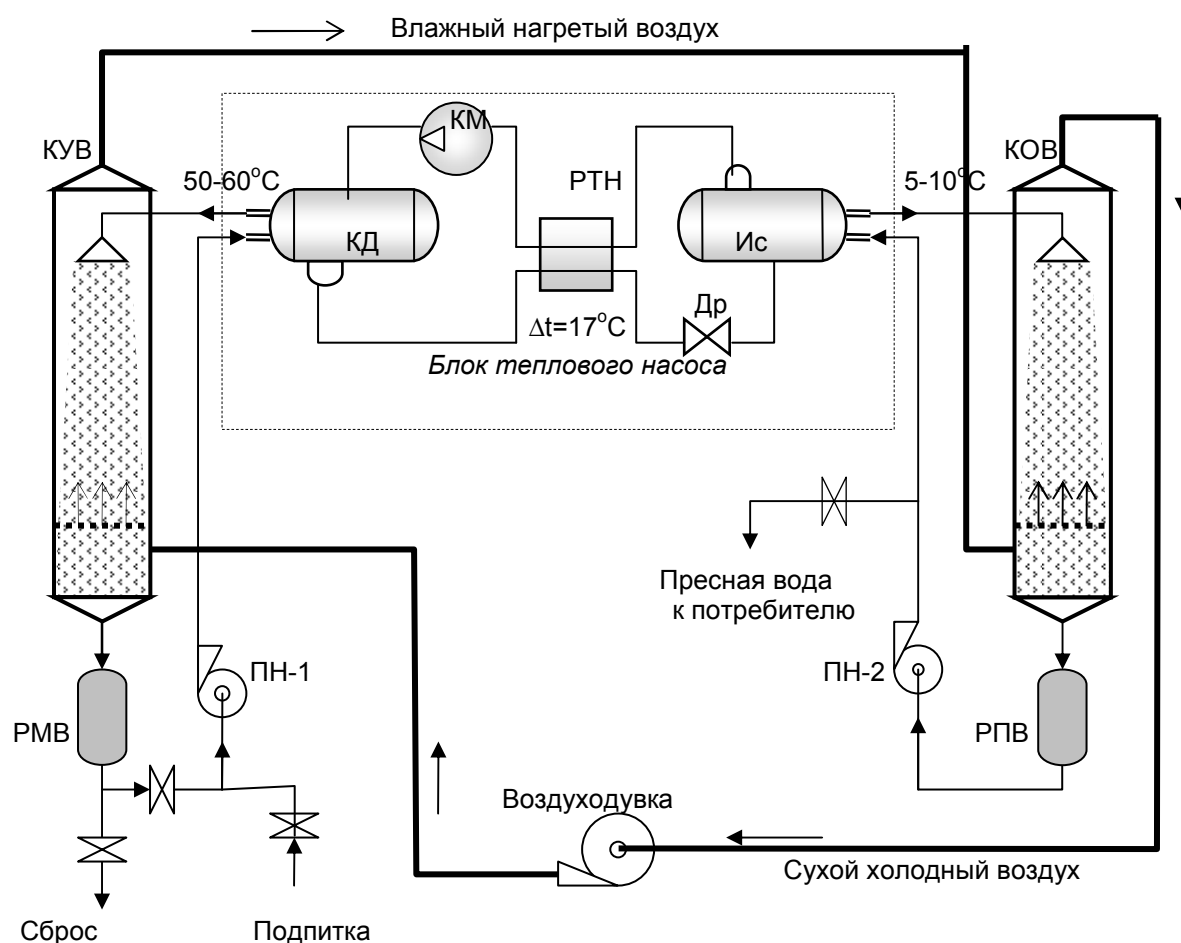
К рассмотрению предлагается две установки энергетически эффективного опреснения воды, функционирующие на базе теплового насоса. Его применение направлено на обеспечение регенерации теплоты испарительно-конденсационных процессов воды при получении дистиллята.

### Описание установки 1

Принципиальная схема и состав опреснительной установки 1 показаны на рисунке 1.

### Работа установки

В оборудование установки включается парокомпрессионный одноступенчатый тепловой насос (ТН); колонна увлажнения воздуха (КУВ); колонна осушки воздуха (КОВ); два накопительных ресивера: один для минерализованной (солёной), другой для пресной воды (РСВ) и (РПВ); питательные насосы ПН-1 и ПН-2; воздухоудка с регулируемой производительностью; трубопроводы и запорная арматура. Всё оборудование установки образует четыре функциональных контура: контур теплового насоса (ТН), контур циркуляции паровоздушной смеси, отдельные контуры циркуляции минерализованной и пресной воды.



**Рис. 1.** Принципиальная схема опреснительной установки 1:

КМ – компрессор; КД – конденсатор ТН; РТН – регенератор ТН; Ис – испаритель ТН; Др – дроссельный вентиль;  
КУВ – колонна увлажнения воздуха; КОВ – колонна осушки воздуха; РМВ – ресивер минерал. воды;  
ПН-1 – питательный насос минерал. воды; РПВ – ресивер пресной воды; ПН-2 – питательный насос пресной воды

**Fig. 1.** Schematic diagram of the desalination plant 1:

КМ – compressor; КД – condenser HP; РТН – regenerator HP; Ис – evaporator HP; Др – throttle valve;  
КУВ – air humidification column; КОВ – air drying column; РМВ – mineral water receiver; ПН-1 – mineral water feed pump;  
РПВ – fresh water receiver; ПН-2 – fresh water feed pump

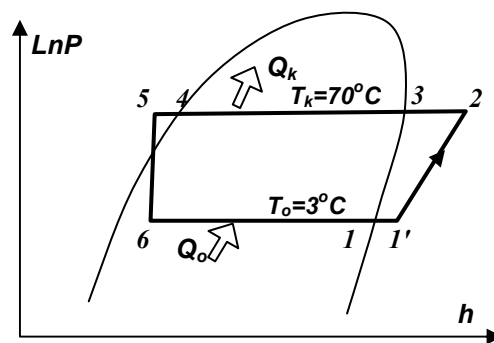
Контур циркуляции паровоздушной смеси определяет протекание тепломассообменных процессов во влажном воздухе при атмосферном давлении в основном технологическом оборудовании – КУВ и КОВ. Тепломассообмен обусловлен режимом температур подаваемой воды в технологические колонны, который обеспечивается работой теплового насоса. В состав теплового насоса входит компрессор, конденсатор, испаритель и регенератор. Увлажнение воздуха происходит за счёт противоточного движения капельной горячей минерализованной воды в КУВ и сухого воздуха.

Для увеличения поверхности тепломассообмена воздуха с водой в рабочий объём КУВ введены лёгкие предметы с пористой поверхностью, например керамзит. Размер этих предметов подобран таким образом, чтобы они не проваливались через нижнюю ограничительную сетку в колонне и не уносились вертикальным потоком воздуха, движущимся вверх через колонну за пределы рабочей зоны. Противоточное движение воздуха и воды создаёт в рабочей зоне увлажнения псевдооживленный слой.

Во второй колонне – КОВ – тепломассообмен осушки организован аналогичным способом противоточного движения воздуха и охлаждённой пресной воды. Она подаётся через разбрызгиватель из испарителя теплового насоса. В результате охлаждения влажного воздуха и конденсации воды из него, масса циркулирующей пресной воды в контуре увеличивается, что позволяет периодически удалять её избыток.

Чем больше разница температур рабочих зон в КУВ и КОВ, тем выше производительность массопереноса водяного пара влажным воздухом атмосферного давления. Температурный режим рабочих зон КУВ и КОВ задаётся возможностями цикла работы теплового насоса и эффективностью его функциони-

рования в диапазоне температур жидкой воды при атмосферном давлении до 100 °С. Однако нагрев минерализованной воды выше 50÷60 °С приводит к выпадению солей с образованием накипи на теплообменных поверхностях, что ухудшает теплообмен и требует периодической чистки. Желание предотвратить образование накипи, по сути, определило задание верхней температуры рабочего диапазона цикла теплового насоса (рис. 2).



**Рис. 2.** Цикл теплового насоса установки 1  
 $Q_k$  и  $T_k$  – теплота и температура конденсации хладагента;  
 $Q_o$  и  $T_o$  – теплота и температура испарения хладагента  
**Fig. 2.** 1<sup>st</sup> installation heat pump cycle  
 $Q_k$  and  $T_k$  – the heat and condensation temperature of the refrigerant;  $Q_o$  and  $T_o$  – the heat and the evaporation temperature of refrigerant

В качестве рабочего тела ТН выбран фреон 21 (R-21). Показатели рабочего цикла ТН сведены в таблицу 1.

Показатели цикла ТН установки 1

1<sup>st</sup> installation heat pump cycle indicators

Таблица 1

Table 1

Вид хладагента (х/а)	Температура, °С		Давление, бар		Темпер. перегрева х/а, °С	Удельные показатели х/а, кДж/кг			Коэффициент трансформации тепла $\mu$
	Конденсации $T_k$	Кипения $T_o$	Конденсации $P_k$	Кипения $P_o$		$q_k$ - теплота конденсации	$q_o$ теплота кипения	$l$ работа сжатия	
R-21	70	3	6,76	0,8	17	235	182	53	4,43

Тепловой насос в опреснительной установке 1 обеспечивает регенерацию теплоты фазового перехода водяных паров минерализованной воды из влажного воздуха с низкого температурного уровня рабочей зоны КОВ на высокий температурный уро-

вень рабочей зоны КУВ. При этом энергия расходуется только на привод теплового насоса и нагнетателей. Энергия привода теплового насоса (см. табл. 1) оказывается в четыре раза меньше «переносимой» теплоты конденсации-испарения воды, что и способ-

ствует энергосбережению при производстве дистиллята. Расчёт производительности, рабочих параметров и размеров основного технологического оборудования выполняется по стандартным методикам. Проведённые испытания стенда опреснительной установки 1 показали высокую эффективность её применения. Атмосферное давление в паровоздушном контуре установки 1 позволяет создать необходимую разность рабочих температур между колонной увлажнения и колонной осушки и обеспечить ощутимый массоперенос водяного пара влажным воздухом.

## Описание установки 2

Привлекательный способ получения дистиллята показан на схеме установки 2 с вакуумным пароводяным контуром и тепловым насосом (рис. 3).

В этой установке контур циркуляции паровоздушной смеси отсутствует вообще. КУВ заменяется парогенератором, а КОВ – контактным водяным конденсатором. Водяным парогенератором является конденсатор ТН, а водяным конденсатором – испаритель ТН.

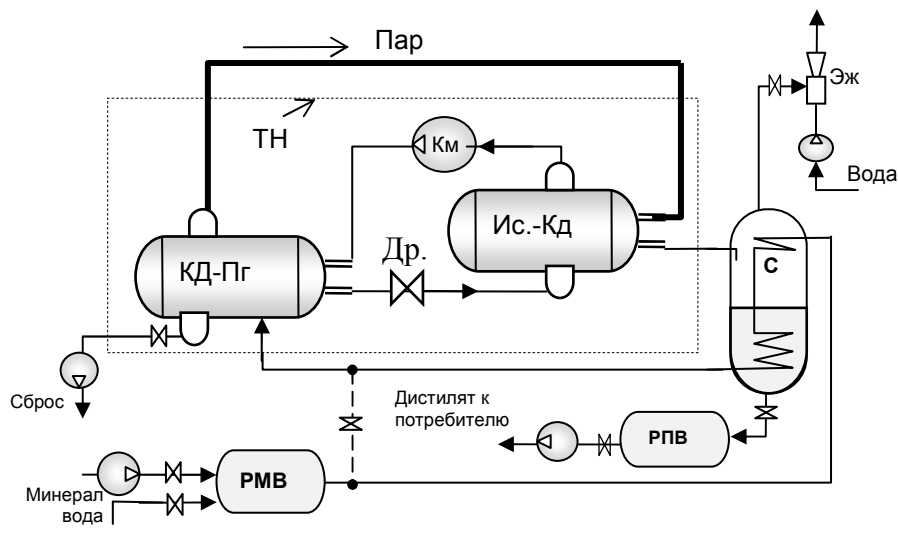


Рис. 3. Принципиальная схема опреснительной установки 2:

КМ – компрессор ТН; КД-Пг – конденсатор-парогенератор; Ис.-Кд – испаритель-конденсатор; Др. – дроссельный вентиль ТН; РМВ – ресивер минерал. воды; РПВ – ресивер пресной воды; Эж. – эжектор; С – сепаратор-теплообменник; ТН – контур теплового насоса

Fig. 3. Schematic diagram of the desalination plant 2:

КМ – compressor HP; КД-ПГ – steam condenser; Ис.-Кд – evaporator-condenser; Др. – throttle valve of the HP; РМВ – mineral water receiver; РПВ – fresh water receiver; Эж. – ejector; С – separator; ТН – heat pump circuit

Внутренняя рабочая полость установки по пароводяному контуру изолирована от окружающей среды. Необходимый вакуум в системе пароводяного контура первоначально создаётся и поддерживается струйным водяным эжектором, установленным на конце сепаратора контура. Это позволяет удалить из контура неконденсируемые газы и обеспечивает создание единой режимной температуры фазового перехода воды в аппаратах. В рабочий период созданный вакуум определяется уровнем температурного режима кипения-конденсации пароводяного контура. При этом разность температур между теплообменными поверхностями конденсатора и испарителя ТН будет наименьшей, что значительно снижает энергетические затраты на привод теплового насоса и устраняет необходимость применения регенератора ТН. Испаритель ТН рекомендуется снабдить

верхним горшком для сепарации хладона. Приведём пример расчёта рабочего цикла ТН и энергетических потоков установки.

## Экспериментальная часть

*Пример.* Температурный режим водяной пароконденсатной среды в установке примем  $t_s = 60^\circ\text{C}$ . При таком режиме физические свойства водной среды и параметры эксплуатации цикла теплового насоса на хладоне R21 (рис. 4) будут иметь показатели, указанные в таблице 2.

По выстроенному циклу ТН на базовой диаграмме  $\lg P-h$  хладона R21 [5] определим параметры характерных точек, вычислим удельные тепловые характеристики цикла (табл. 3).



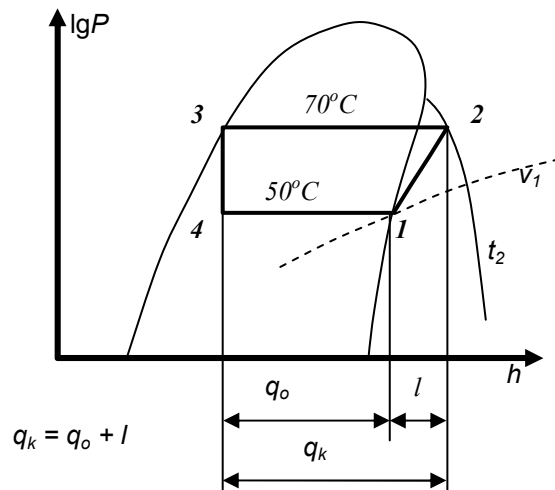


Рис. 4. Схема диаграммы lgP-h цикла ТН  
Fig. 4. Schematic diagram of heat pump lgP-h cycle

Рассмотрим энергетические потоки в установке. Внутренний тепловой баланс цикла теплового насоса в удельных показателях выражается равенством (рис. 4):  $q_k = q_o + l$ . Это равенство отражает дисбаланс тепловых потоков в конденсаторе и испарителе теплового насоса на величину  $l$ .

Очевидно, что для испарителя внутренний тепловой баланс на единицу массы водяного пара (1 кг) выражается равенством теплоты его конденсации  $Q_n$  и теплоты испарения некоторой массы ( $m_x$ ) хладагента  $Q_o$ . Баланс испарителя выразится соотношением  $Q_n = Q_o$  или  $r \cdot 1 \text{ кг} = q_o m_x$ . Откуда  $(m_x / 1 \text{ кг}) = (r / q_o) = Z$ , где  $Z$  – кратность массовых потоков хладона и водяного пара в установке,  $Z = 11,8$ .

Из расчёта следует, что для получения 1 кг дистиллята затраты энергии на сжатие хладона в компрессоре ТН составят  $L = m_x \cdot l = 11,8 \cdot 12 = 141,6 \text{ кДж}$ .

Показатели свойств воды и хладона R-21

Indicators of the water and R21 chladone attributes

Таблица 2

Table 2

Для воды и пара при $t_s = 60^\circ \text{C}$			Для хладона R-21			
Уд. теплота парообразования	Уд. Т/ёмкость воды	Давление насыщ. пара	Температура, $^\circ \text{C}$		Давление, бар	
$r = h'' - h'$	$c_p$ , кДж/кг·К	$p_{ss}$ , Бар	Конденсации, $t_k$	Кипения, $t_o$	Конденсации, $p_k$	Кипения, $p_o$
2 358	4,18	0,2	70	50	6,76	4,0

Показатели характеристик цикла теплового насоса установки 2

Performance characteristics of the 2<sup>nd</sup> installation heat pump cycle

Таблица 3

Table 3

Уд. энтальпия характерных точек цикла, кДж/кг			Уд. объём, м <sup>3</sup> /кг	Уд. теплота, кДж/кг		Работа, кДж/кг	Коэф. трансформации тепла
$h_1$	$h_2$	дросселирование $h_3 = h_4$	$v_1$	конденсации, $q_k = h_2 - h_3$	кипения, $q_o = h_4 - h_1$	сжатия $l = h_2 - h_1$	$\mu = q_k / l$
1 016	1 028	828	0,06	200	188	12	16,6

Это значение соответствует дисбалансу тепловой производительности конденсатора теплового насоса при кипении солёной воды. Устранить внутренний дисбаланс теплового насоса можно посредством дополнительной подачи внешней сменной питатель-

ной солёной воды в рабочую полость Кд-ПГ с температурой окружающей среды  $t_{o,c}$  и удаления равноценной массы горячего состава из полости с температурой  $t_s$ . Очевидно, что, регулируя дополнительную подачу (удаление) питательной солёной воды в

Кд-ПГ, можно легко сбалансировать тепловой режим установки и задать температурный режим её работы.

### Обсуждение результатов расчёта

К вопросу об энергетической эффективности установки. По стандартной методике оценка эффективности применения теплового насоса выполняется по показателю коэффициента трансформации тепла, который для рассмотренного случая составляет  $\mu = 16,6$ . Данный показатель отражает кратность уменьшения затрат энергии на привод теплового насоса, как правило электрической, по сравнению с его тепловой производительностью, которая реализует фазовый переход в получении дистиллята на установке 2. Однако, по-видимому, некорректно сравнивать затраты тепловой и электрической энергии на производство 1 кг дистиллята только с помощью коэффициента трансформации тепла  $\mu$  для теплового насоса. Это связано с тем, что по способу получения 1 кВт электроэнергии не равноценен 1 кВт тепловой энергии. Известно, например, что на тепловых электростанциях (ТЭС) удельный расход топлива ( $b_{\text{КЭС}}$ ) на выработку электрической энергии тепловым способом превышает удельный расход топлива на выработку тепловой энергии в котельной ( $b_{\text{КОТ}}$ ) в  $(2,7 \div 3,0) = K$  раза. Поэтому фактический эффект  $\mathcal{E}$  предложенной установки необходимо выражать соотношением тепловой потребности в получении дистиллята ( $Q_{\text{п}}$ ) с тепловыми затратами ( $Q_{\text{зат}}$ ) в предлагаемой установке, а именно:  $\mathcal{E} = Q_{\text{п}} / Q_{\text{зат}} = Q_{\text{п}} / (L \cdot K) = (r \cdot 1\text{кг}) / (L \cdot K) = 2358 / (141,6 \cdot 3) = 5,55$  раза. Это значение фактически отражает выигрыш в затратах тепловой энергии при получении дистиллята из минерализованных вод на установке 2.

### Изучение энергетических характеристик эксплуатации установки

В оценке температурного режима эксплуатации установки представляет интерес исследование зависимости энергетических потребностей в возможном диапазоне температурного режима получения дистиллята. Разумный диапазон температурного режима основного процесса установки 2 может варьировать от температуры окружающей среды, условно принятой 20 °С, до температуры кипения воды при атмосферном давлении 100 °С. Условием исследования является сохранение внутренних температурных напоров в работе технологических аппаратов установки. В состав энергетических характеристик эксплуатации установки включались затраты энергии на привод компрессора теплового насоса ( $I$ ), изменение теплоты фазовых переходов ( $r$ ) выбранного хладагента R-21, кратность массовых потоков хладагента и водяного пара ( $Z$ ). Изучение данных характеристик выпол-

нялось по свойствам указанных веществ. Результаты исследований представлены на рисунке 5.

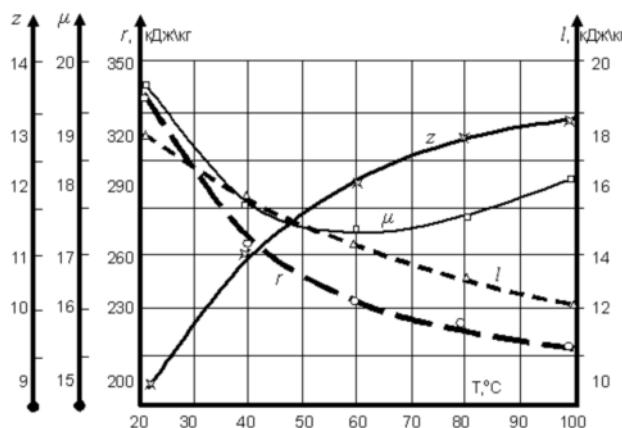


Рис. 5. Зависимости энергетических характеристик от температурного режима эксплуатации установки  
Fig. 5. Energy characteristics dependence on plant temperature condition

По результатам исследований можно сделать следующее заключение.

При повышении температуры основного процесса в установке 2 энергетические затраты на привод компрессора  $I$  значительно снижаются, несколько улучшается коэффициент трансформации теплоты  $\mu$ , снижается требуемая степень вакуума в технологических аппаратах; однако при этом существенно возрастает выпадение солей из раствора и кратность циркуляции массовой доли хладагента, что определяет параметры элементов установки теплового насоса.

При понижении температуры основного процесса в установке 2 наблюдается обратное изменение рассматриваемых характеристик. Выбор оптимального режима сводится к вопросу приоритетности того или иного критерия оценки, а также экономического анализа стоимости эксплуатации данной установки в выбранном режиме. Однако это предмет дополнительных экономических исследований.

В заключение следует отметить, что необходимую энергию на привод теплового насоса можно получить альтернативным способом: путём использования энергии ветра, излучения солнца, динамики потока воды и т. д. Это определяется тем обстоятельством, что установку располагают обычно вблизи источника минерализованной воды, который может располагать такими энергетическими возможностями.

### Выводы

Предложены энергетически эффективные установки опреснения минерализованной воды с использованием теплового насоса. Эффективность получения

дистиллята определяется малыми энергетическими затратами по сравнению с затратами на базовых установках. Достигается это возможностью регенерации теплоты фазового перехода воды при её испарении и конденсации с помощью теплового насоса. Критерием оценки эффективности эксплуатации установок традиционно может служить величина коэффициента трансформации тепла теплового насоса  $\mu$ , либо фактический показатель выигрыша в затратах тепловой энергии ( $\mathcal{E}$ ) на выработку дистиллята.

Обе предложенные установки имеют регулируемый температурный режим эксплуатации, работоспособны и могут быть успешно реализованы на практике в местах дефицита ресурсов пресной воды.

Побочным продуктом работы опреснительной установки морской воды может являться получение её солей, которые также являются ценным продуктом бытового потребления.

### Список литературы:

1. Мелинова Л.В., Подберёзный В.Л. Анализ влияния компрессии вторичного пара на технико-экономические показатели термодистилляционных установок // Вторая Нижневолжская научно-практическая конференция «Ресурсо-энергосбережение и эколого-энергетическая безопасность промышленных городов». Волжский: Филиал МЭИ (ТУ), 2005. С. 93.
2. Greco N., Durante A., Murat F. SIDEM. "Application of the Multiple Effect Process at Low Temperature to a Large Sea Water Desalination Plant" // IDA WORLD CONFERENCE ON DESALINATION AND WATER REUSE "WATER THE CHALLENGE OF THE 90's". August 25-29/-1991.-WASHINGTON, D.C. technical proceeding. Vol. 1.
3. Мелинова Л.В., Подберёзный В.Л. Анализ опыта эксплуатации различных типов опреснительных установок // Вторая Нижневолжская научно-практическая конференция «Ресурсо-энер-

госбережение и эколого-энергетическая безопасность промышленных городов». Волжский: Филиал МЭИ (ТУ), 2005. С. 98.

4. Авербух Я.Д., Филиппов С.Н. Термодинамический анализ дистилляционной установки с центробежным термокомпрессором // Водоснабжение и санитарная техника. 1986. № 3. С. 8–11.

5. Техника низких температур. Атлас под редакцией И.П. Усюкина, М.: Пищевая промышленность, 1977. 244 с.

### References

1. Melinova L.V., Podbereznij V.L. Analiz vlianiâ kompressii vtorichnogo para na tehniko-ekonomicheskie pokazateli termostillâcionnyh ustanovok. 2-nd Nižnevolžskaâ naučno-praktičeskaâ konferenciâ «Resurso-energobereženie i ekologo-energetičeskaâ bezopasnost' promyšlennyh gorodov». Volžskij: Filial MÈI (TU), 2005, p. 93 (in Russ.).
2. Greco N., Durante A., Murat F. SIDEM. "Application of the Multiple Effect Process at Low Temperature to a Large Sea Water Desalination Plant". IDA WORLD CONFERENCE ON DESALINATION AND WATER REUSE "WATER THE CHALLENGE OF THE 90's", August 25-29/-1991, WASHINGTON, D.C. technical proceeding, vol. 1 (in Russ.).
3. Melinova L.V., Podbereznij V.L. Analiz opyta èkspluatácii različnyh tipov opresnitel'nyh ustanovok. 2-nd Nižnevolžskaâ naučno-praktičeskaâ konferenciâ «Resurso-energobereženie i ekologo-energetičeskaâ bezopasnost' promyšlennyh gorodov», Volžskij: Filial MÈI (TU), 2005, p. 98 (in Russ.).
4. Averbuh Ya.D., Fillipov S.N. Termodynamičeskij analiz distillâcionnoj ustanovki s centrobežnym termokompressorom. Vodosnabženie i sanitarnaâ tehnika, 1986, no. 3, pp. 8–11.
5. Tehnika nizkix temperatur. Atlas edited by I.P. Usyukin. Moscow: Piševaâ promyšlennost' Publ., 1977, 244 p (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995





ИНФОРМАЦИЯ

INFORMATION

МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCES



2015 CHEM SHOW

THE EVENT FOR PROCESSING TECHNOLOGY  
NOV 17-19 / JAVITS CENTER / NYC

### The ChemShow 2015 - 56-я выставка химической отрасли

Это крупнейшая в США выставка химической промышленности, проводится с 1915 года 1 раз в 2 года. В ней участвует более 500 компаний на площади свыше 10 000 кв. м, и более 10 000 посетителей-специалистов.

#### В 2015 ГОДУ ВЫСТАВКА ОТМЕЧАЕТ 100-ЛЕТНИЙ ЮБИЛЕЙ

Основной упор делается на сверхчистые технологии, нанотехнологии и биотехнологии.

На выставке будет представлена продукция для различных отраслей промышленности: резино-пластиковой, технической, керамической, косметической, пищевой, металлургической, лакокрасочной, целлюлозно-бумажной, нефтехимической, фармацевтической, текстильной и других.

#### Основные профили

Оборудование химических производств (жидкостей, порошков, газов), оборудование и технологии транспортировки жидких и твердых химических продуктов, материалы, системы и приборы контроля, оборудование защиты окружающей среды и обеспечения безопасности производства, автоматизация производства. Оборудование производства порошков и др.

[www.expoclub.ru](http://www.expoclub.ru) по материалам [www.chemshow.com](http://www.chemshow.com)



### ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени акад. М.Д. Миллионщикова

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ! Приглашаем Вас принять участие в работе Международной научно-практической конференции «GEOENERGY».



## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

1. Современные технологии, оборудование, приборы и средства для производства тепловой и электрической энергии с использованием глубинного тепла Земли
2. Бурение и эксплуатация геотермальных скважин
3. Геохимия и гидрогеология геотермальных месторождений
4. Проблемы оценки запасов и разработки геотермальных месторождений
5. Автоматизированные системы и информационные технологии в геотермальной энергетике
6. Экономические, социальные и экологические аспекты развития геотермальной энергетики

Предложения по расширению перечня основных направлений конференции принимаются до 20 апреля 2015 г.

## МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ

364051, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Авторханова, д. 14/53, актов. зал.

[www.gsoi.ru](http://www.gsoi.ru)



**13-я Международная выставка технологий, оборудования  
и материалов для обработки поверхности и нанесения покрытий**

**27–29 октября 2015  
МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО**

### Разделы выставки

#### Подготовка и обработка поверхности

Системы, процессы, оборудование, материалы для подготовки поверхности черных и цветных металлов и сплавов, в том числе трубопроводов, пластических масс, дерева, керамических материалов, бетона к нанесению различных видов покрытий:

- Химико-механическая обработка: шлифование, полирование, абразивная, гидроабразивная и дробеструйная обработки, удаление грата, галтовка
- Химические и электрохимические методы: обезжиривание, травление, активация, полирование
- Физические методы: ультразвуковой, вакуумный, лазерный, плазменный, вибрационный, ударно-волновой, струей замороженных шариков CO<sub>2</sub>, водяной струей высокого давления, в парах органики
- Системы, процессы, оборудование, материалы для осушки поверхности
- Системы, процессы, оборудование, материалы для мойки поверхности: корзины для сыпучих изделий, вставные решетки, нестандартные системы крепежа деталей, очистные решетки со специальным покрытием, гибкие системы для крепежа изделий, системы и компоненты моечных и очистительных установок, системы и оборудование для ухода за очистными и промывочными ваннами, удаление средств очистки, моющие средства, услуги по очистке поверхности

[worldofmaterials.ru](http://worldofmaterials.ru) no matepualam [www.expocoating-moscow.ru](http://www.expocoating-moscow.ru)



**Оборудование, технологии, материалы для нанесения различных видов покрытий**

- Оборудование для нанесения ЛКМ
- Гальванические покрытия
- Конверсионные покрытия
- Полимерные покрытия
- Химические автокаталитические покрытия
- Металлизация графита
- Металлизация пластмасс, керамических и композиционных материалов
- Термодиффузионная металлизация (алитирование, термохромирование)
  - Горячее цинкование
  - Холодное цинкование
- Химическое осаждение из газовой фазы (CVD)
- Физическое осаждение покрытий из паровой фазы (PVD)
  - Плазменное напыление
  - Газотермическое, газодинамическое напыление
  - Вакуумное напыление
  - Термическая обработка
  - Поверхностная лазерная обработка
  - Микродуговое оксидирование

**Услуги**

- По восстановлению деталей
- По нанесению покрытий
- По защите от коррозии

**Вспомогательное оборудование и комплектующие**

- Источники тока, насосы, фильтры, ТЭНы, эжекторы, фильтрпрессы, установки для ультрафильтрации и т.д.
- Средства защиты и одежда
- Промышленные полы

**Полимеры**

- Клеи
- Герметики
- Компаунды
- Каучуки
- Эластомеры
- Полиэфирные смолы
- Полимерные материалы
- Оборудование для сварки полимерных материалов

**Лакокрасочные материалы для обработки поверхностей**

- Краски, содержащие растворитель
- Краски, не содержащие растворитель
- Водоразбавляемые (водно-дисперсионные) краски
- Неводные дисперсионные краски
- Порошковые материалы и покрытия
- Электроосаждаемые краски
- Покрытия на масляной основе
- Покрытия на основе целлюлозы
- Виниловые покрытия
- Акриловые ЛКМ
- Алкидные ЛКМ
- Насыщенные и ненасыщенные полиэфирные покрытия
- Полиуретановые эпоксидные покрытия
- Радиационноотверждаемые покрытия

**Оборудование, технологии, материалы для снижения экологической опасности производств и процессов обработки поверхности и нанесения покрытий**

- Экологический мониторинг процессов
- Очистка сточных вод
- Утилизация твердых отходов
- Очистка воздуха, чистые комнаты

**Нанотехнологии в обработке поверхности****Контрольно-измерительное и лабораторное оборудование**

- Приборы для контроля качества и свойств покрытий
- Лабораторная посуда
- рН-метры
- Аналитическое оборудование
- Приборы контроля окружающей среды
- Приборы для контроля качества цвета
- Оборудование для анализа электролитов, добавок, сточных вод и т.п.
- Ячейка Хулла

**Антикоррозионные покрытия**

- Ингибиторы коррозии
- Антикоррозионные материалы для защиты трубопроводов, газопроводов
- Антикоррозионные материалы для защиты металлоконструкций
- Антикоррозионные материалы для защиты бетона
- Индустриальные антикоррозионные материалы
- Инновационные антикоррозионные материалы

**Функциональные покрытия**

- Тонкопленочные покрытия
- Клеевые покрытия
- Покрытия из поливинилхлорида
- Огнезащитные покрытия
- Оптические покрытия
- Влагозащитные покрытия
- Антистатические покрытия
- Диэлектрические покрытия
- Декоративные покрытия
- Теплозащитные покрытия
- Химически стойкие покрытия
- Полимерные покрытия
- Гидрофобные покрытия
- Детонационные покрытия
- Покрытия, отверждаемые УФ облучением





РЕКЛАМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ,  
ИНВЕСТИЦИОННЫХ ФИРМ И ФИРМ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙADVERTISING MATTERS OF INVESTMENT  
COMPANIES AND MANUFACTURERS

Пресс-релиз

16 апреля 2015 г.

## «Академия Сен-Гобен» – энергоэффективность в теории и на практике

16 апреля 2015 года в Москве на площадке выставки MosBuild состоялась 13-я Международная конференция «Технологии проектирования и строительства энергоэффективных зданий, Passive House». Специалисты ISOVER представили результаты мониторинга здания «Академии Сен-Гобен», реконструированного в соответствии с концепцией мультикомфортного строительства.

В связи с сокращением естественных природных ресурсов перед строительной отраслью сегодня встает задача снижения потребления энергии, значительная часть которой (40,4 %) расходуется именно строительным сектором; большая часть выбросов CO<sub>2</sub> от сжигания топлива (31,1 %) приходится на здания<sup>1</sup>.

По словам директора Института пассивного дома Александра Елохова, в Европе с 2019 года можно будет строить дома стандарта не ниже пассивного<sup>2</sup>, характеризующегося увеличенным объемом и мощностью инженерного оборудования на основе альтернативных источников энергии. «Снижение энергопотребления зданий в ряде европейских стран сегодня стало неотъемлемой частью строительных стандартов. Россия пока делает первые шаги в этом направлении, однако уже сегодня в нашей стране реализован ряд проектов зданий со сниженным энергопотреблением за счет использования современных строительных материалов и технологий. Полученные результаты – реальная экономия энергоносителей и средств на обслуживание таких объектов – позволяет говорить о перспективности этого направления в строительстве», – сказал он.

Дома, построенные или реконструированные с учетом требований энергоэффективности, обладают дополнительными преимуществами, обеспечивающими высокий уровень комфорта: хорошей акустикой, оптимальным освещением, высоким качеством воздуха, пожарной безопасностью, экологичностью используемых материалов, что также позволяет снизить нагрузку на окружающую среду. Одним из наиболее удачных примеров такого строительства специалисты называют «Академию Сен-Гобен».

Как рассказал участникам конференции руководитель отдела энергоэффективности «Сен-Гобен» Александр Шабалдин, при реализации проекта «Академии Сен-Гобен» учитывались основные принципы энергоэффективного строительства: массивная замкнутая теплоизоляционная оболочка со сведенным к минимуму влиянием от мостов холода, герметичная оболочка, энергосбережение, рациональное использование ресурсов, а также альтернативная энергетика. «Соблюдение этих принципов позволило реконструировать старое офисное здание 1961 года постройки в инновационный тренинг-центр. В здании снижено потребление удельной энергии на отопление более чем в 4 раза. Вот уже свыше полутора лет Академия принимает множество посетителей на обучающие курсы.

«Для оптимизации энергопотребления мы выбрали наиболее подробную и точную методику по расчету – PHPP (программа для расчета пассивных домов), – сообщил специалист отдела энергоэффективности «Сен-Гобен» Кирилл Парамонов. – В январе 2015 года мы завершили работы по настройке системы мониторинга энергопотребления. Установленные датчики позволяют в режиме реального времени отследить, сколько потребляет здание, в каком помещении превышена концентрация углекислого газа и необходима большая подача чистого воздуха, где были скачки электричества и т.д. Иными словами, все изменения тех или иных параметров здания фиксируются и корректируются в автоматическом режиме». Также в Академии установлена вторая достаточно простая система расчета, Energy Operation. Она позволяет сформировать полную картину «жизнедеятельности» здания, понять реальную экономию средств.

<sup>1</sup> IPCC Fifth Assessment report 2014 (Пятый оценочный доклад МГЭИК 2014).

<sup>2</sup> <http://xn--80aafbtankhlebg1amz.xn--p1ai/news/klassifikatsiya-zdaniy-po-ikh-urovnyu-nergopotrebleniya>



Участники конференции проанализировали ключевые проблемы развития энергоэффективного строительства в России и отметили, что эта сложная проблема требует поэтапного решения. «Академия Сен-Гобен» стала одним из первых в стране реализованных проектов, на практике демонстрирующим возможность внедрения современных подходов в строительстве. Комплексное решение поставленных задач позволило существенно повысить энергоэффективность здания и уменьшить оказываемую им нагрузку на окружающую среду.

#### **О подразделении ISOVER:**

ISOVER более 75 лет является мировым стандартом качества теплоизоляции. Материалами ISOVER утеплен каждый третий дом в Европе. ISOVER – единственный бренд в России, имеющий в своем портфолио продукты как на основе стекловолокна, так и каменного волокна. За 22 года компания стала ведущим игроком на российском рынке строительных материалов.

Продукция ISOVER обеспечивает эффективную защиту от холода и шума, повышает комфорт и энергоэффективность дома, сокращает затраты на его эксплуатацию. В 2013 году ISOVER был отмечен премией Правительства г. Москвы «Берегите энергию!» в номинации «Технология года». Материалы ISOVER имеют экомаркировку от независимого экологического института, подтверждающую безопасность продукции для здоровья человека и окружающей среды. В 2013 году ISOVER вышел на новый уровень, получив экомаркировку EcoMaterial Absolute. Согласно стандарту EcoMaterial, продукция, отмеченная наивысшей степенью - Absolute, соответствует современным стандартам экологичности и безопасности, является инновационной и высокотехнологичной, а ее использование способствует модернизации строительной отрасли.

С 2014 года ISOVER – первый и единственный теплоизоляционный материал в России, имеющий экологическую декларацию (EPD).

#### **За дополнительной информацией, пожалуйста, обращайтесь:**

Дарья Ильина, PR-manager ISOVER

Светлана Тихонова,

Тел.: +7 (495) 775-15-10 ext. 5473,

Тел.: +7 (967) 026-18-80

E-mail: [isover.press.rus@saint-gobain.com](mailto:isover.press.rus@saint-gobain.com)

E-mail: [stikhonova@pr-consulta.ru](mailto:stikhonova@pr-consulta.ru)

Пресс-релиз

1 апреля 2015 г.

#### **WEBER-VETONIT: лучшие строительные решения в инновационном формате**

Компания «Сен-Гобен» предлагает инновационное решение – теперь получить актуальную информацию о внешней и внутренней отделке стен, выравнивании поверхностей и многое другое можно в любое время и в любом месте. Достаточно установить на смартфон или планшет мобильное приложение WEBER-VETONIT.

Инновационное решение адресовано тем клиентам компании, которым важно оперативно получать информацию о продуктах и услугах. Мобильное приложение WEBER-VETONIT на русском языке разработано для устройств, работающих на операционных системах Android и IOS.

Бренд WEBER-VETONIT – ведущий производитель сухих строительных смесей для ремонта и нового строительства, занимает лидирующие позиции в Европе по объему продаж и пользуется заслуженной популярностью в России. При помощи мобильного приложения клиенты компании могут получить подробную информацию всех продуктов с описанием их назначения, технических характеристик, области применения, а также всех необходимых сертификатов.

Приложение будет полезно как профессионалам отрасли, так и тем, кто приступает к ремонту или строительству самостоятельно. Специалисты компании предложат профессиональные советы и варианты решения проблем, возникающих при ремонте и строительстве; видеонструкции помогут лучше понять особенности работы с материалами WEBER-VETONIT. Также приложение позволяет подобрать идеальное фасадное решение, самостоятельно раскрасив фасад здания палитрой WEBER.

Кроме того, приложение позволяет получить наиболее актуальную информацию о новинках бренда, акциях и интересных событиях, поможет найти ближайшего дистрибьютора и связаться с менеджером компании, написать письмо или оставить сообщение на горячей линии.

**О ПОДРАЗДЕЛЕНИИ WEBER-VETONIT:**

WEBER-VETONIT – ведущий производитель сухих строительных смесей для ремонта и нового строительства, выпускающий продукцию на 180 заводах и ведущий операционную деятельность в 49 странах мира.

Бренд Weber имеет более чем 100-летнюю историю и занимает лидирующие позиции в Европе по производству сухих строительных смесей.

Контакты для СМИ:

Анна Цоглина,

Тел.: +7 (495) 981 47 43

Anna.Tsoglina@saint-gobain.com

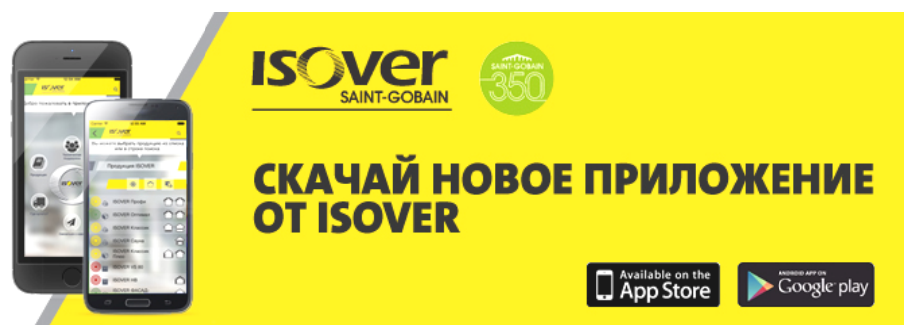
Пресс-релиз

1 апреля 2015 г.

### ISOVER повышает качество сервиса для клиентов

#### Все об утеплении в мобильном приложении ISOVER

Компания «Сен-Гобен» представила специальное мобильное приложение, которые обеспечивает клиентам постоянный доступ к информации о тепло- и звукоизоляционных решениях ISOVER. Теперь для получения самых актуальных сведений о необходимой продукции нужен только смартфон или планшет - приложение создано для наиболее популярных операционных систем Android и iOS.



Архитекторы и проектировщики оценят удобство как при ознакомлении с чертежами выполненных проектов и сертификатами на продукцию ISOVER, так и при их скачивании. С помощью приложения можно найти контакты ближайшего к объекту регионального представителя или официального дистрибьютора компании. Возможность оперативно связаться с квалифицированными специалистами ISOVER и получить своевременную консультацию по любому вопросу, связанному с особенностью применения тепло- и звукоизоляции ISOVER, техническими характеристиками и т.д. делает мобильное приложение незаменимым помощником.

Вот уже 350 лет «Сен-Гобен» заботится о своих клиентах и прилагает все усилия для того, чтобы им было удобно и комфортно работать с передовыми материалами и решениями компании. Запуск мобильного приложения ISOVER – еще один шаг в этом направлении.

#### О подразделении ISOVER:

ISOVER более 75 лет является мировым стандартом качества теплоизоляции. Материалами ISOVER утеплен каждый третий дом в Европе. ISOVER – единственный бренд в России, имеющий в своем портфолио продукты как на основе стекловолокна, так и каменного волокна. За 22 года компания стала ведущим игроком на российском рынке строительных материалов.

Продукция ISOVER обеспечивает эффективную защиту от холода и шума, повышает комфорт и энергоэффективность дома, сокращает затраты на его эксплуатацию. В 2013 году ISOVER был отмечен премией Правительства г. Москвы «Берегите энергию!» в номинации «Технология года». Материалы ISOVER имеют экомаркировку от независимого экологического института, подтверждающую безопасность продукции для здоровья человека и окружающей среды. В 2013 году ISOVER вышел на новый уровень, получив экомаркировку EcoMaterial Absolute. Согласно стандарту EcoMaterial, продукция, отмеченная наивысшей степенью - Absolute, соответствует современным стандартам экологичности и безопасности, является инновационной и высокотехнологичной, а ее использование способствует модернизации строительной отрасли.

С 2014 года ISOVER - первый и единственный теплоизоляционный материал в России, имеющий экологическую декларацию (EPD).

За дополнительной информацией, пожалуйста, обращайтесь:

Дарья Ильина, PR-manager ISOVER  
Тел.: +7 (495) 775-15-10 ext. 5473,  
E-mail: isover.press.rus@saint-gobain.com

Пресс-релиз

1 апреля 2015 г.

### Мобильные приложения ISOVER и WEBER-VETONIT – сервис нового уровня

Компания «Сен-Гобен» разработала специальные мобильные приложения, которые обеспечивают постоянный доступ к информации о материалах ISOVER и WEBER-VETONIT. Теперь для получения самых актуальных сведений о необходимой строительной продукции нужен только смартфон или планшет.



Если еще несколько лет назад информацию в интернете большинство людей получало при помощи стационарных персональных компьютеров или ноутбуков, то сегодня для этого все чаще используются мобильные устройства – смартфоны, планшеты. Для наиболее популярных операционных систем, Android и IOS, специалисты компании «Сен-Гобен» разработали мобильные приложения, которые позволяют оперативно получить необходимую информацию, сэкономить время при выборе продукции, оформлении заказа и приобретении материалов.

Приложение WEBER-VETONIT предоставляет пользователям наиболее полную информацию, касающуюся внешней и внутренней отделки стен, выравнивания полов, фасадных систем, систем гидроизоляции и ремонтных составов. Пользователи могут изучить варианты решений проблем, возникающих при ремонте и строительстве, подобрать идеальное фасадное решение, посмотреть видеопособия и многое другое.

Авторы мобильного приложения ISOVER разработали его таким образом, чтобы клиенты могли оперативно получить актуальную информацию о материалах ISOVER, особенностях их применения, скачать чертежи проектов и сертификаты на продукцию, а также узнать контактные данные региональных представителей и официальных дистрибьюторов компании. Кроме того, приложение дает возможность оперативно получать консультацию квалифицированных специалистов компании.

Вот уже 350 лет «Сен-Гобен» заботится о своих клиентах и прилагает все усилия для того, чтобы им было удобно и комфортно работать с передовыми материалами и решениями компании. Запуск мобильных приложений ISOVER и WEBER-VETONIT – еще один шаг в этом направлении.

#### Контакты для СМИ:

Елена Тонкова  
Менеджер по связям с общественностью, «Сен-Гобен»  
тел.: +7 (499) 929-55-70  
elena.tonkova@saint-gobain.com



### О КОМПАНИИ SAINT-GOBAIN

В 2015 году компания Saint-Gobain отмечает 350-летний юбилей. 350 лет и 350 причин верить в будущее. Благодаря своему опыту и инновациям компания Saint-Gobain сегодня является мировым лидером в области создания комфортного пространства для жизни, работы и отдыха людей. Компания разрабатывает, производит и продаёт высококачественные материалы и решения для строительной отрасли. В 2013 году объём продаж «Сен-Гобен» составил 42 миллиарда евро. Компания Saint-Gobain имеет подразделения в 64 странах мира и около 190 000 человек сотрудников. Более подробную информацию о компании Saint-Gobain можно получить на сайте компании [www.saint-gobain.ru](http://www.saint-gobain.ru)

#### За дополнительной информацией, пожалуйста, обращайтесь:

Светлана Тихонова,  
Тел.: +7 (967) 026-18-80  
E-mail: stikhonova@pr-consulta.ru



### Mitsubishi Electric разрабатывает лазерный диод с распределенной обратной связью

Диод позволит снизить расход электроэнергии, увеличить производительность и упростить схему приемопередатчиков волоконно-оптической связи

**Москва, 1 апреля 2015 г.** — Корпорация Mitsubishi Electric объявила о разработке лазерного диода с распределенной обратной связью для волоконно-оптической связи со скоростью 25 Гбит/с. Он отличается низким расходом энергии и предназначен для систем, скорость которых составляет 100 Гбит/с, а диапазон рабочих температур — от -20 до 85 градусов Цельсия. Четыре таких диода могут устанавливаться на высокоскоростные (до 100 Гбит/с) приемопередатчики для обеспечения волоконно-оптической связи, улучшения ее качества и повышения эффективности в центрах обработки данных. Также лазерный диод поможет упростить требования к конструкции приемопередатчиков.

Mitsubishi Electric представила новинку на международной выставке и конференции, посвященной оптоволоконным коммуникациям (OFC 2015), которая прошла в Лос-Анджелесе, штат Калифорния, с 22 по 26 марта 2015 г.

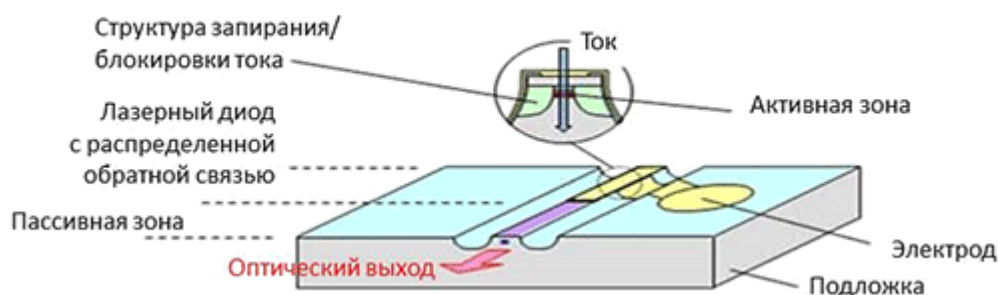


Рис. 1. Схема лазерного диода с распределенной обратной связью для волоконно-оптической связи со скоростью 25 Гбит/с

#### Характеристики

**1) Высокие эффективность и производительность даже при высоких температурах и низкое потребление энергии**

— Новая структура блокировки тока обеспечивает малую емкость для эффективного ввода тока без снижения скорости обратной связи.

— Эффективность ввода тока в активной области повышена на 12% по сравнению с уже выпускаемыми продуктами компании. При температуре 85°C выходная мощность составляет более 10 мВт.



— Возможность эксплуатации при высокой температуре устраняет необходимость в охлаждении, позволяя снизить потребление энергии.

— В состав оптического узла передатчика (TOSA) для систем связи со скоростью 100 Гбит/с входят четыре лазерных диода с распределенной обратной связью со скоростью передачи данных 25 Гбит/с. Их высокая выходная мощность компенсирует потери мультиплексора внутри оптического узла передатчика.

**2) Способность работы в широком диапазоне температур и высококачественная модуляция сигнала позволяют упростить конструкцию высокоскоростных (100 Гбит/с) систем связи**

— Структура блокировки тока с малой емкостью и лазером малой длины (75% от длины в существующих продуктах компании) обеспечивает высококачественный сигнал модуляции с пороговым значением маски более 20%.

— Высококачественная модуляция оптического сигнала упрощает конструкцию управляющей схемы лазера и, следовательно, конструкцию приемопередатчика.

Mitsubishi Electric давно стремилась разработать DFB-лазер с коротким временем реакции для обеспечения скорости 25 Гбит/с. Считалось, что для блокировки тока наиболее перспективны PIN-структуры, обладающие высоким электрическим сопротивлением благодаря легирующим добавкам, однако она не позволяет получить высокую выходную мощность сигнала из-за низкой эффективности ввода тока в активную зону. Для решения этой проблемы компания разработала новую PIN-структуру блокировки тока.

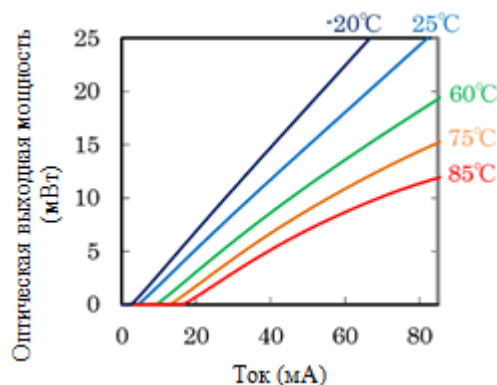


Рис. 2. Зависимость оптической выходной мощности от силы тока

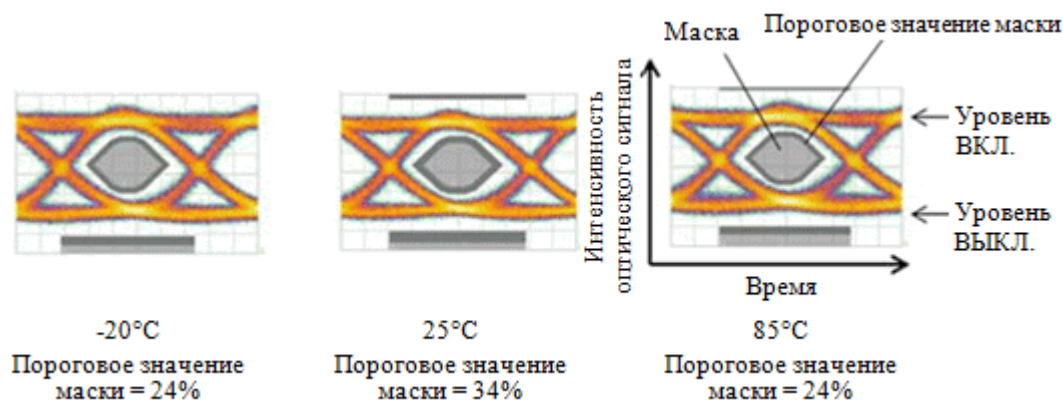


Рис. 3. Форма сигнала модуляции

### Перспективы развития

Mitsubishi Electric продолжит усовершенствование лазера с распределенной обратной связью, чтобы обеспечить возможность работы при более широком диапазоне температур и достичь более высокого коэффициента преобразования электрического тока в оптическую выходную мощность. Инженеры компании планируют добиться этого за счет высокоплотной упаковки и низкого потребления энергии передатчиков связи.





#### О компании:

Корпорация с более чем девяностолетним опытом предоставления надежных высококачественных продуктов и услуг корпоративным и частным потребителям во всем мире, Mitsubishi Electric является признанным лидером в производстве, маркетинге и продаже электрического и электронного оборудования, используемого в информационных технологиях, телекоммуникациях, исследовании космоса, спутниковой связи, бытовой электронике, промышленных технологиях, энергетике, транспорте и строительстве. Более подробная информация о корпорации Mitsubishi Electric доступна на ее глобальном сайте <http://MitsubishiElectric.com/>.

Mitsubishi Electric Europe B.V. является дочерней компанией Mitsubishi Electric Corporation, которая помогает европейским клиентам корпорации отвечать на вызовы их бизнеса, предоставляя им свои инновационные технологии, высококачественную продукцию и решения. Более подробная информация о Mitsubishi Electric Europe B.V. доступна на сайте <http://MitsubishiElectric.eu/>.

В 1997 году в Москве было открыто Представительство Mitsubishi Electric Europe B.V. Сейчас интересы компании на рынках России и стран СНГ представляют три филиала Mitsubishi Electric Europe B.V. Филиал в Москве содействует продвижению систем кондиционирования воздуха и промышленной автоматики, силовых полупроводников, визуальнo-информационных систем, а также высоковольтного энергетического оборудования Mitsubishi Electric; филиал в Екатеринбурге, открытый в 2007 году, нацелен на продвижение систем кондиционирования воздуха Mitsubishi Electric в Уральском регионе; деятельность филиала в Санкт-Петербурге, открытого в 2008 году, сосредоточена на продвижении в Северо-Западном регионе продукции и систем промышленной автоматики в Северо-Западном регионе. Более подробная информация о деятельности Mitsubishi Electric Europe B.V. в России доступна на сайте <http://MitsubishiElectric.ru/>.

#### Контакты для прессы:

Блинова Алена  
Mitsubishi Electric Europe B.V.  
Филиал в г. Москве  
Тел.: +7 (495) 721-2073  
[Alyona.Blinova@mer.mee.com](mailto:Alyona.Blinova@mer.mee.com)  
<http://MitsubishiElectric.ru>



31 марта 2015

#### Композитные материалы «Гален» применяются в строительстве экспериментального «нанодома» в Москве

Летом 2015 года будет достроено 14-этажное жилое здание, возводимое с применением инновационных технологий. В строительстве экспериментального «нанодома» на Нижегородской улице в Москве используются композитные материалы производства компании «Гален».

«Нанодом» — совместный проект городского «Управления гражданского строительства» («УГС») и РОСНАНО. Применение нанотехнологий позволя-

ет сократить сроки возведения здания (все работы будут выполнены на пять месяцев раньше нормативного срока), а значит, уменьшить его себестоимость. Использование инновационных технологий увеличивает срок службы жилых домов на 30%. При этом жильцы «нанодома» получают дополнительное снижение затрат на отопление и электроэнергию — за счёт высокой энергоэффективности здания.

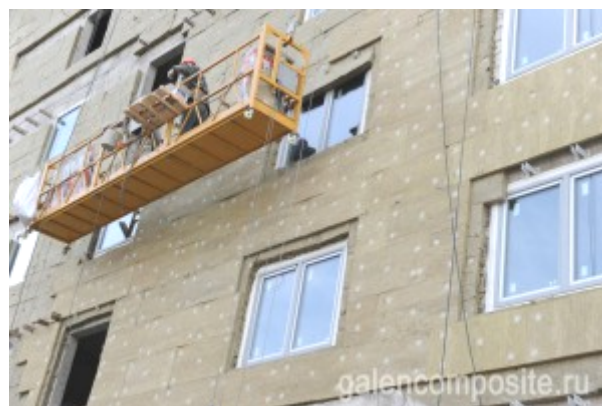


В строительстве жилого дома широко применяется продукция компании «Гален». Композитная сетка ROCKMESH® используется строителями для фиксации внутренних перегородок дома. От традиционных аналогов из стали она отличается низким весом, высокой прочностью и устойчивостью к внешним воздействиям. Срок службы композитной сетки превышает 100 лет.



В настоящее время на объекте завершены монолитные работы, идет установка окон и наружных инженерных систем. Материалы «Гален» необходимы и на этом этапе строительства — композитные дюбе-

ли используются при облицовке фасада здания. Базальтопластик обладает высокой прочностью и при этом совершенно не проводит тепло, что важно при креплении теплоизоляционных плит — композитный дюбель не создаёт «мостика холода» между стеной здания и внешней средой. Более того, морозоустойчивость материалов дюбелей (базальтопластика и ударопрочного полипропилена) позволяет проводить монтажные работы при низких температурах.



Экспериментальный «нанодом» может стать прототипом жилья нового поколения не только Москвы, но и для всей России. Через два года после ввода здания в эксплуатацию специалисты проведут мониторинг внутренних систем и функциональных элементов здания, после чего составят рекомендации по использованию новых материалов и технологий при строительстве жилья. Подобные нанотехнологии в столице уже применялись при строительстве детсадов и школ. В 2014 году в рамках проекта «УГС» и РОС-НАНО были введены в эксплуатацию детский сад и школа в новом микрорайоне на Базовской улице.

#### О компании:

ООО «Гален» Разработчик и производитель современных композитных материалов для промышленно-гражданского строительства, дорожного хозяйства, горнодобывающей промышленности и электроэнергетики. Пионер внедрения базальтопластиковых технологий, лидер российского рынка строительных композитных материалов. Предприятие основано в 2001 году, с 2011 года — приобрело статус проектной компании РОСНАНО. «Гален» сегодня – это 2 производственные площадки в России и Белоруссии; дилерская сеть в России, странах СНГ, Великобритании; экспортно-ориентированный бизнес — более 20% выпускаемой продукции поставляется в зарубежные страны. Компании принадлежит более 20 патентов и ноу-хау. С 2009 года производство осуществляется с применением нанотехнологий.

**Телефон / факс:** (495) 668-09-53, (8352) 24-25-92 (отдел продаж),  
(8352) 24-25-90, 24-25-93 (приемная), (8352) 24-25-91 (бухгалтерия),  
(8352) 66-23-22, 30-82-00, 30-82-10.

**Email:** market@galen.su, info@galen.su





**МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(Минприроды России)**

**Информационное сообщение**

**Россия и Китай будут развивать сотрудничество в области обращения с отходами**

Такое решение было принято в ходе встречи Министра природных ресурсов и экологии Российской Федерации Сергея Донского и Министра охраны окружающей среды Китайской Народной Республики Чэнь Цзинином.

Встреча прошла в Москве 21 апреля 2015 г. в преддверии Первой официальной встречи министров окружающей среды стран БРИКС, проходящей в рамках председательства Российской Федерации в БРИКС.

В ходе встречи С.Донской выразил удовлетворение развитием сотрудничества в области охраны окружающей среды и проинформировал китайскую сторону о работе Министерства в части совершенствования природоохранной законодательной базы России.

В свою очередь, Министр Чэнь Цзинин поблагодарил за приглашение на Первую официальную встречу министров окружающей среды стран БРИКС, подтвердил заинтересованность в дальнейшем развитии двустороннего взаимодействия, а также отметил, что Китай предпринимает шаги по совершенствованию национальной законодательной базы в области охраны окружающей среды.

С.Донской подчеркнул, что стороны проделали большую работу, но нужно двигаться дальше, укрепляя достигнутые результаты и развивая новые взаимовыгодные направления сотрудничества. Одним из таких направлений может стать обращение с отходами.

Более подробно данный вопрос будет обсуждаться в рамках 10-го заседания Подкомиссии по сотрудничеству в области охраны окружающей среды Российско-Китайской комиссии по подготовке регулярных встреч глав правительств. Данное предложение нашло поддержку Министра Чэнь Цзинина.

21 Апреля 2015

**Глава Минприроды России Сергей Донской примет участие в Министерском заседании  
Арктического совета в городе Икалунт (Канада)**

В рамках заседания председательство в Арктическом совете перейдет от Канады к США, и государственный секретарь США Джон Керри представит председательскую программу США на 2015–2017 гг.

Мероприятие пройдет с 24 по 25 апреля 2015 г. на севере Канады в г. Икалунт (Нунавут).

По итогам заседания планируется принятие министерской декларации, а также принятие рамочного документа по предупреждению разливов нефти и рамочной программы для действий в области сокращения черного углерода и метана.

Как отметил глава Минприроды России Сергей Донской: «Сегодня члены Арктического совета одинаково оценивают необходимость принятия соглашения. Россия вместе с Норвегией разработала этот важнейший документ, председательствуя в соответствующей рабочей группе Совета». Он напомнил, что Россия и Норвегия ведут масштабные работы по геологическому изучению в арктическом регионе. Сегодня все страны должны отдавать себе отчет в необходимости формирования единых правил предупреждения и реагирования на разливы нефти, риски которых существуют в связи с планируемым судоходством и нефтедобычей в регионе. По его словам, соглашение также предусматривает совместное совершенствование навигационных карт, системы метеонаблюдения и др.

Участники заседания также обсудят результаты председательства Канады, выработанные принципы и оценки изменения климата, защиты биоразнообразия и борьбы с загрязнением в Арктике.

**Справка:**

Арктический совет был официально учрежден в 1996 г. в соответствии с Оттавской декларацией и является межправительственным форумом высокого уровня, обеспечивающим содействие сотрудничеству, согласованной деятельности и взаимодействию между арктическими государствами с привлечением коренных общин и остальных жителей Арктики к работе над общими проблемами арктического региона, особенно в сфере устойчивого развития и защиты окружающей среды в Арктике. Государствами-членами Арктического совета являются Канада, Дания (включая Гренландию и Фарерские острова), Финляндия, Исландия, Норвегия, Российская Федерация, Швеция и Соединенные Штаты Америки.







Web-сайт:  
[www.golden-phoenix.ru](http://www.golden-phoenix.ru)  
[www.energyolimp.ru](http://www.energyolimp.ru)  
[www.stroyolimp.ru](http://www.stroyolimp.ru)  
[www.stroyreestr.ru](http://www.stroyreestr.ru)



Экспертно-информационная  
служба Содружества  
Россия, 111250, Москва,  
Красноказарменная ул., д. 14,  
оф. 203  
Тел./факс: (495)789-82-86  
[www.olimpstars.ru](http://www.olimpstars.ru)



E-mail:  
[info@finolimp.ru](mailto:info@finolimp.ru)  
[info@energyolimp.ru](mailto:info@energyolimp.ru)  
[info@stroyolimp.ru](mailto:info@stroyolimp.ru)  
[info@stroyreestr.ru](mailto:info@stroyreestr.ru)

### ПОСТ - РЕЛИЗ

23 апреля 2015г. в Москве в Красном зале Президент-отеля  
состоялась Церемония награждения Лауреатов Премий  
«РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП - 2015»  
и вручения Золотых Сертификатов Программ  
«НАДЕЖНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА – 2015»



Программы проводятся при поддержке Правительства Москвы, Администраций субъектов Российской Федерации, Торгово-промышленной палаты Российской Федерации, Российского союза промышленников и предпринимателей, Российского Союза строителей, Московской Международной Бизнес Ассоциации, саморегулируемых организаций, профессиональных общественных объединений разных отраслей экономики и ряда других организаций.

В этом году исполняется 20 лет Программе «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП»! Программа «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП» учреждена в 1995 году, и официальная церемония награждения Лауреатов одноименной Премии проводится с 1996 года ежегодно. Тысячи организаций строительной отрасли приняли участие в Программе в качестве номинантов, более четырехсот организаций стали Лауреатами, которых по праву можно отнести к золотому фонду строительной отрасли России.

Лауреаты Программы «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП» – это наиболее динамичные, надежные и успешно работающие организации, имеющие безупречную деловую репутацию, устойчивое финансовое состояние и внесшие значительный вклад в развитие строительной индустрии Российской Федерации.



Программы «Российский Олимп» позволяют повышать социальный статус цивилизованного предпринимательства в глазах общественности и укрепляют позитивные тенденции в развитии российской экономики.

В 2011 году введены номинации, направленные на повышение престижа рабочих и специалистов под общим названием «Галерея профессионалов».

В 2013 году учреждена профессиональная премия «Российский Жилищно-Коммунальный Олимп» ([www.zhkolimp.ru](http://www.zhkolimp.ru)), призванная содействовать решению проблем в жилищно-коммунальной сфере, повышению эффективности работы отрасли, улучшению качества жизни граждан путем популяризации лучших предприятий, научных и социальных проектов в сфере ЖКХ, служащих примером для преемственности и получения опыта другими предприятиями и регионами Российской Федерации.

В номинации «Информационный партнер» награждаются представители прессы, которые внесли вклад в развитие экономики страны и оказали неоценимую помощь в продвижении Программ «Российский Олимп».

Впервые среди лауреатов Программы «Российский Строительный Олимп» награждается строительная компания нового субъекта Российской Федерации – Крымского федерального округа.

В музыкальной программе церемонии, посвященной 70-летию Победы в Великой Отечественной войне, прозвучали песни и мелодии военных лет.

Премии «Российский Олимп» являются знаком качества и подтверждают высокую культуру предпринимательства, деловую активность, эффективность деятельности Лауреатов. Номинанты и Лауреаты Премии – организации с разной историей и подходами к ведению бизнеса, но всех их объединяет одно – неизменно высокая надежность и качество предоставляемых услуг.

### ЛАУРЕАТЫ ПРЕМИИ «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП – 2015»

**Закрытое акционерное общество «ТУС», Чувашская Республика, г. Чебоксары .**

Лауреат премии «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП – 2015»

в номинации «КАПИТАЛЬНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО» – Ведущая динамично развивающаяся строительная компания Чувашской Республики, предоставляющая полный спектр услуг в сфере проектирования, девелопмента и строительства, а также производства строительных материалов.

**Генеральный директор – Угаслов Николай Федорович** (Заслуженный строитель Чувашской Республики, награжден орденом «За заслуги в строительстве» Российского Союза строителей, орденом «Золотая звезда Славы» общественного благотворительного фонда «Национальная слава», имеет почетное звание «Заслуженный работник культуры Чувашской Республики», «Заслуженный работник культуры Республики Татарстан», диплом I степени победителя XV Всероссийского конкурса на лучшую строительную организацию Министерства регионального развития РФ, диплом Межправительственного совета по сотрудничеству в строительной деятельности государственных участников содружества Независимых государств победителю V международного конкурса на лучшую строительную и проектную организацию, диплом Лидера Российской экономики, диплом II степени победителя IX Всероссийского конкурса на лучшую строительную и проектную организацию, диплом Всероссийского форума спортивно-национальный проект, диплом Кабинета Министров Чувашской Республики за I место «Приоритетный проект года Республиканского конкурса на звание «Лучший инвестиционный проект 2011 года», награжден почетной грамотой Министерства строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Чувашской Республики, имеет благодарственное письмо Главы г. Чебоксары, свидетельства XIV и XIII Всероссийского конкурса на лучшую строительную организацию)

**Адрес:** 428034, Россия, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. М. Павлова, 39, пом. 7

**Тел./Факс:** (8352) 43-45-04, (8352) 43-45-56, (8352) 43-45-06

**E-mail:** [info@sktus.ru](mailto:info@sktus.ru)

**Web:** [www.sktus.ru](http://www.sktus.ru)

**Виды деятельности:** строительство многоквартирных жилых домов и нежилых объектов; производство строительных материалов; функции заказчика-застройщика, инвестора, генерального подрядчика и риэлтора.

**Закрытое акционерное общество «ГЛАВЗАРУБЕЖСТРОЙ», г. Москва.**

Лауреат премии «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП-2015»

в номинации «ЛИДЕР СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ» – Ведущая строительная компания, выполняющая полный комплекс услуг при строительстве сложных и уникальных объектов за рубежом и в России

**Президент – Портнов Борис Анатольевич** (Заслуженный строитель России)

**Адрес:** 121087, г. Москва, ул. Тучковская, д.9 А

**Тел./Факс:** 8 (495) 780-09-36, (495) 780-09-37

**E-mail:** [glavzs@glavzs.ru](mailto:glavzs@glavzs.ru)

**Web:** [www.glavzs.ru](http://www.glavzs.ru)

**Виды деятельности:** строительство, проектирование, реконструкция, реставрация, техническое перевооружение, дизайн интерьеров, юридическое сопровождение; все этапы проектирования и все виды строительных работ как в России, так и за рубежом.



Группа компаний ИНЖПРОМ, г. Москва.

Лауреат премии «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП – 2015»

в номинации «За высокое качество выполнения работ по изготовлению и монтажу металлоконструкций производственного корпуса на объекте «Строительство научно-производственного корпуса по прототипированию печатных плат в особой экономической зоне «Дубна»

Генеральный директор – Митрофанова Анжелика Петровна

Адрес: 127473, Москва, 2-й Щемилковский пер., д.4, а/я 49

Тел./Факс: (495)201-37-74, (905) 774-95-50

E-mail: info@engprom.ru, mitrofanova@engprom.ru

Web: http://www.engprom.ru, www.engprom.com

Виды деятельности: изготовление и монтаж металлоконструкций, строительство и проектирование зданий, сооружений в комплексе.

Саморегулируемая организация Некоммерческое партнерство «Межрегиональное объединение проектных организаций специального строительства», г. Москва.

Лауреат премии «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП – 2015»

в номинации «ЛИДЕР САМОРЕГУЛИРУЕМЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ» За активное участие в становлении системы саморегулирования, внедрении инновационных идей и современных подходов в организации деятельности проектных компаний

Генеральный директор – Ширшов Сергей Васильевич (генерал-майор, награжден медалью-орденом «За заслуги перед Отечеством» II степени, орденом Почета, Заслуженный строитель РФ, Почетный строитель России, член Российского общества инженеров строительства)

Адрес: 123103, г. Москва, ул. Живописная, д. 5, корп. 2

Тел./Факс: (495) 661-71-46

E-mail: moposs2008@yandex.ru

Web: www.np-moposs.ru

Виды деятельности: саморегулируемая организация, основанная на членстве лиц, осуществляющих подготовку проектной документации; предпринимательская деятельность, связанная с осуществлением архитектурно-строительного проектирования; участие в регулировании деятельности в области архитектурно-строительного проектирования в Российской Федерации.

ОСАО «Ингосстрах», г. Москва

Лауреат премии «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП – 2015»

в номинации «Лидер на рынке страхования гражданской ответственности и строительно-монтажных рисков»

Генеральный директор – Волков Михаил Юрьевич

Адрес: 115998, г. Москва, ул. Пятницкая, д. 12, стр. 2

Тел./Факс: (495)956-55-55, 232-32-11

E-mail: ingos@ingos.ru

Web: www.ingos.ru

Виды деятельности: полный спектр страховых услуг; обеспечение комплексной защиты финансовых интересов клиентов компании; перестрахование.

Открытое акционерное общество «Курский завод крупнопанельного домостроения имени А.Ф. Дериглазова», г. Курск

Лауреат премии «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП – 2015»

в номинации «ЛИДЕР СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ» Ведущая строительная организация Курска и Курской области

Генеральный директор – Дериглазов Игорь Анатольевич (Почетный строитель Курской области, победитель конкурсов «Руководитель года 2014», дипломант «Лучший руководитель года 2014», обладатель награды «Бизнесмен года 2014», победитель конкурса «Менеджер года 2013» и других)

Адрес: 305018, г. Курск, проезд Львовский поворот, д. 18

Тел./факс: (4712) 37-76-49, 37-71-38, 37-72-40

E-mail: info@zavodkpd.ru

Web: www.zavodkpd.ru

Виды деятельности: все виды строительно-монтажных работ; монтаж жилых домов, прокладывание всех инженерных сетей; благоустройство прилегающих территорий; электромонтажные, сантехнические и отделочные виды работ.

ООО "СК Консоль-Строй ЛТД", Республика Крым, г. Симферополь

Лауреат премии «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП – 2015»

в номинации «ЛИДЕР СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ» Ведущая управляющая строительная компания Крымского федерального округа, выполняющая функции генподрядчика, заказчика и инвестора

Генеральный директор – Ильяшенко Николай Андреевич (Заслуженный строитель Украины, имеет Благодарность Президента Украины за самоотверженный труд, значимый особый вклад в развитие и укрепление украинского государства, реконструкцию стадиона Таврия в г. Симферополе, Почетную Грамоту Совета Министров АРК)

Адрес: 295033, Россия, Республика Крым, Симферополь, ул. Бородина, 16





**Тел/факс:** (978) 731-83-83(Алушта), (978) 818-9000 (Керчь), (978) 818-4000 (Севастополь), (978) 818-3000, (978) 835-53-53 (Симферополь), (978) 857-48-05 (Феодосия), (978) 818-7-000 (Ялта)

**E-mail:** rsf@consol.crimea.com

**Web:** http://consol.ua/

**Виды деятельности:** проектные работы; строительство жилой и коммерческой недвижимости; выполнение различных видов строительно-монтажных работ любой сложности; инжиниринговые работы; реализация недвижимости; сервисное обслуживание введенной в эксплуатацию недвижимости.

## ПЕРСОНАЛЬНЫЕ НОМИНАЦИИ

**Баженов Юрий Михайлович**, г. Москва

**Член Президиума Российской академии архитектуры и строительных наук**

**Лауреат премии "РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП – 2015"**

в номинации «За выдающийся вклад в науку о строительном материаловедении»

**Адрес:** 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

**Тел./Факс:** (495)781-80-07

**E-mail:** kanz@mgsu.ru

**Web:** www.mgsu.ru

**Угаслов Николай Федорович**, Чувашская Республика, г.Чебоксары

**Генеральный директор ЗАО «ТУС»** (Заслуженный строитель Чувашской Республики, награжден орденом «За заслуги в строительстве» Российского Союза строителей, орденом «Золотая звезда Славы» общественного благотворительного фонда «Национальная слава», имеет почетное звание «Заслуженный работник культуры Чувашской Республики», «Заслуженный работник культуры Республики Татарстан», имеет диплом I степени победителя XV Всероссийского конкурса на лучшую строительную организацию Министерства регионального развития РФ, диплом Межправительственного совета по сотрудничеству в строительной деятельности государств-участников Содружества Независимых государств победителю V международного конкурса на лучшую строительную и проектную организацию, диплом Лидера Российской экономики, диплом II степени победителя IX Всероссийского конкурса на лучшую строительную и проектную организацию, диплом Всероссийского форума спорт-национальный проект, диплом Кабинета Министров Чувашской Республики за I место «Приоритетный проект года Республиканского конкурса на звание «Лучший инвестиционный проект 2011 года», награжден почетной грамотой Министерства строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Чувашской Республики, имеет благодарственное письмо Главы г. Чебоксары, свидетельства XIV и XIII Всероссийского конкурса на лучшую строительную организацию)

Лауреат премии «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП – 2015»

в номинации «**РУКОВОДИТЕЛЬ ГОДА**» За безупречную работу, высокий профессионализм и за большой реальный вклад в региональную экономику России

**Адрес:** 428034, Россия, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. М. Павлова, 39, пом. 7

**Тел./Факс:** (8352) 43-45-04, (8352) 43-45-56, (8352) 43-45-06

**E-mail:** info@sktus.ru

**Web:** www.sktus.ru

**Поляков Владимир Николаевич**, г. Курск

**Генеральный директор АО "Инженер"**

Лауреат премии «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП – 2015»

в номинации «**РУКОВОДИТЕЛЬ ГОДА**» За успешное руководство стабильной и развивающейся компанией, возводящей качественное, надежное и энергоэффективное жилье

**Адрес:** 305040, г.Курск, пр-т Хрущева, д.32

**Тел./Факс:** (4712)39-44-86; (4712)39-44-84

**E-mail:** ingener-kursk@yandex.ru

**Web:** www.ingener-kursk.ru

**Ушаков Андрей Константинович**, г. Москва

**Почетный Президент группы компаний «Экспертно-информационная служба Содружества», руководитель Единого экспертно-информационного Центра Крыма и города Севастополя, член рабочей группы ТПП РФ по развитию связей с Крымом**

Лауреат премии «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП – 2015»

в номинации «За вклад в интеграцию Крымского федерального округа в экономику Российской Федерации»

**Адрес:** 127006, Москва, ул. Петровка, д.32/1-3, стр. 2

**Тел./факс:** (495) 789-82-866 (925)-031-80-70.766 (916)487-81-55

**E-mail:** info@stroyolimp.ru

**Web:** www.olimpstars.ru



**ЛАУРЕАТЫ ПРЕМИИ «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП – 2015»  
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР**

**Издательство «Стройиздат» ИД «ПАНОРАМА»**, г. Москва

Лауреат премии «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП – 2015»

в номинации «ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР» За всестороннее освещение отечественных исследований, продвижение передовых технологий и материалов и создание эффективной дискуссионной площадки в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства России

Адрес: 127015, г. Москва, Бумажный проезд, д. 14, стр. 2

Тел.: +7 (495) 664-27-91

E-mail: malutin@panor.ru

Web: www.panor.ru

**Интернет-портал «СТРОИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРТ»**, г. Москва

Лауреат премии «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП – 2015»

в номинации «ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР» За высокий профессионализм и эффективность информационного сопровождения Стройкомплекса Российской Федерации

Адрес: 129085, г. Москва, пр-т Мира, д. 101, офис 224

Тел.: (495) 380-37-00, 380-12-00, 380-21-11

E-mail: info@ard-center.ru

Web: http://www.ard-center.ru/

**Компания «Глобус-Стиль»**, г. Москва

Лауреат премии «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП – 2015»

в номинации «ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР» За создание и выпуск бестселлера «Строительство. Толковый словарь», большую просветительскую работу по популяризации достижений строительного комплекса РФ, утверждение современных профессиональных терминов и стандартов

Адрес: 129090, г. Москва, ул. Троицкая, д. 15, стр. 1

Тел.: (495) 231-20-14, 8(926) 111-44-07

E-mail: to@to-inform.ru

Web: www.to-inform.ru

**Высоцкая Зарема Олеговна**, г. Москва

Выпускающий редактор журнала «Строительная Орбита»

Лауреат премии «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП – 2015»

в номинации «ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР» За продуктивную работу в информационном поле строительной отрасли, а также большой личный вклад в продвижение строительных технологий

Адрес: 129337, г. Москва, ул. Ярославское ш., д. 26 Б, 3-й этаж, офис 23

Тел.: (495) 662-69-96

E-mail: info@stroyorbита.ru

Web: www.stroyorbита.ru

**Информационное агентство «Клерк»**, г. Москва

Лауреат премии «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП – 2015»

в номинации «ЛУЧШЕЕ ФИНАНСОВОЕ СМИ» За оперативное, точное и доступное освещение финансовых и экономических новостей, вопросов бухгалтерского учета, а также нововведений в налоговом законодательстве, в том числе, в сфере недвижимости

Тел.: (495) 508-76-19

E-mail: editor@klerk.ru

Web: www.klerk.ru

**ОРГАНИЗАЦИИ – ОБЛАДАТЕЛИ ЗОЛОТЫХ СЕРТИФИКАТОВ ПРОГРАММЫ  
«НАДЕЖНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА – 2015»**

**Общество с ограниченной ответственностью «Техпроект кпд»**, Республика Башкортостан, г. Уфа

Директор – Самарин Виктор Андреевич (Отличник военного строительства, Заслуженный строитель Республики Башкортостан, Почетный строитель РФ, Ветеран труда, награжден знаком за заслуги перед г. Уфа)

Адрес: 450078, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 8 Марта, д. 32

Тел./Факс: (347) 241-74-12

E-mail: tehproektcpd@mail.ru

**Виды деятельности:** деятельность в области архитектуры, инженерно-техническое проектирование в промышленно-сти и строительстве.

**Группа компаний ИНЖПРОМ**, г. Москва

Генеральный директор – Митрофанова Анжелика Петровна

Адрес: 127473, Москва, 2-й Щемилевский пер., д. 4, а/я 49

**Тел./Факс:** (495)201-37-74, (905) 774-95-50

**E-mail:** info@engprom.ru, mitrofanova@engprom.ru

**Web:** http://www.engprom.ru, www.engprom.com

**Виды деятельности:** изготовление и монтаж металлоконструкций, строительство и проектирование зданий, сооружений в комплексе.

**ЗАО НПВО «НГС-оргпроектэкономика», г. Москва**

**Президент – Иванец Виктор Константинович** (д.т.н., профессор, Заслуженный строитель РФ, лауреат Премии Правительства РФ 2001 г. в области науки и техники, действительный член Российской инженерной академии инвестиций и экономики строительства РФ)

**Адрес:** 115172, г. Москва, ул. Народная, д. 4

**Тел./Факс:** (495) 912-76-69, (495) 912-47-88

**E-mail:** ecmos@ecmos.ru

**Web:** www.sk2ecmos.ru

**Виды деятельности:** проектный, технологический и строительный инжиниринг в нефтегазостроительной отрасли.

**Закрытое акционерное общество «Управление механизации-4», г. Омск**

**Генеральный директор – Хальпуков Олег Семенович** (Заслуженный строитель РФ, награжден Почетной грамотой Госстроя России 2003 г., Почетной грамотой Министерства регионального развития РФ 2008 г., Почетной грамотой администрации Октябрьского округа (к 70-летию) г. Омска 2012 г., Грамотой Российского Союза строителей 2013 г., Медалью «Почетный Ветеран труда», 2013 г., Орденом «За заслуги в строительстве» 2014 г., Лауреат Всероссийского конкурса «Менеджер года-2006», Лауреат ежегодной национальной премии «Лучший руководитель года-2009», имеет Благодарственное письмо Губернатора Омской области 2011 г., Благодарственное письмо Мэра г. Омска 2015)

**Адрес:** 644018, г. Омск, ул. 1-я Индустриальная, д. 4

**Тел./Факс:** (3812) 53-63-01, 57-97-34

**E-mail:** um-4@mail.ru

**Web:** www.um-4.com

**Виды деятельности:** эксплуатация грузоподъемных механизмов (башенных, мостовых, котловых, автокранов).

**Открытое акционерное общество «Ишимагрострой», г. Ишим Тюменской области**

**Генеральный директор – Месенёв Анатолий Васильевич**

**Адрес:** 627705, Тюменская область, г. Ишим, ул. Республики, 95

**Тел./Факс:** (34551) 6-64-20

**E-mail:** ias1955@mail.ru

**Виды деятельности:** реконструкция и ремонт зданий и сооружений различного уровня. Строительство объектов как по типовым, так и по индивидуальным проектам.

**Общество с ограниченной ответственностью «Белдорстрой», Красноярусский район Белгородской области**

**Генеральный директор – Степашов Николай Евгеньевич** («Почетный дорожник» 1998 г., награжден медалью «За заслуги перед Землей Белгородской» I и II степени, медалью им. А.А. Николаева Российской ассоциации «Аспор»)

**Адрес:** 309420, Белгородская область, Красноярусский район, П. Красная Яруга, ул. Центральная, 68 А

**Тел./Факс:** (4722) 73-92-30

**E-mail:** beldorstroy@bk.ru

**Web:** www.beldorstroy.ru

**Виды деятельности:** строительство, реконструкция, содержание автомобильных дорог.

## СПЕЦИАЛИСТЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ, ЗАНЕСЕННЫЕ В «ГАЛЕРЕЮ СТРОИТЕЛЬНОЙ СЛАВЫ – 2015»

**Закрытое акционерное общество «Управление механизации-4», г. Омск**

**Королев Михаил Федорович – Машинист башенного крана** (награжден Благодарственными письмами и Почетными грамотами ЗАО «УМ-4», Благодарственным письмом администрации Октябрьского округа г. Омска)

**Фирстов Олег Михайлович – Машинист башенного крана** (награжден Благодарственными письмами и Почетными грамотами ЗАО «УМ-4», Благодарственным письмом Министерства строительства и ЖКХ Омской области)

**Открытое акционерное общество «Курский завод крупнопанельного домостроения имени А.Ф. Дериглазова», г. Курск**

**Железнова Татьяна Александровна – Главный бухгалтер**

**Чаплыгина Татьяна Викторовна – Главный инженер** (Почетный строитель Курской области, 2010 г.)

**Рябцева Любовь Александровна – Начальник формовочного цеха** (награждена Памятным знаком «За Труды и Отечество», 2009 г.)

**Луженцева Ирина Алексеевна – Начальник цеха «МЕТИЗ»** (награждена Почетной грамотой Министерства регионального развития РФ, 2008 г.)

**Горяинова Мария Васильевна** – Начальник РБУ, БСУ (награждена Памятным знаком «За Труды и Отечество», 2008 г.)

**Клискунова Марина Николаевна** – Начальник Склада готовой продукции (награждена Почетной грамотой Курской области, 2010 г.)

**Концедалов Владимир Владимирович** – Заместитель Генерального директора по строительству (Почетный строитель России, 2009 г.)

**Андреева Оксана Алексеевна** – Начальник юридического отдела (награждена Почетной грамотой Министерства регионального развития РФ, 2010 г.)

**Петрикин Роман Анатольевич** – Начальник СДПО

**Болтин Владимир Геннадьевич** – Заместитель Начальника ОКС (награжден Почетной грамотой Администрации г. Курска, 2006 г.)

#### ОРГАНИЗАЦИИ – ОБЛАДАТЕЛИ СЕРТИФИКАТОВ ПРОГРАММЫ «ПЕРЕДОВЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ ФИНАНСОВОЙ СФЕРЫ – 2015»

**ООО «Фирма «Аудитор»**, г.Одинцово Московской области

**Генеральный директор – Мигунова Анджелина Игоревна** (награждена дипломом «Бухгалтерская элита России» 2002 г., международной медалью «За финансовые достижения» 2006 г.)

**Адрес:** 143000, Московская область, г. Одинцово, ул. Советская, д. 9

**Тел./ Факс:** (495) 597-31-48, 8 (916)354-88-18

**E-mail:** auditor\_ai@mail.ru

**Web:** www.auditor-odintsovo.ru

**Виды деятельности:** проведение аудиторских проверок, консультационные услуги в области учета, права, налогообложения, ведение и восстановление учета предприятий, абонементное информационное обслуживание, подготовка и сдача отчетности в налоговые органы, анализ хозяйственной и финансовой деятельности, оценка активов и капитала экономического субъекта, защита интересов налогоплательщика в налоговых органах и арбитражном суде.

#### ОРГАНИЗАЦИИ – ОБЛАДАТЕЛИ СЕРТИФИКАТОВ ПРОГРАММЫ «ПЕРЕДОВЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА – 2015»

**ООО «Правовые и управленческие решения»**, г. Москва

**Генеральный директор – Федоров Александр Николаевич** (награжден орденом «За службу России», орденом «За верность долгу», медалью «За боевые заслуги», медалью «За безупречную службу» 3 степени, медалью «За безупречную службу» 2 степени, Юбилейной медалью «70 лет вооруженных сил СССР», Юбилейной медалью «60 лет вооруженных сил СССР», медалью «В память 850-летия Москвы»)

**Адрес:** 109451, г.Москва, ул.Братиславская д. 16, корп. 1, пом. 3

**Тел./Факс:** 8(499)271-58-31

**E-mail:** uk-piur@mail.ru

**Web:** www.uk-piur.ru

**Вид деятельности:** управление многоквартирными домами.

#### СПЕЦИАЛИСТЫ, ЗАНЕСЕННЫЕ В «ГАЛЕРЕЮ ПРОФЕССИОНАЛОВ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА – 2015»

**ООО «Правовые и управленческие решения»**, г. Москва

**Федоров Александр Николаевич** – Генеральный директор (награжден орденом «За службу России», орденом «За верность долгу», медалью «За боевые заслуги», медалью «За безупречную службу» 3 степени, медалью «За безупречную службу» 2 степени, Юбилейной медалью «70 лет вооруженных сил СССР», Юбилейной медалью «60 лет вооруженных сил СССР», медалью «В память 850-летия Москвы»)



**Солнечная энергетика**Термины и определения  
(по ГОСТ Р 51594-2000)**Общие понятия****Солнечная энергетика**

Область энергетики, связанная с преобразованием солнечной энергии в электрическую и тепловую

**Solar power engineering****Солнечная электростанция**

Электростанция, предназначенная для преобразования энергии солнечного излучения в электрическую энергию

**Solar power plant****Солнечно-топливная электростанция**

Электростанция, преобразующая по единой технологической схеме энергию солнечного излучения и химическую энергию топлива в электрическую и тепловую энергию

**Solar-fuel power plant****Солнечное теплоснабжение**

Использование энергии солнечного излучения для отопления, горячего водоснабжения и обеспечения технологических нужд различных потребителей

**Solar heating****Солнечное горячее водоснабжение**

Использование энергии солнечного излучения для нагрева воды с целью обеспечения коммунально-бытовых и технологических нужд различных потребителей

**Solar water heating****Солнечное охлаждение**

Использование энергии солнечного излучения для получения холода с целью кондиционирования воздуха, хранения продуктов и т.п.

**Solar cooling****Солнечное тепло- и холодоснабжение**

Использование энергии солнечного излучения для отопления, горячего водоснабжения и получения холода

**Solar heating and cooling****Солнечный элемент**

Преобразователь энергии солнечного излучения в электрическую энергию, выполненный на основе различных физических принципов прямого преобразования

**Solar cell****Солнечный фотоэлектрический элемент**

Солнечный элемент на основе фотоэффекта

**Solar photovoltaic cell**

**Двусторонний солнечный элемент**

Солнечный элемент с двусторонней фоточувствительностью

**Bifacial solar cell**

**Термоэлектрический солнечный элемент**

Солнечный элемент на основе термоэлектрических явлений, в котором источником тепла является энергия солнечного излучения

**Solar thermoelectric element**

**Термоэлектронный солнечный преобразователь**

Солнечный преобразователь на основе явления термоэлектронной эмиссии, в котором источником тепла является энергия солнечного излучения

**Solar thermoionic convertor**

**Солнечный коллектор**

Устройство для поглощения энергии солнечного излучения и преобразования её в тепловую энергию

**Solar collector**

**Концентратор солнечной энергии**

Оптическое устройство для повышения плотности потока солнечного излучения, основанное на явлениях излучения и преломления лучей

**Solar energy concentrator**

**Понятия, относящиеся к солнечным электростанциям****Термодинамическая солнечная электростанция**

Солнечная электростанция, в которой энергия солнечного излучения используется как источник тепла в термодинамическом цикле преобразования тепловой энергии в механическую, а затем в электрическую

**Thermodynamic solar power plant**

**Фотоэлектрическая солнечная электростанция**

Солнечная электростанция, в которой используется способ прямого преобразования энергии солнечного излучения в электрическую энергию

**Photovoltaic solar power plant**

**Башенная солнечная электростанция**

Солнечная электростанция, в которой излучение от оптической концентрирующей системы, образованной полем гелиостатов, направляется на установленный на башне приемник энергии солнечного излучения

**Solar tower plant**

**Двухконтурная солнечная электростанция**

Термодинамическая солнечная электростанция, в которой энергия солнечного излучения, поглощенная теплоносителем в первом контуре, передаётся через теплообменник теплоносителю второго контура

**Double-loop solar power plant**

**Модульная солнечная электростанция**

Солнечная электростанция, состоящая из повторяющихся конструктивных элементов-модулей, содержащих однотипные концентраторы и приемники энергии солнечного излучения

**Modular solar power plant**

**Термохимический цикл преобразования энергии солнечного излучения**

Цикл преобразования энергии солнечного излучения, состоящий из

**Thermochemical cycle of solar energy conversion**





последовательно реализуемых обратимых эндо- и экзотермических реакций, в которых солнечная энергия затрачивается на первой стадии цикла – в эндотермических реакциях, а энергия, выделенная в экзотермических реакциях, передаётся потребителю

### **Приёмник солнечной энергии**

Конструктивный элемент, воспринимающий концентрированный поток энергии солнечного излучения

### **Receiver of solar energy**

### **Оптическая концентрирующая система**

Система концентрации прямой энергии солнечного излучения на приёмнике солнечной энергии, содержащая один концентратор или совокупность концентраторов

### **Optical concentrating system**

### **Зеркальный концентратор**

Концентратор солнечного излучения, имеющий зеркальное покрытие

### **Mirror booster**

### **Параболоцилиндрический концентратор**

Зеркальный концентратор солнечного излучения, форма которого образована параболой, перемещающейся параллельно самой себе

### **Parabolic trough concentrator**

### **Параболоидный концентратор**

Зеркальный концентратор солнечного излучения, форма которого образуется при вращении параболы относительно своей оси

### **Paraboloid concentrator**

### **Зеркальный фасетный концентратор**

Зеркальный концентратор солнечного излучения, состоящий из отдельных зеркал плоской или криволинейной формы, образующих общую отражающую поверхность

### **Mirror faceted concentrator**

### **Гелиостат**

Плоский или фокусирующий зеркальный элемент оптической концентрирующей системы, имеющий индивидуальное устройство ориентации для направления отражённой прямой энергии солнечного излучения на приёмник солнечного излучения

### **Heliostat**

### **Поле гелиостатов**

Оптическая концентрирующая система, состоящая из гелиостатов, размещённых различным образом относительно приёмника солнечного излучения

### **Heliostat field**

### **Вакуумированный приемник**

Приёмник солнечного излучения, поглощающая поверхность которого находится в вакуумированном пространстве, ограниченном прозрачной оболочкой

### **Evacuated receiver**

### **Центральный приемник**

Приёмник солнечного излучения в башенной солнечной электростанции

### **Central receiver**

### **Полостной приемник солнечного излучения**

Приёмник солнечного излучения, тепловоспринимающая поверхность которого имеет форму полости различной конфигурации

### **Cavity receiver of solar insulation**



**Солнечный парогенератор**

Элемент термодинамических солнечных электростанций, в котором происходит генерация пара

**Solar steam generator****Солнечный экономайзер**

Элемент термодинамических солнечных электростанций, в котором происходит предварительный нагрев теплоносителя перед его поступлением в солнечный парогенератор

**Solar economizer****Система аккумулирования**

Система накопления тепловой энергии в термодинамических солнечных электростанциях и электрической энергии в фотоэлектрических солнечных электростанциях

**Energy storage system****Система слежения зеркального концентратора**

Система, обеспечивающая вращение концентратора или системы концентраторов в соответствии с движением солнца таким образом, чтобы концентрированное излучение направлялось на приёмник энергии солнечного излучения

**Solar tracking system****Оптический датчик**

Элемент системы слежения, подающий сигнал исполнительным механизмам для обеспечения фокусировки оптической концентрирующей системы на приёмник солнечного излучения

**Optical sensor****КПД солнечной электростанции**

Отношение выработанной электрической энергии к поступившей за тот же интервал времени энергии солнечного излучения к поверхности, составляющей проекцию площади солнечной электростанции на плоскость, нормальную к солнечным лучам

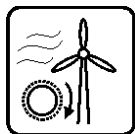
**Efficiency of solar power plant****Оптический КПД**

Отношение потока прямой энергии солнечного излучения, поступившей на приёмник солнечного излучения, к потоку прямой энергии солнечного излучения, поступившей на поверхность, составляющую проекцию площади оптической концентрирующей системы на плоскость

**Optical efficiency****Апертурный угол светового пучка**

Угол между крайними лучами конического светового пучка, отражённого от концентраторов солнечного излучения

**Aperture angle**



## Эйфелева башня начнет работать на ветровой энергии

Эйфелева башня буквально на днях получила одно из самых интересных обновлений, которое, возможно, является самым поразительным изменением знаменитой достопримечательности. Одно из самых культовых мест мира стало последним высоким профилем для освоения возобновляемых источников энергии после установки двух ветряных турбин с вертикальной осью вращения в рамках проекта реконструкции Эйфелевой башни.

Американская компания, специализирующаяся на возобновляемых источниках энергии, Urban Green Energy объявила на этой неделе об установке двух ветряных турбин, способных генерировать 10 000 кВтч электроэнергии в год, что эквивалентно энергии, используемой коммерческой площадью на первом этаже Эйфелевой башни. Установка проходила в рамках самого масштабного обновления башни за последние 30 лет.



Компания заявила, что две установленные турбины VisionAIR5 являются «практически бесшумными» и были окрашены в соответствии с цветом башни.

Она также добавила, что место для установки турбин, а это 400 футов (121,92 м) над землей, было выбрано специально, чтобы максимизировать производство энергии и позволить турбинам воспользоваться преимуществом относительно устойчивых ветров.

Самой сложной задачей был монтаж турбин в стратегических местах: каждый компонент должен был быть поднят и зафиксирован с помощью веревок на второй этаж башни.

Ветряная турбина с вертикальной осью, как правило, отличается низким уровнем производительности, чем обычные турбины, но они предназначены

для работы в городских районах, где ветра имеют тенденцию быть менее предсказуемыми и могут дуть в разных направлениях.

Ник Блиттерсвик (Nick Blitterswyk), исполнительный директор компании Urban Green Energy, рассказал, что проект представлял собой очень удачную возможность для мировой индустрии возобновляемых источников энергии.

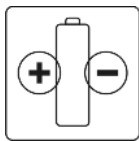
«Эйфелева башня является, возможно, самым известным архитектурным памятником в мире, и мы гордимся тем, что наша передовая технология была выбрана в качестве гарантии более устойчивого будущего для башни» – сказал он в заявлении, – Когда посетители со всего мира увидят ветряные турбины, мы приблизимся на один шаг ближе к миру энергоснабжения от чистых и надежных возобновляемых источников энергии».



Ветряные турбины являются частью крупного проекта зеленой модификации Эйфелевой башни, в список которого уже входили также установка энергосберегающего светодиодного освещения и массив солнечных термальных панелей в 10 квадратных метров, они будут обеспечивать около половины потребностей в горячей воде двух павильонов башни. Кроме того, для обогрева здания были установлены тепловые насосы, которые дополняются еще системой сбора и повторного использования дождевой воды.

Кроме Эйфелевой башни компания Urban Green Energy разрабатывает ветровые и солнечные проекты, а также и системы локальных микроэнергосетей в более чем 90 странах для глобальных брендов, включая Whole Foods, Hilton, Dropbox и Verizon.

Facepla.net no материалам: [urbangreenenergy.com](http://urbangreenenergy.com)



## Новая технология позволит смартфонам работать в два раза дольше



Время работы аккумулятора в современных девайсах – одна из главных претензий покупателей к современным гаджетам, будь то смарт-часы или смартфоны.

Некоторые производители работают над очень быстрой зарядкой (буквально до 30 секунд), другие ищут способы получить энергию вдали от розетки, а кто-то просто увеличивает емкость аккумуляторов. Однако теперь есть серьезный шанс на увеличение их эффективности.

Компания Dyson, не в последнюю очередь известная своими умными роботами-пылесосами, вложила 15 миллионов долларов в перспективную технологию, которая позволит удвоить срок службы аккумуляторов для своих бытовых девайсов. Учитывая использование идентичных по своей сути батарей, технологическое новшество преобразит рынок аккумуляторов в целом, затронув смартфоны и электромобили.



Компания Sakti3 использует твердые литиевые решения вместо привычных химических жидкостей, которые повсеместно используются в современных батареях. Переход к твердому агрегатному состоянию позволяет увеличить плотность энергии с 620 Вт/ч на литр до более чем 1 000 Вт/ч, что примерно в два раза эффективнее современных литий-ионных аккумуляторов.

«Sakti3 достигла скачков в производительности, которые в современных аккумуляторных технологиях невозможны. Именно эти фундаментальные технологии – батареи, двигатели – позволяют машинам работать должным образом», – рассказывает основатель Dyson Джеймс Дайсон (James Dyson).

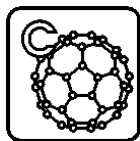
Предложенная технология, в отличие от других решений с использованием твердотельных компонентов, обходится значительно дешевле существующих литий-ионных решений, если верить ее создателям (другие технологии либо дороже, либо сопоставимы по стоимости). При этом они приносят те же преимущества, что и, например, разработка Toyota: большая безопасность для окружающей среды и продолжительный срок службы, заметно превышающий жидкие химические структуры.

Кроме того, из-за отсутствия летучих легковоспламеняющихся элементов риск возгорания аккумуляторов существенно снижается (недавно китайский телефон взорвался в руках у женщины, LG G3 загорелся на глазах у своей владелицы, iPhone 5s травмировал своего владельца, а ранее Apple iPhone 5 взорвался во время разговора по нему). В качестве демонстрации, как именно реагирует на воздух нынешний химсостав в аккумуляторе смартфона, автор ролика проткнул его ножом.

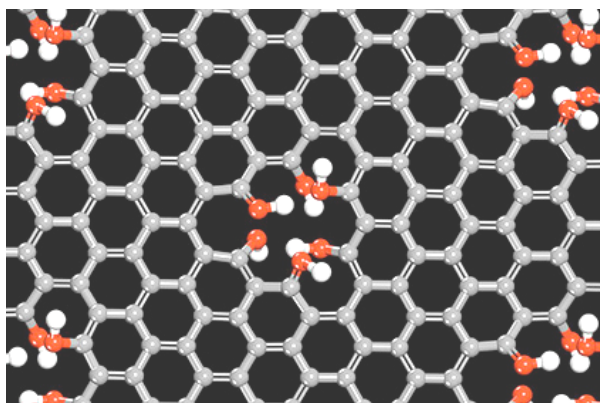
Разработка Sakti3 позволит усовершенствовать не только аккумуляторы для быденной электроники. Их решение сможет обеспечить значительно более продолжительную езду электрокаров на одной зарядке, а также повысить эффективность обеспечения энергией домов, предприятий и различных конструкций, например, самолетов, которые черпают ее из возобновляемых источников на непостоянной основе, так как емкость накопления на ту же занимаемую площадь будет значительно увеличена, а следовательно, будет расти коэффициент полезности в случае идентичного современному потребления. Если, конечно, эта технология будет реализована на практике.

*nanonewsnet.ru по материалам popmech.ru*





## Графену с дефектами нашли применение в топливных элементах



Локальные дефекты в кристаллической структуре однослойного графена

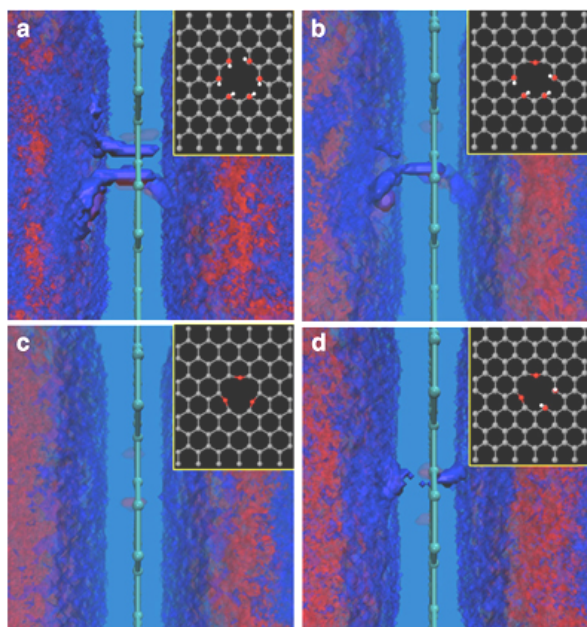
Изображение: University of Minnesota

Физики из США показали, что локальные дефекты в кристаллической структуре однослойного графена могут привести к эффективному переносу протонов через него. Это может найти применение в конструкции топливных батарей будущего. Результаты своих исследований авторы опубликовали в журнале *Nature Communications*, а кратко с ними можно ознакомиться на сайте Северо-Западного университета в Иллинойсе.

ных в вершинах правильного шестиугольника. При комнатных температурах перенос протонов через него происходит только при наличии в графене наноразмерных отверстий или его допировании (введении специальных примесей). Оказалось, что замена в некоторых местах такой решетки атомов углерода другими структурами (например, углеводородами или гидроксильными радикалами) образует дефекты, которые приводят к эффективному переносу протонов через слой графена.

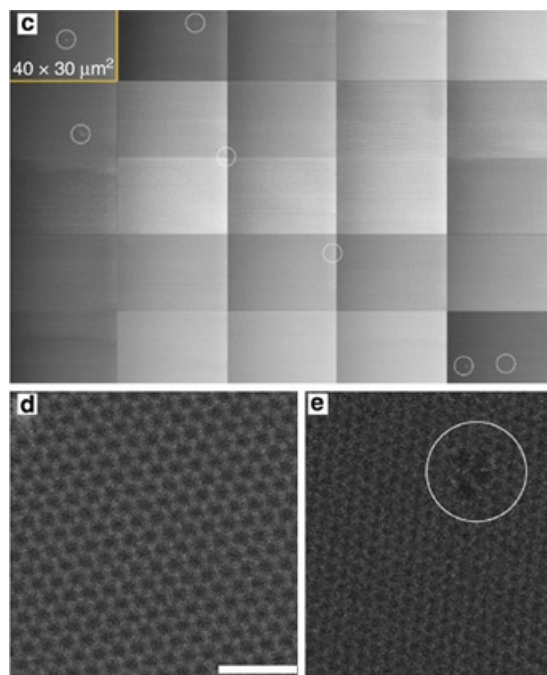
Физики связывают это с классическим механизмом Гротгуса, известным из физической химии. Согласно ему, транспорт протона (положительного иона самого легкого атома водорода) в веществе растворителя (воды или углеводорода) происходит поэтапно от одной молекулы растворителя к другой благодаря наличию между ними водородной связи.

В веществе водородные связи выступают в качестве основы межмолекулярных взаимодействий и образования полимеров. В частности, именно водородные связи молекулы воды и механизм Гротгуса обеспечивают этой простой жидкости ее физические свойства (теплоемкость, вязкость и поверхностное натяжение).



Моделирование транспорта протонов через слой графена с различными дефектами

Изображение: nature.com



Снимки графена с дефектами

Изображение: nature.com

Графен представляет собой двумерную кристаллическую решетку из атомов углерода, расположен-

Свои выводы ученые подтвердили снимками экспериментального слоя графена с деформациями, полученными с помощью сканирующего электронного микроскопа, а также компьютерным моделированием с использованием методов молекулярной динамики и функционала плотности. Ученые отмечают, что наблюдаемые ими модифицированные мембраны отличаются эффективным переносом протонов и его высокой селективностью. Это позволяет использовать их в будущих аккумуляторах.

В топливных элементах, преобразующих химическую энергию поступающих в батарею соединений в электрическую, используются специальные протоннообменные мембраны. Такие полимерные или керамические мембраны, как правило, разделяют электроды и служат для транспорта протонов в элементах. Ученые отмечают, что в будущем в таких батареях мембраны могут изготавливаться из графена.

lenta.ru



## Покрышка Goodyear ВНОЗ генерирует электричество

Одним из самых больших препятствий для выхода в свет, с которыми сталкиваются электрические автомобили, является серьезное беспокойство о дальности пробега – это ужасное осознание того, что вы находитесь посредине нигде, и ваш автомобиль не может достичь следующей зарядной станции.

И с этим кошмаром приходится сталкиваться именно покупателям, что и является причиной все еще достаточно низкого спроса на электромобили даже в местах с развитой инфраструктурой зарядных станций. Для того чтобы помочь бороться с этим, Goodyear придумала ВНОЗ – концепцию шины, которая генерирует электричество посредством преобразования тепла и движения в электрический ток при вращении колес ... и даже когда автомобиль стоит на месте.

Автомобили являются одним из величайших достижений в истории транспорта, но они также невероятно неэффективны. Их основная функция заключается в перемещении людей из точки А в точку Б, но при этом они не только тратят в виде тепла огромное количество энергии, но и игнорируют потенциальные источники энергии вокруг них.



Представленная недавно на 85-м Международном автосалоне в Женеве модель шин Goodyear ВНОЗ пытается сбалансировать это уравнение, используя

пассивное устройство, предназначенное для уменьшения трения, и превращает его в электрический генератор.



ВНОЗ работает, преобразуя тепло и движение в электричество. Она имеет ультрачерную текстуру, которая поглощает свет и тепло, и теплопоглощающий протектор. Это означает, что шина становится теплее и в результате трения во время движения и, находясь на солнце, хитростью является заставить шину превратить это тепло в электричество.

Чтобы сделать это, ВНОЗ покрыта сетью из термо/пьезоэлектрического материала. Эта сеть преобразует тепло в электрический ток, а ее пьезоэлектрические свойства также позволяют собирать энергию от деформации шины во время вождения. Оградить шины от перегрева помогает система охлаждения, смонтированная в боковых стенках.

Goodyear говорит, что сеть также имеет бонусную функцию, поскольку она обеспечивает дополнительную структурную жесткость, так что если шина будет проколота, автомобиль может продолжать движение со скоростью 80 км/ч и проехать при этом 80 км, что обычно больше, чем расстояние до ближайшего шинного сервиса. Дополнительная жесткость также снижает сопротивление качению.

Facepla.net no материалам: Goodyear





## В МИСиС разработаны «умные» окна, блокирующие потери тепла в домах зимой и не пускающие жару летом



«Университет «МИСиС» и НПО «Полюс» разработали уникальное в стране решение для доступного и эффективного сбережения энергии – «умные» окна», – сообщил Михаил Малинкович, доцент кафедры материаловедения полупроводников и диэлектриков МИСиС, разработчик стёкол.

«Умные» окна позволяют с помощью пульта регулировать климат в доме/помещении: в холодное время года они практически полностью блокируют потери тепла через окна, пропуская только свет, а летом, наоборот, не позволяют жаре пробираться внутрь помещения. Переключение режимов осуществляется нажатием кнопки.

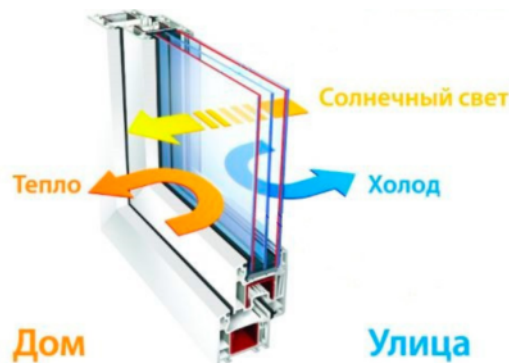
«Одна из основных причин потерь тепла в домах, если стены утеплены должным образом и нет щелей, это окна. Совместно с Полюсом нами были разработаны специальные градиентные метаматериалы в формате наноплёнок, которые наносятся на окна. Такое решение блокирует инфракрасное излучение, или тепло, пропуская только видимый спектр, т.е. свет, – сказал Михаил Малинкович. – По нашим подсчётам, экономия на энергии с помощью таких «умных» стёкол может достигать 20–25 %. Сферы их применения могут быть самыми разными: домашнее хозяйство, строительство, автомобилестроение, аэрокосмическая отрасль и др. К слову, модификация таких градиентных метаматериалов совместной с Полюсом разработки уже начинает внедряться в космической промышленности. Обладая в одном из режимов работы коэффициентом практически полного поглощения энергии, она устанавливается в качестве солнечных батарей на отечественные космические аппараты. Такие материалы эффективнее своих кремниевых аналогов почти на 30 %, поглощая почти весь падающий на них солнечный свет, не давая ему рассеиваться».

По словам разработчика, на данный момент группа проекта находится в поиске партнёров для вывода решения на массовый рынок, проводятся пере-

говоры с рядом организаций, в т.ч. с инноградом «Сколково».

«Наладить производство таких наноплёнок при условиях ритмичного финансирования можно в течение 2–3 лет, – отметил Малинкович. – Анализ рынка материалов, проведённый совместно с НПО «Полюс», показал, что аналогов на данный момент у разработанного решения нет».

В последние годы ученые НИТУ «МИСиС» также работают над проектом по созданию активных элементов микро- и нанoeлектроники на основе структурированных кристаллических пьезоэлектрических материалов и компонентов систем перемещения. Они могут быть использованы для систем микро и наноперемещений при получении наноразмерных упорядоченных структур для нанолитографии и методов зондового сканирования.



НИТУ «МИСиС» Один из наиболее динамично развивающихся научно-образовательных центров страны. Находясь в числе лидеров технологического образования России, НИТУ «МИСиС» также представляет собой полноценный научный центр. По итогам 2014 года он вошел в сотню лучших университетов стран БРИКС и в число лучших учебных заведений мира по версии основного образовательного рейтинга QS.

Стратегическая цель МИСиС к 2020 году стать глобальным лидером по направлениям специализации: материаловедение, металлургия и горное дело, а также существенно укрепить свои позиции в сфере нанотехнологий, биомедицины и ИТ-технологий. Университет успешно реализует совместные проекты с крупнейшими российскими и зарубежными высокотехнологичными компаниями.

*nanonewsnet.ru по материалам  
Пресс-центр НИТУ «МИСиС»*



## Найден первый сверхпроводящий материал, основу которого составляет марганец



Ученые, совершенно неожиданно для себя, обнаружили первый в мире сверхпроводящий материал, основу которого составляет марганец. Как считалось ранее, магнетизм марганца, точнее его магнитные свойства, настолько велики, что возникновение явления сверхпроводимости в этом материале попросту невозможно. Но нынешнее достижение указывает на обратное, и все это может привести к появлению нового класса сверхпроводящих материалов\*\*, обладающих высокой стойкостью к магнитному саморазрушению.

Напомним нашим читателям, что сверхпроводники – это материалы, которые не имеют электрического сопротивления и проводят ток без потерь, не рассеивая при этом лишнюю энергию. Явление сверхпроводимости основано на электронах, которые не отталкиваются друг от друга, как это происходит в обычных материалах, а объединяются в пары, так называемые Куперовские пары, которые за счет некоторых эффектов перемещаются в материале, не встречая сопротивления.

Долгое время считалось, что сильный магнетизм препятствует возникновению явления сверхпроводимости из-за того, что магнитные поля разрушают пары Купера.

Однако за прошедшие десятилетия ученым удалось обнаружить ряд материалов на основе органических соединений, железа и других металлов, являющихся магнитными сверхпроводниками.

А недавно, ученые из Института физики китайской Академии Наук, Пекин, и Токийского университета выяснили, что фосфид марганца также может стать сверхпроводником при определенных условиях. И это открытие предполагает, что достаточно большое количество неизвестных науке сверхпроводников пока еще может скрываться среди соединений и сплавов различных магнитных материалов.

Фосфид марганца по его магнитным свойствам является спиральным магнитом (helical magnet), в котором магнитные спины формируют нечто вроде спиралей.

Но сам по себе фосфид марганца не смог стать сверхпроводником ни при каких условиях и его магнитные свойства были специально подавлены при помощи другого вещества – спирального магнита, арсенида хрома.

Кроме подавления магнитных свойств фосфида марганца при превращении его в сверхпроводник, на материал оказывалось воздействие сверхвысоким давлением на уровне 8 гигапаскалей, что почти в 10 раз больше давления воды на дне Марианской впадины. И еще, кроме этого, процесс проводился при температуре в 1 градус Кельвина, 1 градус выше температуры абсолютного нуля.

В ближайшем будущем ученые продолжат свои исследования в данном направлении и попытаются выяснить, почему некоторые спиральные магниты, такие, как фосфид марганца и арсенид хрома могут стать сверхпроводниками, в то время как другие, к примеру, силицид марганца, не могут этого сделать, даже невзирая на предельные значения температур и давлений, в которые они помещаются.

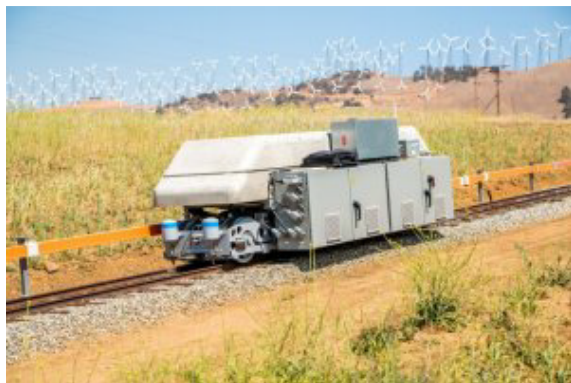
Эти различия могут определяться различиями кристаллической структуры этих материалов, которые оказывают влияние на процесс формирования электронных пар.

И такие исследования могут дать массу подсказок относительно «взаимоотношений» между магнетизмом и сверхпроводимостью, что в будущем можно будет использовать в сугубо практических целях.

*nanonewsnet.ru no материалам  
dailytechinfo.org  
IEEE Spectrum*



## Гравитационные накопители энергии



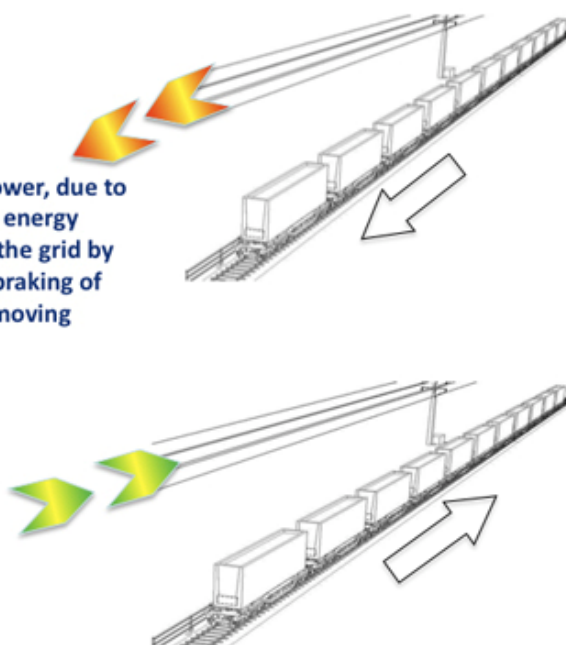
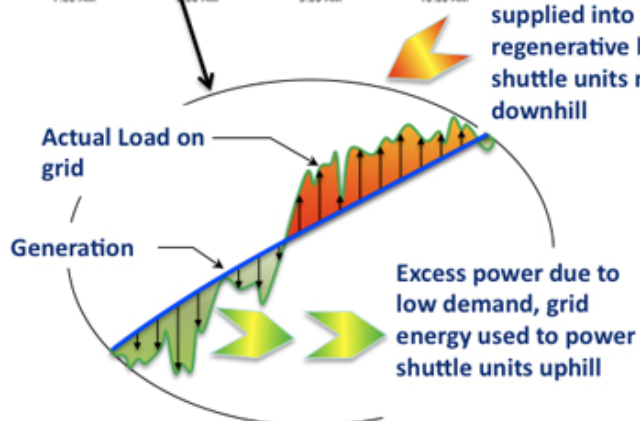
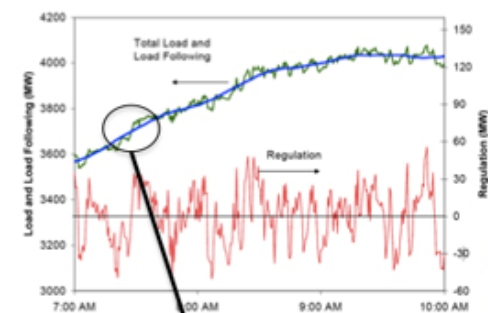
В Tehachari (Калифорния) есть странная железная дорога: когда дует ветер, вагончик въезжает в гору, а когда стихает – скатывается вниз.

Технология ARES служит для аккумуляции энергии от источников периодического действия – солнечных и ветряных электростанций.

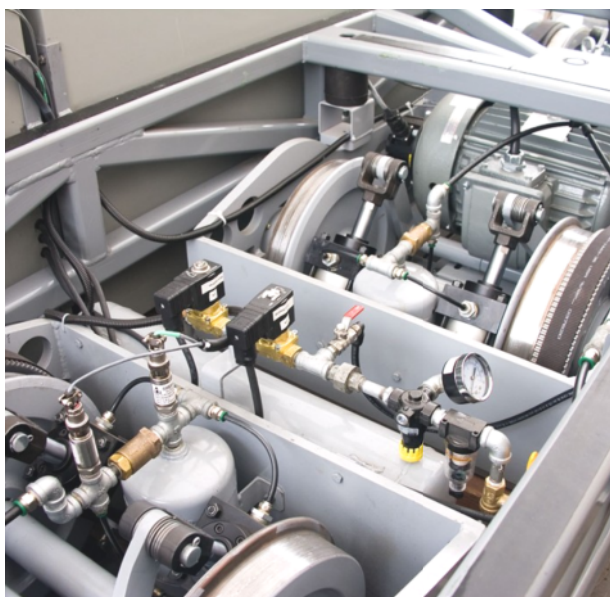
Когда выработка энергии высока (ветер дует, солнце светит), вагоны с помощью электродвигателей заезжают в гору – накапливают потенциальную энергию. Если выработка энергии падает, а потребление растет (вечер – ветер стих, солнце скрылось), вагоны скатываются, двигатели при этом работают в режиме генератора и отдают электроэнергию в сеть.

Обычно для этих целей используют воду (см. ГАЭС), но в условиях Калифорнии это не очень удобно из-за дефицита воды.

## How ARES Performs Ancillary Services







Пишут, что эффективность системы составляет 86 %. И добавляют, что у системы

- более низкая стоимость жизненного цикла, чем у батарей;
- более быстрая реакция, чем у ГАЭС;
- да и вода не требуется, что актуально для засушливых районов.

Описанная пилотная горка построена рядом с парком ветрогенераторов. Экспериментальная тележка (5670 кг, колея 381 мм).

В планах у компании постройка по соседству в Неваде системы с объемом запаасаемой энергии 12,5 мегаватт-часов.

Планируется, что это будет однопутная дорога длиной 8 км с уклоном 6,6 %. Для нее потребуется 17 сцепок, каждая из которых включает 2 локомотива массой по 220 тонн и 2 вагона с бетонными блоками массой по 150 тонн.

*nanonewsnet.ru по материалам  
geektimes.ru*



### Экономичный душ: как экономить воду, энергию и деньги

enjoy more. use less.™



«Обычно 20 % воды во время приема душа является абсолютной потерей», – говорит Иона Шейн (Jonah Schein), технический координатор домов и зданий программы WaterSense. Эта программа разработана Агентством по охране окружающей среды США и направлена на поощрение эффективности использования водных ресурсов.

На душ приходится порядка 17 % воды в доме, а средняя американская семья использует в душе около 160 литров воды в день. Это составляет 4,8 триллиона литров воды ежегодно только в Соединенных Штатах. Согласно WaterSense, «такого количества

достаточно, чтобы полностью обеспечить водой Нью-Йорк и Нью-Джерси на аналогичный период времени». Если же каждый раз терять 20 %, то это более чем 700 миллиардов литров, которые уходят впустую, а где-то в мире целые страны страдают от засухи и нехватки воды.

Более того, мы все привыкли принимать теплый душ, а душевая насадка только способствует потере тепла, поэтому душ является весьма энергоемким процессом.

Итого получается три вида потерь: вода, энергия и, конечно же, деньги.

Удивительно, что причины большей части этих потерь чисто поведенческие. Перед тем как принять душ люди ждут горячей воды (что может занять некоторое время, особенно если водонагреватель находится далеко) и поэтому они спускают воду. На данном этапе это конструктивная проблема и все, что мы только можем, это убедить людей принимать холодный душ (не такая плохая идея), но она не сильно изменит ситуацию. Проблема в том, что даже после подачи горячей воды люди не начинают принимать душ сразу и некоторое время вода просто льется впустую. Это и есть поведенческая проблема.

Если объяснить людям о последствиях привычного поведения, то вероятно, в некоторых случаях это

изменит ситуацию, но на самом деле очень трудно изменить заведенный порядок вещей.

Поэтому много внимания сейчас уделяется различным устройствам, помогающим экономить. Среди них мы отметим термостатический отсечной клапан.

Термостатические клапаны уже используются в модных версиях душевых кабинок для того, чтобы регулировать температуру воды, убедиться, что сочетание горячей и холодной воды остается постоянным и предотвратить обжигание кипятком, если по каким-то причинам холодная вода перестает течь. Но термостатический отсечной клапан делает еще кое-что: он позволяет воде течь, пока та не достигнет определенной температуры, а затем останавливает поток, пока вы повторно не откроете клапан.

Клапан бывает встроенным в душевую насадку, а может быть и съемным.

Съемный клапан необходимо установить на трубе перед душевой насадкой, он автоматически фиксирует все характерные потери во время приема душа, не доставляя никаких неудобств пользователю. Вы, как и прежде, будете заходить в душ с горячей водой, все что нужно это повторно открыть клапан.

Средняя стоимость стандартного автономного клапана составит \$ 30. По оценкам производителей, клапан обеспечивает ежегодную экономию для семьи порядка 2 700 галлонов (около 10 000 литров) и имеет 4-х месячный срок окупаемости.

*Facepla.net no материалам: thinkevolve.com*



## В Петрозаводске открылся класс изучения нанотехнологий



В детско-юношеском центре Петрозаводска открылся класс изучения нанотехнологий. Как заявили организаторы своим первым ученикам, класс нанотехнологий – первый шаг на пути к молодежному технопарку, который намерены создать специалисты детско-юношеского центра.

«Молодежный технопарк, к которому мы стремимся, – это перспективная идея, – сообщил заместитель директора детско-юношеского центра Петрозаводска Денис Рогаткин. – Пока мы решили сделать

первый шаг – закупили наночемоданы, с которыми будем знакомить школьников, и создали для этого специальный класс».

Наночемодан – или «Science-in Box» – это своеобразная автономная физическая лаборатория. Она позволяет в доступной форме рассказать о такой сложной сфере, как нанотехнологии. С помощью чемоданчика можно провести свыше 50 разнообразных опытов по физике, химии и даже биологии.

Денис Рогаткин отметил: детям нужно рассказывать о том, что в жизни есть наука, современные технологии, и с ними можно связать свою будущую профессиональную карьеру. Первыми посетителями класса нанотехнологий стали учащиеся 5–7 классов петрозаводских школ.

«Этот год стартовый, дальше будем думать, как развивать молодежный технопарк. Для закупки нового оборудования нужно привлекать финансы. Поэтому сейчас трудно загадывать. Сейчас наиболее перспективной видится робототехника, может быть, в качестве приоритетного направления выберем что-то связанное с программированием приложений для андроидов. Это то, что не требует больших вложений», – отметил Денис Рогаткин.

*nanonewsnet.ru по материалам  
Александр Батов, ИА «Республика Карелия»  
НОР*



## Коста-Рика сегодня живет полностью на возобновляемых источниках энергии

Адам Эпстайн (Adam Epstein)



Коста-Рика сегодня не сжигает ни грамма ископаемого топлива, и такая ситуация сохраняется там уже 75 дней подряд (на 27.03.2015).

Благодаря большому количеству осадков в этом году гидроэлектростанции Коста-Рики вырабатывают столько электроэнергии, что ее хватает почти на всю страну. А поскольку там активно развивается геотермальная, солнечная и ветровая энергетика, стране для освещения домов и улиц не нужны ни уголь, ни нефть. Конечно, во многом это благоприятное стечение обстоятельств. Коста-Рика маленькая страна с населением менее пяти миллионов человек, и у нее не очень развита обрабатывающая промышленность, требующая большого количества энергии. Кроме того, там много вулканов и прочих топографических особенностей, которые способствуют развитию энергетики на возобновляемых источниках.

Тем не менее, это значительное и замечательное достижение для любой страны, когда она полностью отказывается от органического топлива.

Коста-Рика не единственная страна в мире, которая намерена пользоваться экологически чистой энергией. Нидерландская островная территория Бонэйр, расположенная у побережья Венесуэлы, почти

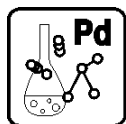
на 100 % обеспечивает себя энергией из возобновляемых источников. А в скором времени она сможет уже полностью обеспечивать себя возобновляемой энергией при помощи невероятного источника: водорослей.

Благодаря Китаю расходы на энергетiku возобновляемых источников могут вырасти впервые за три года (хотя затем тенденция может измениться). Исландия уже все потребляемое в стране электричество получает из возобновляемых источников, причем 85 % энергии производится на геотермальных и гидроэлектростанциях. А еще три европейские страны (Швеция, Болгария и Эстония) уже достигли целевых показателей по возобновляемым источникам за 2020 год.

Дания, получающая 40 % энергии от ветра, хочет полностью отказаться от органического топлива к 2050 году. Но как отмечают некоторые датчане, проблема с энергией, получаемой из возобновляемых источников заключается в том, что органическое топливо все равно необходимо в качестве резервного на тот случай, если в стране долго не будет ветра или солнца, чтобы вырабатывать энергию. Из-за развития энергетики из возобновляемых источников многие традиционные электростанции становятся нерентабельными, и их владельцы стараются закрыть свой бизнес.

Засуха в Коста-Рике очень негативно влияет на выработку гидроэлектроэнергии. Вот почему правительство страны утвердило проект геотермальной станции стоимостью 958 миллионов долларов. Финансировать строительство будет главным образом Япония и Европейский инвестиционный банк, но Коста-Рика уже сейчас может тратить такие же деньги на возобновляемые источники, потому что она вообще не выделяет ассигнования на оборону. Страна отказалась от армии в 1948 году.

*inosmi.ru по материалам "Quartz", США*



## Томские ученые научились очищать воду от железа и марганца эффективнее, чем за рубежом

Ученые Томского политехнического университета (ТПУ) разработали каталитические сорбенты, которые эффективнее и дешевле зарубежных аналогов могут очищать воду от железа и марганца, сообщили сегодня в пресс-службе инновационных организаций Томской области.

«Для создания каталитического сорбента томские ученые использовали распространенный в Сибири марганецсодержащий минерал, который обладает каталитическими свойствами. При использовании его в каталитическом сорбенте в сочетании с синтетическим носителем в процессе очистки воды удает-





ся достичь большего эффекта, чем у зарубежных аналогов», – сообщили в пресс-службе.



Накопление железа и марганца в организме приводит к снижению иммунитета, нарушению функций ферментов, по некоторым данным – стимулирует канцерогенез. По словам ученых, существующие на рынке как отечественные, так и импортные сорбенты, очищающие воду от железа и марганца, не так

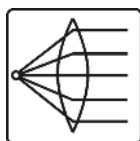
эффективны, их нужно обновлять, и к тому же они дорогие.

Как пояснил ТАСС один из разработчиков, научный сотрудник кафедры физической и аналитической химии Института природных ресурсов ТПУ Евгений Плотников, новые сорбенты позволят снизить стоимость очистки на треть и упростить обслуживание очистных установок за счет более долгого срока службы материала.

К концу года ученые планируют получить патент на разработку и приступить к переговорам с промышленными партнерами, готовыми заполнять картриджи новым сорбентом: маленькие – для домов и коттеджей, большие – для промышленных производств.

В ближайшее время политехники собираются сделать также портативную установку, которая позволяла бы очищать воду в походных условиях. Кроме того, изучаются возможности использования новых видов сорбентов для очистки промышленных сливов и удаления из воды мышьяка, а также способы микробиологической очистки воды.

*nanonewsnet.ru по материалам tass.ru*



### Тверские ученые получили кристаллы, способные улучшить характеристики инфракрасной оптики



Ученые Тверского госуниверситета (ТвГУ) разработали новый способ получения монокристаллов германия с низким уровнем дефектов. Это позволит улучшить технические характеристики инфракрасной оптики, а также увеличить КПД устанавливаемых на спутниках солнечных элементов, сообщил корр. ТАСС проректор по научной и инновационной деятельности ТвГУ, профессор Иван Каплунов.

По его словам, на совершенство структуры влияет процесс выращивания монокристаллов.

«Для этого кристалл вытягивают из расплава (при температуре плавления германия 937 градусов Цель-

сия) в специально сформированном температурном поле в вакууме или в среде инертного газа. Разработанная конструкция оснастки, скорость выращивания и ее стабильность, вращение кристалла и другие факторы обеспечивают получение монокристаллов с минимальным количеством дефектов», – сказал собеседник агентства.

Кристаллы германия применяются в разных сферах.

«В первую очередь – в инфракрасной оптике, в частности, в приборах ночного видения», – отметил Каплунов. Он уточнил, что современные инфракрасные приборы на основе кристаллов германия способны распознавать излучающее тепло от объектов на дальние расстояния: от человека – на расстоянии до 2–3 км, крупной техники (танки, бронетранспортеры) – 5–7 км, самолетов или вертолетов – 10–20 км.

По словам проректора, инфракрасные приборы используются и в гражданских целях, например, для помощи МЧС при поиске людей или техники во время спасательных операций.

«Качество изображения оптики напрямую зависит от качества кристаллов германия. Разработанный нами способ получения монокристаллов с низкой концентрацией нано- и микроразмерных дефектов

(на основе метода Чохральского) позволит значительно улучшить все технические характеристики оптических приборов», – добавил он.

В последнее десятилетие кристаллы германия активно применяют для изготовления фотоэлектрических преобразователей – так называемых солнечных элементов.

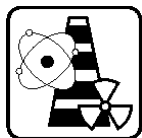
«Они преобразуют солнечную энергию в электричество. Поэтому их активно используют там, где необходимо независимое энергообеспечение, например, при оснащении космических аппаратов, в том числе спутников», – пояснил Каплунов.

Для этих целей, отметил он, из германия изготавливаются специальные тонкие пластинки – подложки, на которые наносят слои полупроводникового материала.

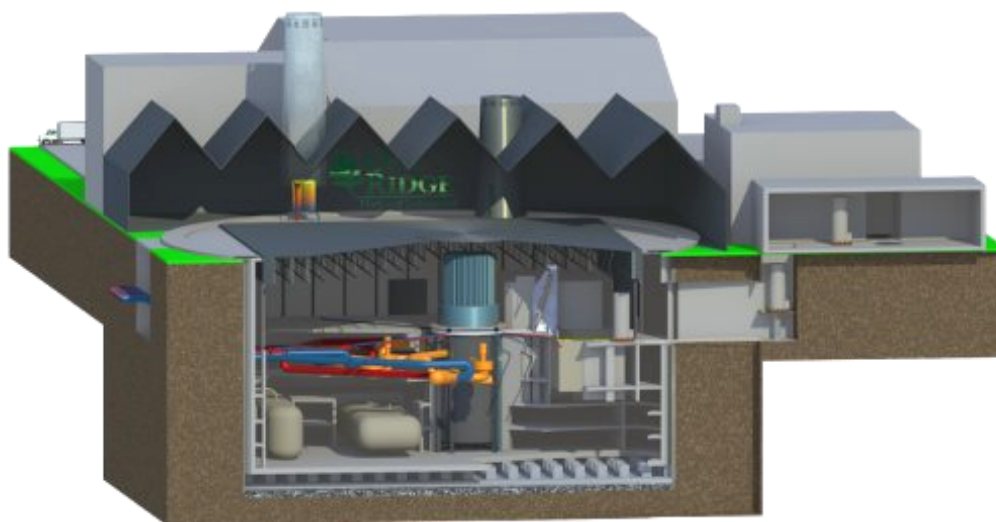
«Практика показывает: чем меньше в кристаллах дефектов, тем выше КПД солнечных элементов (на основе германия КПД может достигать 30–40 процентов). А значит, и автономность, а также эффективность работы самого спутника улучшается в разы», – сказал профессор.

По его данным, в вузе научились выращивать совершенные монокристаллы германия диаметром до 300 мм. Над проектом, который реализуется в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы», работают более 60 человек – преподаватели, научные сотрудники, студенты и аспиранты.

*nanonewsnet.ru по материалам tass.ru*



### Китай и Америка работают над созданием безопасного и недорогого ядерного реактора нового типа



Исследователи из Национальной лаборатории Ок-Ридж (Oak Ridge National Laboratory), США, и Института прикладной физики в Шанхае (Shanghai Institute of Applied Physics, SINAP) совместно работают над созданием технологий ядерных реакторов, охлаждаемых расплавленными солями, которые работают в условиях низкого давления, используют пассивные системы безопасности и не требуют постоянного контроля со стороны человека. Инициатором начала работ по созданию опытного образца реактора FHR (fluoride high-temperature reactor) выступила китайская Академия Наук, а специалисты лаборатории Ок-Ридж вносят в этот проект весь свой опыт по созданию и эксплуатации подобных реакторов, ведь в их распоряжении имеется единственный в

мире подобный реактор, построенный еще в 1960-х годах.

Реакторы FHR – это относительно новый тип ядерных реакторов, охлаждаемых расплавами солей-фторидов и работающих при низком давлении. Конструкция таких реакторов обеспечивает работу реактора в высокотемпературном режиме, который увеличивает энергетическую эффективность и допускает использование пассивных систем безопасности, способных справиться с любыми непредвиденными ситуациями в автоматическом режиме, абсолютно без вмешательства человека.

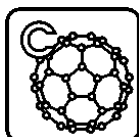


Китайские власти интересуются FHR-реакторами в первую очередь из-за того, что для их нормальной работы требуется весьма незначительное количество воды в системе охлаждения, и это позволит использовать такие реакторы для производства электроэнергии даже в тех регионах, где наблюдается дефи-

цит водных ресурсов. Весь проект, который будет обходиться в 5 миллионов долларов в год, полностью финансируется китайским правительством; вкладом американских физиков-ядерщиков является уже имеющийся у них опыт, взамен которого они получают всю информацию и научные данные, которые будут собраны в ходе его реализации.

Специалисты лаборатории Ок-Ридж примут участие в разработке топливных элементов, материалов для конструкции реактора, в создании специализированных инструментов и средств управления. А на первом этапе проекта совместными усилиями исследователи создадут и выполнят расчеты математических моделей. В эти модели будут заложены данные, собранные в ходе эксплуатации лабораторных реакторов, конструкция которых достаточно сильно отличается от конструкции будущих FHR-реакторов, но которые, тем не менее, используют массу одинаковых принципов и технологий.

*dailytechinfo.org*



### Получение наночастиц черного фосфора в растворе

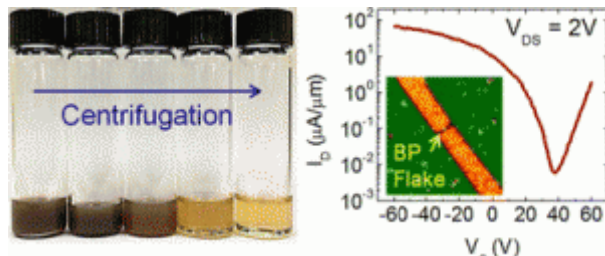


Рисунок из ACS Nano 2015, DOI: 10.1021/acsnano.5b01143

Полупроводящие чешуйки фосфора толщиной всего лишь в несколько атомов могут оказаться весьма перспективным материалом для создания быстрых, потребляющих малое количество энергии и гибких электронных устройств. Тем не менее одной главной проблемой в применении фосфора для создания электроники является то, что получение высококачественного черного фосфора занимает очень много времени. В новой работе химики демонстрируют метод получения черного фосфора из раствора, который может позволить набирать большие количества этого материала.

Как и другие ультратонкие материалы – графен и дисульфид молибдена, – черный фосфор представляет собой весьма привлекательное вещество для применения в надежных, гибких и высокопроизводительных электронных схемах для создания смартфонов или других устройств.

По сравнению с иными двумерными материалами черный фосфор комбинирует хорошие полупроводниковые свойства с относительно высокой подвижностью заряда.

Электроны быстро перемещаются по черному фосфору, что позволяет осуществлять более быстрое переключение полупроводникового устройства и ускорять расчеты.

Исследователи начали работать над применением черного фосфора в электронике в 2014 году и к настоящему времени сконструировали из этого материала отдельные транзисторы, однако для создания современных микропроцессоров требуются сложные схемы, содержащие миллионы и миллиарды таких транзисторов.

В то время как инженеры по электронике думают о том, как получить более сложные устройства, химики озабочены более фундаментальной проблемой – созданием фрагментов материала, достаточных для обеспечения связи между электронными схемами. Как отмечает руководитель нового исследования Марк Херсам (Mark C. Hersam), метод, с помощью которого в настоящее время получают черный фосфор, аналогичен способу получения графена: механическая эксфолиация.

В ходе реализации этого метода исследователи разбивают кусок черного фосфора, а затем с помощью клейкой ленты отшелушивают слои материала



толщиной всего лишь в несколько атомов. С помощью «метода клейкой ленты» исследователям удается получать лишь небольшие количества материала, что делает его производство непрактичным и замедляет прогресс в исследовании электронных свойств черного фосфора.

Исследовательская работа Херсама посвящена применению химии растворов для получения, сортировки и техники печати электронных материалов нового поколения, включая углеродные нанотрубки и графен.

Он поясняет, что технологии, похожие на разработанные в его группе, могут быть использованы для эксфолиации черного фосфора в растворе.

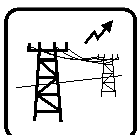
Херсам и его коллеги помещали кристаллы черного фосфора и растворитель на дно кюветы для ультразвуковой обработки, в которой для перемешивания жидкости используется металлический зонд.

Комбинированное действие растворителя и ультразвуковой обработки позволяет разделять черный фосфор на частицы с размерами всего в нанометры, которые остаются суспендированными в жидкости.

Затем исследователи наносили полученные «чернила» на поверхность, покрыв ее случайно распределенными хлопьями черного фосфора, каждая такая чешуйка может быть превращена в транзистор. Испытания показали, что наиболее эффективным растворителем для эксфолиации черного фосфора является N-метилпирролидон, жидкость с большой поверхностной активностью.

Из чешуек черного фосфора, полученных с помощью метода «растворной эксфолиации», были получены транзисторы, подвижность заряда в которых сравнима с подвижностью заряда в наночастицах черного фосфора, полученных механической эксфолиацией.

*nanonewsnet.ru по материалам chemport.ru*



### Первая гибридно-маховиковая электростанция-хранилище будет построена в Европе



Первый, подключенный к национальной энергосети, проект гибридно-маховиковой электростанции будет в скором времени построен в Европе, согласно недавнему сообщению министра Ирландии. Ирландская компания SchwungradEnergie Limited, которая разрабатывала этот проект, будет сотрудничать с кафедрой физики и энергетики Университета Лимерика.

Планируется, что американская компания Beacon Power также будет обеспечивать некоторую поддержку.

Местом строительства проекта станет деревня Род, графство Оффали, расположенная в центре Ирландии.

Для поддержки разработки проекта в декабре 2014 года Европейской комиссией было выделено 2,55 млн. €. В качестве демонстрационного «потенциального» проекта ирландская энергетическая компания EirGrid выбрала именно это предложение в

рамках своей программы интеллектуальных энергосистем.

Система маховика состоит из специальной углеволоконной трубы, которая парит на магнитах в вакууме.

Электричество от возобновляемых источников, таких как ветряные турбины и солнечные панели заставляет трубу или маховик вращаться с очень большой скоростью. Поскольку маховик находится в среде, где практически отсутствует сила трения, он продолжает вращаться до тех пор, пока не возникает потребность в электричестве.

В этот момент кинетическая энергия, накопленная маховиком, используется для выработки электроэнергии, которая подается обратно в сеть. Каждый маховик имеет около двух метров в высоту и, чтобы уменьшить визуальное воздействие на ландшафт, их частично закапывают в землю.

«Технология маховика имеет полное право называться 100 % чистым источником питания, так как эта гибридная технология не использует топливо и не образует вредных выбросов, также не потребляет воду. Система просто поглощает энергию, хранит ее и в любое время готова отправить в энергосеть. Это не электростанция в обычном смысле, но работает как «амортизатор» всплесков и динамическая энергетическая система поддержки, накапливая и повторно направляя в сеть небольшое, но крайне варьирующееся количество энергии в соответствии с текущим требованием энергосети», — объясняет Френк Берк, технический директор Schwungrad.

В отличие от батарей, маховики не используют химические вещества, они используют механическую энергию. Теоретически это может позволить им работать дольше. Они нетоксичные и невоспламеняющиеся. Маховик также не использует воду и не осуществляет вредных выбросов.

В рамках реализации проекта планируется создать около 55 рабочих мест. От 30 до 40 будут необходимы на этапе строительства, и около 15 будут постоянными.

*Facepla.net no материалам djei.ie*



### Очистка воды с помощью водорослей



Мы уже не раз писали о различных способах использования водорослей: кроме того, что они могут быть потенциальным источником биотоплива, они также находят применение в таких вещах, как пищевые добавки и косметические средства. Когда водоросли выращивают на коммерческой основе, то, как правило, добавляют химические удобрения. Стоимость этих химических веществ, естественно, частично уменьшает прибыль, однако удобрения также необходимы для более традиционных культур.

Вот почему ученые из Университета Райса в Хьюстоне ищут водоросли, растущие в муниципальных сточных водах – там вода уже будет содержать свое собственное бесплатное удобрение, а водоросли помогут ее очистить.

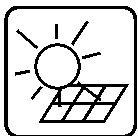
«У водоочистных сооружений в настоящее время нет экономически эффективных средств для удаления больших объемов нитратов или фосфора, так что производство водорослей в сточных водах имеет потенциал», – говорит соавтор исследования Эван Симанн (Evan Siemann).

«Идея была в учебниках довольно долгое время, но оставались вопросы, в том числе, можно ли это сделать в открытых емкостях и будет ли такой метод адаптирован для монокультуры – предпочтительный способ, когда производители выращивают штамм водорослей, оптимизированный для получения конкретных продуктов», – говорит он. «Мы удивились, узнав, как мало было сделано для проверки этих вопросов. Есть ряд лабораторных исследований, но мы нашли лишь одно старое крупномасштабное исследование, которое было проведено на очистных сооружениях в Канзасе».

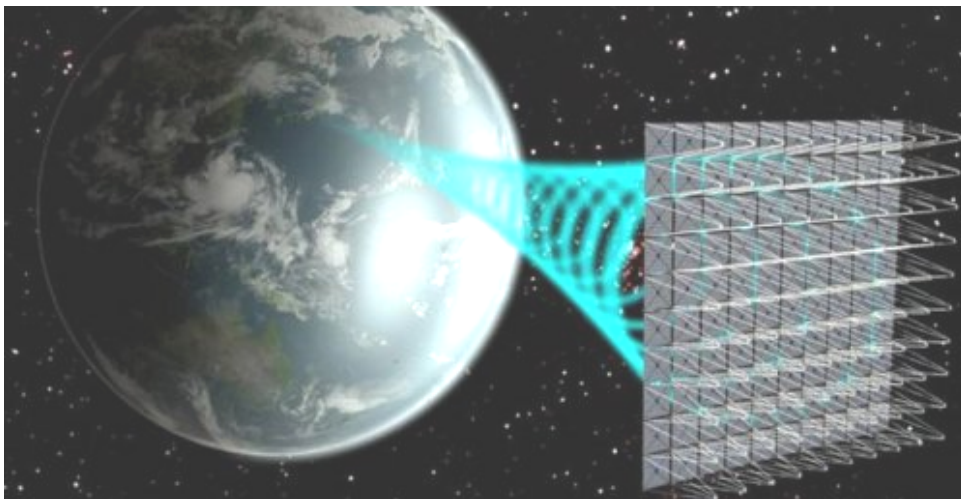
Под руководством исследователей Минакши Бхаттачарджи (Meenakshi Bhattacharjee) и Эвана Симанна (Evan Siemann) команда Университета Райса экспериментировала с выращиванием различных штаммов богатых маслом водорослей в бассейнах под открытым небом, содержащих воду от одного из водоочистных сооружений в Хьюстоне. Хотя твердые частицы фильтруются из воды, она по-прежнему содержит азот и фосфор, которые необходимы для роста водорослей.

После 14 недель исследований было обнаружено, что водоросли не только хорошо выросли в сточных водах, но и поглотили более 90 процентов нитратов и 50 процентов фосфора из этой воды. Если слишком высокая концентрация этих веществ остается в сточных водах после того, как они отправятся обратно в окружающую среду, это может вызвать серьезные экологические проблемы, такие как массовое хаотичное цветение водорослей.

*Facepla.net no материалам: news.rice.edu*

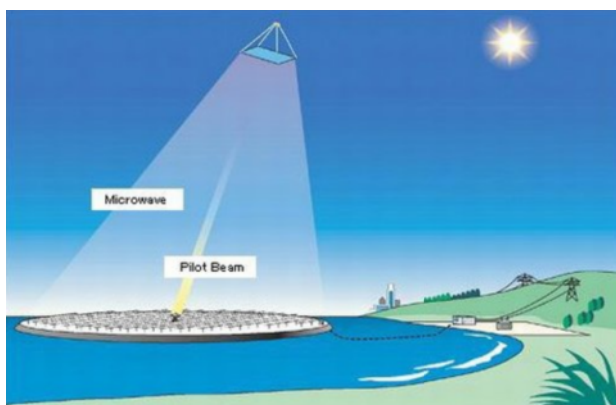


## Японцы провели успешные испытания технологий, предназначенных для передачи солнечной энергии на Землю



Представители известной японской компании Mitsubishi Heavy Industries сообщили о проведении успешных испытаний новой технологии, предназначенной для передачи при помощи луча микроволнового излучения на Землю собранной на околоземной орбите солнечной энергии. Во время этих испытаний микроволновые лучи перенесли около 10 кВт энергии от приемника к передатчику, которые разделяло расстояние в 500 метров.

Подтверждением успеха процедуры беспроводной передачи энергии стало свечение ламп, на которые была подана часть от полученной энергии. И сейчас специалисты компании Mitsubishi производят расчеты общей эффективности системы, ведь потери являются ключевым фактором при передаче энергии на расстояния, измеряемые сотнями и тысячами километров.



В настоящее время никто не ожидает скорого появления солнечных "ферм" в космосе, откуда в сторону Земли бьет мощнейший луч микроволнового

излучения. Но успешные тесты, проведенные на полигоне компании Mitsubishi, служат своего рода проверкой жизнеспособности данной технологии в целом, а значительно увеличившиеся расстояния и уровни передаваемой мощности говорят о немалых успехах в этом направлении.

Одним из самых важных этапов проведенных испытаний была проверка работы системы управления, которая в автоматическом режиме будет направлять микроволновый луч на строго заданный участок земной поверхности. И эта система является основным регулятором, который должен обеспечить устойчивую "энергетическую" связь между орбитальной солнечной электростанцией и площадкой приемного устройства на Земле. Но не стоит пугаться, даже если эта система вдруг сработает не так, то микроволновый луч на полной мощности не убьет сотни тысяч людей на Земле, хотя люди, попавшие под такой луч, получают серьезный удар по здоровью.

Тестирование микроволновой системы передачи энергии проводилось совместно с компанией Japan Space Systems, полуправительственной организацией, которая отвечает за реализацию проекта космической солнечной энергетики.

К сожалению, до создания реальной системы передачи солнечной энергии на Землю могут пройти еще несколько десятилетий, это будет стоить многие миллиарды долларов и потребует изобретения достаточно большого количества новых технологий. Весьма сомнительно, что все это сможет осуществить одна Япония, страна с ограниченными природными ресурсами, бюджетом и испытывающая на себе последствия катастрофы на атомной электростанции Фукусима.



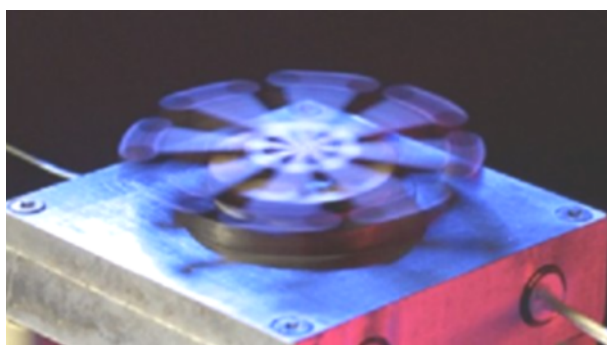
Вполне вероятно, что к реализации проекта космической солнечной электростанции, когда до этого дойдет дело, будут привлечены и другие страны. А компания Mitsubishi видит несколько применений для разработанных ими технологий управления на-

правлением потоков энергии микроволнового излучения уже сейчас. И самым очевидным является беспроводное снабжение энергией двигающихся по дорогам электрических автомобилей.

*dailytechinfo.org*



### Двигатель, работающий на замороженном углекислом газе, может снабдить энергией миссии на Марсе



Будущие автоматические и пилотируемые миссии на Марсе могут получать энергию от генераторов, вращаемых двигателями, использующими в качестве топлива замороженный углекислый газ. Опытный образец такого двигателя был изготовлен исследователями из университетов Нортумбрии и Эдинбурга, и в основе принципа его работы лежит достаточно известный эффект Лейденфроста. Предполагается, что на Марсе такие двигатели будут использовать имеющиеся там залежи замороженного углекислого газа, так называемого сухого льда, что позволит избавиться от потребности доставлять на Марс дополнительное топливо.

Эффект Лейденфроста, использующийся в работе двигателя, заключается в том, что, когда жидкость контактирует с поверхностью, нагретой гораздо выше точки кипения этой жидкости, между поверхностью и жидкостью возникает прослойка газа или пара, которая играет роль теплового изолятора, не давая всей жидкости моментально испариться. Эта прослойка также приподнимает и удерживает капли жидкости над поверхностью, позволяя им перемещаться в произвольном направлении.

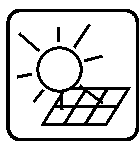
Примером эффекта Лейденфроста являются капли воды, упавшие на дно разогретой сковородки, которые "шипят и плюются" катаются по поверхности, пока не испаряются полностью. Но если горячая поверхность имеет выступы и впадины, движение капель упорядочивается и это можно использовать в своих целях.

В созданном двигателе в роли горячей сковородки использовалась подогреваемая алюминиевая поверхность, на которую помещался диск из сухого льда, плавающий на подушке испарившегося углекислого газа. На поверхности алюминия, которая имела немного коническую форму, выгравированы канавки особой формы, расходящиеся от центра к краям по спирали, создавая своего рода турбину. За счет этого сухой лед, попадая под влияние эффекта Лейденфроста, начинал вращаться по кругу.

Вокруг вращающегося куска сухого льда была расположена достаточно сложная система из постоянных магнитов и катушек, которая превратила все это в электрический генератор, вырабатывающий переменный электрический ток. И это был первый раз, когда эффект Лейденфроста использовался для получения энергии любого вида.

Исследователи полагают, что изобилие замороженного углекислого газа и его обилие в атмосфере Марса делают такой тип двигателя весьма многообещающим с точки зрения снабжения энергией различных установок и устройств, используемых в автоматических и пилотируемых исследовательских миссиях. И особенно привлекательной эта технология выглядит для длительных миссий и процесса колонизации, в которых необходимо максимально использовать все доступные для этого ресурсы местного происхождения.

*dailytechinfo.org*



### Компактная солнечная электростанция Outdoor Microstation

Более миллиарда человек на планете не имеют доступа к электричеству, и около миллиарда получают электричество с перебоями. Электроэнергия для этих людей является ключом к экономическому развитию, медицинскому обслуживанию и более качественной жизни, но пока это большая проблема: прокладка традиционных электрических сетей к многочисленным сельским общинам обходится достаточно дорого, и не всегда является экономически эффективной.

В результате растет интерес к так называемым офф-грид-технологиям (технологиям, не подключенным к национальной энергосети), таким как домашние солнечные батареи и миниэнергосистемы, где возобновляемая энергия сочетается с традиционными источниками на местном уровне.

Организация Объединенных Наций выступила с инициативой сделать устойчивые источники энергии общедоступными к 2030 году, но Международное энергетическое агентство и Всемирный банк настроены не так оптимистично. Если нужно электрифицировать весь мир, то в таком случае без офф-грид технологий не обойтись, считают они.

Ранее компания SunEdison анонсировала собственную внутреннюю цель: обеспечить электричеством 20 миллионов человек, живущих в неподключенных к национальной энергосети общинах по всему миру, к 2020 году.

Одним из способов, с помощью которого компания собирается предоставить чистую и надежную энергию в такие места, как Индия и Непал является устройство Outdoor Microstation.

Outdoor Microstation – это автономное устройство выработки электроэнергии, которое обеспечивается с помощью солнечных панелей, что является чрезвычайно полезным в труднодоступных удаленных районах.



Устройство уже готово к выпуску: оно напоминает по форме автобусную остановку, с установленными солнечными батареями вдоль крыши, с инвертором и преобразователем под ней. Устройство может быть установлено менее чем за шесть часов с помощью двух-трех человек без специальной подготовки, является модульным и может работать как с существующей энергосетью, так и без нее. По утверждению компании, миниэлектростанция очень проста в эксплуатации: процесс переключения предельно прост, кроме того, все управление и мониторинг можно осуществлять удаленно.

Компания говорит, что устройство идеально подходит для уличного освещения, домашних хозяйств и предприятий, клиник и медицинских центров, ирригационных или водяных насосов, или розничной торговли и телекоммуникаций.



Пиковая мощность устройства составляет 3,4 кВт, номинал выхода переменного тока 3 500 ВА, что в общем дает производительность в 7 900 Вт\*ч в день. Устройство может обеспечить энергопитанием до 25 домов в течение пяти часов в сутки три дня подряд.

Микростанция стоит около \$ 27 000 и поставляется с батареей, срок службы которой до 10 с лишним лет. Компания SunEdison также собирает благотворительные пожертвования для своего фонда, с помощью которого помогает удаленным общинам получать электроэнергию.

«На сегодняшний день мы пожертвовали и установили солнечные системы на 344-киловатта для 28 школ и больниц, что помогло обеспечить электричеством более 16 000 человек», – рассказал Алакеш Четиа (Alakesh Chetia), президент социальных инноваций в SunEdison.

Facepla.net по материалам: [sunedisonmea.com](http://sunedisonmea.com)



### Ученые предлагают хоронить ядерные отходы в буровых скважинах



Британские радиологи предлагают хоронить отработанное ядерное топливо в глубоких пятикилометровых скважинах в горах, где даже самые радиоактивные и опасные типы ядерных отходов будут находиться в полной безопасности, о чем они рассказали на ежегодной конференции Американского ядерного сообщества.

«Захоронение отходов в глубинных буровых скважинах представляется наиболее удобным и подходящим методом утилизации ядерных отходов, чей высокий уровень радиоактивности и вырабатываемое ими тепло делает другие способы избавления от них крайне неудобными. У нас уже накопилась масса опыта по бурению подобных скважин в нефтяной и геотермальной отраслях, и нужен лишь пример для воплощения нашей идеи на практике», – рассказыва-

ет Фергюс Гибб (Fergus Gibb) из университета Шеффилда (Великобритания).

По расчетам Гибба и его коллег, все текущие запасы ядерных отходов Великобритании можно будет захоронить всего в шести подобных шахтах, чья общая площадь дна будет примерно равна размерам небольшого футбольного поля.

Главным преимуществом подобных могильников ядерных отходов, помимо их безопасности для природы, будет небольшая цена захоронений.

На бурение одной шахты, по оценкам авторов доклада, уйдет всего несколько десятков миллионов долларов, и одна такая скважина сможет вместить почти половину всего отработанного ядерного топлива с американских АЭС.

Как отмечает Гибб, власти США уже согласились на обкатку этой технологии и в ближайшее время британские инженеры пробурят пробную скважину на территории штата Вашингтон диаметром в полметра и захоронят в ней тестовые капсулы, имитирующие контейнеры с радиоактивными отходами. Итоги эксперимента будут подведены в 2016 году.

Если этот пилотный проект окажется успешным, то тогда будет пробурена еще одна скважина, которая будет заполнена отходами из хранилища Хэнфорд на территории того же штата, где покоятся самые опасные и радиоактивные ядерные отходы, полученные во время производства оружейного плутония для ядерных бомб.

*nanonewsnet.ru по материалам РИА Новости*



### Первый электроавтобус вышел на свой маршрут в Японии

Этой весной у жителей японского города Кавасаки появилась возможность передвигаться по городу на настоящем автобусе будущего. Благодаря совместным усилиям компании Toshiba и коммерческого перевозчика «Rinko Bus» запущен регулярный пассажирский маршрут, который обслуживается электрическим автобусом.

Уже с 2013 года в Кавасаки реализуется проект Smart Community, и электротранспорт является одним из важных направлений проекта. При поддержке Toshiba увеличилось количество экологически чистого общественного транспорта, состоящего из автобусов с тяговыми литий-ионными батареями, которые осуществляют на 40 % меньше выбросов углекислого газа.





Ёмкость батарей относительно небольшая: производитель специально отказался от больших тяговых элементов, чтобы сохранить просторный салон. Для удобства пассажиров в автобусе установлены ЖК-экраны, и даже есть розетки под сиденьями, что в век мобильных устройств является очевидным плюсом.

«Умные автобусы» – ещё один важный шаг к улучшению экологии больших городов. Радует, что наряду с личным автотранспортом, стали развивать

направление экологически безопасного общественного транспорта. На данный момент фирменные быстро заряжаемые литий-ионные батареи поставляются производителям электрического и гибридного транспорта в США и Бельгию. Вполне возможно, что уже в обозримом будущем такие «умные» электрические автобусы появятся и на улицах больших городов России.

*dailytechinfo.org*



### Создан новый ARM-процессор, способный работать от одной батарейки в течение нескольких десятилетий



Поскольку все вокруг нас – наши автомобили, телефоны, велосипеды, холодильники и даже мусорные ведра скоро будут требовать наличия высокоскоростного соединения с Интернетом, они будут

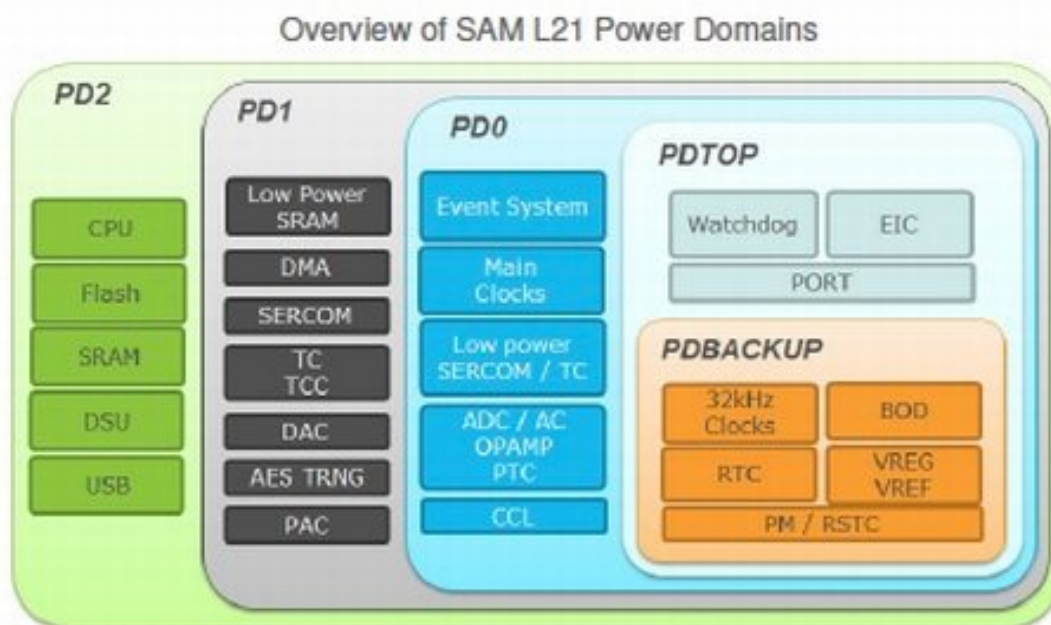
нуждаться в микропроцессорах и микроконтроллерах, потребляющих очень малое количество энергии. В точности, как новый микропроцессор компании Atmel, который может проработать более десяти лет на одном заряде батареи его источника питания.

Новый микроконтроллер серии SAM L21 имеет 32-битное вычислительное ядро ARM. Он потребляет до 35 микроампер тока на каждый мегагерц тактовой частоты в активном режиме, а в пассивном (спящем) режиме ему требуется всего 200 наноампер. Другими словами, такой процессор потребляет так мало энергии, что ее, эту энергию, без труда можно взять прямо от тела человека или от батареи, которая будет работать очень и очень долгое время.

Большинство существующих мало потребляющих микропроцессоров и микроконтроллеров потребляют ток на уровне 120–160 микроампер на ме-

гагерц тактовой частоты. Однако, тест Embedded Microprocessor Benchmark Consortium (EEMBC) ULPbench, предназначенный как раз для оценки уровня потребления энергии микропроцессорами показал, что новый SAM L21 на тестах разного типа

обгоняет по эффективности на 50–185 процентов не только своего ближайшего конкурента, процессор STMicro STM32L4, но и малопотребляющие процессоры компании Atmel предыдущего поколения.



Для того чтобы добиться такой эффективности, специалистам компании Atmel пришлось прибегнуть к нескольким "умным" уловкам. Другие мало потребляющие микропроцессоры, переходя в спящий режим, снижают свою тактовую частоту и "просыпаются" в те моменты, когда возникает необходимость в принятии и обработке данных от периферийных устройств. Чип SAM L21 имеет несколько видов спящего режима, а все его периферийные устройства разбиты на несколько так называемых доменов, это позволяет периферийным устройства напрямую обмениваться данными друг с другом и выполнять некоторые функции, в то время как центральный процессор "спит" и потребляет энергии крохи энергии.

Естественно, микропроцессор SAM L21 не обладает столь богатой периферией и ресурсами, как другие ARM-процессоры. Его ядром является ядро 42 MHz Cortex M0+, младшее ядро семейства 32-разрядных ARM-процессоров. Процессор имеет 256

килобайт флэш-памяти для хранения программ, 32 килобайта статической памяти для хранения данных и еще 8 килобайт специальной мало потребляющей статической памяти. Таких ресурсов, конечно, будет не достаточно для запуска нормальной операционной системы, но всего этого вполне достаточно для работы довольно сложных специализированных программ, считывающих показания различных датчиков, управляющих различным оборудованием и устройствами из разряда так называемого интернета вещей.

Оценочные комплекты и комплекты разработчика SAML21 Xplained Pro (XPRO) будут доступны в течение ближайшего месяца-двух. А о стоимости и дате начала выпуска собственно процессоров семейства SAM L21 представители компании Atmel объявят немного позже.

*dailytechinfo.org*



## Новый магнитный материал позволит сделать менее дорогими электрические автомобили, ветрогенераторы и многое другое



Ни для кого не является секретом, что достаточно большая доля от общей стоимости нынешних электрических и гибридных автомобилей, турбин ветрогенераторов и многого другого приходится на стоимость высокоэффективных постоянных магнитов, используемых в электродвигателях и электрогенераторах. Одним из направлений снижения стоимости вышеупомянутых изделий является замена магнитов на основе редкоземельных металлов магнитами на основе других, более распространенных и более дешевых материалов. Успехов на этом поприще удалось добиться ученым из лаборатории имени Эймса (Ames Laboratory) американского Министерства энергетики, которые создали новый магнитный сплав, не уступающий по всем параметрам традиционным магнитным материалам на основе редкоземельных элементов.

Применение нового сплава позволит избавиться от необходимости использовать один из самых дорогостоящих редкоземельных металлов – диспрозия (dysprosium), вместо него используется более распространенный элемент – церий. А новый магнитный сплав, в состав которого входит неодимий, железо и бор, легированные церием и кобальтом, по всем своим магнитным свойствам может конкурировать с традиционными искусственными магнитами, содержащими диспрозий.



"Но самым интересным является то, что наш материал начинает работать лучше при температурах выше 150 градусов по шкале Цельсия, при температурах, когда другие магнитные материалы начинают терять свои свойства", – рассказывает Карл А. Гшнеиднер (Karl A. Gschneidner), один из исследователей лаборатории имени Эймса, – "Это открывает огромные перспективы для использования нашего нового сплава в устройствах и механизмах, способных нормально функционировать при высоких температурах".

Следует отметить, что исследования, в ходе которых был разработан новый магнитный сплав, были проведены в рамках программы ARPA-E REACT (Advanced Research Projects Agency-Energy-Rare Earth Alternatives in Critical Technologies), целью которой является поиск альтернатив применению дорогостоящих редкоземельных материалов в самых различных областях, включая двигатели электрических автомобилей, турбин ветрогенераторов и многое другое.

*dailytechno.org*





## О КОНКУРСАХ НА СОИСКАНИЕ ЗОЛОТЫХ МЕДАЛЕЙ И ПРЕМИЙ ИМЕНИ ВЫДАЮЩИХСЯ УЧЕНЫХ, ПРОВОДИМЫХ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИЕЙ НАУК В 2015 году

Российская академия наук объявляет конкурсы на соискание следующих золотых медалей и премий имени выдающихся ученых, каждая из которых присуждается в знаменательную дату, связанную с жизнью и деятельностью ученого, именем которого названа медаль или премия.

### ЗОЛОТЫЕ МЕДАЛИ (присуждаются отечественным ученым)

1. Золотая медаль имени **М.М. Сперанского** – за выдающиеся научные работы в области государственного управления.
2. Золотая медаль имени **Л.С. Берга** – за выдающиеся работы в области географии, биогеографии и ихтиологии.
3. Золотая медаль имени **С.И. Вавилова** – за выдающиеся работы в области физики.
4. Золотая медаль имени **С.А. Чаплыгина** – за выдающиеся теоретические работы по механике.
5. Золотая медаль имени **А.С. Попова** – за выдающиеся достижения в области развития методов и средств радиоэлектроники, в том числе для передачи информации.
6. Золотая медаль имени **И.Е. Тамма** – за выдающиеся работы по теоретической физике и физике элементарных частиц, теории поля.
7. Золотая медаль имени **Н.С. Курнакова** – за выдающиеся работы в области физико-химического анализа, химии и технологии.
8. Золотая медаль имени **Н.Г. Басова** – за выдающиеся работы в области физики.
9. Золотая медаль имени **С.П. Королёва** – за выдающиеся работы в области физики.

### ПРЕМИИ (присуждаются отечественным ученым)\*

- Премия имени **С.В. Ковалевской** – за выдающиеся результаты в области математики.
- Премия имени **В.О. Ключевского** – за выдающийся вклад в области отечественной истории и славяноведения.
- Премия имени **А.Ф. Кони** – за выдающиеся научные работы в области права.
- Премия имени **Б.Б. Голицына** – за выдающиеся научные работы в области геофизики.
- Премия имени **В.И. Векслера** – за выдающиеся работы по физике ускорителей.
- Премия имени **А.А. Андропова** – за выдающиеся работы в области классической механики и теории управления.
- Премия имени **А.Н. Колмогорова** – за выдающиеся результаты в области математики.
- Премия имени **Л.И. Мандельштама** – за выдающиеся работы по физике и радиофизике.
- Премия имени **А.А. Шахматова** – за выдающиеся работы в области источниковедения, текстологии, языкознания.
- Премия имени **А.А. Маркова** – за выдающиеся результаты в области математики.
- Премия имени **И.В. Гребенникова** – за выдающиеся работы в области химии, физикохимии и технологии стекла.
- Премия имени **А.А. Ухтомского** – за выдающиеся работы в области физиологии нервной системы и физиологии трудовой деятельности.
- Премия имени **Н.К. Кольцова** – за выдающиеся работы в области молекулярной генетики.
- Премия имени **Ю.А. Овчинникова** – за выдающиеся работы в области физико-химической биологии и биотехнологии.
- Премия имени **А.А. Расплетина** – за выдающиеся достижения в области создания радиотехнических систем автоматизированного управления.
- Премия имени **Н.С. Шатского** – за выдающиеся научные работы по тектонике.
- Премия имени **С.Н. Виноградского** – за выдающиеся работы в области общей микробиологии.
- Премия имени **А.Н. Несмеянова** – за выдающиеся работы в области химии элементорганических соединений.
- Премия имени **С.Ф. Ольденбурга** – за выдающиеся работы в области востоковедения.
- Премия имени **С.С. Смирнова** – за выдающиеся научные работы по изучению месторождений полезных ископаемых и металлогении.
- Премия имени **И.Е. Забелина** – за выдающийся вклад в исследование проблем археологии.
- Премия имени **Л.А. Чугаева** – за выдающиеся работы в области химии комплексных соединений.

\* Кроме премии имени Д.С. Лихачева (пункт 34).

23. Премия имени **А.А. Григорьева** – за выдающиеся работы в области физической географии.
24. Премия имени **С.А. Лебедева** – за выдающиеся работы в области разработок вычислительных систем.
25. Премия имени **Е.С. Варги** – за выдающиеся научные работы в области мировой экономики.
26. Премия имени **Е.В. Тарле** – за выдающиеся научные работы в области всемирной истории и современного развития международных отношений.
27. Премия имени **А.Н. Туполева** – за выдающиеся работы в области авиационной науки и техники.
28. Премия имени **П.Н. Яблочкова** – за выдающиеся работы в области электрофизики и электротехники.
29. Премия имени **М.А. Лаврентьева** – за выдающиеся результаты в области математики и механики.
30. Премия имени **А.О. Ковалевского** – за выдающиеся работы в области биологии развития, общей, сравнительной и экспериментальной эмбриологии беспозвоночных и позвоночных животных.
31. Премия имени **В.Н. Ипатьева** – за выдающиеся работы в области технической химии.
32. Премия имени **Н.И. Кареева** – за выдающийся вклад в изучение проблем всеобщей истории.
33. Премия имени **А.И. Мальцева** – за выдающиеся результаты в области математики.
34. Премия имени **Д.С. Лихачева** присуждается российским и зарубежным ученым за выдающийся вклад в исследование литературы и культуры Древней Руси.
35. Премия имени **Г.В. Плеханова** – за выдающиеся научные работы в области философии.
36. Премия имени **Е.С. Федорова** – за выдающиеся работы по кристаллографии.

### ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В целях поощрения ученых за научные труды, научные открытия и изобретения, имеющие важное значение для науки и практики, Российская академия наук присуждает золотые медали и премии имени выдающихся ученых.

Золотые медали присуждаются за выдающиеся научные работы, открытия и изобретения или по совокупности работ большого научного и практического значения.

В конкурсах на соискание золотых медалей могут участвовать лишь отдельные лица персонально.

Премии присуждаются за отдельные выдающиеся научные работы, открытия, изобретения, а также за серии научных работ по единой тематике.

На соискание премий могут быть представлены работы или серии работ единой тематики, как правило, отдельных авторов. При представлении работ выдвигаются лишь ведущие авторы, причем не более трех человек.

Право выдвижения кандидатов на соискание золотых медалей и премий предоставляется:

- а) академиком и членом-корреспондентом Российской академии наук;
- б) научным учреждениям, высшим учебным заведениям;
- в) научным и инженерно-техническим обществам;
- г) научным советам Российской академии наук и других ведомств по важнейшим проблемам науки;
- д) научно-техническим советам государственных комитетов, министерств, ведомств, техническим советам промышленных предприятий, конструкторским бюро.

Организации или отдельные лица, выдвинувшие кандидата на соискание золотой медали или премии, обязаны представить в Российскую академию наук (119991, Москва, Ленинский проспект, 14, корп. 2, Экспедиция) с надписью "На соискание золотой медали (премии) имени..."

а) мотивированное представление, включающее научную характеристику работы, ее значение для развития науки и народного хозяйства;

б) при выдвижении работ на соискание премии – опубликованную научную работу (серию работ), материалы научного открытия или изобретения – в трех экземплярах (при выдвижении закрытых работ допускается представление рукописных материалов в одном экземпляре);

**Примечание:** При выдвижении кандидата на соискание золотой медали представление опубликованных научных работ (серий работ), материалов научного открытия или изобретения не обязательно.

в) сведения об авторе (перечень основных научных работ, открытий, изобретений, место работы и занимаемая должность, домашний адрес, номера служебного и домашнего телефонов);

г) справку о том, что представляемая на конкурс работа ранее не была удостоена Государственной премии, а также именных государственных премий.

Работы, удостоенные Государственной премии, а также именных государственных премий, на соискание золотых медалей и премий имени выдающихся ученых не принимаются.

Ученым, удостоенным золотых медалей или премий, предоставляется право при печатании работ отмечать в заголовке "Удостоена золотой медали (премии) имени... Российской академии наук за...год".

Решения Президиума РАН о присуждении золотых медалей и премий, а также краткие аннотации о работах, удостоенных золотых медалей или премий, публикуются в "Вестнике Российской академии наук", в "Известиях Российской академии наук" соответствующей серии и в газете "Политик". В "Вестнике Российской академии наук" помещаются портреты ученых, удостоенных золотых медалей и премий.

Рассмотренные на заседании Президиума РАН печатные научные работы, за которые присуждены золотые медали или премии, передаются в Библиотеку Российской академии наук на хранение.

Золотые медали, а также дипломы о присуждении золотых медалей вручаются удостоенным их лицам на годовом Общем собрании Российской академии наук. Дипломы о присуждении премий вручаются удостоенным их лицам на заседании Президиума РАН.

Справки по телефону: (499) 237-99-33



## **Международный научный журнал "Альтернативная энергетика и экология"**

Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» издается с 2000 г., выходит ежемесячно и распространяется по подписке через агентства «Роспечать», «Пресса России. Российские и зарубежные газеты и журналы», «Интерпочта-2003», «Артос-ГАЛ», «Деловая пресса», «ЕРМАК-ПРЕСС», а также через редакцию журнала.

Журнал включен в состав Международной научно-образовательной системы «Водород» (<http://www.hydrogen.ru>).

Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» зарегистрирован в правительстве России в качестве СМИ, одобрен Организацией Объединенных Наций, включен в перечень ВАК, награжден Европейской Академией Естественных Наук медалью Рентгена, в 2000 и 2003 гг. награжден Президентом Международной ассоциации водородной энергетики (МАВЭ) академиком Т.Н. Везируглу денежной премией за достигнутые успехи, в 2008 году журнал награжден Премией «Российский Энергетический Олимп-2008».

### ***Под эгидой журнала проведен ряд научных форумов:***

- Первый Международный симпозиум  
«Безопасность и экономика водородного транспорта» IFSSEHT-2000.
- Второй Международный симпозиум  
«Безопасность и экономика водородного транспорта» IFSSEHT-2003.
- Первый Всемирный конгресс  
«Альтернативная энергетика и экология» WCAEE-2006.
- Первая Международная конференция  
«Водород и возобновляемые источники энергии» ICHRSE-2006.
- Третий Международный симпозиум  
«Безопасность и экономика водородного транспорта» IFSSEHT-2006.
- Первый Международный симпозиум  
«Водородные сенсоры и рекомбинаторы» ISHSR-2006.
- Национальный Российский семинар  
«Получение альтернативных энергоносителей с помощью атомно-водородного цикла» АВЭ-2007.

Материалы всех мероприятий опубликованы в Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология».

Все статьи, поступающие в журнал, рецензируются, реферируются, в кратчайшие сроки согласуются с авторами и публикуются в журнале. Авторские коллективы лучших научных работ участвуют в конкурсах редколлегии и награждаются почетными дипломами, грамотами, призами и наградами, учрежденными Международной редколлегией журнала и одобренными ООН.



**Редколлегия Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» (<http://isjaee.hydrogen.ru/>) приглашает руководителей и исполнителей проектов к публикации рукописей по результатам проведенных исследований и выполненных научно-технических работ по следующим основным направлениям:**

1. Технологии мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и гидросферы.
2. Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепла и электроэнергии.
3. Технологии новых и возобновляемых источников энергии.
4. Технологии создания и обработки полимеров и эластомеров.
5. Технологии создания и обработки композиционных и керамических материалов.
6. Технологии производства топлив и энергии из органического сырья.
7. Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом.
8. Технологии снижения риска и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф.
9. Технологии создания мембран и каталитических систем.
10. Технологии водородной энергетики.
11. Нанотехнологии и наноматериалы.
12. Технологии создания энергоэффективных двигателей и движителей для транспортных систем.
13. Базовые и критические специальные и промышленные технологии.
14. Технологии обеспечения защиты и жизнедеятельности населения и опасных объектов при угрозах террористических проявлений.
15. Технологии переработки и утилизации техногенных образований и отходов.

Анонсы и Интернет-версии статей публикуются на сайте Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» (<http://isjaee.hydrogen.ru/>) в разделе «Новости».

Электронные версии статей публикуются на сайте журнала с некоторой задержкой по времени (36 месяцев). Ежемесячно сайт журнала посещают читатели из 205 стран мира. Общее число посещений достигает 1 000 000 в год.

Авторские коллективы, выполнившие наиболее значимые работы, могут номинироваться на награждение высшей Международной наградой редколлегии журнала (орденом или медалью) по представлению руководителя головной организации-исполнителя работ.

Награды присуждаются в соответствии с решением Международной наградной комиссии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология».

Редколлегия оказывает содействие своим авторам в получении финансовой поддержки ведущих международных научных фондов, компаний и институтов, для чего публикует на страницах журнала краткое предложение по международному проекту.





## ***International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology***

The International Scientific Journal of Alternative Energy and Ecology has been published since 2000 on a monthly basis. The Journal is distributed by subscription through the Rospechat, Russian Press: Russian and Foreign Newspapers and Magazines, Interpochta-2003, Artos-GAL, Business Press, YERMAK-PRESS subscription agencies and through the Editorial Board of the Journal.

The Journal is part of International Scientific and Educational System "Hydrogen" (<http://www.hydrogen.ru>).

The International Scientific Journal of Alternative Energy and Ecology has been entered into the Mass Media Register of the Government of Russia, approved by the United National Organization, included in the List of the State Commission for Academic Degrees and Titles, awarded the Roentgen Medal by the European Academy of Natural Sciences. In 2000 and 2003 the Journal awarded a cash prize by President of International Hydrogen Energy Association Member of Academy T.N. Veziroglu for achievements, and in 2008 the Journal received the Prize of Russian Energy Olympus-2008.



*A number of scientific forums have been conducted under the aegis of the Journal*

- First International symposium of Safety and Economy of Hydrogen Transport IFSSEHT-2000.
- Second International symposium of Safety and Economy of Hydrogen Transport IFSSEHT-2003.
- First World Congress on Alternative Energy and Ecology WCAEE-2006.
- First International Conference on Hydrogen and Renewable Energy Sources ICHRSE-2006.
- Third International symposium of Safety and Economy of Hydrogen Transport IFSSEHT--2006.
- First international Symposium on Hydrogen Sensors and Recombiners ISHSR-2006.
- National Russian Workshop on Production of Alternative Energy Sources Using the Atomic Hydrogen Cycle AHE-2007

Proceedings of all these events have been published in the International Journal of Alternative Energy and Ecology.

All manuscripts received by the Journal are reviewed, confirmed by the authors and published in the Journal in the shortest possible time. Authors of the best scientific manuscripts participate in contests announced by the Editorial Board and awarded honorable diplomas and prizes established by the International Editorial Board of the Journal and approved by UNO.



**The Editorial Board of the International Scientific Journal of Alternative Energy and Ecology (<http://isjaee.hydrogen.ru/>) invites managers and participants of current and completed projects to publish manuscripts presenting the results of accomplished research and development projects in the following areas:**

1. Monitoring and prediction of atmosphere and hydrosphere conditions
2. Development of energy saving heat and power transportation, distribution and consumption systems
3. Advanced and renewable energy sources
4. Development and processing of polymers and elastomers
5. Development and processing of composite and ceramic materials
6. Energy and fuel processing from organic raw materials
7. Nuclear power, nuclear fuel cycle, safe management of radioactive waste and spent nuclear fuel
8. Risk reduction and mitigation of consequences of natural and technology-related catastrophes
9. Development of membranes and catalytic systems
10. Hydrogen energy
11. Nanotechnologies and nanomaterials
12. Development of energy efficient engines and propulsion devices for transport systems
13. Basic and critical special and commercial processes
14. Protection and life support of population and hazardous facilities under threat of terrorist acts
15. Processing and disposal of civilization-related waste

Announcements and Internet-versions of journal manuscripts are published on the web-site of the International Scientific Journal of Alternative energy and Ecology (<http://isjaee.hydrogen.ru/>) in the News section.

Electronic versions of the manuscripts are published on the Journal's web-site with some delay (36 months). Visitors of the Journal's web-site represent 205 countries worldwide. The total number of web-site visits is 1,000,000 per year.

Authors of the most significant papers can be nominated for the highest award of the Journal's International Editorial Board (order or medal) upon request submission by the head of the leading participating organization.

The awards are conferred in accordance with resolutions of the International Award Commission of the International Scientific Journal of Alternative Energy and Ecology.

The Editorial Board assists authors of published papers in getting international financial support of leading international scientific foundations and search for leading companies and institutes that specialize in the area of scientific interest for cooperation under international research and development projects.

Upon request of the authors, the Editorial Board publishes a free-of-charge summary of international project proposal in the Journal that helps the authors find foreign co-participants.





**ПЕРЕЧЕНЬ**  
**необходимых материалов для публикации**  
**в Международном научном журнале**  
**«Альтернативная энергетика и экология»**

**По тематике:** \_\_\_\_\_

Тематика определяется в соответствии с Тематикой журнала Form36 с указанием номера раздела и секции (желательно определиться с тематикой, если есть затруднения у авторов, Редакция вправе самостоятельно определить тематику рукописи).

**Авторов:** \_\_\_\_\_**Статья:** \_\_\_\_\_

Для своевременного выхода журнала и быстрой публикации работ авторы должны предоставлять в редакцию материалы по перечню, приведенному в таблице ниже. Авторы должны заполнить знаками (+) или (-) графы в столбце «Наличие»

№ п/п	Материал	Наличие
1	Заявление	
2	<b>Квитанция об оплате или платежное поручение</b>	
3	Твердая копия рукописи статьи	
4	Электронная версия рукописи статьи	
5	Название статьи на русском языке	
6	Название статьи на английском языке	
7	УДК (PACS)	
8	Автор(ы) статьи	
9	Координаты организаций авторов (включая телефоны и e-mail)	
10	Рисунки (фотографии, схемы)	
11	Подписные подписи на русском языке	
12	Подписные подписи на английском языке	
13	Таблицы	
14	Названия таблиц на русском языке	
15	Названия таблиц на английском языке	
16	Ссылки в тексте на таблицы и рисунки	
17	Список литературы (библиография)	
18	Библиографические ссылки в тексте в соответствии со списком литературы	
19	Структурированность текста, наличие подзаголовков	
20	Аннотация на русском языке	
21	Аннотация на английском языке	
22	Реферат на русском языке	
23	Реферат на английском языке	
24	Резюме на каждого автора (если авторов не более 6) или на главного автора*	
25	Фотография автора (авторов)*	
26	Разрешение на опубликование в открытой печати (экспертное заключение)	
27	Интернет-сообщение на русском языке*	
28	Интернет-сообщение на английском языке*	
29	Соглашение авторов на публикацию статьи в журнале, на электронных ресурсах E-Library, сайте журнала (архив) и на CD – коллекция журнала	
30	Рецензии	
31	Сопроводительное письмо руководителя организации (или письмо автора)	
32	Акт проведенных испытаний (если в статье присутствует экспериментальная часть), подписанный участниками испытаний*	
33	Ходатайства*	

\* Материалы, предоставляемые по желанию



**К сведению авторов.** Редакция Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» считает, что авторы, направляя рукопись в Редакцию, согласны передать учредителям и редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» право опубликовать рукопись на русском языке и в переводе на английском языке. Просим авторов прикладывать к направляемой рукописи Обязательство по форме, приведенной ниже. При этом за авторами сохраняются все остальные права как собственников этой рукописи.

Форма № 2-ISJAEЕ -2013

## ОБЯЗАТЕЛЬСТВО

Автор(ы) статьи предоставляет (ют) издательству ООО НТЦ «ТАТА» на безвозмездной основе на срок действия авторского права, предусмотренного действующим законодательством РФ, исключительную лицензию на использование созданного Автором (ми):

*Название рукописи на русском языке*

*Название рукописи на английском языке*

1. *Фамилия, имя, отчество автора рукописи*
2. *Фамилия, имя, отчество автора рукописи*
3. *Фамилия, имя, отчество автора рукописи*

для использования в Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология» в пределах предусмотренных п.2ст.1270 ГК РФ.

В соответствии с п.2ст.1270 ГК РФ под использованием Статьи, понимается:

- воспроизведение Статьи или ее отдельной части на русском языке в любой материальной форме, в том числе на бумажном и электронном носителях в виде отдельного произведения и/или в составе Журнала(ов), и/или базах данных Издателя и/или иных лиц, по усмотрению Издателя;
- распространение Статьи или ее отдельной части на любом носителе на русском языке по всему миру в виде отдельного произведения и/или в составе Журнала(ов), и/или базах данных Издателя или иных лиц, по усмотрению Издателя;
- доведение Статьи или ее отдельной части до всеобщего сведения таким образом, что любое лицо может получить доступ к Статье из любого места и в любое время по собственному выбору (доведение до всеобщего сведения, в т.ч. через Интернет);
- право на перевод Статьи на английский язык;
- воспроизведение Статьи или ее отдельной части на английском языке в любой материальной форме, в том числе на бумажном или электронном носителе в виде отдельного произведения и/или в составе Журнала(ов), и/или на базах данных Издателя и/или иных лиц, по усмотрению Издателя;
- распространения Статьи на английском языке или ее отдельной части на любом носителе на английском языке по всему миру в виде отдельного произведения и/или в составе Журнала(ов), и/или базах данных Издателя или иных лиц, по усмотрению Издателя;
- доведение Статьи на английском языке или ее отдельной части до всеобщего сведения, таким образом, что любое лицо может получить доступ к Статье из любого места и в любое время по собственному выбору (доведение до сведения, в т.ч. через Интернет);
- сублицензирование (выдача разрешения) полученных прав по настоящему соглашению в целом или частичном виде для перевода, издания, распространения и доведения до всеобщего сведения на английском языке.

1. **Фамилия, имя, отчество автора рукописи** *подпись*
2. **Фамилия, имя, отчество автора рукописи** *подпись*
3. **Фамилия, имя, отчество автора рукописи** *подпись*

Главному редактору  
Международного научного журнала  
«Альтернативная энергетика и экология»  
Гусеву Александру Леонидовичу

## ЗАЯВЛЕНИЕ\*

### Раздел I. ПРОИЗВОЛЬНАЯ ФОРМА

Прошу (просим) рассмотреть возможность публикации рукописи «**НАЗВАНИЕ РУКОПИСИ**» авторов (ПЕРЕЧИСЛЕНИЕ: должности, Фамилия Имя Отчество) в *Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология»* в сроки (указывается наиболее оптимальный срок публикации рукописи).

**\*\*Материал представлен в электронном виде по E-mail в соответствии с требованиями Правил публикации Form16 - ISJAEЕ и Form1-ISJAEЕ. Твердые копии документов и окончательный вариант электронной версии (CD) будут направлены в Редакцию в месячный срок.**

### Раздел II. ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ ФОРМА

Авторы (фамилия, имя, отчество), должность, полный титул для представления	1. 2. 3. 4. 5.
Наименование организации (если рукопись представляется от организации)	
Название статьи (на русском языке)	
Название статьи (на английском языке)	
Ответственный автор (ФИО, адрес, телефоны, факс, E-mail)	
Адрес, мобильный телефон и ФИО ответственного лица для получения оттисков опубликованной статьи	
Полные платежные реквизиты для оплаты предусмотренных в Правилах позиций по подготовке рукописи к печати и печати, а также для получения счета для получения необходимого количества экземпляров журнала с публикацией	
Бронирование необходимого количества печатных версий журнала с авторской публикацией	
Подписка на журнал (подписан, планирую, не планирую)	
Подписка на электронную версию журнала на CD на полугодие, год, на все выпуски журнала	
Включение в базу данных для распространения (да, нет)	

### Подписи авторов:

\* Заявление по форме Form01-ISJAEЕ обязательно для авторов и авторского коллектива независимо от наличия Сопроводительного письма руководителя организации или автора. Информация по Разделу II **не может изменяться на протяжении рассмотрения рукописи и на этапе подготовки рукописи к публикации** (за исключением особых случаев). Информация по Разделу II используется для оформления Справок (Приоритетная справка, Справка об опубликовании и т.д.).

**\*\* Если материал представлен обычной почтой в твердой копии и в электронной версии на CD, то сообщается E-mail Ответственного автора (для переписки). Если E-mail отсутствует, переписка ведется обычной почтой.**

**\*\*\* Если авторы не могут подписать Заявление - командировка, авторы из разных мест, - допускается электронная подпись (ответственность за согласие автора опубликовать материал и достоверность подписи несет Ответственный автор).**



## Правила публикации и порядок прохождения процедуры рецензирования, реферирования, экспертизы и публикации (2012-2014 годы)

### I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Каждая рукопись подвергается обязательному рецензированию трех рецензентов из числа рецензентов Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» и двух рецензентов из числа приглашенных Редколлегий.

Каждая статья проходит этап предварительного рецензирования и итогового рецензирования.

В целях обеспечения наиболее качественной предпечатной подготовки и предварительного рецензирования, а также своевременного выкупа тиражей и их распространения все публикации в журнале осуществляются на платной основе, за исключением п.п. 7, 10, 11, 14 Раздела 6.

### Раздел 1. Порядок предварительного рецензирования

Каждая рукопись регистрируется Ответственным секретарем Редколлегии в Реестре учета поступающих рукописей с присвоением четырехзначного номера, например, Рег. № 0687 от 23 августа 2009 года. После регистрации рукописи в адрес автора-корреспондента направляется Приоритетная справка по форме **Form 16 ISJAEE**. Приоритетная справка уведомляет авторский коллектив о регистрации рукописи и о факте международного приоритета рукописи. После рассмотрения рукописи главным редактором и редакцией сопроводительные материалы и рукопись передаются для проведения Формальной экспертизы в соответствующее подразделение Редакции Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология». В дальнейшей переписке авторы и редакция ссылаются на Регистрационный номер.

По завершению процедуры Формальной экспертизы и выработки решения автору-корреспонденту направляется форма **Form 17 ISJAEE**, в которой определяется **Статус (2)** рукописи, в соответствии с принятым в редакции Перечнем статусов формы **Form 17 ISJAEE**: 2/1 – представленные материалы полностью соответствуют Правилам редколлегии; 2/2 – отсутствует название статьи на английском языке; 2/3 – отсутствует УДК (PACS); 2/4 – отсутствуют координаты организаций авторов (включая телефоны и e-mail); 2/5 – отсутствуют подписи на английском языке; 2/6 – отсутствуют названия таблиц на английском языке; 2/7 – отсутствуют ссылки в тексте на таблицы и рисунки; 2/8 – отсутствует список литературы (библиография); 2/9 – отсутствуют библиографические ссылки в тексте в соответствии со списком литературы; 2/10 – отсутствует аннотация на русском языке; 2/11 – отсутствует аннотация на английском языке; 2/12 – отсутствует реферат на русском языке; 2/13 – отсутствует реферат на английском языке; 2/14 – отсутствует: резюме на каждого автора (если авторов не более 6) или на главного автора\*, фотография автора (авторов)\*; 2/15 – отсутствует: разрешение на опубликование в открытой печати (экспертное заключение); 2/16 – отсутствует: Интернет-сообщение на русском языке, Интернет-сообщение на английском языке; 2/17 – отсутствует: Соглашение авторов на публикацию статьи в журнале; 2/18 – отсутствует: Сопроводительное письмо руководителя организации (или письмо автора); 2/19 – отсутствует: Акт проведенных испытаний, подписанный участниками испытаний.

Регистрационный Редакционный номер рукописи на этом этапе усложняется добавлением к нему номера статуса через знак «/»: например, если рукописи присвоен статус 2/1, то регистрационный номер будет выглядеть следующим образом: Рег. № 0687/2/1 от 23 августа 2009 года. В форме **Form 17 ISJAEE** сообщается об ориентировочной дате публикации рукописи.

Далее авторские материалы рукописи передаются в Совет Рецензентов и Экспертный Совет.

По завершению процедуры экстренного рецензирования и получения положительного решения Совета Рецензентов и Экспертного Совета статья будет опубликована в журнале.

После завершения процедуры рецензирования и выработки решения в Международном Совете Рецензентов Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» автору-корреспонденту направляется форма **Form 18 ISJAEE**, в которой сообщается, что по результатам рецензирования рукописи присвоен **Статус (3) по Form 18 ISJAEE**. Перечень статусов формы **Form 18 ISJAEE**: 3/2 – научная новизна сомнительна; 3/3 – научное значение работы сомнительно; 3/4 – научный результат соответствует современному состоянию науки, работа достойна финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/5 – научный результат превосходит современное состояние науки, работа достойна финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/6 – научный ре-

зультат существенно превосходит современное состояние науки, работа достойна финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/7 – научный результат превосходит современное состояние науки и может обеспечить прорыв в данном направлении науки, работа достойна финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/8 – важная научная работа, достойная финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/9 – наиважнейшее открытие, способное изменить весь ход развития науки, достойная финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами

**После этапа рецензирования** рукопись передается в **Совет Экспертов** для оценки технического уровня разработки.

После прохождения экспертизы в Международном **Совете Экспертов** и выработки решения рукописи присваивается **Статус (4)** в соответствии с Перечнем статусов формы **FORM 19 ISJAEЕ**: 4/2 – техническая реализация сомнительна, 4/3 – техническая реализация возможна, но положительный эффект сомнителен, 4/4 – техническая реализация возможна и технический результат удовлетворительный, 4/5 – технический результат соответствует лучшим современным мировым образцам, 4/6 – технический результат превосходит современный Мировой уровень техники, 4/7 – выдающаяся разработка, технический результат, которой может обеспечить прорыв в данном направлении техники, 4/8 – важная разработка, достойная немедленного финансирования Международным сообществом и технический результат принесет значительную пользу человечеству, 4/9 – наиважнейшее открытие, технический результат, которого способен изменить весь ход развития техники.

В форме также уточняется ориентировочная дата публикации.

После принятия окончательного решения о возможности публикации рукописи в адрес автора-корреспондента направляется **Решение Редакционного Научного Совета FORM 20 ISJAEЕ**.

В форме сообщается о том, что рукопись прошла процедуру рецензирования в Международном Совете Рецензентов (научное качество) и научно-техническую экспертизу (техническая реализуемость) в Международном Совете Экспертов Редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная Энергетика и Экология». В этой же форме сообщается об оценке качества рукописи и об научно-технической ценности идеи или концепции (устройства). Рукописи присваивается один из статусов формы **FORM 20 ISJAEЕ** и сообщается об окончательной дате публикации. Перечень статусов формы **FORM 20 ISJAEЕ**: А – печать в ближайших номерах, Б – печать после устранения всех замечаний, В – печать после получения от авторского коллектива всех запрашиваемых материалов.

После опубликования рукописи автору-корреспонденту направляется **Свидетельство об опубликовании по FORM 21 ISJAEЕ**, в котором рукописи присваивается **Статус (5)** по форме **FORM 21 ISJAEЕ**.

Перечень статусов формы **FORM 21 ISJAEЕ**: α – рекомендовать в Наградном комитете Редколлегии наградить авторский коллектив Орденом Редколлегии за многолетнюю научную работу, позволившую получить выдающийся научный результат, β – рекомендовать в Наградном комитете Редколлегии наградить авторский коллектив Медалью Редколлегии за многолетнюю научную работу, позволившую получить значительный научный результат, γ – рекомендовать Наградному комитету Редколлегии наградить авторский коллектив Дипломом Редколлегии за многолетнюю научную работу, позволившую получить высокий научный результат.

Если по результатам рецензирования и научно-технической экспертизы получена отрицательная оценка, то в адрес автора-корреспондента направляется **FORM 13 ISJAEЕ**, в которой сообщается о **Статусе (13)** в соответствии с Перечнем статусов формы **FORM 13 ISJAEЕ**: 13-1 – отклонить без возможности дальнейшего рассмотрения рукописи в связи с большим объемом нарушений Правил оформления рукописи, 13-2 – отклонить с возможностью авторской переработки рукописи с сохранением Редакционного номера, но с отсрочкой публикации, 13-3 – отклонить из-за нарушения приоритета или существенного заимствования материала без ссылок, 13-4 – отклонить в связи с существенным нарушением основных законов природы.

### **Итоговое рецензирование**

После этапа предварительного рецензирования материалы рукописи выкладываются на закрытом электронном ресурсе с правом доступа ограниченного круга лиц из числа Международного Научного Совета или ограниченный круг лиц из числа Международного Научного Совета извещается Специальным Бюллетенем о материалах рукописей, принятых к публикации и получивших оценки рецензентов и экспертов. На этапе итогового рецензирования (срок 10 дней) результаты предварительного рецензирования могут быть пересмотрены Международным Научным Советом, о чем в течение 10 дней извещается автор-корреспондент.

В случае возникновения спорных ситуаций по научным вопросам рукопись передается на рассмотрение в **Совет рецензентов** Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология». В случае возникновения спорных ситуаций по возможности технического воплощения идеи, опубликованной в рукописи, последняя передается в **Совет экспертов** Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология».

Срок публикации каждой рукописи **не превышает 3 месяцев**. В случае наличия рекомендательного письма одного из членов Редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» может быть сокращено время рассмотрения рукописи **до 2 месяцев**. Срок публикации рукописей, направленных на кон-



курс, проводимый Редколлегией, **не превышает 2 месяцев**. Срок публикации заказных научных обзоров **не превышает 2 месяцев**.

В любом случае **все рукописи**, направляемые в журнал, рецензируются и реферируются в известных международных научных изданиях.

Рукописи в журнале публикуются на русском и на английском языках. Каждой рукописи, поступившей в Редакцию присваивается редакционный номер и дата поступления.

**Журнал публикует исключительно оригинальные статьи. Автор несет полную ответственность за соблюдение этого требования.**

## Раздел 2. Порядок представления рукописей

Для своевременного выхода журнала убедительно просим соблюдать следующие правила оформления рукописей:

**1. Рукопись представляется как в машинописном, так и в электронном виде.** Бумажный вариант рукописи представляется в 1 экземпляре, который обязательно подписывается авторами на обороте.

### Объем рукописей:

- краткие сообщения – до 7 страниц (1800 печатных знаков),
- объем статей, как правило, не должен превышать 12 страниц,
- письма в редакцию – до 4 страниц,
- объем научных обзоров – не более 40 страниц.

### 2. Рукопись сопровождается:

▪ сопроводительным письмом руководителя организации, представляющей рукопись, оформленным экспертным заключением или другим документом, разрешающим опубликование в открытой печати (1 экз.), утвержденным руководителем организации и заверенным гербовой печатью. Экспертное разрешение представляют только авторы из России;

▪ компакт-диск или дискетой, содержащей обязательный пакет электронных файлов, перечисленных в разделе III.

**3. Текст аннотации** на русском и английском языках печатается шрифтом Times New Roman (12 кегль) в одном файле в следующем порядке: наименование статьи, авторы, наименование организации, аннотация на русском языке; далее, через 2 строки, в той же последовательности – на английском языке. Аннотация излагается в индикативной форме, в состав аннотации в обязательном порядке должны входить: область исследования (2-3 предложения), теоретические положения (5-6 предложений), экспериментальные исследования (6-7 предложений), основные результаты работы (4-5 предложений, предполагаемые потребители результата (2-3 предложения).

Аннотация также публикуется на сайте международного научного информационного портала «Водород» (на русском и английском языках).

**4. Текст авторского резюме** (15 строк) на русском и английском языках печатается шрифтом Times New Roman (10 кегль) должен содержать: место работы, должность, образование, научное звание, ученая степень, награды и научные премии, профессиональный опыт, основной круг научных интересов, количество публикаций каждого из авторов. Желательно включить: ORCID, индекс Хирша, Research ID, SPIN, и другие наукометрические показатели.

**5. Фотографии авторов** для резюме в формате TIFF или JPEG. Фотографии авторов представляются в обязательном порядке.

**6. Текст реферата** (одна страница) для опубликования в реферативных журналах (РЖ) ВИНТИ, «Письма в журнал «Альтернативная энергетика и экология»» (на английском языке).

Параметры страницы:

▪ **формат** A4 (210 × 297 мм);

▪ **межстрочный интервал** полуторный;

▪ **шрифт** Times New Roman, (12 кегль) в одном файле в следующем порядке: наименование статьи, авторы, наименование организации, реферат на русском языке; далее, через 2 строки, в той же последовательности — на английском языке.

**7. Интернет-сообщение** для размещения сигнальной информации на сайтах Информационного портала «Водород» и на сайтах информационной сети, посвященной энергетике и экологии. Сообщение размером не более одной страницы излагается в произвольной форме:

▪ **формат** A4 (210 × 297 мм);

▪ **межстрочный интервал** полуторный;

▪ **шрифт** Times New Roman (12 кегль).

Сообщение может включать фотографии и графики.





### Раздел 3. Оформление рукописи

• Редколлегия рекомендует авторам обзоров и статей структурировать представляемый материал, используя подзаголовки (например: ВВЕДЕНИЕ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА, РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ, СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ).

• текст материала для публикации должен быть тщательно отредактирован автором, следует избегать повторов, не следует без необходимости подробно описывать иллюстративный материал;

• текст должен быть напечатан на белой бумаге:

▪ формат А4 (210 × 297 мм);

▪ межстрочный интервал полуторный;

▪ шрифт Times New Roman (12 кегль).

Рукопись может включать фотографии и графики.

Текст рукописей оформляется в следующей последовательности:

▪ **индекс универсальной десятичной классификации (УДК или PACS);**

▪ **название статьи на русском и на английском языке** (прописными буквами без кавычек, кегль 14 полужирный, выравнивание по центру; переносы не допускаются, точка в конце строки не ставится, подчеркивание не используется);

▪ **авторы** (инициалы, фамилия, кегль 14 полужирный курсив, выравнивание по центру, точка в конце строки не ставится)

▪ **название организации, адрес, город, страна, индекс, телефон, факс, e-mail** (кегль 12, выравнивание по центру. Если авторы — представители различных организаций, то используется метод надстрочных ссылок, например: А. В. Иванов, Ю. С. Седов\*);

▪ **заголовок раздела** (кегль 14, выравнивание по левому краю, точка не ставится);

▪ **текст статьи:** шрифт 12, абзацный отступ 1 см, выравнивание по формату;

▪ **подзаголовок** (шрифт курсивный, кегль 14, выравнивание по левому краю);

▪ **список литературы** (шрифт обычный, кегль 14, выравнивание по центру).

При написании статьи используются общепринятые термины, единицы измерения и условные обозначения, единообразные по всей статье. **Расшифровка всех(!) используемых авторами обозначений дается при первом употреблении в тексте.**

При наборе статьи на компьютере все латинские обозначения физических величин ( $A$ ,  $I$ ,  $d$ ,  $h$  и т. п.) набираются курсивом, греческие обозначения, названия функций ( $\beta$ ,  $\sin$ ,  $\exp$ ,  $\lim$ ), химических элементов ( $H_2O$ ) и единиц измерения ( $MBT/cm^2$ ) – прямым (обычным) шрифтом. Символы ( $\Re$ ,  $\rho$ ,  $\otimes$ ,  $\in$  и т. п.) оговариваются на полях рукописи.

**Таблицы, рисунки, фотографии** (только черно-белые) размещаются внутри текста и имеют сквозную нумерацию по статье (не по разделам!) и собственные заголовки. Буквенно-цифровая нумерация ( $1a$ ,  $2b$ ) нежелательна. **Названия всех рисунков, фотографий и таблиц приводятся на русском и на английском языках!!!**

Нумерация обозначений на рисунках дается по порядку номеров по (против) часовой стрелки (для чертежей) или сверху вниз (снизу вверх). Файлы иллюстраций предоставляются в формате TIFF или BMP (максимальное качество) с разрешением не менее 300 dpi.

**Формулы** создаются с помощью встроенного редактора формул (Math Type, Microsoft Equation) с нумерацией в круглых скобках (2), выравниваются по центру; **расшифровка всех обозначений (букв) в формулах дается в порядке упоминания в формуле.**

**Формулы должны быть аккуратно набраны на компьютере.**

Во избежание недоразумений и ошибок редакция рекомендует авторам использовать в формулах буквы латинского, греческого и других (не русских) алфавитов;

**Оформление литературных ссылок (списка литературы):**

Все литературные ссылки обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках, расположенными в порядке их упоминания в тексте [3].

**Библиографические ссылки** в списке литературы располагаются в той последовательности, в какой упоминаются в тексте, и оформляются по следующим правилам:

▪ **для книг:** фамилия и инициалы автора (ов), название книги, место издания, издательство, год (для трудов конференций – город, страна, год). Например: Ландау Л. Д., Лившиц Е. М. Квантовая механика. М.: Наука, 1988. Или: Elton R. C. X-Ray Lasers. Boston: Academic Press, 1990;

▪ **для статей** в журнале, сборнике, газете: фамилия и инициалы автора(ов), название статьи, название журнала (сборника), год, том, номер (или номер выпуска), страницы. Например: Полякова А. Л., Васильев Б. М., Купенко И. Н. и др. Изменение зонной структуры полупроводников под давлением // Физика и техника полупроводников. 1976. Т. 9, № 11. С. 2356–2358. Или: Афанасьев А. М. Оптимизация распределения энерговыделения в реакторе с помощью «советов оператору» // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика и техника ядерных реакторов. 1986. Вып. 2. С. 32–36. Или: Mezain I. H. Rolling circuit boards improves soldering // Electronics. 1977. Vol. 34, No. 16. P. 193–198;

▪ **для диссертаций и авторефератов диссертаций** кроме фамилии автора и его инициалов следует указать название диссертации, степень, место защиты (город) и год; для препринтов – название, место издания, год, номер.



Например: Горшкова Т. И. Термодинамические свойства и применение некоторых сплавов церия: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. М., 1976;

■ **для патентной документации:** вид патентного документа (авторское свидетельство или патент), номер, название страны, выдавшей документ, индекс международной классификации изобретений, или индекс международной классификации промышленных образцов, или индекс международной классификации товаров и услуг, название патента (а. с.), авторы, название издания, опубликовавшего документ, год и номер издания. Например: А. с. 100970 СССР МКИЗ В 251 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов/Ваулин В. С., Кенайкин В. Г. // Открытия. Изобретения. 1983. № 11.

При необходимости в заголовке библиографической ссылки на работу четырех и более авторов могут быть указаны имена всех авторов или первых трех с добавлением слов «и др.».

В списке литературы инициалы должны стоять после фамилий.

#### Раздел 4. Правила представления электронной версии материалов

Автор (корреспондент) должен направить в адрес главного редактора (E-mail: gusev@hydrogen.ru ) обязательный пакет электронных файлов.

Перечень обязательного пакета электронных файлов:

##### 1. Рукопись

Файл обозначается следующим образом (пример): **Article#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300).**

Где **Article#1** – обозначает номер рукописи, присвоенный автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

**Ivanov I.I.** – фамилия первого автора и инициалы;

**Hydrogen detectors** – первые два слова из названия рукописи;

**(1300)** – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

##### 2. Аннотация

Файл обозначается следующим образом: **Summary#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300).**

Где **Summary#1** – обозначает принадлежность аннотации к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

**Ivanov I.I.** – фамилия первого автора и инициалы;

**Hydrogen detectors** – первые два слова из названия рукописи;

**(1300)** – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

##### 3. Реферат

Файл обозначается следующим образом: **Abstract#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Abstract#1** – обозначает принадлежность реферата к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

**Ivanov I.I.** – фамилия первого автора и инициалы;

**Hydrogen detectors** – первые два слова из названия рукописи;

**(1300)** – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

##### 4. Резюме

Файл обозначается следующим образом: **Resume#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Resume#1** – обозначает принадлежность резюме к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

**Ivanov I.I.** – фамилия первого автора и инициалы;

**Hydrogen detectors** – первые два слова из названия рукописи;

**(1300)** – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

##### 5. Рисунки

Файл обозначается следующим образом: **Pictures#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Pictures #1** – обозначает принадлежность фотографий и рисунков к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

**Ivanov I.I.** – фамилия первого автора и инициалы;

**Hydrogen detectors** – первые два слова из названия рукописи;

**(1300)** – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

##### 6. Разрешение

Файл обозначается следующим образом: **Sanction#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Sanction#1** – обозначает принадлежность разрешения на право открытой публикации рукописи к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

**Ivanov I.I.** – фамилия первого автора и инициалы;

**Hydrogen detectors** – первые два слова из названия рукописи;

**(1300)** – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

#### 7. Интернет-сообщение

Файл обозначается следующим образом: **Internet#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Internet#1** – обозначает принадлежность **Интернет-сообщения** к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

**Ivanov I.I.** – фамилия первого автора и инициалы;

**Hydrogen detectors** – первые два слова из названия рукописи;

**(1300)** – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

#### 8. Соглашение

Файл обозначается следующим образом: **Agreement#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Agreement#1** – обозначает принадлежность PDF-версии Соглашения к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

**Ivanov I.I.** – фамилия первого автора и инициалы;

**Hydrogen detectors** – первые два слова из названия рукописи;

**(1300)** – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

#### 9. Форма передачи рукописи и материалов для публикации - Form#1

Файл обозначается следующим образом: **Form#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Form#1** – обозначает принадлежность PDF-версии Формы передачи рукописи и материалов для публикации (MANUSKRIFT TRANSMITTAL FORM) к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

**Ivanov I.I.** – фамилия первого автора и инициалы;

**Hydrogen detectors** – первые два слова из названия рукописи;

**(1300)** – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

#### 10. Фотографии

Файл обозначается следующим образом: **Fotos#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Fotos#1** – обозначает принадлежность фотографий к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

**Ivanov I.I.** – фамилия первого автора и инициалы;

**Hydrogen detectors** – первые два слова из названия рукописи;

**(1300)** – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

#### 11. Рецензии

Файл обозначается следующим образом: **Reviews#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Reviews#1** – обозначает принадлежность PDF-версии рецензии к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

**Ivanov I.I.** – фамилия первого автора и инициалы;

**Hydrogen detectors** – первые два слова из названия рукописи;

**(1300)** – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

#### 12. Ключевые слова

Файл обозначается следующим образом: **Keywords#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Keywords#1** – обозначает принадлежность **списка ключевых слов** к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

**Ivanov I.I.** – фамилия первого автора и инициалы;

**Hydrogen detectors** – первые два слова из названия рукописи;

**(1300)** – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

#### 13. Сопроводительное письмо руководителя организации (или письмо автора, если автор – частное лицо).

Файл обозначается следующим образом: **Letter#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Letter#1** – обозначает принадлежность PDF-версии письма руководителя организации к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

**Ivanov I.I.** – фамилия первого автора и инициалы;

**Hydrogen detectors** – первые два слова из названия рукописи;

**(1300)** – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).



**ВНИМАНИЕ!!!**

Вместе с электронной версией всех перечисленных документов необходимо направить в редакцию оригиналы всех документов обычной почтой заказным письмом по след адресу: 607183, г. Саров Нижегородской обл., а/я 687.

Редколлегия обращает внимание авторов на то, что несоблюдение приведенных выше правил может задержать публикацию материала и привести к отклонению рукописи от процесса дальнейшего рассмотрения!!! Отклоненные редколлегией рукописи (в бумажном и электронном виде) авторам не возвращаются.

В случае отклонения рукописи автор может в течение трех месяцев направить в редакцию уведомление и исправленный вариант в соответствии с требованиями редакции (при этом за рукописью сохраняется регистрационный номер), а также восстанавливается очередь публикации.

**Раздел 5. Обязательства Редакции перед Высшей Аттестационной Комиссией**

Редакция обязуется обеспечивать:

1. Наличие института рецензирования (для экспертной оценки рукописей). Обязательное предоставление редакцией рецензий по запросам авторам рукописей и экспертным советам в Высшую Аттестационную Комиссию Российской Академии Наук.

2. Информационную открытость издания.

Наличие и развитие сетевой версии журнала в Интернете по адресу <http://isjaee.hydrogen.ru/>. Аннотации статей, ключевые слова, информация об авторах должны находиться в свободном доступе в Интернете на русском и английском языках, полнотекстовые версии статей в свободном доступе или доступными только для подписчиков, но не ранее чем через год после выхода материала.

3. Регулярное предоставление информации об опубликованных статьях по установленной форме в систему Российского индекса научного цитирования.

4. Обязательное указание состава редакционной коллегии или совета с указанием учёной степени и учёного звания на сайте научного периодического издания.

5. Обязательное указание мест работы всех авторов и контактной информации для переписки.

6. Строгая периодичность.

7. Наличие пристатейных библиографических списков у всех статей в формате, установленном журналом из числа предусмотренным действующим ГОСТом.

8. Наличие ключевых слов на русском и на английском языках для каждой публикации.

9. Наличие и строгое соблюдение опубликованных правил представления рукописей авторами.

10. В случае отказа в публикации статьи редакция отправляет автору мотивированный отказ.

12. Наличие ISSN 1608-8298.

13. Наличие подписного индекса: ОАО «Роспечать» 20487, Объединенного каталога «Пресса России» 41935, Каталога российской прессы "Почта России".

14. Развивать специализацию: по химии, по энергетике, по наукам о Земле, по инженерно-агропромышленным специальностям.

**Раздел 6. Стоимость и порядок оплаты публикаций**

Стоимость публикации рукописи складывается из: А – предпечатной подготовки, экспертизы материалов и рецензирования, а также из Б – стоимости публикации. Стоимость публикации рукописи составляет 20% от стоимости экспертизы и рецензирования рукописи, а также стоимости предпечатной подготовки (литературная обработка, графическая обработка, компьютерная верстка, работа переводчика): Б=0,2 А.

Предварительное рецензирование и предпечатную подготовку рукописей физических лиц и организаций, являющихся **резидентами** РФ, осуществляет предприятие ООО Научно-инновационный центр «Криос»

Предварительное рецензирование и предпечатную подготовку рукописей физических лиц и организаций, являющихся **нерезидентами** РФ, осуществляет предприятие ООО Научно-технический центр «ТАТА».

Оплата нерезидентами РФ производится на валютные счета НТЦ «ТАТА» в удобной для них валюте: в рублях, долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на расчетные счета Научно-технического центра «ТАТА».

**Порядок оплаты публикаций**

1. Стоимость подготовки публикации рукописи с 01 июля 2014 года составляет:

- для физических лиц – 25 € за страницу (для авторов из России в рублях по курсу ЦБ);
- для ВУЗов – 30 € за страницу (для авторов из России в рублях по курсу ЦБ);
- для научно-исследовательских институтов РАН – 20 € за страницу (в рублях по курсу ЦБ);
- для предприятий, относящихся к малым формам – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для министерств регионального уровня – 30 € за страницу (для организаций из России в рублях по курсу ЦБ);

- для министерств федерального уровня – 40 € за страницу (для организаций из России в рублях по курсу ЦБ);
- для акционерных обществ – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для научно-исследовательских предприятий – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для государственных промышленных предприятий – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов, выполненных на контрактной основе – 25 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов, выполненных в рамках международных контрактов – 25 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов Национальных и Федеральных центров – 45 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов ФГУП – 45 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ).
- для пенсионеров – скидка 25%;
- для инвалидов 1 группы – скидка 30%;
- для инвалидов 2 группы – скидка 20%;
- для инвалидов 3 группы – скидка 10%;
- для членов Международной Ассоциации Альтернативная Энергетика и Экология – бесплатно
- для подписчиков – физических лиц – бесплатно.

Студенты и аспиранты могут быть освобождены от оплаты по их заявлению в адрес Редакции и на основании Решения Редакции.

**Физические лица и организации, являющиеся нерезидентами РФ, перечисляют оплату публикаций на валютные счета в удобной для них валюте: в долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на один из расчетных счетов предприятий: Научно-технический центр «ТАТА», ООО Научно-инновационный центр «Криос», ООО Научно-инновационный центр «Лаборатория технологий безопасности», ООО Научно-Технологический центр «Саровские лаборатории сенсорики», которые совместно с Научно-техническим центром «ТАТА», участвуют в процессах: рецензирования и экспертизы рукописей, а также подготовки рукописей к публикации.**

2. Данная стоимость определена для публикаций, содержащих:

- объем страниц текста (1800 печатных знаков) – до 7 включительно;
- количество рисунков в рукописи – до 7 включительно;
- количество фотографий (включая фото автора) – до 7 включительно.

3. При превышении указанных параметров оплата производится с применением следующих коэффициентов (К):

- объем страниц свыше 7 –  $K = 1,25$  за каждую последующую страницу;
- количество рисунков свыше 7 – 20 € за каждый дополнительный рисунок (для ВУЗов – 10 € за рисунок, для научно-исследовательских институтов РАН – 10€)
- для ВУЗов – 20 € за страницу (для российских ВУЗов в рублях по курсу ЦБ);
- для научно-исследовательских институтов РАН – 20€ за страницу (в рублях по курсу ЦБ);

4. Стоимость публикаций, носящих **обзорный характер**, составляет при объеме до 20 страниц включительно:

- для физических лиц – 20 € за страницу (для авторов из России в рублях по курсу ЦБ);
- для ВУЗов – 25 € за страницу (для российских ВУЗов в рублях по курсу ЦБ);
- для научно-исследовательских институтов РАН – 25€ за страницу (в рублях по курсу ЦБ);
- для министерств регионального уровня - 30 € за страницу (для организаций из России в рублях по курсу ЦБ);
- для министерств федерального уровня - 40 € за страницу (для организаций из России в рублях по курсу ЦБ);
- для предприятий, относящихся к малым формам – 25 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для акционерных обществ - 45 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для научно-исследовательских предприятий – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для государственных промышленных предприятий – 45 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов, выполненных на контрактной основе – 30 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов, выполненных в рамках международных контрактов – 35 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов ФГУП – 50 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ).



- для публикации материалов Центров (национального или федерального уровня) – 50 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для пенсионеров – скидка 30%;
- для инвалидов 1 группы – скидка 30%;
- для инвалидов 2 группы – скидка 20%;
- для инвалидов 3 группы – скидка 10%;

Студенты и аспиранты могут быть освобождены от оплаты по их заявлению в адрес Редакции и на основании Решения Редакции.

**Редколлегия публикует вне очереди со сроком рецензирования, предварительной подготовки и опубликования рукописи - 14 дней и на бесплатной основе авторов рукописей, имеющих индекс Хирша  $\geq 15$ .**

**Редколлегия не публикует авторов работ, имеющих возраст более 30 лет с индексом Хирша менее 3.**

**– при превышении объема страниц свыше 20 –  $K = 1,5$ .**

Физические лица и организации, являющиеся нерезидентами РФ, перечисляют оплату публикаций на валютные счета в удобной для них валюте: в долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на расчетные счета Научно-технического центра «ТАТА» или ООО Научно-инновационный центр «Криос».

5. Стоимость статей рекламного характера составляет 200 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ).

Стоимость статей рекламного характера (**цветные странички**) составляет 800 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ).

Физические лица и организации, являющиеся нерезидентами РФ, перечисляют оплату публикаций на валютные счета в удобной для них валюте: в долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на расчетные счета Научно-технического центра «ТАТА» или ООО Научно-инновационный центр «Криос».

6. Стоимость Специального выпуска журнала (Заказанного организацией) составляет:

- объем до 100 страниц включительно – 3000 € (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- объем от 101 до 150 страниц включительно –  $K = 0,8$  (за превышающий объем);
- объем от 151 до 200 страниц включительно –  $K = 0,6$  (за превышающий объем);
- объем свыше 200 страниц –  $K = 0,4$  (за превышающий объем);
- специальный выпуск в многотомном варианте –  $K = 0,6$  за каждый последующий том;
- специальный выпуск в полноцветном варианте –  $K = 2$ .

Физические лица и организации, являющиеся нерезидентами РФ, перечисляют оплату публикаций на валютные счета в удобной для них валюте: в долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на расчетные счета Научно-технического центра «ТАТА» или ООО Научно-инновационный центр «Криос».

7. От оплаты за публикации освобождаются: **Нобелевские лауреаты; академики РАН; ректоры ВУЗов; руководители: НИИ, научных Центров; авторы рукописей, имеющие индекс Хирша  $\geq 20$ ; члены Международной Ассоциации Альтернативная Энергетика и Экология, физические лица, являющиеся подписчиками журнала (годовая подписка).**

8. При подаче рукописи академики РАН, ректоры ВУЗов, НИИ, Научных Центров, студенты, аспиранты и пенсионеры обязаны представить справку, заверенную в организации.

9. При подаче рукописи пенсионеры обязаны предоставить копию пенсионного удостоверения.

10. Любой автор или авторский коллектив имеет право обратиться в редакцию журнала с мотивированным ходатайством об освобождении (частичном освобождении на 25% - 30%) от оплаты за публикацию. Решение об освобождении от оплаты принимается Главным редактором журнала. При освобождении от оплаты срок публикации рукописи может быть продлен до 4 месяцев.

11. Документы об оплате (платежное поручение, квитанция) предоставляются вместе с материалами рукописи.

12. В случае необходимости отсрочки платежа за публикацию рукописи автор или авторский коллектив предоставляет в редакцию журнала письмо с просьбой об отсрочке платежа и гарантией оплаты в определенные сроки.

13. Публикации членов Научного Совета Редколлегии и рецензентов, а также авторов, имеющих рекомендации членов Научного Совета Редколлегии могут осуществляться на бесплатной основе или с частичной оплатой 50% (По Решению Редколлегии и Редакции журнала).

14. Авторские коллективы, среди которых есть Нобелевские лауреаты, полностью освобождаются от оплаты публикаций.



Предварительное рецензирование и предпечатную подготовку рукописей осуществляет предприятие ООО Научно-инновационный центр «Криос»



**ООО Научно – Инновационный Центр «Криос»**

Адрес: 607181, Нижегородская область, г. Саров, ул. Московская, д. 29, офис 311

тел./факс: (83130) 6-31-07, 9-07-08 тел. (83130) 9 - 18- 46

Для расчетов в рублях:

Образец заполнения платежного поручения

ИНН 5254483520	КПП 525401001		
Получатель ООО Научно – Инновационный Центр «Криос»		Сч. №	40702810300000002650
Банк получателя ИНН 7701000940 КПП 525402001		БИК	042204721
ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров		К/Сч. №	30101810200000000721

**Дополнительные возможности оплаты**

Вы можете также осуществить платеж через систему WebMoney

**Кошелек в рублях (Рубли, РФ): R970392195433**

**Кошелек в долларах: (Доллары США): Z329674429334**

В переводе необходимо указать: «За предпечатную подготовку рукописи №..... и ее публикацию»

**Просьба к авторам!**

В целях ускорения согласования гранок, просьба к авторам, предоставлять максимально возможные каналы связи для быстрой связи Редакции с автором и авторским коллективом (мобильный телефон, скайп, факс, электронную почту и т.д.). Если у автора-корреспондента предвидятся командировки, отпуск и другие неотложные дела, просьба своевременно в письменном виде уведомить Редакцию о назначении ответственного лица для согласования гранок статей.





## I. ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА



### 1. Солнечная энергетика

*А.Штейнфельд* (Швейцария, Цюрих, Швейцарский федеральный институт технологий) (МРК)  
*Г.И. Исаков* (Азербайджан, Баку, Институт физики НАН) (ЗГР)  
*И.Г. Хидиров* (Узбекистан, Ташкент, Институт ядерной физики НАН Узбекистана) (МРК)  
*С.Геруни* (Армения, Ереван, Ереванский гос. ун-т) (МНКСР)  
*С.М. Раза* (Пакистан, Кветта, Университет Белуджистана) (МРК)  
*С.З. Ильяс* (Пакистан, Кветта, Университет Белуджистана) (МРК)  
*А.М. Пенджиев* (Туркменистан, Ашхабат-32, Туркменский политехнический институт) (МРК)  
*В.Ф. Гременок* (Белоруссия, Минск, Объединенный институт физики твердого тела и полупроводников) (МНКСР)  
*В.А. Бутузов* (Россия, Краснодар, ОАО «Южгеотепло»)

- 1-1-0-0 История солнечной энергетики
- 1-2-0-0 Солнечно-водородная энергетика
  - Т.Н. Везиров* (США, Майами, МАВЭ, UNIDO-ICHET) (ПГР)
  - 1-2-1-0 Материалы для солнечно-водородной энергетики
- 1-3-0-0 Солнечные электростанции
  - 1-3-1-0 Кремниевые солнечные электростанции
  - 1-3-2-0 Космические солнечные станции
  - 1-3-3-0 Фотоэлементы
  - 1-3-4-0 Фотовольтаический эффект в полупроводниковых структурах. Фотоэлектрические модули
- 1-4-0-0 Наземные солнечные станции
  - 1-4-1-0 Солнечные коллекторы
- 1-5-0-0 Солнечные города
  - 1-5-1-0 Солнечный дом
  - 1-5-2-0 Солнечные холодильные установки
  - 1-5-3-0 Солнечные водоподъемные системы
  - 1-5-4-0 Гелиоэнергетические установки
- 1-6-0-0 Солнечный транспорт
- 1-7-0-0 Концентраторы солнечного излучения



### 2. Ветроэнергетика

*И.З. Богуславский* (Россия, Москва, ОЭЭП РАН) (МРК)  
*В.Л. Окулов* (Россия, Новосибирск, Сиб. отд. РАН)  
*Ван Куик Г.А.М.* (Президент Европейской Академии Ветроэнергетики)

- 2-1-0-0 Ветроэнергетика и архитектура
- 2-2-0-0 Ветроэнергетика и экология
- 2-3-0-0 Уникальные решения ветроэнергетики
- 2-4-0-0 Парусная ветроэнергетика
- 2-5-0-0 Гибридные ветроустановки
- 2-6-0-0 История ветроэнергетики
- 2-7-0-0 Ветро-водородная энергетика
- 2-8-0-0 Электрогенераторы для ветроэнергетики
- 2-9-0-0 Новые конструкции ветроэнергетических установок с вертикальной осью вращения
- 2-10-0-0 Горизонтально-осевые ветроэнергетические установки
- 2-11-0-0 Вертикально-осевые ветроэнергетические установки Савониуса

- 2-12-0-0 Вертикально-осевые ветроэнергетические установки Дарье
- 2-13-0-0 Ветрогелиоэнергетические установки
- 2-14-0-0 Будущее ветроэнергетики
- 2-15-0-0 Аэростатная ветроэнергетика
- 2-16-0-0 Материалы для ветроэнергетики
- 2-17-0-0 Моделирование на ЭВМ динамической составляющей скорости ветра в зависимости от времени
- 2-18-0-0 Комплексное моделирование ветроэнергетической установки с вертикальной осью вращения
- 2-19-0-0 Преобразование энергии в ветроэнергетических установках
- 2-20-0-0 Использование энергии ветра.  
Техника, экономика, экология



### 3. Морская гидроэнергетика

- 3-1-0-0 История приливной энергетики  
*А.Л. Гусев* (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
- 3-2-0-0 Энергетика морских волн  
*С.П. Капица* (Россия, Москва, ИФЛ им. П.Л. Капицы)
- 3-3-0-0 Энергетика морских течений



### 4. Геотермальная энергетика

- В.А. Бутузов* (Россия, Краснодар, ОАО «Южгеотепло»)
- 4-1-0-0 История геотермальной энергетики
- 4-2-0-0 Фундаментальные исследования в области геотермальной энергетики
- 4-3-0-0 Проблемы освоения геотермальной энергии
- 4-4-0-0 Роль моделирования и мониторинга при освоении геотермальной энергии.  
Оценка геотермального резерва
- 4-5-0-0 Геотермальные станции
  - 4-5-1-0 Геотермальные электростанции
  - 4-5-2-0 Геотермальные тепловые станции
- 4-6-0-0 Эффективность и надежность геотермальных тепловых и электрических станций
- 4-7-0-0 Геотермальные ресурсы стран мира и перспективы их освоения



### 5. Энергия биомассы

- А.Л. Гусев* (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
- 5-1-0-0 Биогазовые установки
- 5-2-0-0 Термохимические газогенераторы
- 5-3-0-0 Энергия биомассы и экология



### 6. Малая гидроэнергетика

- С.Шатворян* (Армения, Ереван, Энергетический стратегический центр) (МНКСР)
- 6-1-0-0 Оборудование малых и микрогидроэлектростанций
- 6-2-0-0 Деривационные микрогидроэлектростанции



### 7. Нетрадиционные источники возобновляемой энергии

- В.А. Хуснутдинов* (Россия, Москва, РАО «ЕЭС России») (МРК)



А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

**7-1-0-0 Применение льда в энергетике. Ледяные электростанции**

**7-2-0-0 Использование холода вечной мерзлоты для термостатирования бытовых и технических объектов**

**7-3-0-0 Физико-химические свойства льда**

**7-4-0-0 Теплофизические свойства льда**

**7-5-0-0 Термодинамические основы получения и применения льда**

**7-6-0-0 Оборудование для исследования льда**

**7-7-0-0 Установки для получения льда**

**7-8-0-0 Способы и механизмы экстренного вскрытия льда для спасения под водой**

**7-9-0-0 Бинарный лед и его применение**

**7-10-0-0 Применение льда для создания инженерно-технических и архитектурных сооружений**

**7-11-0-0 Динамика и прочность льда. Динамика хрупкого разрушения. Экспериментальные методы динамической механики разрушения льда**

**7-12-0-0 Численные и смешанные численно-экспериментальные методы динамической механики разрушения льда**

**7-13-0-0 Способы удаления ледяных покрытий на водных объектах**

**7-14-0-0 Аккумулирование холода и применение энергии льда**

**7-15-0-0 Транспортировка айсбергов и получение пресной воды**

**7-16-0-0 Термоградиентная энергетика**



## 8. Энергокомплексы на основе ВИЭ



## II. НЕВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА



## 9. Атомная энергетика

Ю.А. Трутнев, акад. РАН (Россия, Саров, ВНИИЭФ) (ПГР)

А.Я. Столяревский (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)

А.Г. Чудин (Россия, Москва, Федеральное Агентство по атомной энергии РФ) (МНКР)

В.А. Афанасьев (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

М.А. Прелас (США, Колумбия, Университет Миссури) (МРК)

**9-1-0-0 Атомно-водородная энергетика**

Н.Н. Пономарев-Степной, акад. РАН (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (РНЦ)

А.Я. Столяревский (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)

В.Н. Фатеев (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

**9-1-1-0 История атомно-водородной энергетики**

Н.Н. Пономарев-Степной, акад. РАН (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (РНЦ)

А.Я. Столяревский (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

**9-1-2-0 Высокотемпературные газовые реакторы (ВТГР) для производства водорода высокотемпературными ( $T = 1000^\circ\text{C}$ ) методами**

**9-1-3-0 Быстрые реакторы с натриевым охлаждением (БРН) для получения среднетемпературного тепла ( $T = 500^\circ\text{C}$ ), производства синтетического газа и водорода**

**9-1-4-0 Быстрые реакторы со свинцовым охлаждением (БРЕСТ) как реакторы следующего поколения для получения высокотемпературного тепла ( $T > 500^\circ\text{C}$ )**

Г.Л. Хорасанов (Россия, Обнинск, ФГУП «ГНЦ РФ – ФЭИ им. А.И. Лейпунского») (МРК)

**9-2-0-0 Атомная энергетика для транспортных средств**  
М.А. Казарян (Россия, Москва, ФИАН им. П.Н. Лебедева) (МРК)

И.В. Шаманин (Россия, Томск, Томский политехнический университет) (МРК)

**9-2-1-0 Радионуклидные источники тепла**

**9-2-2-0 Радионуклидные термоэлектрические генераторы**

**9-2-3-0 Термо- и радиационно-стимулированные фазовые превращения в сплавах внедрения (карбидах, нитридах, нитридогидридах, карбогидридах и гидридах переходных металлов, высокотемпературных сверхпроводящих материалах, интерметаллических соединениях)**



## 10. Взрывная энергетика

В.Е. Фортвов, акад. РАН (Россия, Москва, Институт теплофизики экстремальных состояний Объединенного института высоких температур РАН) (РНЦ)

А.Л. Михайлов (Россия, Саров, ИФВ РФЯЦ ВНИИЭФ) (МРК)

Н.Н. Гердюков (Россия, Саров, ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

А.А. Штерцер (Россия, Новосибирск, ООО «НПП «МАТЕМ»») (МРК)

В.Н. Герман (Россия, Саров, ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

**10-1-0-0 Взрывные технологии**

**10-2-0-0 Компьютерное моделирование задач взрывной энергетике**

М.А. Сырунин (Россия, Саров, ИФВ РФЯЦ ВНИИЭФ)

**10-2-1-0 Постановки задач взрывной энергетике**

**10-2-2-0 Подвижные лагранжево-эйлеровы сетки**

**10-3-0-0 Взрывная дейтериевая энергетика**

**10-4-0-0 Взрывная энергетика для синтеза новых веществ**

**10-4-1-0 Синтез и спекание материалов взрывом**

**10-4-2-0 Ударно-волновое спекание материалов**

**10-4-3-0 Компьютерное моделирование процессов ударно-волнового спекания материалов**

**10-5-0-0 Взрывчатые вещества**

**10-6-0-0 Взрывные камеры**

А.А. Штерцер (Россия, Новосибирск, ООО «НПП «МАТЕМ»») (МРК)

**10-7-0-0 Экстремальные состояния вещества.**

**Детонация. Ударные волны**

**10-8-0-0 Энергетические материалы и физика детонации**

**10-9-0-0 Уравнения состояния и фазовые переходы**



## III. ТЕРМОЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА



## 11. Термоядерная энергетика

В.Н. Лобанов (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

**11-1-0-0 Исследования в области управляемого термоядерного синтеза**

**11-2-0-0 Рентгеновский термоядерный синтез**



- 11-3-0-0 Пучковый термоядерный синтез  
 11-4-0-0 Инерциальный термоядерный синтез  
 11-5-0-0 Изотопный эффект  
 11-6-0-0 Криогенные тритиевые мишени  
 11-7-0-0 Мишени высокого давления для исследования процессов мюонного катализа ядерных реакций синтеза  
 11-8-0-0 Международный проект термоядерного энергетического реактора ИТЭР  
 11-9-0-0 Радиологическая защита и ядерная безопасность  
 11-10-0-0 Производство радиоизотопов и их применение  
 М.А. Казарян (Россия, Москва, ФИАН им. Лебедева) (МРК)  
 11-11-0-0 Топливный цикл и экология  
 11-12-0-0 Проектирование, строительство и эксплуатация ядерных исследовательских и энергетических реакторов  
 11-13-0-0 Промышленное производство компонентов и материалов, необходимых для использования в ядерных реакторах и их топливных циклах  
 11-14-0-0 Снятие с эксплуатации, дезактивация и обращение с отходами энергетических реакторов  
 11-15-0-0 Исследования в области технологии производства лазеров и их применения  
 11-16-0-0 Системы ТОКАМАК  
 11-17-0-0 Промежуточные системы с магнитным удержанием



#### IV. ВОДОРОДНАЯ ЭКОНОМИКА



#### 12. Водородная экономика

- Ф. Караосманоглу (Турция, Стамбул, Стамбульский технический университет) (МРК)  
 З. Сен (Турция, Стамбул, Стамбульский технический университет) (МРК)  
 А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)  
 12-1-0-0 История водородной энергетики  
 Т.Н. Везировоглу (США, Майами, МАВЭ, UNIDO-ICHET) (ПГР)  
 А.Г. Галеев (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИхиммаш») (МРК)  
 12-2-0-0 Безопасность водородной энергетики  
 А.Г. Галеев (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИхиммаш») (МРК)  
 Я. Клеперис (Латвия, Рига, Университет Латвии) (МРК)  
 Л.Ф. Беловодский (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МНКСР)  
 12-2-1-0 Рекомбинаторы водорода  
 А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)  
 12-2-2-0 Системы обдува инертными газами  
 12-2-3-0 Безопасность криогенных систем  
 12-2-4-0 Технологии безопасного использования водорода на борту транспортных средств  
 12-3-0-0 Газоаналитические системы и сенсоры водорода  
 Я. Клеперис (Латвия, Рига, Университет Латвии) (МРК)  
 А.М. Полянский (Россия, С.-Петербург, ООО «НПК Электронные пучковые технологии») (МРК)  
 В.М. Арутюнян, акад. НАН Армении (Армения, Ереван, Ереванский государственный университет) (РНС)  
 Ю. Шунман (Нидерланды, Делфт, Делфтский технический университет) (МНКСР)  
 Л.И. Трахтенберг (Россия, Москва, Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН)  
 12-4-0-0 Хранение водорода  
 Я. Клеперис (Латвия, Рига, Университет Латвии) (МРК)  
 О.Н. Сриастава (Индия, Варанаси, Университет Банарас Хинди) (МРК)

- С.М. Алдошин, акад. РАН (Россия, Черногловка, ИПХФ РАН) (РНС)  
 Б.П. Тарасов (Россия, Черногловка, ИПХФ РАН) (МРК)  
 12-4-1-0 В углеродных наносистемах  
 О.Н. Ефимов (Россия, Черногловка, ИПХФ РАН) (МРК)  
 Б.К. Гупта (Индия, Варанаси, Университет Банарас Хинди) (МРК)  
 А.В. Вахрушев (Россия, Ижевск, Институт прикладной механики УрО РАН) (МРК)  
 12-4-2-0 В инкапсулированном газообразном состоянии: в микросферах, микрокапиллярах, пенометаллах, цеолитах и других соединениях  
 В.С. Коган (Украина, Харьков, ХФТИ) (МРК)  
 Е.Ф. Медведев (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)  
 А.Ф. Чабак (Россия, Москва, Академия перспективных технологий) (МРК)  
 12-4-3-0 В газообразном состоянии под давлением  
 А.С. Коротеев, акад. РАН (Россия, Москва, ФГУП «Центр Келдыша») (РНС)  
 12-4-3-1 В газообразном состоянии в крупных хранилищах  
 12-4-3-2 В газообразном состоянии в баллонах  
 12-4-4-0 В жидком состоянии  
 А.М. Архаров (Россия, Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана) (МРК)  
 А.М. Домашенко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)  
 В.И. Куприянов (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)  
 А.А. Макаров (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИхиммаш») (МРК)  
 Г.Г. Шевяков (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)  
 В.С. Травкин (США, Лос-Анжелес, Калифорнийский университет) (МРК)  
 В.С. Коган (Украина, Харьков, ХФТИ) (МРК)  
 И.Ф. Кузьменко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МНКСР)  
 А.Г. Галеев (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИхиммаш») (МРК)  
 12-4-4-1 В криогенном жидком состоянии в стационарных хранилищах  
 12-4-4-2 В криогенном жидком состоянии на борту транспортных средств  
 Б.А. Соколов (Россия, Королев, РКК «Энергия» им. С.П. Королева) (МРК)  
 12-4-5-0 В химически связанном состоянии в жидких средах  
 12-4-6-0 В твердофазном связанном состоянии в металлогидридных системах  
 М.Д. Хэмpton (США, Орландо, Университет Центральной Флориды) (ЗГР)  
 Б.П. Тарасов (Россия, Черногловка, ИПХФ РАН) (МНКСР)  
 С.П. Габуда (Россия, Новосибирск, ИНХ СО РАН) (МРК)  
 В.Л. Кожевников (Россия, Екатеринбург, ИХТТ УрО РАН) (МРК)  
 12-4-7-0 В адсорбированном состоянии на криоадсорбентах  
 12-4-8-0 В комбинированных системах  
 12-4-9-0 Новые способы хранения водорода  
 12-5-0-0 Методы получения водорода  
 И.Ф. Кузьменко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МНКСР)  
 В. В. Лунин, акад. РАН (Россия, Москва, МГУ) (РНС)  
 12-5-1-0 Радиоплиз  
 М.А. Прелас (США, Колумбия, Университет Миссури-Колумбия) (МРК)  
 12-5-2-0 Электролиз  
 12-5-3-0 Термохимическое разложение воды  
 12-5-4-0 Разложение аммиака  
 В.А. Кириллов (Россия, Новосибирск, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН) (МРК)  
 12-5-5-0 Каталитическая конверсия (риформинг) газообразных и жидких углеводородов  
 12-5-6-0 Неполное окисление углеводородов

**12-5-7-0 Высокотемпературный метод****12-5-8-0 Гидраты**

С.П. Габуда (Россия, Новосибирск, ИНХ СО РАН) (МРК)

**12-5-9-0 Бортовые конверторные устройства****преобразования органических веществ в водород****12-5-10-0 Генерирование водорода на борту****в реакции взаимодействия воды с различными металлами (алюминий, магний и т. д.)**

12-5-10-1 Механические и электрические способы

удаления окисной пленки во время реакции

12-5-10-2 Химические способы удаления окисной пленки во время реакции

12-5-10-3 Ультразвуковые способы удаления

окисной пленки во время реакции

12-5-10-4 Способы увеличения удельной поверхности металлов реагентов

12-5-10-5 Термические и барические методы

интенсификации реакции генерации водорода

12-5-10-6 Устройства для генерации водорода в реакции взаимодействия воды и металлов для бортового применения

12-5-10-7 Устройства для генерации водорода

в реакции взаимодействия воды и металлов

для бытового применения

12-5-10-8 Устройства для генерации водорода в реакции взаимодействия воды и металлов для промышленной энергетики

12-5-10-9 Физико-математические модели описания процессов генерации водорода

12-5-10-10 Перспективные направления развития метода для воплощения его на борту транспортных средств

**12-5-11-0 Получение водорода из глубинного морского сероводорода**

И.М. Неклюдов (Украина, Харьков, Харьковский физико-технический институт) (МРК)

Н.А. Азаренков (Украина, Харьков, Харьковский физико-технический институт) (МРК)

В.И. Ткаченко (Украина, Харьков, Харьковский физико-технический институт) (МРК)

**12-5-12-0 Новые способы получения водорода****12-6-0-0 Транспортирование водорода**

А.Г. Галеев (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИХиммаш») (МРК)

**12-6-1-0 Транспортирование жидких криогенных продуктов по трубопроводам**

А.М. Домашенко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)

**12-6-2-0 Охлаждение магистралей криогенных систем****12-6-3-0 Неуставившиеся процессы в криогенных системах****12-7-0-0 Топливные элементы**

Б.А. Соколов (Россия, Королев, РКК «Энергия» им. С.П. Королева) (МРК)

Ю.Н. Шалимов (Россия, Воронеж, ВГТУ) (МРК)

В.П. Пахомов (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)

**12-7-1-0 Разработка и производство топливных элементов****12-7-1-1 Мембраны для топливных элементов****12-7-1-2 Компьютерное моделирование****функционирования топливных элементов****12-7-2-0 Применение топливных элементов****12-7-2-1 Устройства питания на топливных элементах с конверсией метанола в водород****12-7-3-0 Топливные элементы с предварительной обработкой водородсодержащего топлива****12-8-0-0 Конструкционные материалы**

П.Г. Бережко (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

А.М. Полянский (Россия, С.-Петербург, ООО «НПК Электронные пучковые технологии») (МРК)

В.М. Чертов (Россия, Москва) (МРК)

Ю.Н. Шалимов (Россия, Воронеж, ВГТУ) (МРК)

П.Сан-Грегуйар (Франция, Тулон-Вар, Университет Тулон-Вара) (ЗГР)

А.Т. Пономаренко (Россия, Москва, Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН) (МНКСР)

Л.В. Сливак (Россия, Пермь, ПГУ) (МНКСР)

А.А. Курдюмов (Россия, С.-Петербург, СПбГУ) (МНКСР)

М.В. Гольцова (Украина, Донецк, ДонНТУ) (МНКСР)

Я.И. Бляшко (Россия, С.-Пб., АОЗТ «МНТО ИНСЭТ») (МРК)

Н.М. Власов (Россия, Подольск, НИИ НПО «Луч») (МРК)

И.И. Федик (Россия, Подольск, НИИ НПО «Луч») (МРК)

**12-8-1-0 Водород в металлах и сплавах**

В.А. Гольцов (Украина, Донецк, ДонНТУ) (МРК)

Л.Ф. Гольцова (Украина, Донецк, ДонНТУ) (МРК)

**12-8-2-0 Водородная деградация****12-8-3-0 Системы наводороживания конструкционных материалов****12-8-4-0 Статическая и динамическая прочность материалов**

Н.Н. Гердюков (Россия, Саров, ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

**12-8-5-0 Газары. Применение газаров****12-8-6-0 Электропечи для термовакuumных процессов. Вакуумные электропечи сопротивления**

Э.Н. Мармер (Россия, Москва, ОАО «ВНИИЭТО») (МРК)

**12-8-7-0 Новые конструкционные материалы для объектов альтернативной энергетики****12-9-0-0 Методы получения синтез-газа**

А.Я. Столяревский (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)

**12-9-1-0 Адиабатическая конверсия природного газа****12-10-0-0 Транспортные средства и приводы на водородном топливе**

Т. Гертиг (Германия, Берлин) (МРК)

А.Л. Дмитриев (Россия, С.-Петербург, РНЦ «Прикладная химия») (МРК)

А.М. Домашенко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)

Б.А. Соколов (Россия, Королев, РКК «Энергия» им. С.П. Королева) (МРК)

А.Ю. Раменский (Россия, Москва, «Аудит-Премьер») (МНКСР)

В.С. Соколов (Россия, С.-Петербург) (МНКСР)

**12-11-0-0 Водородные автозаправочные станции****12-12-0-0 Водород для энергообеспечения зданий****(водородные мини-электростанции на базе топливных элементов)****V. КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ****13. Наноструктуры**

А.М. Липанов, акад. РАН (Россия, Ижевск, Институт прикладной механики УрО РАН) (МРК)

Ю.М. Шульга (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН) (МРК)

В.И. Кодолов (Россия, Ижевск, Научно-образовательный центр химической физики и мезоскопии УдНЦ УрО РАН) (МНКСР)

Ю.С. Нечаев (Россия, Москва, ФГУП «ГНЦ РФ – Центральный институт черной металлургии им. И.П. Бардина») (МНКСР)

Б.П. Тарасов (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН) (МНКСР)

Ю.Д. Третьяков, акад. РАН (Россия, Москва, ФНМ МГУ) (РНЦ)

**13-1-0-0 Наносистемы: синтез, свойства, применение**

Е.А. Гудилин (Россия, Москва, ФНМ МГУ) (РНЦ)

В.В. Куршева (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

**13-2-0-0 Фуллереновые структуры и углеродные наноматериалы для теплоизоляции**

**13-3-0-0 Фуллереновые структуры и углеродные наноматериалы для сенсоров водорода**

*М.В. Воробьева* (Россия, Москва, ГИРЕДМЕТ) (МРК)  
*В.М. Арутюнян*, акад. НАН Армении (Армения, Ереван, Ереванский государственный университет) (РНС)

**13-4-0-0 Компьютерное моделирование синтеза углеродных наноматериалов с заданными свойствами****13-5-0-0 Углеродные наноструктуры для автотранспорта****VI. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭЭ****14. Термодинамический анализ в альтернативной энергетике**

*В.А. Хуснутдинов* (Россия, Москва, РАО «ЕЭС России») (МРК)  
*А.Л. Гусев* (Россия, Саратов, НТЦ «ТАТА»)

**14-1-0-0 Термодинамический анализ основных энергетических процессов в альтернативной энергетике****14-2-0-0 Эксергетический анализ основных энергетических процессов в альтернативной энергетике****VII. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ****15. Основные проблемы энергетики и альтернативной энергетики****15-1-0-0 Аккумуляция электрической энергии****15-2-0-0 Сверхпроводящие материалы. Сверхпроводимость. Сверхпроводимость в энергетике****15-3-0-0 Новые циклы и схемы термотрансформаторов****15-4-0-0 Проблемы освещения мегаполисов****16. Применение гелия и специальных материалов в транспортных средствах**

*Ю.А. Рыжов*, акад. РАН (Россия, Москва, Международный инженерный университет) (РНС)

**16-1-0-0 Дирижабли для перевозки крупногабаритных грузов**

**16-2-0-0 Дирижабли для контроля за чрезвычайными ситуациями в мегаполисах: автоинспекция, пожарная безопасность, антитерроризм, наблюдение за техническим и экологическим состоянием промышленных зданий и сооружений. Энергонадзор (контроль тепловых утечек зданий в масштабе города)**

**16-3-0-0 Пожарные, нейтрализационные, полицейские дирижабли****17. Энергетика и экология**

*А.Л. Гусев* (Россия, Саратов, НТЦ «ТАТА»)  
*О.Л. Фигиевский* (Израиль, Мигдал Ха'Емек, Израильский исследовательский центр «Polymate») (МРК)  
*М.В. Воробьева* (Россия, Москва, ГИРЕДМЕТ) (МРК)  
**17-1-0-0 Парниковый эффект**  
**17-2-0-0 Экологические проблемы мегаполисов**  
**17-3-0-0 Экология воздушной среды и космического пространства**  
**17-4-0-0 Экология водных ресурсов**

**17-5-0-0 Проблемы вредных выбросов в атмосферу тепловыми электрическими станциями****17-6-0-0 Проблемы загрязнения почвы традиционными энергоносителями****17-7-0-0 Экологический туризм и экокортоты****17-8-0-0 Проблемы переработки промышленных и бытовых отходов****18. Энергоэффективные способы и устройства разделения и очистки агрессивных газовых смесей**

*А.Л. Гусев* (Россия, Саратов, НТЦ «ТАТА»)  
*М.А. Казарян* (Россия, Москва, ФИАН им. П.Н. Лебедева) (МРК)  
*А.А. Боброва* (Россия, Саратов, РЯЦ-ВНИИЭФ)

**19. Экология и энергоресурсы пустынь****20. Вода, ее свойства. Водоподготовка, применение****21. Вибрация и акустические воздействия энергетических объектов на окружающую среду****VIII. ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА, СМИ, ПОДДЕРЖКА ГОСУДАРСТВА****22. Законодательная база**

*П.Б. Шелищ* (Россия, Москва, Государственная Дума РФ, президент НАВЭ) (МНКСР)

**22-1-0-0 Законодательная база альтернативной энергетики в России****22-2-0-0 Законодательное обеспечение инновационного развития водородной энергетики****22-3-0-0 Законодательная база альтернативной энергетики стран СНГ****22-4-0-0 Законодательная база экологии****IX. КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ОБРАЗОВАНИЕ****23. Образование и научно-исследовательские центры**

*Л.А. Илькаева* (Россия, Саратов, РЯЦ-ВНИИЭФ) (МНКСР)  
*Б.Ф. Реутов* (Россия, Москва, Федеральное агентство образования и науки РФ) (МРК)  
*А.В. Чувиковский* (Россия, Саратов, ИПК РЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)  
*Ю.П. Щербак* (Россия, Саратов, СарФТИ) (МНКСР)  
*Ж.-П. Концен* (Бельгия, Кармановский институт гидрогазодинамики) (МРК)  
**23-1-0-0 Образовательная деятельность в области альтернативной энергетики и экологии**  
**23-1-1-0 Образовательная деятельность в рамках школьной программы.**  
**23-1-2-0 Образовательная деятельность в вузах**  
**23-2-0-0 Водородные технопарки, наукограды**  
**23-3-0-0 Молодежь в науке и технике**





## X. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЭЭ



### 24. Экономические аспекты

**24-1-0-0** Инвестиционная привлекательность различных стран мира и фирм

**24-2-0-0** Запасы традиционных энергоресурсов стран экспортеров и мировые запасы

**24-3-0-0** Государственные научно-технические программы развития водородной энергетики

**24-4-0-0** Экономический анализ

*В.А. Хуснутдинов* (Россия, Москва, РАО «ЕЭС России») (МРК)

**24-5-0-0** Бизнес-планирование



## XI. ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, УСТРОЙСТВА И ИХ ВНЕДРЕНИЕ



### 25. Нанотехнологии для альтернативной энергетики

*А.Л. Гусев* (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

*В.В. Куршева* (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

*О.Н. Ефимов* (Россия, Черногоровка, ИПХФ РАН)

**25-1-0-0** Нанотехнологии в процессах синтеза оксидов металлов, в производстве твердооксидных топливных элементов

**25-2-0-0** Нанотехнологии в изготовлении клеточных каркасов для медицинских целей

**25-3-0-0** Радиационно-химические нанотехнологии в производстве новых типов фторполимерных композиционных материалов



### 26. Инновационные решения в области энергетики и альтернативной энергетики

*А.Л. Гусев* (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)



### 27. Информационные технологии



## XII. ТРАНСПОРТНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА



### 28. Криогенные и пневматические транспортные средства

*А.Л. Гусев* (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

**28-1-0-0** Криогенный азотный транспорт

**28-2-0-0** Автомобили на инертных газах для опасных объектов (пожарные, служебные аэропортов, складов горючесмазочных материалов, для взрывоопасных химических производств и др.)

**28-3-0-0** Пневматические транспортные средства



### 29. Бортовые аккумуляторы

**29-1-0-0** Тепловые аккумуляторы энергии

*А.Л. Гусев* (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

**29-1-1-0** Температура выше 273 К

**29-1-2-0** Температура ниже 273 К

**29-1-3-0** Температура ниже 77 К

**29-2-0-0** Маховичные аккумуляторы энергии

**29-3-0-0** Электрические аккумуляторы энергии

**29-4-0-0** Пружинные аккумуляторы энергии

**29-5-0-0** Пневматические аккумуляторы энергии

**29-6-0-0** Химические аккумуляторы энергии



### 30. Мультирежимные транспортные средства

*А.Л. Гусев* (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

*О.Б. Баклицкая* (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

*М.А. Казарян* (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)



### 31. Системы внешней и бортовой рекуперации энергии транспортных средств

*А.Л. Гусев* (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)



### 32. Литий-ионные источники тока и суперконденсаторы



## XIII. ДОБЫЧА ПРИРОДНЫХ ИСКОПАЕМЫХ



### 33. Ювенильный водород в процессах геотектоники и геохимии

*С.В. Дигонский* (Россия, Екатеринбург, ФГУП «Урангеолого-разведка») (МРК)

*В.Л. Сывороткин* (Россия, Москва,

МГУ им. М.В. Ломоносова) (МРК)

**33-1-0-0** Роль водорода в химическом строении мироздания

**33-2-0-0** Движущие силы развития Земли и планет

**33-3-0-0** Водород в ядре Земли

**33-4-0-0** Геология и геохимия природных газов зон глубинных разломов

**33-5-0-0** Транспорт ювенильного водорода через толщу Земли и формирование электроразряженных зон

**33-6-0-0** Природный синтез углеродистых веществ

**33-7-0-0** Глубинная дегазация Земли, глобальные катастрофы и аномальные явления



## XIV. КАТАЛИЗ В АЭЭ



### 34. Катализ

*З.Р. Исмаилов* (Россия, Новосибирск, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН) (МРК)

*С.М. Алдошин*, акад. РАН (Россия, ИПХФ РАН, Черногоровка) (РНС)

*В.Н. Пармон*, акад. РАН (Россия, Новосибирск, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН) (РНС)

*В.А. Кириллов* (Россия, Новосибирск, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН) (МРК)

*О.Н. Ефимов* (Россия, Черногоровка, ИПХФ РАН) (МРК)

*Н.Н. Вершинин* (Россия, ИПХФ РАН, Черногоровка)

**34-1-0-0** Каталитические методы синтеза альтернативного топлива

**34-2-0-0** Катализ в совмещенных схемах «производство энергии и получение полезных продуктов из природного газа»



34-3-0-0 Катализ в генерации рабочего тела в газотурбинных установках  
 34-4-0-0 Катализ в топливных элементах  
 34-5-0-0 Катализ в процессах получения синтез-газов и водорода  
 34-6-0-0 Каталитические методы очистки водорода  
 34-7-0-0 Катализ в очистке промышленных газовых выбросов энергетических систем  
 34-8-0-0 Катализ в системах очистки технических вод  
 34-9-0-0 Фотокаталитические и электрокаталитические методы получения водорода  
 34-10-0-0 Разработка и исследование свойств материалов для формирования каталитических слоев в топливных элементах  
 34-11-0-0 О механизмах каталитического действия. Влияние природы металлов и степени их окисления на каталитическую активность  
 34-12-0-0 Наноконкомпозиты для применения в качестве катализаторов. Влияние размерного фактора на каталитическую активность  
 34-13-0-0 Альтернативные катализаторы без применения платины  
 34-14-0-0 Проблемы отравления катализаторов  
 34-15-0-0 Носители катализаторов: дизайн, синтез, свойства  
 А.Я. Вуль (Россия, С.-Пб., ФТИ им. Иоффе)  
 34-16-0-0 Каталитические слои для топливных элементов в планарном исполнении  
 34-17-0-0 Золь-гель метод для получения катализаторов и носителей катализаторов  
 34-18-0-0 Каталитическая конверсия топлив и мембранные технологии в процессах производства водородсодержащих топливных композиций и особо чистого водорода



## XV. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ



### 35. Энергосберегающие технологии, системы, материалы и приборы

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)



## XVI. ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА



### 36. Проблемы нефтегазовой и угольной промышленности

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

36-1-0-0 Постановка задач для ученых и инженеров с целью формулировки ТЗ для НИР и НИОКР с учетом экологического аспекта.



### 37. Нефтегазовые трубопроводы и экология окружающей среды



## XVII. ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И УСТРОЙСТВА



### 38. Оптические явления и устройства



## XVIII. ГАЗОТУРБИННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



### 39. Газотурбинные технологии



## XIX. ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ПРОИЗВОДСТВА



## XX. ПРОБЛЕМЫ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

40-1-0-0 Экологически чистые технологии изготовления древесных изделий без применения синтетических смол-связующих



## XXI. НАУКИ О ЗЕМЛЕ



## XXII. ИНФОРМАЦИЯ В ОБЛАСТИ АЭЭ



### 41. Информация

А.И. Саликов (Россия, Москва, ДОР ЦНИИатоминформ) (МНКРП)

Е.М. Тарараева (Россия, Москва, Дор ЦНИИатоминформ) (МНКРП)

Е.А. Гудилин (Россия, Москва, ФНМ МГУ им. М.В. Ломоносова) (РНС)

И.В. Лобанова (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

41-1-0-0 Периодические издания

41-2-0-0 Интернет-ресурсы

41-3-0-0 Научные биографии ученых мира

41-4-0-0 Научные фонды, научные проекты

41-5-0-0 Международные научные конференции

41-6-0-0 Рекламные материалы научных организаций, инвестиционных фирм и фирм-производителей

41-7-0-0 Новые научные книги

41-8-0-0 Интеллектуальная собственность

41-9-0-0 Энциклопедия альтернативной энергетики.

Термины и определения

41-10-0-0 Отзывы, письма в редакцию, краткие сообщения

41-11-0-0 Обращения членов редакционного научного совета

41-12-0-0 Энергетические компании

41-13-0-0 Новости Редколлегии

41-14-0-0 Научные организации

41-15-0-0 Новости науки и техники

РНС — Редакционный научный совет; МРК — Международный редакционный комитет;

МНКРП — Международный научно-консультативный совет редакции;

ЭС — Экспертный совет; МСР — Международный совет рецензентов





## I. RENEWABLE ENERGY



## 1. Solar energy

A. Steinfeld (Switzerland, Zurich, ETH-Swiss Federal Institute) (IEB)  
G.I. Isakov (Azerbaijan, Baku, Institute of Physics of NAS of Azerbaijan) (DECH)  
I.G. Khidirov (Uzbekistan, Tashkent, Institute of Nuclear Physics of NAS of Uzbekistan) (IEB)  
S. Geruny (Armenia, Yerevan, Yerevan State University) (IEB)  
S.M. Raza (Pakistan, Quetta, University Of Balochistan) (IEB)  
S.Z. Ilyas (Pakistan, Quetta, University Of Balochistan) (IEB)  
A.M. Pendjiev (Turkmenistan, Ashkhabat-32, Turkmenian Polytechnic Institute) (IEB)  
V.F. Gremenok (Belorussia, Minsk, Jointed Institute of Solid State and Semi-conductor Physics) (IEAB)  
V.A. Butuzov (Russia, Krasnodar, "Yuzhgeoteplo")

## 1-1-0-0 History of solar energy

## 1-2-0-0 Solar-hydrogen energy

T.N. Veziroglu (USA, Miami, IAHE, UNIDO-ICHET) (HECH)

## 1-2-1-0 Materials for solar-hydrogen energy

## 1-3-0-0 Solar power plants

## 1-3-1-0 Silicone solar thermal electric plants

## 1-3-2-0 Space solar stations

## 1-3-3-0 Photoelectric cell

## 1-3-4-0 Photovoltaic effect in semiconductor structures. Photoelectric modules

## 1-4-0-0 Ground solar stations

## 1-4-1-0 Solar collectors

## 1-5-0-0 Solar cities

## 1-5-1-0 Solar buildings

## 1-5-2-0 Solar refrigerators

## 1-5-3-0 Solar water-lifting systems

## 1-5-4-0 Solar energy units

## 1-6-0-0 Solar transport

## 1-7-0-0 Solar radiation concentrators



## 2. Wind energy

I.Z. Boguslavskiy (Russia, Moscow, DBREPE RAS) (IEB)  
V.L. Okulov (Russia, Novosibirsk, SB RAS)  
G.A.M. van Kuik (Netherlands, Delft, Wind Energy Research Institute)

## 2-1-0-0 Wind Energy and Architecture

## 2-2-0-0 Wind Energy and Ecology

## 2-3-0-0 Unique Wind Energy Solutions

## 2-4-0-0 Sail-Driven Wind Energy

## 2-5-0-0 Hybrid Wind Turbines

## 2-6-0-0 History of Wind Energy

## 2-7-0-0 Combined Wind and Hydrogen Energy

## 2-8-0-0 Electric Power Generators for Wind Energy

## 2-9-0-0 New Designs of Vertical-Axis Wind Turbines

## 2-10-0-0 Horizontal-Axis Wind Turbines

## 2-11-0-0 Savonius Vertical-Axis Wind turbines

## 2-12-0-0 Darrieus Vertical-Axis Wind Turbines

## 2-13-0-0 Combined Wind and Solar Power Plants

## 2-14-0-0 Future of Wind Energy

## 2-15-0-0 Balloon-Based Wind Energy

## 2-16-0-0 Wind Energy Materials

## 2-17-0-0 Computer Simulations of the Time Profile of Dynamic Wind Velocity Component

## 2-18-0-0 Integrated Modeling of Vertical-Axis Wind Turbines

## 2-19-0-0 Energy Conversion in Wind Turbines

## 2-20-0-0 Wind Energy Applications. Engineering, Economy, Ecology



## 3. Marine hydroenergetics

## 3-1-0-0 History of energy of tides

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

## 3-2-0-0 Sea waves energy

S.P. Kapitza (Russia, Moscow, IPP RAS)

## 3-3-0-0 Sea tide energy



## 4. Geothermal energy

V.A. Butuzov (Russia, Krasnodar, "Yuzhgeoteplo")

## 4-1-0-0 History of geothermal energy

## 4-2-0-0 Basic research into geothermal energy

## 4-3-0-0 Problems of geothermal energy assimilation

## 4-4-0-0 Role of modeling and monitoring in geothermal energy assimilation. Appraisal of geothermal resources

## 4-5-0-0 Geothermal plants

## 4-5-1-0 Geothermal power plants

## 4-5-2-0 Geothermal heat plants

## 4-6-0-0 Efficiency and reliability of geothermal heat and power plants. Major ways to improve the efficiency of geothermal heat and power plants

## 4-7-0-0 Geothermal resources of world countries and prospects of their development



## 5. Energy of biomass

S.A. Markov (USA, Greencastle, DePauw University) (IEB)

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

## 5-1-0-0 Biogas plants

## 5-2-0-0 Thermochemical gas generators

## 5-3-0-0 Energy of biomass and ecology



## 6. Small hydroenergetics

S. Shatvoryan (Armenia, Yerevan, Energy Strategy Center) (IEB)

## 6-1-0-0 Equipment for small and micro hydro-power plants (HPP)

## 6-2-0-0 Derivation micro hydro-power plants



## 7. Unconventional sources of renewed energy

V.A. Khusnutdinov (Russia, Moscow, RAO UES of Russia) (IEB)

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

## 7-1-0-0 Application of ice in energy. Glacial power stations

## 7-2-0-0 Application of cold of permafrost for thermostatic control of domestic and process structures

## 7-3-0-0 Physical and chemical properties of ice

## 7-4-0-0 Thermal properties of ice



- 7-5-0-0 Thermodynamic basis for production and application of ice  
 7-6-0-0 Equipment for ice testing  
 7-7-0-0 Facilities for ice production  
 7-8-0-0 Methods and machinery for ice emergent break up for safety depth devices and over-land vehicles undergoing disaster  
 7-9-0-0 Binary ice in science and technique  
 7-10-0-0 Application of ice for construction of engineering and technical, and architecture structures  
 7-11-0-0 Ice dynamics and strength. Embrittlement dynamics. Experimental methods of ice breaking up dynamic mechanics  
 7-12-0-0 Numerical and combined numerical and experimental methods of ice breaking up dynamic mechanics  
 7-13-0-0 Techniques for removing ice from water reservoirs  
 7-14-0-0 Cold storage and application  
 7-15-0-0 Transport of icebergs and production of fresh water  
 7-16-0-0 Thermogradient energy



## 8. RES based power complexes



## II. NONRENEWABLE ENERGY



## 9. Atomic energy

- Yu.A. Trutnev, Acad. RAS (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (HECH)  
 A.Ya. Stolyarevskiy (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)  
 A.G. Chudin (Russia, Moscow, Federal Agency for Nuclear Energy) (IEAB)  
 V.A. Afanas'ev (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)  
 M.A. Prelas (USA, Columbia, University of Missouri) (IEB)  
**9-1-0-0 Atomic-hydrogen energy**  
 N.N. Ponomaryov-Stepnoy, Acad. RAS (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (SEB)  
 A.Ya. Stolyarevskiy (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)  
 V.N. Fateev (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)  
 A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")  
**9-1-1-0 History of atomic-hydrogen energy**  
 N.N. Ponomaryov-Stepnoy, Acad. RAS (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (SEB)  
 A.Ya. Stolyarevskiy (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)  
 A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")  
**9-1-2-0 High-temperature gas reactors (HTGR) for hydrogen production via high-temperature processes**  
**9-1-3-0 Fast reactors with sodium cooling (SC) to produce mid-temperature heat, and synthesis gas and hydrogen**  
**9-1-4-0 Fast reactors with lead cooling as reactors of future generation to produce high-temperature heat**  
 G.L. Khorasanov (Obninsk, SSC of the RF – Institute for Physics and Power Engineering Named After A.I. Leypunsky) (IEB)  
**9-2-0-0 Atomic energy for vehicles**  
 M.A. Kazaryan (Russia, Moscow, P.N. Lebedev FIAN) (IEB)  
 I.V. Shamanin (Russia, Tomsk, Tomsk Polytechnical Univ.) (IEB)  
**9-2-1-0 Radionuclide heat sources**  
**9-2-2-0 Radionuclide thermoelectric generators**

- 9-2-3-0 Thermo- and radiation-stimulated phase transformation in alloys incorporated (carbides, nitrides, nitrides-hydrides, carbohydrides and hydrides of transition metals, high-temperature, super-conducting materials, intermetallic composition)**



## 10. Explosion energy

- V.E. Fortov, Acad. RAS (Russia, Moscow, Institute of thermal physics of extremal state RAS) (SEB)  
 A.L. Mikhailov (Russia, Sarov, Institute of Experimental Gasdynamics and Physics of Explosion RFNC-VNIIEF) (IEB)  
 N.N. Gerdyukov (Russia, Sarov, Institute of Experimental Gasdynamics and Physics of Explosion RFNC-VNIIEF) (IEB)  
 A.A. Sterzer (Russia, Novosibirsk, MATEM Co. Ltd) (IEB)  
 V.N. German (Russia, Sarov, Institute of Experimental Gasdynamics and Physics of Explosion RFNC-VNIIEF) (IEB)  
**10-1-0-0 Explosion technologies**  
**10-2-0-0 Computer simulation of problems for explosion energy**  
 M.A. Syrunin (Russia, Sarov, IEB RFNC-VNIIEF)  
**10-2-1-0 Setting up problems for explosion energy**  
**10-2-2-0 Mobile Lagrangian and Euler grids**  
**10-3-0-0 Explosion deuterium energy**  
**10-4-0-0 Explosion energy for syntheses of new materials**  
**10-4-1-0 Materials synthesis and sticking by the explosion**  
**10-4-2-0 Shock-wave sticking**  
**10-4-3-0 Computer modelling of processes of material shock-wave sticking**  
**10-5-0-0 Explosives**  
**10-6-0-0 Blasting chambers**  
 A.A. Sterzer (Russia, Novosibirsk, MATEM Co. Ltd) (IEB)  
**10-7-0-0 Extremal state of matter. Detonation. Shock waves**  
**10-8-0-0 Energy materials and physics of detonation**  
**10-9-0-0 Equations of the state and phase transition**



## III. THERMONUCLEAR ENERGY



## 11. Thermonuclear energy

- V.N. Lobanov (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)  
**11-1-0-0 Investigations on the controlled thermonuclear fusion**  
**11-2-0-0 X-ray thermonuclear fusion**  
**11-3-0-0 Beam fusion**  
**11-4-0-0 Inertial fusion**  
**11-5-0-0 Isotope effect**  
**11-6-0-0 Cryogenic tritium targets**  
**11-7-0-0 High-pressure targets designed for research of nuon catalysis processes in nuclear fusion**  
**11-8-0-0 International project of thermonuclear fusion reactor, ITER**  
**11-9-0-0 Radiological protection and nuclear security**  
**11-10-0-0 Production of radioisotopes and application**  
 M.A. Kazaryan (Russia, Moscow, FIAN Lebedev Institute of Physics of RAS) (IEB)  
**11-11-0-0 Fuel cycle and ecology**  
**11-12-0-0 Design, construction and maintenance of nuclear research and power reactors**



**11-13-0-0 Production of components and materials required for application in nuclear reactors and fuel cycles thereof**

**11-14-0-0 TOKAMAK systems**

**11-15-0-0 Auxiliary magnetocumulative systems**



#### IV. HYDROGEN ECONOMY



### 12. Hydrogen economy

*F.Karaosmanoglu* (Turkey, Istanbul, Istanbul Technical Univ.) (IEB)

*Z.Sen* (Turkey, Istanbul, Istanbul Technical University) (IEB)

*A.L. Gusev* (Russia, Sarov, STC "TATA")

**12-1-0-0 History of hydrogen economy**

*T.N. Veziroglu* (USA, Miami, IAHE, UNIDO-ICHET) (HECH)

*A.G. Galeev* (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIIHIMMASH") (IEB)

**12-2-0-0 Safety of hydrogen energy**

*A.G. Galeev* (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIIHIMMASH") (IEB)

*J.Kleperis* (Latvia, Riga, University of Latvia) (IEB)

*L.F. Belovodskiy* (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEAB)

**12-2-1-0 Hydrogen recombinators**

*A.L. Gusev* (Russia, Sarov, STC "TATA")

**12-2-2-0 Systems of inert gas blowing off**

**12-2-3-0 Ensuring of the safe operation of cryogenic systems**

**12-2-4-0 Safe application of hydrogen on board the vehicle**

**12-3-0-0 Gas analytical systems and hydrogen sensors**

*J.Kleperis* (Latvia, Riga, University of Latvia) (IEB)

*A.M. Polyansky* (Russia, S.-Petersburg, "Electronic & Beam Technologies Ltd.") (IEB)

*V.M. Aroutiounian*, Academician NAS of Armenia (Armenia, Yerevan, Yerevan State University) (SEB)

*J.Schoonman* (Netherlands, Delft, Delft University of Technology) (IEAB)

*L.I. Trakhtenberg* (Russia, Moscow, N. N. Semenov Institute of Chemical Physics RAS) (IEB)

**12-4-0-0 Hydrogen storage**

*J.Kleperis* (Latvia, Riga, University of Latvia) (IEB)

*O.N. Srivastava* (India, Varanasi, Banaras Hindu University) (IEB)

*S.M. Aldoshin*, Acad. RAS (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (SEB)

*B.P. Tarasov* (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (IEB)

**12-4-1-0 Hydrogen storage in carbon nanosystems**

*O.N. Efimov* (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (IEB)

*B.K. Gupta* (India, Varanasi, Banaras Hindu University) (IEB)

*A.V. Vakhroushev* (Russia, Izhevsk, Institute of Applied Mechanics of Ural branch of RAS) (IEB)

**12-4-2-0 Hydrogen storage in an incapsulated gaseous state: in microspheres, in foam metals, in zeolites and others**

*V.S. Kogan* (Ukraine, Khar'kov, NSC Kharkov Institute of Physics and Technology) (IEB)

*A.F. Chabak* (Russia, Moscow, Academy of perspective technologies) (IEB)

*E. F. Medvedev* (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)

**12-4-3-0 Hydrogen storage in gaseous state under pressure**

*A.S. Koroteev*, Academician RAS (Russia, Moscow, Keldysh Research Center) (SEB)

**12-4-3-1 Hydrogen storage in gaseous state in large reservoirs**

**12-4-3-2 Hydrogen storage in gaseous state in tank**

**12-4-4-0 Hydrogen storage in liquid state**

*A.M. Arkharov* (Russia, Moscow, Bauman Moscow State Technical University) (IEB)

*A.M. Domashenko* (Russia, Balashikha, "Cryogenmash") (IEB)

*V.I. Kupriyanov* (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEB)

*A.A. Makarov* (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIIHIMMASH") (IEB)

*G.G. Shevyakov* (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEB)

*V.S. Travkin* (USA, Los Angeles, University of California) (IEB)

*V.S. Kogan* (Ukraine, Khar'kov, NSC Kharkov Institute of Physics and Technology) (IEB)

*I.F. Kuz'menko* (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEAB)

*A.G. Galeev* (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIIHIMMASH") (IEB)

**12-4-4-1 Hydrogen storage in cryogenic liquid state in large reservoirs**

**12-4-4-2 Hydrogen storage in cryogenic liquid state on board the vehicles**

*B.A. Sokolov* (Russia, Korolyov, S.P. Korolyov Energia RSC) (IEB)

**12-4-5-0 Hydrogen storage in chemically-bonded state in liquid media**

**12-4-6-0 Hydrogen storage in solid phase state in metal hydride systems**

*M.D. Hampton* (USA, Orlando, Univ. of Central Florida) (DECH)

*B.P. Tarasov* (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (IEB)

*S.P. Gabuda* (Russia, Novosibirsk, IIC SO RAS) (IEB)

*V.L. Kozhevnikov* (Russia, Ekaterinburg, ISSC Ural Branch of RAS) (IEB)

**12-4-7-0 Hydrogen storage in combined systems**

**12-4-8-0 Hydrogen storage in adsorbed state in cryogenic adsorbents**

**12-4-9-0 Novel methods of hydrogen storage**

**12-5-0-0 Hydrogen production methods**

*I.F. Kuz'menko* (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEAB)

*V.V. Lunin*, Acad. RAS (Russia, Moscow, M.V. Lomonosov MSU)

**12-5-1-0 Radiolysis**

*M.A. Prelas* (USA, Columbia, University of Missouri-Columbia) (IEB)

**12-5-2-0 Electrolysis**

**12-5-3-0 Hydrogen production via thermochemical dissociation of water**

**12-5-4-0 Hydrogen production by ammonia decomposition**

*V.A. Kirillov* (Russia, Novosibirsk, Boreskov Institute of Catalysis) (IEB)

**12-5-5-0 Method of catalytic conversion (reforming) of gaseous and liquid hydrocarbons**

**12-5-6-0 Hydrogen production by partial oxidation of hydrocarbons**

**12-5-7-0 High-temperature process for hydrogen production**

**12-5-8-0 Hydrates**

*S.P. Gabuda* (Russia, Novosibirsk, IIC SO RAS) (IEB)

**12-5-9-0 Hydrogen production on board of the vehicle from organic fuels**

**12-5-10-0 On board hydrogen production via reaction of interaction of water and metals (aluminium, magnesium etc.)**

**12-5-10-1 Mechanic and electric methods of removal of oxide layer during reaction**

**12-5-10-2 Chemical methods of removal of oxide layer during reaction**

**12-5-10-3 Ultrasonic methods of removal of oxide layer during reaction**

**12-5-10-4 Methods of increase of specific surface of metals**

**1-5-10-5 Thermal and pressure methods of intensification of hydrogen production**

**12-5-10-6 Devices for on board hydrogen production via reaction of interaction of water and metals**

**12-5-10-7 Devices for hydrogen production via reaction of interaction of water and metals for domestic applications**

**12-5-10-8 Devices for hydrogen production via reaction of interaction of water and metals for commercial applications**

**12-5-10-9 Physico-mathematical model of processes of hydrogen production**

**12-5-10-10 Novel lines of development of method for on-board application**

**12-5-11-0 Hydrogen production from deep-sea hydrogen sulphide**



*I.M. Neklyudov* (Ukraine, Khar'kov, Khar'kov Physical Technical Institute) (IEB)  
*N.A. Azarenkov* (Ukraine, Khar'kov, Khar'kov Physical Technical Institute) (IEB)  
*V.I. Tkachenko* (Ukraine, Khar'kov, Khar'kov Physical Technical Institute) (IEB)

#### 12-5-12-0 Novel hydrogen production methods

#### 12-6-0-0 Hydrogen transport

*A.G. Galeev* (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIHIMMASH") (IEB)

#### 12-6-1-0 Transport of liquid cryogenic products by pipelines

*A.M. Domashenko* (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEB)

#### 12-6-2-0 Cooling of cryogenic system mains

#### 12-6-3-0 Transient processes in cryogenic systems

#### 12-7-0-0 Fuel cells

*B.A. Sokolov* (Russia, Korolyov, S.P. Korolyov Energia RSC) (IEB)

*Yu.N. Shalimov* (Russia, Voronezh, VSTU) (IEB)

*V.P. Pakhomov* (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)

#### 12-7-1-0 Research and production of fuel cells

##### 12-7-1-1 Membranes for fuel cells

##### 12-7-1-2 Computer simulation of fuel cell operation

#### 12-7-2-0 Fuel cells application

*12-7-2-1 Power supply on fuel cells with methanol conversion for portable devices*

#### 12-7-3-0 Fuel cells with hydrogenous fuel pre-processing

#### 12-8-0-0 Structural materials

*P.G. Berezhko* (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)

*A.M. Polyansky* (Russia, S.-Petersburg, "Electronic & Beam Technologies Ltd.") (IEB)

*V.M. Chertov* (Russia, Moscow) (IEB)

*Yu.N. Shalimov* (Russia, Voronezh, VSTU) (IEB)

*P.Saint-Gregoire* (France, University de Toulon et du Var) (DECH)

*F.A. Lewis* (Great Britain, Belfast, The Queen's University of Belfast) (SEB)

*A.T. Ponomarenko* (Russia, Moscow, Enikolopov Institute of Synthetic Polymer Materials of RAS) (IEAB)

*L.V. Spivak* (Russia, Perm', Perm' State University) (IEAB)

*M.V. Gol'tsova* (Ukraine, Donetsk, Donetsk STU) (IEAB)

*N.M. Vlasov* (Russia, Podol'sk, SRI SIA "Luch") (IEB)

*I.I. Fedik* (Russia, Podol'sk, SRI SIA "Luch") (IEB)

#### 12-8-1-0 Hydrogen in metals and alloys

*V.A. Gol'tsov* (Ukraine, Donetsk, DonSTU) (IEB)

*L.F. Gol'tsova* (Ukraine, Donetsk, DonSTU) (IEB)

#### 12-8-2-0 Hydrogen degradation

#### 12-8-3-0 Structural materials hydrogenation systems

#### 12-8-4-0 Static and dynamic strength of structural materials

*N.N. Gerdyukov* (Russia, Sarov, Institute of Experimental Gasdynamics and Physics of Explosion RFNC-VNIIEF) (IEB)

#### 12-8-5-0 Gasars. Application of gasars in marine and air fleet, motor-car construction

#### 12-8-6-0 Electrical furnaces for thermovacuum processes

*E.N. Marmer* (Moscow, VNIETO)

#### 12-8-7-0 New structural materials for renewable energy structures

#### 12-9-0-0 Synthesis-gas production methods

*A.Ya. Stolyarevskiy* (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)

#### 12-9-1-0 Adiabatic conversion of the natural gas

#### 12-10-0-0 Hydrogen fuel vehicles and engines

*T. Gaertig* (Germany, Berlin) (IEB)

*A.L. Dmitriev* (Russia, S.-Petersburg, RSC "Applied Chemistry") (IEB)

*A.M. Domashenko* (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEB)

*B.A. Sokolov* (Russia, Korolyov, S.P. Korolyov Energia RSC) (IEB)

*A.Yu. Ramenskiy* (Russia, Moscow, Audit-Premier) (IEAB)

*V.S. Sokolov* (Russia, S.Petersburg) (IEAB)

#### 12-11-0-0 Hydrogen filling stations

#### 12-12-0-0 Hydrogen for providing buildings, structures and houses with energy. Micro hydrogen power plants based on fuel cells



## V. STRUCTURAL MATERIALS



### 13. Nanostructures

*A.M. Lipanov*, Acad. RAS (Russia, Izhevsk, Institute of Applied Mechanics UB RAS) (IEB)

*Yu.M. Shul'ga* (Russia, Chernogolovka, JSC "Cryogenmash") (IEB)

*V.I. Kodolov* (Russia, Izhevsk, BRHE Centre of Chemical Physics and Mesoscopy) (IEAB)

*Yu.S. Nechaev* (Russia, Moscow, Bardin Research Institute of the Ferrous-Metals Industry) (IEAB)

*B.P. Tarasov* (Chernogolovka, IPCP RAS) (IEAB)

*Yu.D. Tretiakov*, Acad. RAS (Russia, Moscow, FMS MSU) (SEB)

#### 13-1-0-0 Nanosystems: synthesis, properties, and application

*E.A. Goodilin*, Member Corresp. RAS (Russia, Moscow, FMS MSU) (SEB)

*V.V. Kyrsheva* (Russia, Sarov, STC "TATA")

#### 13-2-0-0 Fullerene structures and carbon nanomaterials for heat insulation

#### 13-3-0-0 Fullerene structures and carbon nanomaterials for hydrogen sensors

*M.V. Vorobiova* (Russia, Moscow, GIREDMET) (IEAB)

*V.M. Aroutiounian*, Acad. NAS of Armenia (Armenia, Yerevan, Yerevan State University) (SEB)

#### 13-4-0-0 Computer simulation of synthesis of carbon nanomaterials with specified properties

#### 13-5-0-0 Carbon nanostructures for vehicles



## VI. THERMODYNAMIC BASICS OF AEE



### 14. Thermodynamic analysis in renewable energy

*V.A. Khusnutdinov* (Russia, Moscow, RAO UES of Russia) (IEB)

*A.L. Gusev* (Russia, Sarov, STC "TATA")

#### 14-1-0-0 Thermodynamic analysis of basic energy generation processes in alternative energy

#### 14-2-0-0 Exergetic analysis of basic energy generation processes in alternative energy



## VII. ENVIRONMENTAL ASPECTS OF ENERGY



### 15. Basic problems of energy and renewable energy

#### 15-1-0-0 Electric energy storage

#### 15-2-0-0 Superconductive materials. Superconductivity. Superconductivity of energy

#### 15-3-0-0 New cycles and schemes for thermotransformers

#### 15-4-0-0 Problems of megapolise illumination







## 16. Application of helium and special materials in vehicles

Yu.A. Ryjov, Acad. RAS (Russia, Moscow, International Univ. of Engineering) (SEB)

**16-1-0-0** Airships to transfer large-sized cargoes

**16-2-0-0** Airships to control states of emergency in megapolises: car inspection, fire safety, terrorism combat, technical and ecological state control of industrial buildings and structures. Energy control (heat leak control in buildings on a city's scale)

**16-3-0-0** Fire fighting airships, counteracting, and police airships



## 17. Energy and ecology

O.L. Figovsky (Israel, Israel Research Center Polymate) (IEB)

M.V. Vorobiova (Russia, Moscow, GIREDMET) (IEB)

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

**17-1-0-0** Greenhouse gas effect

**17-2-0-0** Ecological problems of industrial megapolises

**17-3-0-0** Ecology of air atmosphere and space

**17-4-0-0** Ecology of water resources

**17-5-0-0** Problems of unhealthy atmospheric emissions by heat-electric generating plants

**17-6-0-0** Problems of ground pollution by energy carriers

**17-7-0-0** Ecological tourism and ecological resorts

**17-8-0-0** Problems of factory and domestic waste utilization



## 18. Energy efficiency methods and facilities for aggressive gas mixture separation and purification

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

M.A. Kazaryan (Russia, Moscow, P.N. Lebedev FIAN) (IEB)

A.A. Bobrova (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF)



## 19. Ecology and power resources of deserts



## 20. Water, its properties. Water preparation, application



## 21. Vibration and acoustic effects of energy facilities on the environment



## VIII. LEGISLATIVE BASIS, MASS MEDIA, STATE SUPPORT



## 22. Legislative basis

P.B. Shelishch (Russia, Moscow, RF State Duma, President of National Association of Hydrogen Energy) (IEAB)

**22-1-0-0** Legislation basis for renewable energy in Russia

**22-2-0-0** Legislation assurance for innovation development of hydrogen energy

**22-3-0-0** Legislation basis for renewable energy in CIS

**22-4-0-0** Legislation basis for ecology



## IX. PERSONNEL MANAGEMENT AND EDUCATION



## 23. Education and scientific research centres

B.F. Reutov (Russia, Moscow, Federal Agency for Education and Sciences of RF) (IEB)

A.V. Chuvikovskiy (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)

Yu.P. Shcherbak (Russia, Sarov, Sarov Physicotechnical Institute) (IEB)

J.-P. Contzen (Belgium, von Karman Institute for Fluid Dynamics) (IEB)

**23-1-0-0** Educational activities in the field of alternative energy and ecology

**23-1-1-0** Educational activity within school program

**23-1-2-0** Educational activity in institutes of higher education

**23-2-0-0** Hydrogen trading estates and science and research cities

**23-3-0-0** Young people in alternative energy and ecology science and technology



## X. ECONOMIC ASPECTS OF AEE



## 24. Economical aspects

**24-1-0-0** Investment attractiveness of various countries and companies in renewable energy

**24-2-0-0** Resources of conventional energy sources in exporting countries and world resources

**24-3-0-0** National scientific and technological programmes of the development of hydrogen economy

**24-4-0-0** Economical analysis in renewable energy

V.A. Khusnutdinov (Russia, Moscow, RAO UES of Russia) (IEB)

**24-5-0-0** Business-planning in renewable energy



## XI. INNOVATION SOLUTIONS, TECHNOLOGIES, FACILITIES AND THEIR INNOVATION



## 25. Nanotechnology for renewable energy

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

V.V. Kursheva (Russia, Sarov, STC "TATA")

O.N. Efimov (Russia, Sarov, STC "TATA")

**25-1-0-0** nanotechnology in the metal oxide synthesis and solid oxide fuel cells production

**25-2-0-0** Nanotechnology in cell framework manufacturing for medical purposes

**25-3-0-0** Radiation-chemical nanotechnology in production of new types fluoropolymer composite materials



## 26. Innovative solutions in alternative energy and ecology

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")





## 27. Information technologies (IT)



## XII. ENVIRONMENTAL VEHICLES



## 28. Cryogenic and pneumatic vehicles

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

### 28-1-0-0 Cryogenic nitrogen transport

**28-2-0-0 Inert gas-based cryogenic vehicles for hazardous structures: fire engines, air port auxiliary vehicles, fuel and lubricant storage, vehicles in dangerously explosive chemical production**

### 28-3-0-0 Pneumatic vehicles



## 29. On-board energy accumulators

### 29-1-0-0 Thermal energy accumulators

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

#### 29-1-1-0 Temperature above 273 K

#### 29-1-2-0 Temperature below 273 K

#### 29-1-3-0 Temperature below 77 K

### 29-2-0-0 Flywheel energy accumulators

### 29-3-0-0 Electrical energy accumulators

### 29-4-0-0 Spring energy accumulators

### 29-5-0-0 Compressed-air energy accumulators

### 29-6-0-0 Chemical energy accumulators



## 30. Multi mode vehicles

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

O.B. Baklitskaya (Russia, Sarov, STC "TATA")

M.A. Kazaryan (Russia, Sarov, STC "TATA")



## 31. External and onboard vehicle energy recovery systems

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")



## 32. Lithium-ion current sources and supercapacitor



## XIII. RECOVERY TECHNIQUES FOR AEE



## 33. Juvenile hydrogen in geotectonics and geochemistry processes

S.V. Digonskiy (Russia, Ekaterinburg, FGUP "Urangeo-razvedka") (IEB)

V.L. Syvortkin (Russia, Moscow, M. V. Lomonosov MSU) (IEB)

### 33-1-0-0 Role of hydrogen in chemical composition of the universe

### 33-2-0-0 Diving forces in the evolution of Earth and planets

### 33-3-0-0 Hydrogen in the Earth's core

### 33-4-0-0 Geology and geochemistry of natural gases in deep fault areas

### 33-5-0-0 Transport of juvenile hydrogen through the Earth stratum and formation of electrically charged zones

### 33-6-0-0 Natural synthesis of carbon-based substances

### 33-7-0-0 Deep degasifying of the Earth, global disasters and anomalous phenomena



## XIV. CATALYSIS FOR AEE



## 34. Catalysis for renewable energy

Z.R. Ismagilov (Russia, Novosibirsk, Boreskov Institute of Catalysis) (IEB)

S.M. Aldoshin, Acad. RAS (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (SEB)

V.N. Parmon, Acad. RAS (Russia, Novosibirsk, Boreskov Institute of Catalysis of SD RAS) (SEB)

V.A. Kirillov (Russia, Novosibirsk, Boreskov Institute of Catalysis of SD RAS) (IEB)

O.N. Efimov (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (IEB)

N.N. Vershinin (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS)

### 34-1-0-0 Catalytic methods for synthesis of alternative fuel

### 34-2-0-0 Catalysis in combined schemes «energy generation and production of useful products from natural gas»

### 34-3-0-0 Catalysis in generation of working fluid in gas turbines as an effective alternative flare generation method

### 34-4-0-0 Catalysis of fuel cells

### 34-5-0-0 Catalysis in processes of production of synthesis gas and hydrogen

### 34-6-0-0 Catalytic methods of hydrogen treatment

### 34-7-0-0 Catalysis in treating of power reactor waste gases

### 34-8-0-0 Catalysis in process water treatment systems

### 34-9-0-0 Photocatalytic and electrocatalytic methods for hydrogen production

### 34-10-0-0 Development and study of material properties to form catalytic layers in fuel cells

### 34-11-0-0 On mechanism of catalytic action. Effect of metal nature and degree of oxidation thereof on catalytic activity

### 34-12-0-0 Nanocomposites for application as catalysts. Effect of dimension factor on catalytic activity

### 34-13-0-0 Alternative catalysts with no platinum

### 34-14-0-0 Problems of catalyst poisoning

### 34-15-0-0 Catalyst carriers: design, synthesis, and properties

A. Ya. Vul' (Russia, St. Petersburg, Ioffe Institute)

### 34-16-0-0 Catalytic layers for fuel cells in planar design

### 34-17-0-0 Sol-gel process for production of catalysts and catalyst carriers

### 34-18-0-0 Catalytic conversion of fuel and technologies in the process of membrane production of hydrogen fuel compositions and ultra-pure hydrogen



## XV. ENERGY SAVING



## 35. Energy-saving technologies, materials, systems, and instruments

A.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)



## XVI. PROBLEMS OF OIL-AND-GAS COMPLEX



### 36. Problems of oil, gas, and coal industry

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

**36-1-0-0 Problem definition for scientists and engineers to form a Task Order for research and R&D works taking into account ecological aspect**



### 37. Oil and gas pipelines and ecology



## XVII. OPTICAL PHENOMENA AND FACILITIES



### 38. Optical phenomena and facilities



## XVIII. GAS-TURBINE TECHNOLOGIES



### 39. Gas-turbine technologies



## XIX. ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS FACTORIES



## XX. ISSUES OF AGRICULTURE

**40-1-0-0 Environmental technology manufacturing of wood products without the synthetic resin binder**



## XXI. EARTH SCIENCES



## XXII. INFORMATION FOR AEE



### 41. Information

A.I. Salikov (Russia, Moscow, CNIIATOMINFORM) (IEAB)  
E.M. Tararava (Russia, Moscow, CNIIATOMINFORM) (IEAB)  
E.A. Goodilin, Member Corresponding RAS (Russia, Moscow, FMS MSU) (SEB)  
I.V. Lobanova (Russia, Sarov, STC "TATA")

**41-1-0-0 Review of periodicals**

**41-2-0-0 Review of leading internet-resources**

**41-3-0-0 Prominent scientists' biographies**

**41-4-0-0 Scientific funds and scientific projects**

**41-5-0-0 International scientific conferences**

**41-6-0-0 Advertising matters of investment companies and manufacturers**

**41-7-0-0 Review of new scientific books**

**41-8-0-0 Intellectual property**

**41-9-0-0 Encyclopedia of renewable energy. Terms and definitions**

**41-10-0-0 Opinions, letters in publishing office, short articles**

**41-11-0-0 Messages of members of Scientific editorial board**

**41-12-0-0 Energetic companies**

**41-13-00 News of Editorial board**

**41-14-0-0 Scientific organizations**

**41-15-0-0 News**

SEB — Scientific Editorial Board

IEB — International Editorial Board

IEAB — International Editorial Advisory Board

EB — Experts Board

IRB — International Reviewers Board



## ПОДПИСКА-2015

Международный научный журнал  
«Альтернативная энергетика и экология»

# ISJAEE

**Уважаемые коллеги! Начинается подписка на второе полугодие 2015 г.**

### Наименование:

Международный научный журнал  
«Альтернативная энергетика и экология»  
Индекс издания: ISSN1608-8298  
Периодичность: выходит 2 раза в месяц  
Объем издания (страниц): 200–270  
Вид рассылки: адресный  
Официальный сайт:  
<http://isjaee.hydrogen.ru>  
Подписка: через редакцию  
или по каталогам: Роспечать,  
МК-Периодика, Интерпочта и др.

### Уважаемые читатели!

Вы можете подписаться на Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» на 2015 год, заполнив извещение (форма ПД-4) и перечислив на счет НТЦ «ТАТА» сумму в соответствии с таблицами 1 и 2. Копию корешка извещения, пожалуйста, направьте по адресу:

НТЦ «ТАТА»

607183, Нижегородская обл., г. Саров, а/я 687

Генеральному директору А.Л.Гусеву

Пожалуйста, не забудьте в сопроводительном письме указать почтовый адрес получателя подписки.

Оплата осуществляется перечислением денежной суммы на расчетный счет. Юридическим лицам для получения счета необходимо направить запрос по электронной почте [info@hydrogen.ru](mailto:info@hydrogen.ru) или по факсу (83130) 6-31-07 с указанием реквизитов организации.

Извещение		Форма ПД-4
Кассир		<b>ООО НТЦ «ТАТА»</b> (наименование получателя платежа) <b>5254022656 / 525401001</b> (ИНН получателя платежа) N <b>40702810900000001679</b> (номер счета получателя платежа) в <b>ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров</b> (наименование банка и банковские реквизиты) <b>к/с 30101810200000000721</b> <b>042204721</b> БИК
		(*наименование платежа) Дата _____ Сумма платежа: _____ руб. ____ коп. Платательщик (подпись) _____
Квитанция		<b>ООО НТЦ «ТАТА»</b> (наименование получателя платежа) <b>5254022656/525401001</b> (ИНН получателя платежа) N <b>40702810900000001679</b> (номер счета получателя платежа) в <b>ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров</b> (наименование банка и банковские реквизиты) <b>к/с 30101810200000000721</b> <b>042204721</b> БИК
		(*наименование платежа) Дата _____ Сумма платежа: _____ руб. ____ коп. Платательщик (подпись) _____

\*Внимание! В графе извещения «Наименование платежа» просьба указать Ф.И.О., почтовый адрес получателя, порядковый номер и год выпуска журнала(ов), например: Иванов И.И., 197198, Санкт-Петербург, пр. Добролюбова, 67-14, № 1-6 за 2004 г., или № 4 за 2002 г.





## ПОДПИСКА-2015

Международный научный журнал  
«Альтернативная энергетика и экология»

# ISJAEE

Продолжается подписка на «ЗОЛОТУЮ КОЛЛЕКЦИЮ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ»  
- 160-томник ISJAEE

Наименование:

Международный научный журнал  
«Альтернативная энергетика и экология»

Индекс издания: ISSN1608-8298

Периодичность: выходит 2 раза в месяц

Объем издания (страниц): 200–270

Вид рассылки: адресный

Официальный сайт:

<http://isjaee.hydrogen.ru>

Подписка: через редакцию

или по каталогам: Роспечать,  
МК-Периодика, Интерпочта и др.

### Уважаемые читатели!

Вы можете подписаться на «Золотую коллекцию», заполнив извещение (форма ПД-4) и перечислив на счет НТЦ «ТАТА» 42 000 руб. Копию корешка извещения, пожалуйста, направьте по адресу:

НТЦ «ТАТА»

607183, Нижегородская обл., г. Саров, а/я 687

Генеральному директору А.Л.Гусеву

Пожалуйста, не забудьте в сопроводительном письме указать почтовый адрес получателя подписки.

Оплата осуществляется перечислением денежной суммы на расчетный счет. Юридическим лицам для получения счета необходимо направить запрос по электронной почте [info@hydrogen.ru](mailto:info@hydrogen.ru) или по факсу (83130) 6-31-07 с указанием реквизитов организации.

Извещение		Форма ПД-4
		<b>ООО НТЦ «ТАТА»</b> <small>(наименование получателя платежа)</small>
		<b>5254022656 / 525401001</b> <small>(ИНН получателя платежа)</small>
		<b>40702810900000001679</b> <small>(номер счета получателя платежа)</small>
		<b>ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров</b> <small>(наименование банка и банковские реквизиты)</small>
		<b>к/с30101810200000000721</b>
		<b>042204721</b> <small>БИК</small>
		<small>(*наименование платежа)</small>
	Дата _____ Сумма платежа: 42_000 руб. ____ коп.	
Кассир	Плательщик (подпись) _____	
		<b>ООО НТЦ «ТАТА»</b> <small>(наименование получателя платежа)</small>
		<b>5254022656/525401001</b> <small>(ИНН получателя платежа)</small>
		<b>40702810900000001679</b> <small>(номер счета получателя платежа)</small>
		<b>ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров</b> <small>(наименование банка и банковские реквизиты)</small>
		<b>к/с30101810200000000721</b>
		<b>042204721</b> <small>БИК</small>
		<small>(*наименование платежа)</small>
	Дата _____ Сумма платежа: 42_000 руб. ____ коп.	
Кассир	Плательщик (подпись) _____	

\*Внимание! В графе извещения «Наименование платежа» просьба указать Ф.И.О., почтовый адрес получателя, «Золотая коллекция», например: Иванов И.И., 197198, Санкт-Петербург, пр. Добролюбова, «Золотая коллекция».



## Стоимость подписки для различных категорий подписчиков на 2015 год

Категория подписчиков	Цена, руб.	
	за полугодие	за год
Аспиранты	5000	10000
Пенсионеры	6000	12000
Физические лица	7500	15000
Малые предприятия	9000	18000
Вузы	10000	20000
Научно-исследовательские организации	12000	24000
Российские научные центры	12500	25000
Муниципальные библиотеки	13000	26000
Национальные библиотеки	14000	28000

<p>Информация о плательщике:</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">(Ф.И.О., адрес плательщика)</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">(ИНН налогоплательщика)</p> <p>N _____</p> <p style="text-align: center;">(номер лицевого счета (код) плательщика)</p>	
<p>Информация о плательщике:</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">(Ф.И.О., адрес плательщика)</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">(ИНН налогоплательщика)</p> <p>N _____</p> <p style="text-align: center;">(номер лицевого счета (код) плательщика)</p>	

**В редакции журнала можно оформить подписку на любой номер, или полугодие, или коллекцию ISJAEE**

*ВНИМАНИЕ! По этой квитанции Вы можете оплатить как годовую подписку, так и отдельные номера нашего журнала за 2002–2015 гг.*







## SUBSCRIPTION-2015

International Scientific Journal for  
Alternative Energy and Ecology

# ISJAE

**Dear Colleagues!** Subscription for the year 2015 is available

**Issue:** International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAE)

**ISSN** 1608-8298

**Periodicity:** 2 times per month

**Issue volume (pages):** 200–270

**Distribution:** Address

**Official site:** <http://isjaee.hydrogen.ru>

**Subscription:** via editorial board and catalogue

Table 3

Subscription	Physical person	Juridical person	Member of International Association for Hydrogen energy	Member of Editorial board of ISJAE
Quarter	\$90	\$150	\$85	\$80
Half year	\$180	\$350	\$175	\$160
Annual	\$360	\$700	\$350	\$320

To have an account, juridical persons are to send order by e-mail to [info@hydrogen.ru](mailto:info@hydrogen.ru) or by fax (83130) 6-31-07 mentioning the institution address.



## ORDER FORM



To: Scientific Technical Centre «TATA»  
P. O. Box 687  
Sarov, Nizhnii Novgorod region 607183, Russia  
Phone/Fax: +7 (83130) 6-31-07  
Phone: +7 (83130) 9-74-72  
E-mail: [gusev@hydrogen.ru](mailto:gusev@hydrogen.ru)



**Please, send me** \_\_\_\_\_ copy/copies of “International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology”, ISSN 1608-8298 (\_\_\_\_\_ issues, 20\_\_ year, \_\_\_\_\_ \$ (please, see Table 1), postage included)

### Payments options

Our Bank details:

Beneficiary Name:	STC "Tata" LC INN5254022656
Beneficiary Address:	SAROV, RUSSIA
Beneficiary Tel:	+7 8313063107
Beneficiary Account Number:	ACC 40702840600000001680
Bank name	SAROVBUSINESSBANK
Bank Address:	SAROV, RUSSIA
Bank ABA:	SWIFT: SARORU2SXXX
Intermediary Bank Name:	DEUTSCHE BANK TRUST COMPANY AMERICAS SWIFT: BKTRUS33 METALLINVESTBANK SWIFT: SCBMRUMM
Intermediary Bank Address:	NEW YORK, USA,
Intermediary Bank ABA:	04457374

Details of payment: «International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology»  
Name \_\_\_\_\_

Organization \_\_\_\_\_

Mailing Address \_\_\_\_\_

Number Building \_\_\_\_\_ Street \_\_\_\_\_

City \_\_\_\_\_ State \_\_\_\_\_

Postal code \_\_\_\_\_ Country \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_ Phone \_\_\_\_\_

Fax \_\_\_\_\_

Signed \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_





## SUBSCRIPTION TO

Golden Collection of Hydrogen Energy

# ISJAEE

**Dear Colleagues!** Subscription to **Golden Collection of Hydrogen Energy** is now available! The **Golden Collection of Hydrogen Energy** consists of 160 volumes of International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology

**Issue:** International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEE)

**ISSN** 1608-8298

**Number of volumes:** 160

**Official site:** <http://isjaee.hydrogen.ru>

**Distribution:** Address

**Subscription:** via editorial board and catalogue Table 4

Order	Physical person	Juridical person	Member of International Association for Hydrogen energy	Member of Editorial board of ISJAEE
Golden Collection of Hydrogen Energy	800 USD	1000 USD	900 USD	900 USD

To have an account, juridical persons are to send order by e-mail to [gusev@hydrogen.ru](mailto:gusev@hydrogen.ru) or by fax (83130) 6-31-07 mentioning the institution address.



## ORDER FORM



**Please, send me Golden Collection of Hydrogen Energy** of International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology, ISSN 1608-8298 (160 volumes, \_\_\_\_\_ USD (please, see Table 4), postage included)

### Payments options

I've arranged a bank transfer to:

STC «TATA» Limited

ACC: 40702840200001001681

BEN. BANK: SAROVBUSINESSBANK  
SAROV, RUSSIA

CORR. ACC USD: 30109840300000000142

CORRESP. BANK: ALFA-BANK,

MOSCOW, RUSSIA, SWIFT: ALFARUMM

CORR. ACC USD: 400927098 with «CHASE MANHATTAN BANK», NEW YORK, N.Y.10004, USA. SWIFT: CHASUS33

Details of payment: «Golden Collection of Hydrogen Energy»

Name \_\_\_\_\_

Organization \_\_\_\_\_

Mailing Address \_\_\_\_\_

Number Building \_\_\_\_\_ Street \_\_\_\_\_

City \_\_\_\_\_ State \_\_\_\_\_

Postal code \_\_\_\_\_ Country \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_ Phone \_\_\_\_\_

Fax \_\_\_\_\_

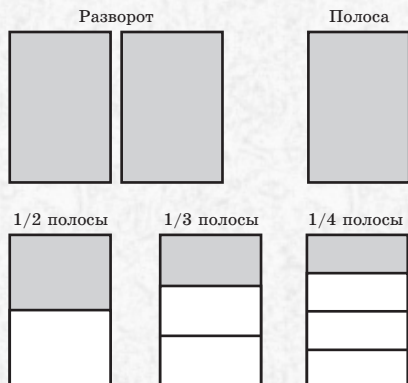
Signed \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_



## РЕКЛАМА В МЕЖДУНАРОДНОМ НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ «АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ»

Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» приглашает научные институты, организации и промышленные предприятия разместить информацию о конференциях, выставках, разрабатываемой и выпускаемой продукции в области альтернативной энергетики и экологии.

### Площади рекламного модуля



### Требования к макетам рекламных модулей, изготовленных заказчиком

Макет рекламного модуля должен иметь размер, соответствующий размеру печатного оттиска. Форматы макетов: растровый — TIFF (см. требования), векторный — Corel Draw (см. требования). Использование редактора Microsoft Word для проектирования макетов рекламных модулей не допускается.

Допускается предоставление макета модуля (кроме обложки) в формате Adobe PageMaker версий 6.0, 6.5, 7.0. В этом случае должны предоставляться все связанные элементы, а также все используемые шрифты.

### Требования к исходным рекламным материалам

Все элементы рекламного модуля (иллюстрации, логотипы, текст и др.) предоставляются в отдельных файлах.

#### 1. Текст

Текст набирается гарнитурой Times New Roman, кегль 14, интервал полутонный. Допускается выделение важной информации полужирным начертанием. Формат Microsoft Word for Windows.

Использование OLE-объектов (графики, слайды презентаций, диаграммы в формате Microsoft Excel, результаты вычислений в математических и иных, в том числе собственных программах) в документах не допускается. Такие объекты присылаются в формате исходной программы и дублируются изображением (см. требования к иллюстрациям).

Использование дополнительных шрифтов (например, логотип выполнен специфической гарнитурой) оговаривается дополнительно. В этом случае предоставляется файл, содержащий начертание букв в формате TTF. Использование PS-шрифтов не допускается.

#### 2. Иллюстрации

Все иллюстрации, находящиеся в рекламном модуле, должны предоставляться в отдельных файлах в форматах TIFF или BMP. Не допускается использование многослойных изображений. Черно-белые изображения должны быть в модели Grayscale. Цветные (обложка) — в модели CMYK. Все ч/б растровые изображения должны иметь разрешение 200 dpi, цветные — 250–400 dpi.

Для векторных изображений предпочтительным является использование формата Corel Draw (\*.cdr) до версии 12.0 включительно.

Все встроенные эффекты (линзы, текстурные заливки, тени и т.д.) должны быть переведены в растровое изображение (bitmap). Векторные эффекты (Extrude, Envelope, Contour, Add Perspective, Blend, Distortion, Artistic media) должны быть преобразованы в кривые. Все текстовые объекты должны быть переведены в кривые. Размещение растровых рисунков в документе Corel Draw не допускается.

### Стоимость размещения рекламных модулей

Объем рекламного модуля	Технические параметры	Цена публикации в одном номере (руб.)
Обложка (полноцветная)	285x205 мм	300 000
2-я или 3-я страницы обложки (полноцветная)	285x205 мм	25 000
Полный разворот на две полосы*	257x336 мм	10 000
Полная полоса 1/1*	257x168 мм	5 000
1/2 Полосы*	128x168 мм	5 000
1/3 Полосы*	85x168 мм	2 000
1/4 Полосы*	64x168 мм	1 000
СИСТЕМА СКИДОК		
При публикации в 2-3 номерах		10%
При публикации в 4-6 номерах		15%
При публикации в 7-9 номерах		20%
При публикации в 10-12 номерах		50%

Для заказа рекламной площади и получения счета необходимо заполнить форму заявки и отправить ее по адресу gusev@hydrogen.ru или по факсу (83130) 6-31-07.

Редакция журнала оставляет за собой право отбора поступивших рекламных объявлений.

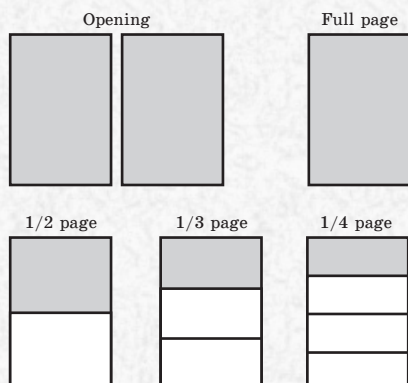




## ADVERTISEMENT IN INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL FOR ALTERNATIVE ENERGY AND ECOLOGY

The International scientific journal "Alternative energy and economy" invites scientific institutes, organizations and industrial enterprises to place advertisements on conferences, exhibitions, designed and production products in the field of alternative energy and ecology.

### Spaces for advertisement module



### General information on lay-outs of advertisement modules fabricated by a customer

The lay-out of an advertisement module is to have the dimension in accordance with that of a print. Lay-out formats: raster — TIFF (see General information), vector — Corel Draw (see General information). The use of Microsoft Word editor to design lay-outs of advertisement modules is not allowed.

The module lay-out (except the cover) in the format of 6.0, 6.5, 7.0 Adobe Pagemaker versions is allowed to be provided. In this case, all combined elements, and also all available fonts that are not included in the Microsoft Windows structure are to be provided.

### Information on original advertisements

All elements of the advertisement module (illustrations, symbols, text, etc.) have to be put in individual files.

#### 1. Text

Text is has to be composed by Times New Roman types, font 14, print interval: one and a half. Important information can be printed in italics. Format — Microsoft Word for Windows.

OLE-objects (graphs, presentation slides, diagrams in Microsoft Excel format, results of computations in mathematical and others including own programmes) are not allowed in documents. The objects as such are required to be sent in original programme format, and are copied by illustrations (see General information on illustrations).

The use of additional fonts (for example, a symbol is given by a specific type) is additionally specified. In this case, a file containing letter design in TTF format. PS-fonts is not allowed.

#### 2. Illustrations

All illustrations available in the advertisement module are to be displayed in TIFF or BMP formats. Multilayer displays are not allowed. Black-and white displays are to be used in Grayscale model. Coloured displays (cover) are in CMYK model. All black-and-white raster displays are to be of resolution of 200 dpi, colour — of 250–400 dpi.

The use of Corel Draw (\*.cdr) format to 12 version inclusive is considered to be advantageous for vector display.

All incorporated effects (lenses, texture fillings, shadows, etc.) are to be converted to raster display (bitmap). Vector effects (Extrude, Envelope, Contour, Add Perspective, Blend, Distortion, Artistic media) are to be transformed to curves. All text objects are to be converted to curves. Raster figures are not allowed to be placed in Corel Draw document.

### Advertisement space price

Advertisement module space	Technical parameters	Publication price in one issue (\$US)
1 <sup>st</sup> page of the cover (full-coloured)	160x145 mm	10000
Full opening in two pages	257x336 mm	1000
2 <sup>nd</sup> or 3 <sup>d</sup> pages of the cover (full-coloured)	257x168 mm	300
Full page	128x168 mm	200
1/2 page	85x168 mm	200
1/3 page	64x168 mm	60
1/4 page	64x168 mm	30
Price rebate		
When published in 2-3 issues		5%
When published in 4-6 issues		7%
When published in 7-9 issues		10%
When published in 10-12 issues		15%

To order an advertisement space and make up a bill, please fill in an order form and send it using the following address: gusev@hydrogen.ru or by fax +7 (83130) 6-31-07.

The editorial board reserves the right to choose advertisements entered.





---

607183, Россия, Нижегородская обл., Саров, а/я 683, 687, НТЦ «ТАТА»  
Главному редактору Гусеву Александру Леонидовичу  
Тел.: 8 (83130) 63107, 94472, 90708, 91846; факс: 8 (83130) 63107; 90708  
E-mail: gusev@hydrogen.ru, <http://isjaee.hydrogen.ru>, <http://www.hydrogen.ru>  
Для справок E-mail: [info@hydrogen.ru](mailto:info@hydrogen.ru)

---

To Alexander L. Gusev, Editor-in-Chief  
Scientific Technical Centre "TATA", P.O.B. 683 or 687, Sarov, Nizhni Novgorod region, 607183, Russia  
Phone: +7 (83130) 63107, 94472; fax: +7 (83130) 63107; 90708  
E-mail: gusev@hydrogen.ru, <http://isjaee.hydrogen.ru>, <http://www.hydrogen.ru>  
Information: E-mail: [info@hydrogen.ru](mailto:info@hydrogen.ru)

---

*Международный научный журнал  
«Альтернативная энергетика и экология»*  
Подписано в печать 08.05.2015 г.  
Формат 60×84/8 Тираж 2000 экз.  
Цена договорная

*Журнал включен в каталог «Роспечать» (индекс 10337 «Альтернативная энергетика и экология») и  
Объединенный каталог «Пресса России. Российские  
и зарубежные газеты и журналы» (индекс 41935  
«Альтернативная энергетика и экология»).*

