

Вводное слово главного редактора

СЕМЬ ЛЕТ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

*Уважаемые читатели
Международного научного журнала
«Альтернативная энергетика и экология»!*

В июле 2007 года автоматическая система регистрации посещаемости архива полнотекстовых электронных копий нашего журнала за период 2000–2006 гг. зарегистрировала 650 тыс. посетителей из 100 стран мира. При этом только за один месяц в открытом электронном доступе распространяется более 30 тыс. копий журнала. Фирмы-распространители бумажной версии АЭЭ также отметили повышение спроса на журнал как в России, так и за рубежом. Отрадно, что несмотря на электронный доступ к полным версиям журнала, сегодня мы по экспорту твердых копий за рубеж опережаем многие научные журналы. Импакт-фактор сайта журнала ISJAEE, который определяется всеми поисковыми системами «Интернета», превышает импакт-фактор сайтов многих научных журналов России.

Годовая посещаемость сайтов Международного научного и образовательного портала «Водород», в состав которого входит сайт журнала, достигла в 2006 году более одного миллиона.

Высокий уровень публикуемых материалов обеспечивается, прежде всего, отбором оригинальных рукописей ученых, известных в международном сообществе, а также научными обзорами приглашенных авторов в специальных выпусках журнала. Особенно важные творческие импульсы создают многоплановые статьи в рамках Международных научных конкурсов журнала, направляемые со всех уголков планеты по всем тематическим направлениям журнала.

Конструктивная и доброжелательная политика многоярусного рецензирования рукописей ведущими рецензентами редколлегии и последующая согласованная обработка материала профессиональными дизайнерами, литературными редакторами, корректорами и экспертами обеспечивает высокий научный уровень и качество опубликованных материалов.

Структура Международной Редколлегии журнала полностью удовлетворяет требованиям современного научного периодического издания. Около ста сорока ученых и высокопрофессиональных инженеров из 40 стран мира ведут напряженную и кропотливую работу по развитию научной тематики журнала и зачастую выступают родоначальниками новых научных и научно-технических направлений. Редколлегия активно ведет работу по формированию портфеля публикаций, организации и проведению Международных научных конкурсов журнала, организации и проведению Семинаров, Конференций, Симпозиумов и Конгрессов журнала, изданию Информационных бюллетеней, пресс-релизов, а также активно участвуют в проведении экспертизы научных и научно-технических проектов, публикуемых в журнале.

Одним из наиболее значимых событий для Редколлегии журнала является Первый Всемирный Конгресс «Альтернативная энергетика и экология» (WCAEE-2006), проведенный в форме передвижного форума на теплоходе «Георгий Жуков» по Волге по четырем важнейшим регионам России: Нижегородской области, Татарстану, Чувашии, Ульяновской области и собравшему более 1000 ученых, инженеров, бизнесменов, государственных, религиозных и политических деятелей из 16 стран мира.

Четвертый номер журнала начинается лекциями (Award Lecture of ISJAEE) всемирно известных ученых и авторских коллективов, награжденных в 2007 году высшими Международными научными наградами редколлегии журнала ISJAEE:

— лекцией «21st Century's energy: hydrogen energy system» Президента Международной ассоциации водородной энергетики, директора Института чистой энергии университета Майами профессора Турхана Неджата Везироглу (США, Университет Майами), награжденного орденом Антуана де Сент-Экзюпери «За повышение качества жизни на планете людей».

— лекцией «Неплатиновые катализаторы для электроокисления биоэтанола и топливные элементы на их основе» академика Российской академии наук, директора Института физической химии и электрохимии РАН им. А. Н. Фрумкина Аслана Юсуповича Цивадзе и авторского коллектива М. Р. Тарасевич, В. Н. Андреев, В. А. Богдановская, Б. Н. Ефремов, Н. А. Капустина, В. Н. Титова, А. А. Явич, Н. Н. Белова, П. В. Мазин (Академик А. Ю. Цивадзе награжден Орденом академика М. В. Ломоносова, члены авторского коллектива награждены медалью журнала «Альтернативная энергетика и экология»).

— лекцией «Alloys for hydrogen separation, recovery and purification» профессора Майкла Дугласа Хэмптона (Университет Орlando, США) и авторского коллектива D. K. Slattery, M. T. Oztek (профессор М. Д. Хэмптон награжден орденом Петра Великого «За вклад в развитие отношений между странами по обмену энергетическими технологиями», авторский коллектив награжден медалями журнала «Альтернативная энергетика и экология»).

— лекцией «Semiconductor NO_x Sensors» академика НАН Армении Владимира Михайловича Арутюняна (Ереванский Государственный Университет, Армения), награжденного Орденом Вернадского «За достижения в области геохимии экологии и энергетики в планетарном масштабе»

— лекцией «Direct conversion of nuclear energy to electricity» профессора Университета Миссури-Коламбия М. Преласа, награжденного медалью Ф. Жолио-Кюри «За вклад в эффективное использование радиоактивных энергоресурсов»

— лекцией «Влияние метода синтеза на электрохимические характеристики ксерогелей V₂O₅ при внедрении лития» действительного члена Российской академии наук, декана факультета наук о материалах МГУ им. М. В. Ломоносова профессора Ю. Д. Третьякова (ФНМ МГУ, Россия) и авторского коллектива: член-корреспондент РАН Е. А. Гудилин, Т. Л. Кулова, М. Г. Козлова, Д. А. Семененко, Е. А. Померанцева, А. В. Григорьева, А. М. Скундин, (Академик Ю. Д. Третьяков награжден медалью Д. И. Менделеева, авторский коллектив медалью Редколлегии журнала «За большой вклад в альтернативную энергетику и экологию»).

Несколько увеличенный объем четвертого номера журнала пока еще не «закрывает» все тематические направления журнала, однако мы искренне стремимся к этому и обращаемся к авторам с просьбой более компактного представления материала.

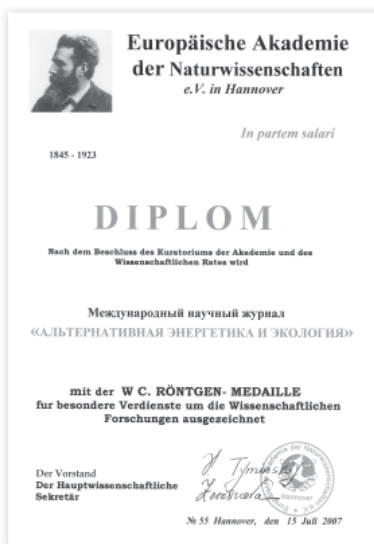
Ровно семь лет назад 7 июля 2000 года было принято решение издавать Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» и уже 29 июля 2000 года вышел в свет первый номер журнала. Отмечая 07.07.07 г. семилетие со дня принятия решения о создании журнала, редколлегия журнала была приятно удивлена тем фактом, что за эти семь лет опубликовано 777 научных статей, обзоров, тезисов конференций и информационно-аналитических материалов! Отмечая 27 июля семилетие со дня выхода первого номера, редколлегия журнала выпустит в свет юбилейный 50-тый номер журнала.

Все семь лет с момента образования редколлегия работает под девизом «Альтернативные энергоресурсы, высокие энергетические технологии и науки о материалах для улучшения качества жизни и экологии на планете».

Концепция журнала представлена на схеме «Концепция и основные тематические направления Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»».

Редколлегия журнала предлагает создать Международный научный и деловой клуб альтернативной энергетики и экологии под эгидой журнала и приглашает вступить в него заинтересованные научные и научно-технические организации мира. Мы уверены, что рождение клуба и деятельность ученых, объединенных под знаменем альтернативной энергетики и экологии, сделает большинство жителей Земли счастливыми, здоровыми, а также поможет сохранить красоту природы для будущих поколений.

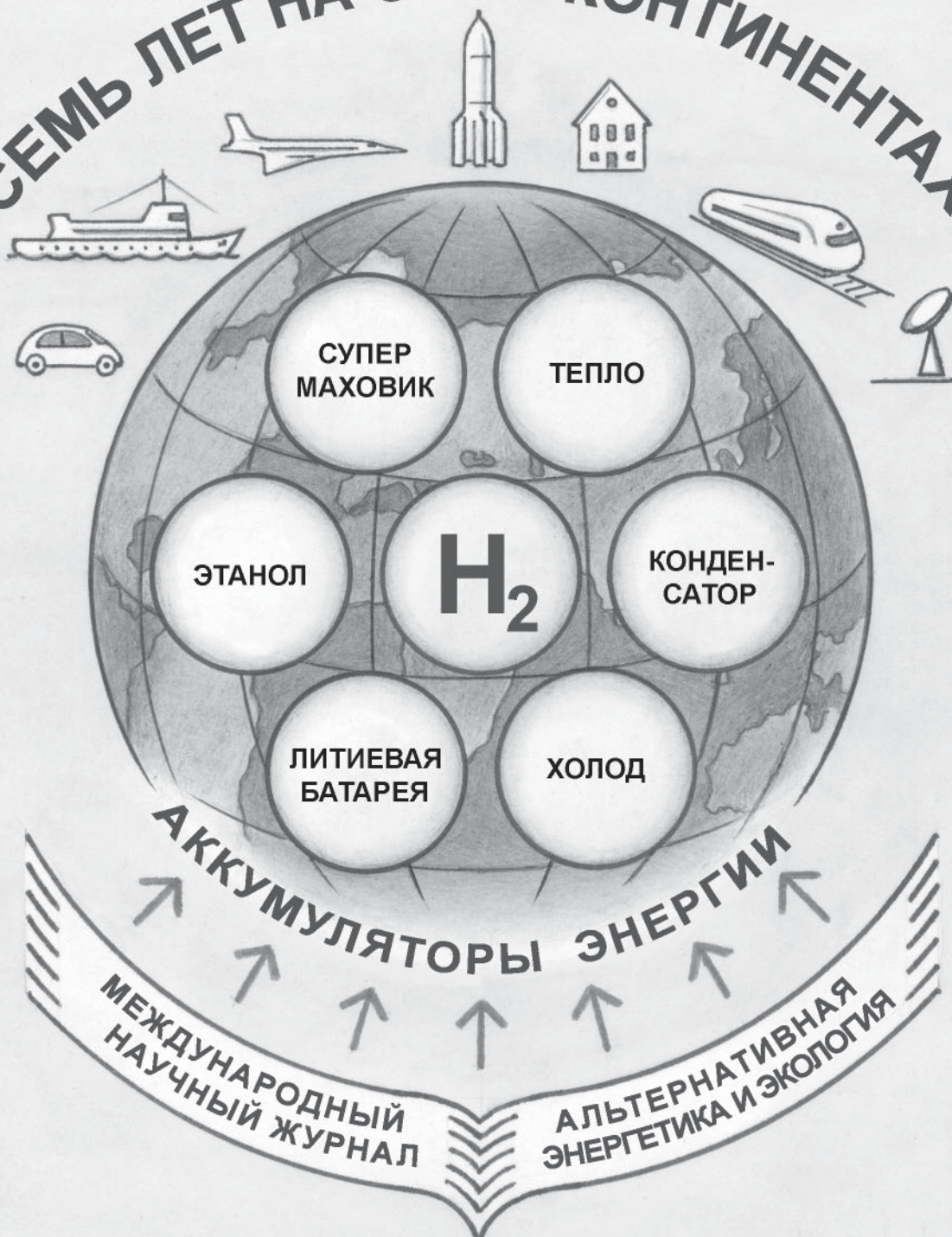
Согласно плану редколлегии ISJAEЕ по изданию специальных номеров журнала, одобренному Департаментом Водородной энергетики отдела промышленного развития ООН (UNIDO-ICHET), этот номер посвящен альтернативной энергетике и экологии Соединенных Штатов Америки.



С уважением,
Александр Леонидович Гусев

ISJAEE

СЕМЬ ЛЕТ НА СЕМИ КОНТИНЕНТАХ



ХИМИЯ
ФИЗИКА
МАТЕМАТИКА
БИОЛОГИЯ
БИОХИМИЯ
ЭЛЕКТРОХИМИЯ
ХИМФИЗИКА



ТЕРМОДИНАМИКА
ГИДРАВЛИКА
ЭЛЕКТРОНИКА
КАТАЛИЗ
НАНОТЕХНОЛОГИИ
КРИОГЕНИКА
МЕХАНИКА

**РЕДКОЛЛЕГИЯ
МЕЖДУНАРОДНОГО
НАУЧНОГО ЖУРНАЛА**

ISJAEE

ОРГАНИЗОВАЛА

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНЫЙ И ДЕЛОВОЙ
КЛУБ
АЛЬТЕРНАТИВНОЙ
ЭНЕРГЕТИКИ
И ЭКОЛОГИИ**

**ПРИГЛАШАЕМ В НАШ КЛУБ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОРГАНИЗАЦИИ
ДЛЯ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ
ПО ВЫРАБОТКЕ КОНЦЕПЦИЙ ПРОГРАММ
И ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ МЕГАПРОЕКТОВ
В СФЕРЕ ВЫСОКИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**607183, г. Саров, Нижегородская область, а/я 687
Телефон: 8 (83130) 97472. Факс: 8(83130) 63107**

SEVEN YEARS IN ENVIRONMENTALLY CLEAN ENERGY

*Dear Readers of the International Scientific Journal
for Alternative Energy and Ecology,*

On July 2007, the automatic guestbook of the electronic full-text archive of our Journal recorded 650 thousand visitors from 100 countries of the world over the period from 2000 through 2006. The number of Journal copies distributed through free electronic access in only one month is 30 thousand. Hard copy distributors of the Journal have also noticed the growing demand for the Journal both in Russia and oversea. We are pleased that despite the full-text electronic access to the Journal, we are still ahead of many scientific journals in exporting our hard copies. The impact factor of the ISJAEE web site, which is determined by all search engines on the Internet, exceeds that of the web sites of many scientific journals in Russia.

The annual number of visitors of the International Scientific and Educational Portal "Hydrogen", including the Journal's web site, in 2006 was more than one million.

The high quality of publications is primarily ensured by the pick-out of original manuscripts by internationally renowned scientists and scientific overviews by invited authors in special issues of the Journal. A particularly creative impetus is produced by versatile articles related to all topics of the Journal, submitted from around the world and published within the framework of the Journal's international competitions.

Constructive and well-intentioned policy of multi-level review of manuscripts by leading referees of the Editorial Board and subsequent coordinated processing of materials by professional designers, script editors, correctors and experts provides the high scientific level and quality of the publications.

The structure of the Journal's Editorial Board completely meets the requirements to a present-day scientific periodical. About one hundred and forty scientists and highly professional engineers from 40 countries of the world work hard to develop the scientific coverage of the Journal, and often become pioneers of novel scientific and engineering directions. The Editorial Board works actively to make a portfolio of contributions, arrange and conduct international scientific competitions, conferences, symposia and congresses established by the Journal, publish bulletins, press releases, and participates in the review of R&D projects presented to the Journal.

One of the most prominent events for the Journal's Editorial Board is the First World Congress on Alternative Energy and Ecology (WCAEE-2006) held in the form of a mobile forum aboard the George Zhukov liner along the Volga River across the following four major regions of Russia: Nizhniy Novgorod region, Tatarstan, Chuvashia and Ulyanovsk region. This Congress brought together more than 1000 scientists, engineers, businessmen, public, governmental, religious and political figures from 16 countries of the world.

The fourth issue of the Journal begins with the ISJAEE Award Lectures of world-wide recognized scientists and research teams, who received the highest International Scientific Awards of the Journal's Editorial Board in 2007:

— "21st Century's energy: hydrogen energy system" by Prof. Dr. T. Nejat Veziroglu, President of International Association for Hydrogen Energy, Director of Clean Energy Research Institute, University of Miami, USA, awarded the Antoine de Saint Exupery Order for the Improvement of Life Quality on the Planet of People.

— "Non-platinum catalysts for electrochemical oxidation of bioethanol and fuel cells on their basis" by Member of Russian Academy of Sciences Aslan Yusupovich Tsivadze, Director of A. N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry, RAS, and co-authors: M. R. Tarasevich, V. N. Andreev, V. A. Bogdanovskaya, B. N. Efremov, N. A. Kapustina, V. N. Titova, A. A. Yavich, N. N. Belova, P. V. Mazin (*Member of Academy A. Yu. Tsivadze has been awarded the Member of Academy M. V. Lomonosov Order, and the co-authors have been awarded the Medal of the Journal for Alternative Energy and Ecology*).

— "Alloys for hydrogen separation, recovery and purification" by Prof. Michael Douglas Hampton, University of Orlando, USA, and co-authors: D. K. Slattery, M. T. Oztek

(Prof. M. D. Hampton has been awarded the Peter the Great Order for the Contribution to the Development of International Relations in Exchanging Energy Technologies, and the co-authors have been awarded the Medal of the Journal for Alternative Energy and Ecology).

— “Semiconductor NO_x Sensors” by Member of Armenian National Academy of Sciences Vladimir Mikhailovich Aroutiounian (Yerevan State University, Armenia), awarded the Vernadsky Order for Accomplishments in Geochemistry, Ecology and Energy on the Global Scale.

— “Direct conversion of nuclear energy to electricity” by Prof. Mark Prelas, University of Missouri-Columbia, awarded the F. Joliot-Curie Medal for Contribution in efficient use of radioactive sources.

— “Electrophysical properties of V₂O₅ xerogels with lithium embedding as a function of the synthesis process” by Full Member of Russian Academy of Sciences Prof. Yu. D. Tretiakov, Chair of Materials Sciences Faculty, M. V. Lomonosov Moscow State University, Russia, and co-authors: Corresponding Member of Russian Academy of Sciences E. A. Gudilin, T. L. Kulova, M. G. Kozlova, D. A. Semenenko, E. A. Pomerantseva, A. V. Grigorieva, A. M. Skundin (*Member of Academy Yu. D. Tretiakov has been awarded the D. I. Mendeleev Medal, and the co-authors have been awarded the Medal of the Journal's Editorial Board for the Great Contribution to Alternative Energy and Ecology*).

Even with its somewhat larger size, the fourth issue of the Journal does not cover all the topics of the Journal, but we sincerely strive for this and ask our authors to present their materials in a more compact form.

Exactly seven years ago, on July 7, 2000, a decision was taken to establish the International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology, and as early as on July 29, 2000, the first issue of the journal was published. Celebrating the Seventh Anniversary of taking this decision on 07.07.07, the Journal's Editorial Board was amused to learn that the number of scientific papers, overviews, abstracts and analytical reports published in the Journal over the period of seven years amounted to 777! In order to celebrate the Seventh Anniversary of publishing the first issue of the journal on July 27, the Editorial Board will publish the 50-th issue dedicated to the Anniversary.

Over the period of seven years from the date of its establishing, the Editorial Board has been guided by the motto: Alternative energy resources, high energy technologies and materials sciences for better quality of life and ecology on the Globe!

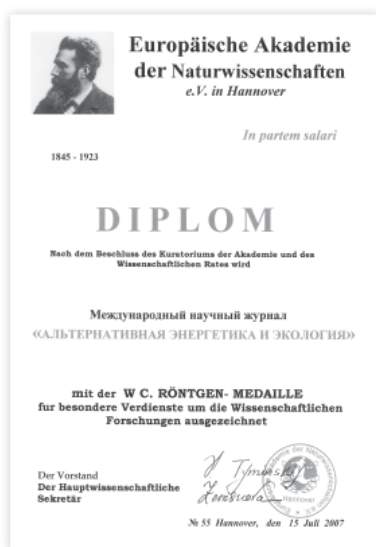
The Journal's concept is presented in the diagram “Concept and Major Topics of the International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology”.

The Journal's Editorial Board suggests establishing an International Scientific and Business Club of Alternative Energy and Ecology under the auspices of the Journal and invites all concerned research and development institutions of the world to join it. We are sure that the club and activities of scientists brought together under the banner of alternative energy and ecology will help make most of Earth's inhabitants happy and healthy, and preserve the beauty of Nature for future generations.

In accordance with the journal publication plan adopted by the Journal's Editorial Board and approved by the UNIDO-ICHET Department of Hydrogen Energy, this issue is focused on the alternative energy and ecology studies in the United States of America.

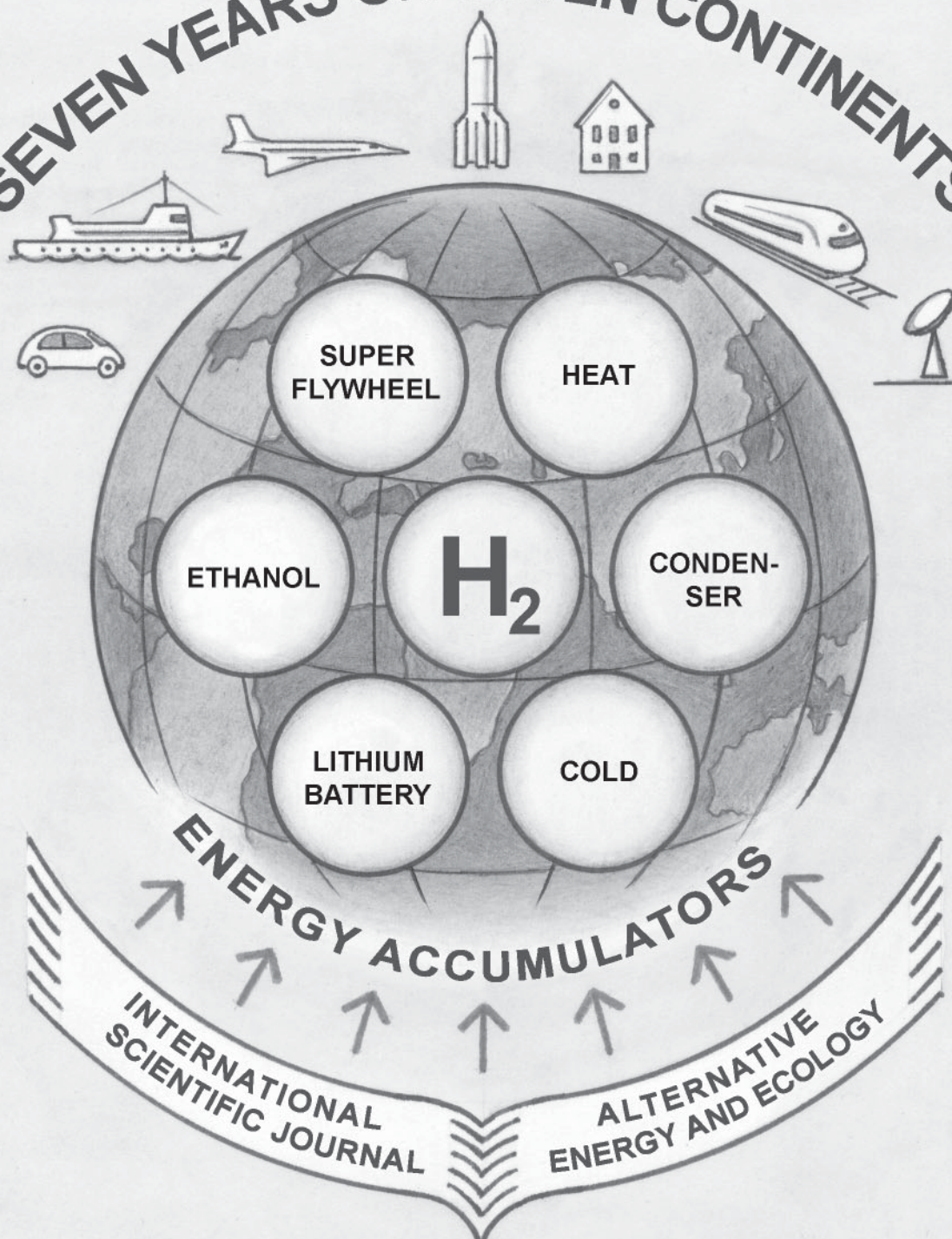


Yours faithfully,
Alexander Leonidovich Gusev



ISJAE

SEVEN YEARS ON SEVEN CONTINENTS



CHEMISTRY
PHYSICS
MATHEMATICS
BIOLOGY
BIOCHEMISTRY
ELECTRO-CHEMISTRY
CHEMICAL PHYSICS



THERMODYNAMICS
HYDRAULICS
ELECTRONICS
CATALYSIS
NANOTECHNOLOGY
CRYOGENICS
MECHANICS

**EDITORIAL BOARD OF
INTERNATIONAL
SCIENTIFIC JOURNAL
ISJAE
ORGANIZED**

**INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND BUSINESS
CLUB
OF ALTERNATIVE
ENERGY
AND ECOLOGY**

**WE INVITE IN OUR CLUB
THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL ORGANIZATIONS
FOR TEAMWORK ON DEVELOPMENT
OF CONCEPTS OF PROGRAMS
AND REALIZATION OF MEGAPROJECTS
IN SPHERE OF HIGH NON-POLLUTING
POWER TECHNOLOGIES**

**607183, Sarov, Nizhny Novgorod region, Post office box 687
Phone: 8 (83130) 97472. Fax: 8(83130) 63107**



ISJAE

ISSN 1608-8298

№ 4(48) 2007

Выходит ежемесячно

Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология»

Журнал издается на средства Института водородной экономики, НТЦ «ТАТА», и на средства подписчиков.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР А. Л. ГУСЕВ

Международная ассоциация водородной энергетики,
Председатель Консорциума «Водород», ген. директор Научно-технического центра «ТАТА»,
ген. директор Института водородной экономики
а/я 687, Саров, Нижегородская обл., 607183, Россия
E-mail: gusev@hydrogen.ru; тел.: 8(83130) 97472; факс: 8(83130) 63107
Моб. тел. (офисные): +7-961-63-99-126, +7-962-50-77-914

ПОЧЕТНЫЕ ГЛАВНЫЕ РЕДАКТОРЫ (ПГР)

Т. Н. ВЕЗИРОГЛУ

Президент Международной ассоциации водородной
энергетики (МАВЭ), Директор Института чистой энергии
Университет Майами, Директор Международного центра
развития водородной энергетики Департамента по
вопросам промышленного развития ООН (UNIDO-ICHET)
а/я 248266, Майами, Корал Гейблз, 33124, США
E-mail: veziroglu@miami.edu

Ю. А. ТРУТНЕВ

Академик РАН, Первый заместитель научного
руководителя Российского федерального ядерного
центра – Всероссийского научно-исследовательского
института экспериментальной физики
пр. Мира, 37, Саров, Россия
Тел.: 8 (83130) 32450; факс: 8 (83130) 45772
E-mail: trutnev@vniief.ru

РЕДАКЦИОННЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ (РНС)

С. М. Алдошин, акад. РАН (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия)
В. М. Арутюнян, акад. НАН Армении (Ереванский госу-
дарственный университет, Ереван, Армения)
В. М. Бузник, акад. РАН (Инновационно-технологический
центр РАН, Москва, Россия)
Е. А. Гудилин, член-корр. РАН (Факультет наук о материалах
МГУ им. М. В. Ломоносова (ФНМ МГУ), Москва, Россия)
Я. Б. Данилевич, акад. РАН (ОЭЭП РАН, Москва, Россия)
А. В. Елютин, акад. РАН (ФГУП «Гиредмет», Москва, Россия)
Ж.-П. Концен (Кармановский институт гидрогазодина-
мики, Бельгия)
А. С. Коротеев, акад. РАН (ФГУП «Центр Келдыша»,
Москва, Россия)
Б. Н. Кузык, член-корр. РАН (НИК НЭП, Москва, Россия)
В. В. Лунин, акад. РАН (МГУ, Москва, Россия)

Ф. А. Льюис, акад. Королевской академии наук Вели-
кобритании (Королевский университет Белфаста, Бел-
фаст, Великобритания)
Г. А. Месянц, акад. РАН (Физический институт им. П. Н. Ле-
бедева РАН, Москва, Россия)
В. Н. Пармон, акад. РАН (Институт катализа им. Г. К. Бо-
рескова СО РАН, Новосибирск, Россия)
Н. Н. Пономарев-Степной, акад. РАН (РНИИ «Курчатовс-
кий институт», Москва, Россия)
Ю. А. Рыжов, акад. РАН (Международный инженерный
университет, Москва, Россия)
Ю. Д. Третьяков, акад. РАН (Факультет наук о матери-
алах МГУ им. М. В. Ломоносова (ФНМ МГУ), Москва,
Россия)
В. Е. Фортов, акад. РАН (Институт теплофизики экстре-
мальных состояний Объединенного института высоких
температур РАН, Москва, Россия)

Журнал зарегистрирован Международным центром ЮНЕСКО в 2000 г. (название: «Al'ternativnaâ ènergetika i ècologîa», краткое название: «Al'tern. ènerg. ècol.»), ISSN 1608-8298.

Тематика журнала одобрена Международной ассоциацией водородной энергетики (МАВЭ) и Международным центром развития водородной энергетики Департамента по вопросам промышленного развития ООН (UNIDO-ICHET).

Журнал включен в «Перечень периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в РФ, рекомендованных для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук» ВАК (редакция май 2007 г.).

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ. Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals Directory».

Импакт-фактор журнала — 2,8.

Импакт-фактор журнала по рейтингу Научной электронной библиотеки — 0,037.

Импакт-фактор сайта журнала по рейтингу поисковой системы «Яндекс» — 30.

Журнал включен в каталоги: «Роспечать» (индекс 20487), Объединенный каталог «Пресса России. Российские и зарубежные газеты и журналы» (индекс 41935), «Интерпочта-2003», «Артос-ГАЛ», «Деловая пресса», «ЕРМАК-ПРЕСС».

Полные электронные версии статей представлены на сайте Научной электронной библиотеки <http://e-library.ru>, на сайте Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» <http://www.isjaee.ru> и на сайте Международного научного и образовательного портала «Водород» <http://www.hydrogen.ru>.

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

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА (ЗГР)

Азербайджан

Г. И. Исаков

Институт физики Национальной академии наук
Азербайджана,
пр. Джавида, 33, Баку, Az-1143, Азербайджан
E-mail: gudrat@physics.ab.az

Россия

А. Я. Столяревский

Центр КОРТЭС
ул. Максимова, 4, Москва, 123098, Россия
Тел.: 8 (495) 1965319 Факс: 8 (495) 1964977
E-mail: cortes@pike.net.ru

Франция

П. Сан-Грегуар

Университет Тулон-Вара, Франция
Тел.: +33(0)494142031
Факс: +33(0)494142168
E-mail: stgreg@univ-tln.fr

США

М. Д. Хэмптон

Университет Центральной Флориды, Химическое отд.,
а/я 162366, Орландо, FL32816-2366, США
E-mail: mhampton@mail.ucf.edu,
mhampton@pegasus.cc.ucf.edu

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ КОМИТЕТ (МРК)

Председатель — академик РАН В. Е. Фортов

Сопредседатель — член.-корр. РАН Е. А. Гудилин

Члены Международного редакционного комитета (МРК) представлены на стр. 195–199
по закрепленным тематическим направлениям и тематическим секциям

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ СОВЕТ РЕДАКЦИИ (МНКСР)

Председатель — академик РАН Н. Н. Пономарев-Степной

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

Члены Международного научно-консультативного совета редакции (МНКСР) представлены
на стр. 195–199 по закрепленным тематическим направлениям и тематическим секциям

ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ (ЭС)

Председатель — академик РАН Ю. А. Трутнев

Сопредседатели: А. Л. Гусев, Б. П. Тарасов, З. Р. Исмаилов

В. Н. Герман (Россия, Саров),

Е. А. Гудилин (Россия, Москва),

А. Л. Гусев (Россия, Саров),

Ю. А. Добровольский (Россия, Черногловка),

А. В. Ивкин (Россия, Саров),

Л. Ф. Беловодский (Россия, Саров),

П. Сан-Грегуар (Франция, Тулон-Вар),

И. Н. Кудрявцев (Украина, Харьков)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОВЕТ РЕЦЕНЗЕНТОВ (МСР)

Председатель — Т. Н. Везироглу

В. М. Арутюнян (Армения, Ереван)

П. Г. Бережко (Россия, Саров)

В. А. Гольцов (Украина, Донецк)

Л. Ф. Гольцова (Украина, Донецк)

В. Ф. Гременок (Белоруссия, Минск)

Е. А. Гудилин (Россия, Москва)

А. Л. Гусев (Россия, Саров)

И. Динсер (Саудовская Аравия,
Дахран)

А. Л. Дмитриев (Россия, С.-Петербург)

А. М. Домашенко (Россия, Балашиха)

О. Н. Ефимов (Россия, Черногловка)

Д. И. Забабуркин (Россия, Саров)

И. В. Золотухин (Россия, Воронеж)

А. В. Ивкин (Россия, Саров)

Г. И. Исаков (Азербайджан, Баку)

З. Р. Исмаилов (Россия, Новоси-
бирск)

Ю. Е. Калинин (Россия, Воронеж)

Ф. Караосманоглу (Турция, Стамбул)

Я. Клеперис (Латвия, Рига)

В. И. Куприянов (Россия, Балашиха)

Ю. С. Нечаев (Россия, Москва)

Е. Осава (Япония, Чиба)

В. А. Павловцев (Белоруссия, Минск)

М. М. Пеньков (Россия, С.-Петербург)

А. Т. Пономаренко (Россия, Москва)

Н. Е. Скрыбина (Россия, Пермь)

Л. В. Спивак (Россия, Пермь)

Б. В. Спицын (Россия, Москва)

А. Я. Столяревский (Россия, Москва)

Е. М. Тараева (Россия, Москва)

Б. П. Тарасов (Россия, Черногловка)

П. В. Фурсиков (Россия, Черногловка)

Г. Л. Хорасанов (Россия, Обнинск)

М. Д. Хэмптон (США, Орландо)

С. А. Худяков (Россия, Королев)

И. П. Чернов (Россия, Томск)

Г. Г. Шевяков (Россия, Балашиха)

Ю. М. Шульга (Россия, Черногловка)

Ю. Шунман (Голландия, Делфт)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ И ДЕЛОВОЙ КЛУБ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭКОЛОГИИ



Международный центр развития
водородной энергетики Департамента
по вопросам промышленного
развития ООН (UNIKK-ICHET)



Международная
ассоциация водородной
энергетики (МАВЭ)



Научно-технический
центр «ТАТА»
(НТЦ «ТАТА»)



Институт водородной
экономики (ИВЭ)



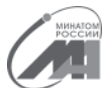
Консорциум
«Водород»



Национальная
инновационная компания
«Новые энергетические
проекты»



Институт экспериментальной
газодинамики и физики взрыва
РФЯЦ-ВНИИЭФ



Федеральное
агентство
по атомной энергии



Федеральное
агентство
образования и науки



Факультет наук о материалах
МГУ им. М. В. Ломоносова
(ФНМ МГУ)



Институт проблем
химической физики
РАН (ИПХФ РАН)



Научная
электронная
библиотека



ISJAE

ISSN 1608-8298

№ 4(48) 2007

Monthly

International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology

The Journal is published at the expense of Institute of Hydrogen Economy, STC TATA, its subscribers.

EDITORIAL BOARD

EDITOR-IN-CHIEF A. L. GUSEV

International Association for Hydrogen Energy,
Chairman of Consortium "Hydrogen", Director General of Scientific Technical Centre "TATA",
Director General of Institute for Hydrogen Economy
Post Box Office 687, Sarov, Nizhny Novgorod region, 607183 Russia
E-mail: gusev@hydrogen.ru; phone: +7 (83130) 97472; fax: +7 (83130) 63107
Cell phones (office): +7-961-63-99-126, +7-962-50-77-914

HONORABLE EDITOR-IN-CHIEFS (HECH)

T. N. VEZIROGLU

President of the International Association for Hydrogen Energy (IAHE), Director of the Clean Energy Research Institute at the University of Miami, Director of the United Nations Industrial Development Organization International Centre for Hydrogen Energy Technologies (UNIDO-ICHET)
P.O.B. 248266, Coral Gables, Florida 33124, USA
E-mail: veziroglu@miami.edu

Yu. A. TRUTNEV

Academician RAS, First Deputy Scientific Leader of the Russian Federal Nuclear Center – All-Russian Research Institute of Experimental Physics (RFNC-VNIIEF),
Mira pr., 37, Sarov, Russia
Ph.: +7 (83130) 32450; fax: +7 (83130) 45772
E-mail: trutnev@vniief.ru

SCIENTIFIC EDITORIAL BOARD (SEB)

S. M. Aldoshin, Academician RAS (IPCP RAS, Chernogolovka, Russia)
V. M. Aroutiounian, Academician NAS of Armenia (Yerevan State University, Yerevan, Armenia)
V. M. Buznik, Academician RAS (Innovation technology center RAS, Moscow, Russia)
J.-P. Contzen (von Karman Institute for Fluid Dynamics, Belgium)
Ya. B. Danilevich, Academician RAS (DBREPE RAS, Moscow, Russia)
A. V. Elyutin, Academician RAS ("GIREDMET", Moscow, Russia)
V. E. Fortov, Academician RAS (Institute of thermal physics of extremal state RAS, Moscow, Russia)
E. A. Goodilin, Member Corresponding RAS (FMS MSU, Moscow, Russia)

A. S. Koroteev, Academician RAS (Keldysh Research Center, Moscow, Russia)
B. N. Kuzyk, Member Corresponding RAS (NIK NEP, Moscow, Russia)
V. V. Lunin, Academician RAS (MSU, Moscow, Russia)
F. A. Lewis (The Queen's University of Belfast, Belfast, Great Britain)
G. A. Mesyats, Academician RAS (Physics Institute of them. P. N. Lebedev of RAS, Moscow, Russia)
V. N. Parmon, Academician RAS (Boreskov Institute of Catalysis of SD RAS, Novosibirsk, Russia)
N. N. Ponomaryov-Stepnoy, Academician RAS (RRC "Kurchatov Institute")
Yu. A. Ryjov, Academician RAS (International University of Engineering, Moscow, Russia)
Yu. D. Tretiakov, Academician RAS (FMS MSU, Moscow, Russia)

The journal is registered in UNESCO in ISSN International Centre in 2000. (key title: «Ал'тернативнаâ енергетика i екологiâ», abbreviated key title: «Ал'терн. енерг. êкол.»), 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 scientific and technical periodicals in Russian Federation and recommended to publish main results of the doctoral dissertation" (Sc. Dr.) of All-Russian Certifying Commission (Revised, May 2007).

Journal impact-factor — 2.8.

Journal impact-factor on the Scientific Electronic Library rating — 0,037.

Journal impact-factor on the Yandex rating — 30.

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

The journal has been included into the abstract journal and data base VINITI. Information on the journal is annually published in the international reverence 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 No FC77-21881) September 14, 2005.

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEFS (DECH)

Azerbaijan

G. I. Isakov
Institute of Physics of National Academy of Sciences of
Azerbaijan,
33 Javida av., Baku, Az-1143, Azerbaijan
E-mail: gudrat@physics.ab.az

France

P. Saint-Gregoire
Université de Toulon et du Var, Bâtiment R
BP 132, 83957 LA GARDE cédex, France
Phone: +33(0)494142031, +33(0)610755851
Fax: +33(0)494142168
E-mail: stgreg@univ-tln.fr

Russia

A. Ya. Stolyarevsky
Center CORTES
4 Maksimov str., Moscow, 123098, Russia
Phone: 8 (495) 1965319; Fax: 8 (495) 1964977
E-mail: cortes@pike.net.ru

USA

M. D. Hampton
University of Central Florida,
Dep. of Chemistry,
P.O.B. 162366, Orlando, FL 32816-2366, USA
E-mail: mhampton@mail.ucf.edu
mhampton@pegasus.cc.ucf.edu

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD (IEB)

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 200–204

INTERNATIONAL EDITORIAL ADVISORY BOARD (IEAB)

Chairman — academician of the RAS **N. N. Ponomaryov-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 200–204

EXPERTS BOARD (EB)

Chairman — academician of the RAS **Yu. A. Trutnev**

Co-Chairmans: **A. L. Gusev**, **B. P. Tarasov**, **Z. R. Ismagilov**

Yu. A. Dobrovolskiy (Russia, Chernogolovka),
V. N. German (Russia, Sarov),
E. A. Goodilin (Russia, Moscow),
A. L. Gusev (Russia, Sarov),

A. V. Ivkin (Russia, Sarov),
L. F. Belovodsky (Russia, Sarov)
P. Saint-Gregoire (France, Université de Toulon et du Var)
I. N. Kudryavtsev (Ukraine, Khar'kov)

INTERNATIONAL REVIEWERS BOARD (IRB)

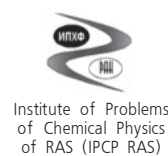
Chairman — **T. N. Veziroglu**

V. M. Aroutiounian (Armenia, Yerevan)
P. G. Berezhko (Russia, Sarov)
V. A. Gol'tsov (Ukraine, Donetsk)
L. F. Gol'tsova (Ukraine, Donetsk)
V. F. Gremenok (Byelorussia, Minsk)
E. A. Gudulin (Russia, Moscow)
A. L. Gusev (Russia, Sarov)
I. Dincer (Saudi Arabia, Dhahran)
A. L. Dmitriev (Russia, S.-Petersburg)
A. M. Domashenko (Russia, Balashikha)
O. N. Efimov (Russia, Chernogolovka)
A. V. Ivkin (Russia, Sarov)
G. I. Isakov (Azerbaijan, Baku)

Z. R. Ismagilov (Russia, Novosibirsk)
Yu. Ye. Kalinin (Russia, Voronezh)
F. Karaosmanoglu (Turkey, Istanbul)
J. Kleperis (Latvia, Riga)
V. I. Kupriyanov (Russia, Balashikha)
Yu. S. Nechaev (Russia, Moscow)
E. Osawa (Japan, Chiba)
V. A. Pavlovtshev (Byelorussia, Minsk)
M. M. Pen'kov (Russia, S. Petersburg)
A. T. Ponomarenko (Russia, Moscow)
P. Saint-Gregoire (France, Toulon-Var)
N. E. Skryabina (Russia, Perm')
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)
P. V. Fursikov (Russia, Chernogolovka)
G. L. Khorasanov (Russia, Obninsk)
M. D. Hampton (USA, Orlando)
S. A. Khudyakov (Russia, Korolyov)
I. P. Chernov (Russia, Tomsk)
G. G. Shevyakov (Russia, Balashikha)
Yu. M. Shul'ga (Russia, Chernogolovka)
Yu. Shoonman (Netherlands, Delft)
D. I. Zababurkin (Russia, Sarov)
I. V. Zolotukhin (Russia, Voronezh)

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND BUSINESS CLUB FOR ALTERNATIVE ENERGY AND ECOLOGY



СОДЕРЖАНИЕ

<i>Т. Н. Везируглу</i> Приветственное слово	20
<i>М. Д. Хэмптон</i> Приветственное обращение	22
Столетний Меморандум	25
Положение о Наградной комиссии редколлегии Международного научного журанала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетике и экологии и Консорциума «Водород»	26
Положение о наградах редколлегии Международного научного журанала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетике и экологии и Консорциума «Водород»	28
Перечень наград редколлегии Международного научного журанала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетике и экологии и Консорциума «Водород»	31

ВОДОРОДНАЯ ЭКОНОМИКА



<i>Т. Н. Везируглу</i> Энергетика 21-го века: водородная энергетика	35
--	----

Методы получения водорода



<i>М. Д. Хэмптон, Д. К. Слэттери, М. Т. Ожтек</i> Сплавы для отделения, извлечения и очистки водорода	46
--	----

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА



<i>М. А. Прелас</i> Прямая конверсия ядерной энергии в электрическую	54
---	----

КАТАЛИЗ В АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Катализ в топливных элементах



<i>А. Ю. Цивадзе, М. Р. Тарасевич, В. Н. Андреев, В. А. Богдановская, Б. Н. Ефремов, Н. А. Капустина, В. Н. Титова, А. А. Явич, Н. Н. Белова, П. В. Мазин</i> Неплатиновые катализаторы для электроокисления биоэтанола и топливные элементы на их основе	63
--	----

ВОДОРОДНАЯ ЭКОНОМИКА

Газоаналитические системы и сенсоры водорода



<i>В. М. Арутюнян</i> Полупроводниковые NO _x сенсоры	69
--	----

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ И АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Аккумуляция электрической энергии



<i>Д. А. Семенов, Т. Л. Кулова, А. М. Скундин, М. Г. Козлова, Е. А. Померанцева, А. В. Григорьева, Е. А. Гудилин, Ю. Д. Третьяков</i> Влияние метода синтеза на электрохимические характеристики ксерогелей V ₂ O ₅ при внедрении лития	83
--	----

ВОДОРОДНАЯ ЭКОНОМИКА

Топливные элементы

<i>З. Танг, И. Ярославский, А. Баргесс, О. Кеслер, Б. Уайт, Н. Бен-Овед</i> Производство твердооксидных топливных элементов с использованием системы распыления плазмы с аксиальной инжекцией	88
--	----

Конструкционные материалы

<i>Ю. Н. Шалимов, Е. Л. Харченко, Ю. В. Литвинов, А. Л. Гусев, В. В. Пешков</i> О механизме электрохимического наводороживания металлов и сплавов	92
--	----

<i>Д. Г. Клещев, Р. Р. Клещева, А. В. Толчев, Р. Н. Плетнев</i> Фазовые переходы в γ-FeOОН при термообработке в водных растворах NaOH	99
--	----

<i>А. В. Сабылинский, Н. К. Мороз, С. Г. Козлова, С. П. Габуда</i> Динамика и флуктуации диффузии нанокапиллярной воды в каналах цеолита по данным ^1H ЯМР	104
--	-----

<i>В. М. Чертов</i> Цинкование: новые процессы	108
---	-----

Водород для обеспечения зданий, сооружений, жилых домов

<i>А. Я. Столяревский, В. А. Хуснутдинов, М. А. Касаткин</i> Регулирующие энергетические установки на базе электрохимических генераторов и формирование территориальной водородной инфраструктуры	111
--	-----

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

<i>К. А. Некрасов, Н. В. Здобнухина, А. Я. Купряжкин, М. В. Рыжков, С. И. Поташиников</i> Взаимодействие радиогенного аргона с ионными кристаллами	120
---	-----

<i>Е. В. Моргунов</i> О повышении роли атомной энергетики России	127
---	-----

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

<i>И. А. Турсунбаев</i> Термодинамическое преобразование солнечно-тепловой энергии на базе замкнутых циклов тепловых двигателей Стирлинга	130
--	-----

Солнечно-водородная энергетика

<i>Т. С. Джабиев, Г. А. Куркина, А. Е. Шилов</i> Концертное окисление воды кластерами кобальта (III)	136
---	-----

Солнечные электростанции

<i>А. М. Пенджиев, Б. Д. Мамедсахатов</i> Основные условия и факторы развития фотоэнергетики в Туркменистане	141
---	-----

Наземные солнечные станции

<i>А. В. Матвеев, В. М. Пахалуев, С. Е. Щеклеин</i> Работа солнечного коллектора в режиме естественной циркуляции теплоносителя	146
--	-----

МАЛЫЕ И МИКРОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

<i>В. А. Мишин, А. Б. Климовский</i> Энергообеспечение очистных сооружений с использованием возобновляемых источников энергии	150
--	-----

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ

<i>Н. Манусова, Л. Кирейчева, М. Турнопольский, П. Зееви, О. Фиговский, Е. Манусов, Б. Мараи</i> Эколого-инженерная система регионов с преобладанием грунтовых водных ресурсов	154
---	-----

<i>С. А. Гарелина, И. И. Климовский</i> Угроза глобальной химической интоксикации окружающей среды в России. Условия ее ликвидации	158
---	-----

<i>Н. Н. Баранов, И. И. Климовский</i> Экологические проблемы сотовой связи в России	163
---	-----

РАБОТЫ АСПИРАНТОВ И СОИСКАТЕЛЕЙ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

<i>Г. В. Никитенко, А. Н. Симикин</i> Энергосбережение в сооружениях защищенного грунта	174
--	-----

Космическая жизнь российской водородной энергетики	177
--	-----

Новости науки и техники	180
-----------------------------------	-----

ОБРАЗОВАНИЕ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЦЕНТРЫ В ОБЛАСТИ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Университет Улстера	197
-------------------------------	-----

Пятая церемония награждения лауреатов премии «Глобальная энергия»	198
---	-----

О «зеленой химии», нанотехнологиях, образовании и водородной энергетике	205
Олимпиада «Нанотехнологии — прорыв в будущее»	208

ИНФОРМАЦИЯ В ОБЛАСТИ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (РОСТЕХНАДЗОР). Пресс-релиз № 1. Пресс-релиз № 2	210
--	-----

Научные фонды

Российский энергетический олимп	211
Российский энергетический олимп. Пресс-релиз	214

Международные научные конференции

Пятая международная конференция «Водородная экономика и водородная обработка материалов» (ВОМ-2007, 21-25 мая 2007 г., Донецк, Украина)	217
Меморандум «Новая концепция МАВЭ о водородной цивилизации будущего: исторические аспекты и новые вызовы настоящего времени»	219

Научные проекты

<i>А. Л. Гусев, М. А. Казарян</i> Производство нанокompозитных мембран для очистки хлора	223
<i>А. Л. Гусев, Б. В. Спицын, М. А. Казарян</i> Разработка передовых принципов хранения водорода и создание новых материалов для хранения водорода	225
<i>А. Л. Гусев</i> Электросорбционные явления в слоях экранно-вакуумной изоляции водородных резервуаров	227
<i>Р. И. Илькаев, Ю. А. Трутнев, С. М. Алдошин, А. Л. Михайлов, Ю. Д. Третьяков, В. А. Гудилин, Ю. А. Добровольский, А. Л. Гусев, В. А. Хуснутдинов, В. К. Емельянов, Ю. А. Юдин, М. А. Казарян, И. В. Шаманин, З. Р. Исмагилов, И. Б. Харламов, П. А. Котова</i> Создание энергетической инфраструктуры и перспективных энергопромышленных комплексов на базе плавучих АЭС	228
Международная специализированная выставка «Водород — современные технологии»	230
Конкурсы редколлегии	231



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, 97472 Факс: 8 (83130) 63107
Моб. тел.: +7-962-50-77-914
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) 63107, 97472
Факс: 8 (83130) 63107
Моб. тел.: +7-961-63-99-126
http://www.hydrogen.ru

Ежемесячный рецензируемый журнал. Все права принадлежат НТЦ «ТАТА».

Перепечатка материалов только с разрешения НТЦ «ТАТА».

Статьи реферируются в ВИНИТИ, в Международном научном журнале «Письма в Альтернативную энергетику и экологию», рецензируются, аннотируются и депонируются. Аннотации статей журнала представлены на сайте isjaee.hydrogen.ru

Заведующий редакцией, гл. редактор сайта
<http://isjaee.hydrogen.ru>
Александр Леонидович Гусев
(Россия, Саров)
E-mail: gusev@hydrogen.ru
Ответственный секретарь
Валентина Николаевна Базурина
(Россия, Саров)
E-mail: bazurina@hydrogen.ru
Менеджер по подписке, информационное обеспечение, маркетинг, реклама
Татьяна Николаевна Кондырина
(Россия, Саров)
E-mail: kondirina@hydrogen.ru

Художественный редактор
Виктор Иванович Немышев (Россия, Саров)
Литературный редактор
Елена Геннадиевна Юткина (Россия, Саров)
E-mail: redactor@hydrogen.ru
Корректоры:
Наталья Николаевна Богуненко (Россия, Саров)
Нелли Евгеньевна Плавинская (Россия, Саров)
Переводчики:
Римма Викторовна Копылова (Россия, Саров)
Татьяна Викторовна Зезюлина (Россия, Саров)
Компьютерный дизайн, верстка:
Павел Андреевич Чабан (Россия, Саров)
E-mail: chaban@hydrogen.ru

Наталья Юрьевна Зимакова
(Россия, Саров)
Web-дизайнер сайта
<http://isjaee.hydrogen.ru>
Иван Павлович Колесов (Россия, Саров)
E-mail: redactor@hydrogen.ru
Юридические вопросы, интеллектуальная собственность
Игорь Васильевич Губенок (Россия, Саров)
E-mail: redactor@hydrogen.ru
Главный бухгалтер
Наталья Валерьевна Чиркова
(Россия, Саров)
E-mail: redactor@hydrogen.ru

CONTENTS

<i>T. N. Veziroglu</i> Salutatory foreword	19
<i>M. D. Hampton</i> Salutatory note	21
Centennial Memorandum	23
Regulations for the Award Commission of the Editorial Board of the International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology, International Scientific and Business Club of Alternative Energy and Ecology and Hydrogen Consortium	26
Regulations on the Awards Established by the Editorial Board of the International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology, International Scientific and Business Club of Alternative Energy and Ecology and Hydrogen Consortium	28
Lists of Award Established by the Editorial Board of the International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology, International Scientific and Business Club of Alternative Energy and Ecology and Hydrogen Consortium	31

HYDROGEN ECONOMY



<i>T. N. Veziroglu</i> 21st century's energy: hydrogen energy system	35
---	----

Hydrogen production methods



<i>M. D. Hampton, D. K. Slattey, M. T. Oztek</i> Alloys for hydrogen separation, recovery and purification	46
---	----

ATOMIC ENERGY



<i>M. A. Prelas</i> Direct conversion of nuclear energy to electricity	54
---	----

CATALYSIS FOR RENEWABLE ENERGY

Catalysis of fuel cells



<i>A. Yu. Tsivadze, M. R. Tarasevich, V. N. Andreev, V. A. Bogdanovskaya, B. N. Efremov, N. A. Kapustina, V. N. Titova, A. A. Yavich, N. N. Belova, P. V. Mazin</i> Platinum-free catalysts for bioethanol electrooxidation and fuel cells based on these catalysts	63
--	----

HYDROGEN ECONOMY

Gas analytical systems and hydrogen sensors



<i>V. M. Aroutiounian</i> Semiconductor NO _x sensors	69
--	----

BASIC PROBLEMS OF ENERGY AND RENEWABLE ENERGY

Electric energy storage



<i>T. L. Kulova, M. G. Kozlova, D. A. Semenenko, E. A. Pomerantseva, A. V. Grigorieva, A. M. Skundin, E. A. Gudilin, Yu. D. Tretiakov</i> Electrophysical properties of V ₂ O ₅ xerogels with lithium embedding as a function of the synthesis process	83
---	----

HYDROGEN ECONOMY

Fuel cells

<i>Z. Tang, I. Yaroslavsky, A. Burgess, O. Kesler, B. White, N. Ben-Oved</i> Manufacturing solid oxide fuel cells with an axial-injection plasma spray system	88
--	----

Structural materials

<i>Yu. N. Shalimov, E. L. Kharchenko, Yu. V. Litvinov, A. L. Gusev, V. V. Peshkov</i> On the mechanism of electrochemical hydrogenation of metals and alloys	92
<i>D. G. Kleshev, R. R. Klesheva, A. V. Tolchev, R. N. Pletnev</i> Phase Transitions of γ -FeOOH during Heat Treatment in NaOH Aqueous Solutions	99

<i>A. V. Sabylnsky, N. K. Moroz, S. G. Kozlova, S. P. Gabuda</i> Dynamics and diffusion fluctuations of nanocapillary water in zeolite channels according to ^1H NMR	104
<i>V. M. Chertov</i> Zinc plating: new processes	108
Hydrogen for providing buildings, structures and houses with energy	
<i>A. Ya. Stolyarevskiy, V. A. Khusnutdinov, M. A. Kasatkin</i> Regulating power installations on the basis of electrochemical generators and formation of a territorial hydrogen infrastructure	111
ATOMIC ENERGY	
<i>K. A. Nekrasov, N. V. Zdobnukhina, A. Ya. Kupryazhkin, M. V. Ryzhkov, S. I. Potashnikov</i> Interaction of radiogenic argon with ion crystals	120
<i>E. V. Morgunov</i> On atomic energy promotion in Russia	127
SOLAR ENERGY	
<i>I. A. Tursunbaev</i> Thermodynamic transformation of solar heat energy on the basis of closed cycles of thermal Stirling engines	130
Solar-hydrogen energy	
<i>T. S. Dzhabiev, G. A. Kurkina, A. S. Shilov</i> Concerted water oxidation by cobaltic (III) clusters	136
Solar power plants	
<i>A. M. Pendzhiev, B. D. Mamedsakhmatov</i> Basic prerequisites and factors of photo energy development in Turkmenistan	141
Ground solar stations	
<i>A. V. Matveev, V. M. Paxaliev, S. E. Sheklev</i> Operating of the solar collector with coolant natural circulation	146
SMALL AND MICRO HYDRO-POWER PLANTS	
<i>V. A. Mishin, A. B. Klimovsky</i> Energy supply to sewage disposal facilities using renewable energy sources	150
ALTERNATIVE ENERGY AND ECOLOGY	
<i>N. Manusova, L. Kireycheva, M. Turnopolsky, P. Zeevy, O. Figovsky, E. Manusov, B. Marash</i> Environment Engineering System of Regions with Predominant Underground Water Resources	154
<i>S. A. Garelina, I. I. Klimovskii</i> Danger of global chemical intoxication of the rf environment. Conditions for its elimination	158
<i>N. N. Baranov, I. I. Klimovskii</i> Ecological problems of the cellular radiotelephone in Russia	163
PAPERS OF POST-GRADUATE STUDENTS	
<i>G. V. Nikitenko, A. N. Simikin</i> Energy conservation in buildings of the protected soil	174
Space-based life of Russian hydrogen energy	177
News of science and technology	180
EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH CENTRES IN RENEWABLE ENERGY	
University of Ulster	197
Fifth Global Energy Awarding Ceremony	198

On “green chemistry”, nanotechnologies, education and hydrogen energy.	205
Academic Competition: Nanotechnologies as a Breakthrough into the Future	208

INFORMATION ON RENEWABLE ENERGY

Russian Federal Service for Ecological, Technical and Atomic Supervision (RosTekhNadzor). Press Release 1. Press Release 2	210
--	-----

Scientific funds

Temple of Fame of Russian Energy	211
Temple of Fame of Russian Energy. Press Release	214

International scientific conferences

5 th International IAHE conference “Hydrogen Economy and Hydrogen Treatment of Materials” (HTM-2007, 21–25 May 2007, Donetsk, Ukraine)	217
---	-----

MEMORANDUM “On a novel IAHE conception of hydrogen civilization of the future: historical aspects and new challenges of the present day”	219
--	-----

Scientific projects

<i>A. L. Gusev, M. A. Kazayan</i> Manufacture nano-composites membranes for clearing chloring	223
--	-----

<i>A. L. Gusev, B. V. Spitsin, M. A. Kazayan</i> Development of advanced principles of hydrogen storage and rational design of novel materials for hydrogen accumulation	225
---	-----

<i>A. L. Gusev</i> Electrosorption phenomena in layers of shield-vacuum heat insulation of hydrogen reservoirs	227
---	-----

<i>R. I. Il'kaev, Yu. A. Truthev, S. M. Aldoshin, A. L. Mikhailov, Yu. D. Tretyakov, V. A. Gudilin, Yu. A. Dobrovol'sky, A. L. Gusev, V. A. Khusnutdinov, V. K. Emeljanov, Yu. A. Yudin, M. A. Kazarjan, I. V. Shamanin, Z. R. Ismagilov, I. B. Kharlamov, P. A. Kotova</i> Foundation of power energy infrastructure and perspective power energy industrial complexes based on floating nuclear power stations	228
---	-----

“Hydrogen — modern technologies 2007” Interantional specialized exhibition	230
--	-----

Contests of Editorial Board	231
---------------------------------------	-----



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, 97472
Fax: +7 (83130) 63107
Cell phone: +7-962-50-77-914
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) 63107, 97472
Fax: +7 (83130) 63107
Cell phone: +7-961-63-99-126
http://www.hydrogen.ru

Monthly reviewed journal. All rights reserved at STC «TATA». Any form of reproduction may be allowed only with the explicit authorization of the STC «TATA». Papers are abstracted by VINITI, by International journal “Letters in ISJAEE” reviewed, annotated and deposited. Annotation of papers are presented on web-site isjaee.hydrogen.ru

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

Executive secretary
Valentina Nikolaevna Bazurina (Russia, Sarov)
E-mail: bazurina@hydrogen.ru

Subscription, information, marketing, advertising
Tatiana Nikolaevna Kondryrina (Russia, Sarov)
E-mail: kondryrina@hydrogen.ru

Art-Editor
Viktor Ivanovich Nemyshev (Russia, Sarov)

Sub-Editor
Yelena Gennadiyevna Yutkina (Russia, Sarov)
E-mail: redactor@hydrogen.ru

Proof-readers:
Natalia Nikolaevna Bogunenko (Russia, Sarov)
Nelli Yevgeniyevna Plavinskaya (Russia, Sarov)

Translators:
Rimma Viktorovna Kopylova (Russia, Sarov)
Tatiana Viktorovna Zezyulina (Russia, Sarov)

Computer design:
Pavel Andreevich Chaban (Russia, Sarov)
E-mail: chaban@hydrogen.ru
Nataliya Yurievna Zimakova (Russia, Sarov)

Web designer
of <http://isjaee.hydrogen.ru>
Ivan Pavlovich Kolesov (Russia, Sarov)
E-mail: redactor@hydrogen.ru

Legal issues, intellectual property
Igor' Vasil'evich Gubenok (Russia, Sarov)
E-mail: redactor@hydrogen.ru

Accountant general
Nataliya Valer'evna Chirkova (Russia, Sarov)
E-mail: redactor@hydrogen.ru

SALUTATORY FOREWORD



Presently, fossil fuels provide about eighty percent of the energy requirements of the world economy. As the developing countries, such as India and China, try to catch up with the industrial world, thereby increasing their energy consumption, the fossil fuel resources are being depleted fast. Since the supply is limited, and the demand is increasing, fossil fuel prices are also rising. Two years ago, a barrel of oil cost \$18.00; now it is around \$60 to \$70, and is expected to continue to rise.

Today the world average income, per capita, is about \$7,000. It was in the two digit range when the industrial revolution started in 1860. We owe this quite speedy increase in wealth to fossil fuels. As with most medicine, there is a side effect. Their utilization results in air pollution, acid rains, global warming, ozone layer depletion and oil spillage. The ice caps have already started melting, oceans are rising, many island nations in the Pacific and Indian Ocean are

partially inundated by ocean waters, and are expected to be completely submerged by the middle of this century. The annual global damage by fossil fuels stands at about five trillion dollars, and is increasing with the fossil fuel consumption.

From the above descriptions, we can see that the world is facing two major problems: (1) speedy depletion of fossil fuels, and (2) global environmental problems caused by their utilization. These are related problems. Scientists around the world is working in order to alleviate and resolve them. In general, we can say that the scientists today belong to two major camps. In one camp, the western camp, where the scientific literature is published generally in English, and the other camp, the eastern camp, where the scientific literature is published generally in Russian. A far sighted Russian scientist, Dr. Alexander L. Gusev, has seen the need of resolving the above explained global problems and also seen the need for bringing together works of the two scientific camps, so that scientific communication is established between them in resolving speedily and in the best possible way the biggest problems facing the humankind. For this purpose, Dr. Gusev established the International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEE) in the year 2000. In this journal papers on alternative energy and ecology are published either in English or in Russian, so that the communication between the two scientific worlds are put into practice. ISJAEE has grown steadily and will soon publish its 50th issue. In parallel with the publication of ISJAEE, Dr. Gusev has organized several international conferences on alternative energy and ecology, where the both English Speaking and Russian Speaking scientists come together.

I am very happy to see that in order to honor the scientists from all over the world, ISJAEE has now established some two dozen awards named after internationally prominent personalities. This noteworthy activity will recognize the achievements of the today's scientists, as well as honoring those of the past.

In conclusion, I would like to salute Dr. Alexander L. Gusev for his great contributions by effectively bringing together the two scientific worlds together through conferences and publications in ISJAEE, and also recognizing the past and present scientists and thinkers, who have contributed and who are contributing to the well-being of the humankind.

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of a large loop and several strokes.

Prof. Dr. T. Nejat Veziroglu
President, International Association for Hydrogen Energy

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО



Сегодня обеспечивается около 80 процентов энергетических потребностей мировой экономики. Поскольку развивающиеся страны, например, Индия и Китай, пытаются догнать промышленный мир, потребляя при этом все больше энергии, ресурсы ископаемых топлив быстро истощаются. Так как запас ограничен, а потребности растут, цены на ископаемое топливо также повышаются. Два года назад баррель нефти стоил 18 долларов, а сейчас его цена составляет около 60–70 долларов, и ожидается, что цена будет расти и дальше.

Средний доход на душу населения в мире сегодня составляет около 7 000 долларов. На рассвете промышленной революции, которая началась в 1860 году, он выражался двузначным числом. Таким быстрым ростом благосостояния мы обязаны ископаемым видам топлива. Как и в случае применения большинства лекарственных средств, здесь имеется побочное действие. Использо-

вание ископаемых топлив ведет к загрязнению воздуха, выпадению кислотных дождей, глобальному потеплению, разрушению озонового слоя и разливу нефти. Ледниковые шапки уже начали таять, уровень воды в океанах растет, многие островные государства в Тихом и Индийском океанах частично затоплены океанской водой и предположительно к середине этого века полностью уйдут под воду. Ежегодный глобальный ущерб, связанный с ископаемыми топливами, составляет около пяти триллионов долларов, и по мере роста их потребления он увеличивается.

Все эти факты свидетельствуют о том, что мир столкнулся с двумя серьезными проблемами: 1) быстрое истощение запасов ископаемого топлива и 2) глобальные экологические проблемы, вызванные его использованием. Эти проблемы взаимосвязаны. Ученые всего мира работают над их решением. В общих словах можно сказать, что сегодня ученые разделились на два основных лагеря. Один лагерь — западный, в котором научная литература публикуется в основном на английском языке, а другой — восточный, в котором научная литература публикуется в основном на русском языке. Дальновидный российский ученый Александр Гусев увидел необходимость решения перечисленных выше глобальных проблем, а также потребность сведения воедино работ ученых из двух лагерей для организации между ними научного общения с целью наискорейшего решения серьезнейших проблем, с которыми столкнулось человечество, наиболее эффективным путем. С этой целью в 2000 году Александр Гусев создал Международный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). В этом журнале статьи по альтернативной энергетике и экологии публикуются на английском или русском языке, что обеспечивает связь между двумя научными мирами. Журнал ISJAEE постепенно развивается, и вскоре появится его 50 номер. Параллельно с выпуском журнала ISJAEE Александр Гусев организовал несколько международных конференций по альтернативной энергетике и экологии, в которых участвовали как англоговорящие, так и русскоговорящие ученые.

Мне очень приятно, что для выражения признания ученых со всего мира журналом ISJAEE было учреждено около двух десятков наград, носящих имена выдающихся личностей мирового масштаба. Это замечательное начинание позволяет засвидетельствовать признание достижений современных ученых, а также почтить память ученых прошлого.

В заключение я хотел бы выразить признательность Александру Гусеву за его большой вклад в эффективное объединение двух научных миров путем проведения конференций и издания журнала ISJAEE, а также за выражение признания ученых прошлого и настоящего и мыслителей, которые сделали и делают вклад в благополучие человечества.

Проф. Доктор. Т. Неджат Везироглу
Президент Международной ассоциации
водородной энергетики

SALUTATORY NOTE



The energy rich nature and the relative abundance of petroleum have resulted in the development of a wealth of products and an amazingly high standard of living in most of the world. Unfortunately, the extraction of energy from petroleum does not come without a cost. Humans have been slow to realize this cost. As a result, the unburned hydrocarbons, nitrogen oxides, and carbon dioxide produced in the utilization of petroleum are now having an enormous negative effect on our climate on a global scale.

Internationally, there has been a great deal of effort to develop alternative energy sources. In World War II, Boris Schelishch worked out a way to run trucks on hydrogen left over in balloons used to protect the city of Leningrad.

In 1989, Iceland committed to a hydrogen economy by 2030 and the year after that Germany opened two hydrogen refueling stations. In 1999, with support from NATO, scientists from 18 nations met in Katsiveli, Ukraine in an Advanced Research Workshop on Hydrogen Materials Science and Chemistry of Metal Hydrides. Scientists and policy makers are working together around the world to solve the energy problem. In 2000, Dr. Alexander L. Gusev established the International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEE) as a mechanism for scientists in the east and the west to exchange ideas and successes and to collaborate. The journal title clearly indicated the acknowledgment that energy and ecology are inextricably linked. Additionally, Dr. Gusev has organized a number of international conferences to encourage and support the international, concerted work needed to solve the energy and environment problem. The journal and meetings have been tremendously successful in allowing scientists to work together to develop solutions and to provide policy makers the information and options needed to bring all nations together in a sane and balanced effort to develop clean and safe alternative energy. Dr. Gusev has been recognized for his exemplary work and leadership in the development of hydrogen as an energy carrier by the awarding of the Tsiolkovsky Medal, the highest award of Federation of Astronautics of Russia.

In the United States, even though the effects of petroleum availability have been drastic, a concerted effort to develop alternative energy has been slow. The hardships created by the oil embargo and the resulting shortages of the 1970's created an interest in alternative and more efficient energy technologies. That interest was not accompanied by national and international fervor and eventually died out. President Ford attempted to pass legislation that would increase production of energy efficient cars, convert petroleum fired power plants to coal, speed up development of coal gasification technology, and increase the use of non-fossil fuels. This legislation was defeated. However, he did succeed in re-establishing the White House Office of Science and Technology to improve the availability of scientific and technical advising to the federal government. This office is still functioning today and the interaction of scientists with government is functioning in many ways to accelerate development of hydrogen energy. In 1977 the Department of Energy (DOE) was established and the following year the federal hydrogen research and development program was transferred there from the National Science Foundation (NSF). In 1989 the National Hydrogen Association was formed in order to begin bringing all segments of the energy community together to work out the use of hydrogen as a fuel. In 1990, congress passed the Matsunaga Hydrogen Research, Development, and Demonstration act and established the Hydrogen Technical Advisory Panel. The act mandated a 5-year implementation plan for hydrogen research and development in the US and the panel was to coordinate the effort. In 2002 the FreedomCAR project was created. This was a joint venture between Daimler-Chrysler, Ford, General Motors, the DOE, and the US Council for Automotive Research to enable development of technologies for petroleum-free vehicles. In 2003, Secretary of Energy, Spencer Abraham, established the International Partnership for the Hydrogen Economy to bring about global cooperation in the establishment of a hydrogen economy. In 2004 the NSF hosted the Future Directions in Hydrogen Energy Research and Education in order to determine how it could facilitate development of hydrogen energy. President Bush has included a great deal of funding for energy research, including hydrogen, and the new congress has magnified that effort. In this issue of the ISJAEE, papers have been included that will highlight the work being done in the United States to move the world closer to safe, clean energy sources.

Prof. Dr. Michael D. Hampton
Department of Chemistry
University of Central Florida

ПРИВЕТСТВЕННОЕ ОБРАЩЕНИЕ



Энергетическое богатство природы и относительно большие запасы нефти привели к появлению изобилия продуктов и поразительно высокому уровню жизни в большей части мира. К сожалению, за получение энергии из нефти приходится платить. Людям потребовалось много времени, чтобы осознать размер этой платы. Как следствие, несгоревшие углеводороды, окислы азота и углекислый газ, которые образуются при использовании нефти, сегодня оказывают чудовищное отрицательное воздействие на наш климат в глобальном масштабе.

Во всем мире прилагаются серьезные усилия по развитию альтернативных источников энергии. Во время Второй мировой войны Борис Шелищ придумал, как использовать водород, остававшийся в аэростатах, которые служили для защиты города Ленинграда, в качестве топлива для грузовиков. В 1989 году Исландия приняла программу перехода к водородной экономике к 2030 году, а годом позже в Германии открылись две водородные заправочные станции. В 1999 году при поддержке НАТО ученые из 18 государств встретились в Кацивели (Украина) на научно-исследовательском семинаре по водородным материалам и химии гидридов металлов. Ученые и политики во всем мире работают сообща над решением энергетической проблемы. В 2000 году Александр Гусев учредил Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEЕ), который стал средством обмена идеями и успехами, а также инструментом сотрудничества между западными и восточными учеными. В названии журнала отчетливо звучит признание существования сложной взаимосвязи между энергетикой и экологией. Кроме того, Александром Гусевым был организован ряд международных конференций, направленных на поддержку совместной международной деятельности, необходимой для решения энергетической и экологической проблемы. Этот журнал и эти встречи имеют огромный успех, обеспечивая возможность объединения ученых в поиске решений и информируя политиков о возможных подходах к объединению всех государств в здоровой и сбалансированной работе над развитием чистой и безопасной альтернативной энергетики. Александр Гусев получил признание за его достойную подражания деятельность и лидерство в продвижении водорода в качестве энергоносителя, о чем свидетельствует его награждение медалью Циолковского — высшей наградой Федерации космонавтики России.

В Соединенных Штатах, несмотря на серьезные последствия доступности нефти, совместные работы по развитию альтернативной энергетики развивались медленно. Трудности, связанные с наложением нефтяного эмбарго, и обусловленный этим дефицит в 70-х годах прошлого столетия привели к зарождению интереса к более эффективным альтернативным энергетическим технологиям. На государственном и международном уровне этот интерес не был встречен с энтузиазмом и в конце концов утих. Президент Форд сделал попытку принять законы, которые могли бы стимулировать рост производства энергетически эффективных автомобилей, перевод работающих на нефти электростанций на уголь, развитие технологии газификации угля, а также более широкое использование неископаемых видов топлива. Эти законы не были приняты. Тем не менее, ему удалось восстановить Отдел науки и технологии в Белом доме для обеспечения более эффективного научно-технического консультирования федерального Правительства. Этот отдел работает и сегодня, и взаимодействие ученых с правительством во многом способствует ускоренному развитию альтернативной энергетики. В 1977 году было создано Министерство энергетики (DOE), а на следующий год в его ведение из Государственного научного фонда (NSF) перешла федеральная программа научных исследований и разработок в водородной области. В 1989 году появилась Государственная водородная ассоциация, целью которой стало объединение всех сегментов энергетического сообщества для поиска путей использования водорода в качестве топлива. В 1990 году Конгрессом был принят закон Матсунаги о водородных исследованиях, разработках и демонстрациях и создан Водородный технический консультативный Совет. Закон санкционировал принятие пятилетнего плана реализации программы НИОКР в водородной области в США, и задачей Совета являлась координация этой работы. В 2002 году началась реализация проекта «FreedomCAR». Это было совместным предприятием Daimler-Chrysler, Ford, General Motors, DOE и Американского совета по автомобильным исследованиям для развития технологии производства автомобилей, работающих не на бензине. В 2003 году министром энергетики Спенсером Абрахамом было учреждено Международное партнерство по водородной экономике, целью которого стало создание механизма глобального сотрудничества для развития водородной экономики. В 2004 году фондом NSF было организовано совещание для обсуждения будущих направлений научных исследований и образования в области водородной энергетики, чтобы определить те меры, которые были необходимы для создания более благоприятных условий для развития водородной энергетики. Президент Буш выделил значительные средства на проведение энергетических исследований, в том числе в водородной области, а новый Конгресс усилил поддержку этой деятельности. В этот выпуск журнала ISJAEЕ вошли статьи, которые освещают ведущиеся в Соединенных Штатах работы, направленные на то, чтобы приблизить мир к безопасным и чистым источникам энергии.

Проф. Доктор. Майкл Д. Хэмптон
Отделение химии
Университет Центральной Флориды

CENTENNIAL MEMORANDUM

13 November 2006

To: The Heads of G8 Countries:

Canada: Prime Minister Stephen Harper
France: President Jacques Chirac
Germany: Chancellor Angela Merkel
Italy: Prime Minister Romano Prodi
Japan: Prime Minister Shinzo Abe
Russian Federation: President Vladimir Putin
U.K.: Prime Minister Tony Blair
U.S.A.: President George W. Bush



Copy: U.N. Secretary General: Kofi A. Annan
 UNIDO Director-General: Kandeh K. Yumkella
 UNDP Administrator: Kemal Dervis
 UNEP Executive Director: Achim Steiner

Subject: Upcoming Energy/Climate Catastrophe and Permanent Solution of Hydrogen Economy.

We, the undersigned, herewith ask the heads-of-state of the Heads of G8 Countries to put Hydrogen Energy on top of the agenda of their respective states, individually or in common, and commit to Hydrogen Energy Technologies as a permanent solution to the upcoming energy/climate catastrophe. The following are the two major problems facing the humankind at the dawn of the twenty-first century:

- The anthropogenic climate change is real. The United Nations' Intergovernmental Panel on Climate Change expects a considerable temperature rise by the century's end. Catastrophic consequences for humans, fauna and flora, and the cultural heritage of humankind are expected, and
- The oligopolization of traditional fossil or nuclear primary fuel is exacerbated by being possessed by a few – not a comfortable situation for the majority of energy using nations.

"Energy policy is technology politics" is exemplified by huge energy efficiency gains, by the cleaning-up of fossil fuels, by safe and non-proliferating secured nuclear energy, and by renewable energies. On top of the progress in all these areas is "Hydrogen Energy Technologies" for the following reasons:

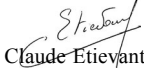
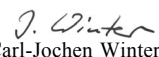
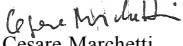
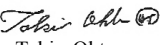
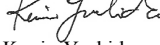
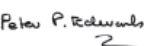
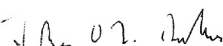
- Hydrogen Energy is an environmentally and climatically clean transport fuel,
- Hydrogen Energy is the storage and transportation agent of so far dormant renewable sources which, thus, will become a powerful contributor to the global energy trade, and
- Hydrogen Energy from renewable energies is the ultimate solution; it is, however, not the precondition for entering the Hydrogen Energy Economy; environmentally compatible hydrogen could also be produced using nuclear energy, and even fossil fuels with carbon capture and storage.

We, as members of the International Association for Hydrogen Energy and members of the Hydrogen Energy Community are willing without hesitation to devote our further professional life to the furtherance of Hydrogen Energy and its technologies through advising policy makers, serving as Advisory Board Members, and collaborating with industry in implementing the necessary Hydrogen Energy infrastructure, because we share the conviction that

- Hydrogen Energy, once generated, is environmentally and climatically clean over the entire length of the energy conversion chain, "from cradle-to-grave",
- Hydrogen fuel cells activate dormant distributed virtual power,
- Hydrogen Energy eliminates land, sea, air and space transportation pollution,
- Hydrogen Energy facilitates the contribution of huge renewable sources to the global energy trade, and
- In one word: Hydrogen Energy Technologies provide abundant clean energy for humankind.

Respectfully Yours

Signed by:

Canada:	 Tapan Bose	 Ghazi Karim	
France:	 Claude Etievant	 Jacques Saint-Just	 Claude Massot
Germany:	 Juergen Garcke	 Detlef Stolten	 Carl-Jochen Winter
Italy:	 Cesare Marchetti	 Giuseppe Spazzafumo	
Japan:	 Tokio Ohta	 Yasukazu Saito	 Kunio Yoshida
Russia:	 Alexander L. Gusev	 Stanislav Malyschenko	
U.K.:	 Peter Edwards	 David Hart	
U.S.A.:	 John O'M. Bockris	 Patrick Takahashi	 T. Nejat Veziroglu

CENTENNIAL MEMORANDUM

Coordinates of Signatories

Prof. Dr. John O'M. Bockris
Haile Plantation
10515 S. W. 55th Place
Gainesville, FL 32608, U.S.A.
Tel: 1 352 335 3843
Fax: 1 352 335 6925
E-mail: jbockris@cox.net

Prof. Dr. Tapan Bose
Director, Hydrogen Research Institute
Universite du Quebec a Trois Rivieres
P.O. Box 500 Trois Rivieres
PQ G9A 5H7, Canada
Tel: 1 819 376 5139
Fax: 1 819 376 5164
E-mail: tapan_bose@uqtr.ca

Prof. P. P. Edwards, FRS
Inorganic Chemistry Laboratory
Department of Chemistry
University of Oxford
Wellington Square
Oxford, OX1 2JD U.K.
Tel: +44(0)1865 272680
Fax: +44(0)1865 272656
E-mail: peter.edwards@chemistry.oxford.ac.uk

Dr. Claude Etievant
Managing Director, CETH
Compagnie Europeenne des Technologies
de l'Hydrogene
Innov'Valley Entreprises Bat. D0
Route de Nozay
91460 Marcoussis, France
Tel: +33 1 69 63 68 64
E-mail: claud.eetievant@ceth.fr

Prof. Dr. Habil. Jürgen Garche
Center for Solar Energy and Hydrogen Research
Baden-Wuerttemberg
Helmholtzstr. 8
D-89081 Ulm, Germany
Tel: +49 731 9530-606
Fax: +49 731 9530-666
E-mail: juegen.garche@zsw-bw.de

Dr. Alexander L. Gusev
Scientific Technical Centre "TATA"
Post Box Office 687, Sarov
Nizhny Novgorod Region
607183 Russia
Tel: 7 (83130) 63107
Fax: 7 (83130) 63107
E-mail: gusev@hydrogen.ru

Dr. David Hart
Royal School of Mines
Dept. of Environmental Science & Technology
Imperial College
South Kensington, London, U.K.
Tel: +44 020 7594 6781
Fax: +44 020 7594 9334
E-mail: david.hart@imperial.ac.uk

Prof. Dr. Ghazi Karim
Department of Mechanical & Mfg. Engng.
University of Calgary
2500 University Dr., NW
Calgary, Alberta T2N 1N4, Canada
Tel: 1 403 220 5775
Fax: 1 403 282 8406
E-mail: karim@ucalgary.ca

Prof. Dr. Stanislav Malyshenko
Institute for High Temperatures
RAS, Krasnokazarmenkaya 17a
111116 Moscow, Russia
Tel: 7 495 362 53 11
Fax: 7 495 362 07 84
E-mails: litp@iht.mpei.ac.ru
litp@dataforce.net

Prof. Dr. Cesare Marchetti
Via di Monteloro 42
I-500 64 Sieci (FI), Italy
Tel: +39 055 8367 292
Fax: +39 055 8367 308
E-mail: cesaremarchetti@tiscali.it



**United Nations Industrial Development Organization
International Centre for Hydrogen Energy Technologies
(UNIDO-ICHET)**

МЕМОРАНДУМ ВЕКА

13 ноября 2006

Кому: Главам стран Большой восьмерки:
Канада: Стефену Харперу, Премьер-министру
Франция: Жаку Шираку, Президенту
Германия: Ангеле Меркель, Канцлеру
Италия: Романо Проди, Премьер-министру
Япония: Шиндзо Абэ, Премьер-министру
Российская Федерация: Владимиру Путину, Президенту
Соединенное Королевство: Тони Блэру, Премьер-министру
Соединенные Штаты Америки: Джорджу Дж. Бушу, Президенту



Копии: ООН, Кофи А. Аннани, Генеральному Секретарю
ЮНИДО: Канде К. Юмкелла, Генеральному Директору
ПРООН: Кемалу Дервису, Руководителю
ЮНЕП: Акиму Штейнеру, Исполнительному Директору

Тема: Грядущий Энергетический Кризис / Глобальное Изменение Климата и Переход на Водородную Энергетику

Мы, нижеподписавшиеся, настоящим обращаемся к главам государств Большой Восьмерки с предложением включить вопрос по водородной энергетике в повестку дня своих государств каждого в отдельности или вместе и стать приверженцами перехода на водородную энергетику как основную программу по предупреждению грядущего энергетического кризиса и глобального изменения климата. Ниже приводятся две основные проблемы, с которыми сталкивается человечество на заре двадцать первого века.

- Антропогенное изменение климата очевидно. Межправительственная комиссия, созданная при Организации Объединенных Наций по вопросам, касающимся изменения климата планеты, дает прогноз о значительном повышении температуры в конце этого века. Ожидаются катастрофические последствия для человечества, фауны и флоры планеты, а также культурных ценностей всего человечества.

- Олигополизация традиционного либо первичного ядерного топлива углубляется как результат владения малым числом государств огромным количеством энергетических ресурсов, что является несправедливым по отношению к большинству стран, пользующихся этими ресурсами.

«Политика установления контроля над энергетическими ресурсами — политика контроля над разработкой технологических процессов» является иллюстрацией извлечения огромной выгоды от использования энергетических ресурсов, от очистки ископаемых видов топлива, примером использования безопасной ядерной энергии в мирных, а не в военных целях, и возобновляемых источников энергии. Прогресс во всех этих сферах обусловлен развитием водородной энергетики следующими причинами:

- Водородная энергия — это экологически чистое, не загрязняющее окружающую среду топливо для транспортных средств.

- Водородная энергия — энергоноситель до сих пор потенциально скрытых ресурсов возобновляемой энергии, который, таким образом, станет мощным вкладом в энергетическую сеть, способную обеспечить потребности в энергии жителей планеты.

- Идея получения водородной энергии из возобновляемых источников энергии является чрезвычайно важной, причем ее не следует рассматривать как предпосылку к вхождению в экономику водородной энергетики. Экологически чистое водородное топливо можно получать, используя ядерную энергию и даже технологию переработки ископаемого топлива с захватом углерода и последующего хранения в нем.

Мы, члены Международной ассоциации водородной энергетики и члены Общества водородной энергетики, без колебаний выражаем желание посвятить свою дальнейшую профессиональную деятельность содействию, развитию и внедрению водородной энергии и энергетики, давая рекомендации лицам, делающим политику, и сотрудничая с производителями как члены Консультативного комитета, внедрять в производство необходимую инфраструктуру водородной энергетики, ибо мы придерживаемся такого мнения, что:

- однажды полученная водородная энергия останется экологически чистой и безопасной для окружающей среды по всей цепочке механизма сохранения энергии «от колыбели до могилы»;

- водородные топливные элементы позволяют активно использовать скрытый энергетический потенциал;

- водородная энергия не загрязняет почву, моря, воздух и космическое пространство выхлопными газами транспортных средств;

- водородная энергия способствует использованию возобновляемых источников энергии, внося огромный вклад в энергетическую систему распределения энергии.

Одним словом, водородная энергетика способна обеспечивать человечество чистыми и неиссякаемыми энергетическими ресурсами.

С уважением,

Канада: Тапан Боуз *Tapan Bose*

Гадзи Карим *G. Karim*

Франция: Клод Этива *C. Etiva*

Жак Сейнт-Джаст *J. Saint-Just*

Клод Массо *C. Masso*

Германия: Юрген Гархе *J. Garhe*

Детлиф Штолген *D. Stollgen*

Карл Йохан Винтер *C. Winter*

Италия: Чезаре Марчетти *C. Marchetti*

Джузеппе Спаззафумо *G. Spazzaferro*

Япония: Токио Охта *T. Ohta*

Ясукадзу Сайто *Y. Saito*

Кунио Ёшида *K. Yoshida*

Россия: Александр Л. Гусев *A. L. Gusev*

Станислав Малышенко *S. Malyschenko*

Соединённое Королевство: Питер Эдвардс *Peter P. Edwards*

Дэвид Харт *D. Hart*

США: Джон О'М.Бокрис *J. O'M. Bockris*

Патрик Такахаша *P. Takahashi*

Т. Нейят Везироглу *T. Neyyat Vezir oglu*

*Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»*

ПОЛОЖЕНИЕ

**о Наградной комиссии Редколлегии Международного научного журнала
«Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового
клуба альтернативной энергетики и экологии и Консорциума «Водород»**

1. Наградная комиссия создана при главном редакторе Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» для проведения международной общественной оценки наградных материалов, объективного определения заслуг и личного вклада в мировую альтернативную энергетику и экологию ученых и общественных деятелей, представленных к награждению наградами Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и Консорциума «Водород», и действует без ограничения срока.

Количественный и персональный состав Наградной комиссии (председатель, секретарь и члены комиссии) определяется главным редактором Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология». Состав Комиссии при необходимости может корректироваться главным редактором. Комиссия работает на общественных началах.

Членами Наградной комиссии могут быть члены редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», выбранные главным редактором. В состав Наградной комиссии включаются представители разных тематических направлений альтернативной энергетики из разных стран мира. Состав членов Наградной комиссии: 25 человек — члены редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», 25 человек — представители организаций Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии, 25 человек — члены Консорциума «Водород».

2. Ходатайство о награждении наградами Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и Консорциума «Водород» возбуждается в научных и научно-исследовательских организациях различного уровня, в коллективах предприятий, учреждений, организаций частной, государственной, муниципальной и иных форм собственности, в коллективах администраций государственной власти всех уровней и органов местного самоуправления, а также членами редколлегии журнала. Ходатайство подписывают руководители предприятий, учреждений, организаций частной, государственной, муниципальной и иных форм собственности, руководители органов государственной власти всех уровней и органов местного самоуправления, члены редколлегии журнала. Ходатайство о награждении согласовывается с главным редактором Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология».

При направлении ходатайства о награждении возбуждающая сторона представляет:

- 1) научный обзор работ кандидата по тематике журнала для публикации в журнале в 2007–2008 гг. объемом не более 40 страниц;
- 2) фотографии кандидата;
- 3) научную биографию (Curriculum Vitae);
- 4) 5 отзывов о кандидате от трех известных ученых из разных стран мира и двух известных научных и научно-технических организаций из разных стран мира.

3. Награждение наградами Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» и Консорциума «Водород» осуществляется 2 раза в год, а именно:

- 1) ко дню учреждения Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» — 29 июля;
- 2) ко дню учреждения Научно-технического центра «ТАТА» (учредителя журнала) — 29 ноября.

4. В срок за полгода до указанных дат главный редактор Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» извещает членов редколлегии о достоинстве и возможном числе наград, к которым могут быть представлены кандидаты на награждение. Ежегодно Редколлегия ISJAEE присуждает не более одной высшей награды каждого достоинства ученым, инженерам, научным, научно-техническим, производственным организациям мира, внесшим значительный вклад в мировую сокровищницу альтернативной энергетики и экологии.

5. Ходатайства о награждении наградами Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» и Консорциума «Водород» направляются почтой или передаются нарочным в Наградную комиссию Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» и Консорциума «Водород».

6. Ходатайства и наградные материалы, представленные в Наградную комиссию от организаций, не предоставивших в течение года в редакцию журнала ни одного материала для публикации, Наградной комиссией не рассматриваются. Председатель Наградной комиссии докладывает главному редактору о наградных материалах, поступивших в Наградную комиссию, и организует работу Наградной комиссии по рассмотрению представленных материалов. Наградная комиссия в месячный срок рассматривает наградные материалы, подготавливает проекты решений о награждении и докладывает о них главному редактору до 1 июля и 1 ноября текущего года.

7. Наградная комиссия по указанию главного редактора может рассматривать ходатайства и наградные материалы на отдельных кандидатов в другие сроки (юбилейные даты и события, особые достижения и др.). В этом случае ходатайства должны быть представлены в Наградную комиссию не менее чем за десять дней до юбилейной даты, события, встречи и др.

8. Комиссия обязана тщательно, всесторонне и объективно рассматривать представления к наградам Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и Консорциума «Водород», руководствуясь настоящим Положением и Положением о наградах Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и Консорциума «Водород».

9. Наградная комиссия имеет право сокращать списки лиц, представленных к награждению.

10. Проекты решений Наградной комиссии подписывают председатель и секретарь Наградной комиссии.

11. Решения Наградной комиссии о награждении являются юридическим основанием для выдачи кандидатам, представленным к наградам, наград и удостоверений к ним.

12. Резюме и фотографии кандидатов, представленных к наградам, публикуются в Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология» и на сайте журнала.

13. Решения Наградной комиссии и наградные материалы подшиваются в отдельное дело, которое бессрочно хранится в Научно-техническом центре «ТАТА», являющемся учредителем и издателем Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», членом Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и членом Консорциума «Водород».

14. Учет, хранение и выдача нагрудных знаков (орденов и медалей), кубков, дипломов и грамот осуществляется членами редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» и представителями Консорциума «Водород» в установленном порядке.



Александр Леонидович Гусев

Главный редактор Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»

*Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»*

ПОЛОЖЕНИЕ

о наградах Редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и Консорциума «Водород»

1. Награды Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород» являются выражением признательности, уважения и благодарности редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» и консорциума «Водород» своим коллегам за проявленную любовь и верность служению науке об альтернативной энергетике и экологии, честному и достойному исполнению своего профессионального, гражданского и научного долга, сохранению и приумножению духовно-нравственных ценностей российской науки, особый вклад, внесенный в достояние российской и мировой науки.

2. Награды Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород» учреждаются редколлегией Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международным научным и деловым клубом альтернативной энергетики и экологии и консорциумом «Водород» на основании представления Наградной комиссии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород».

3. Наградами Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород» являются:

- ордена,
- медали,
- дипломы.

4. Ходатайство о присвоении наград Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород» подается физическими лицами, организациями, общественными объединениями, структурами государственной и исполнительной власти в Наградную комиссию Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород».

5. Представление к наградам Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород» производится региональными отделениями или общественными объединениями и направляется в Наградную комиссию Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород» с указанием наименования награды и подробным обоснованием заслуг, определяющих ее присвоение.

6. Председатель Наградной комиссии назначается Главным редактором Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» из состава членов редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», состав Комиссии утверждается Главным редактором Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» по представлению председателя.

Наградная комиссия:

- готовит и представляет главному редактору заключение и рекомендации к награждению, восстановлению награды в правах, лишению награды, выдачи дубликатов наградных знаков;
- организует работу и готовит материалы по учреждению наград Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород»;

• разрабатывает и обсуждает проекты о наградных знаках, готовит предложения по изменению и дополнению Положения о наградных знаках Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород».

7. К наградам Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород» могут быть представлены граждане Российской Федерации, иностранные граждане и лица без гражданства на основании решений Наградной комиссии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород».

8. Представления к награждению иностранных граждан и лиц без гражданства, постоянно проживающих на территории Российской Федерации, производятся на общих основаниях. Представления к награждению иностранных граждан и лиц без гражданства, проживающих за границей, производятся на общих основаниях.

9. От имени Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород» награды могут вручать:

- полномочные представители редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород»;

- Главный редактор Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», полномочные представители и лица, представляющие Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», Международный научный и деловой клуб альтернативной энергетики и экологии и консорциум «Водород»;

- Председатель Наградной комиссии по наградам Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород»;

- руководители общественных объединений, являющиеся членами редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород»;

- руководители федеральных структур государственной власти;

- руководители государственных структур законодательной и исполнительной власти субъектов Российской Федерации;

- послы Российской Федерации.

Главный редактор Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» может поручить вручить награды Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород» иным лицам, уполномоченным произвести награждение.

Награда Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» и консорциума «Водород» вручается награжденному не позднее 18 месяцев со дня принятия Наградной комиссией решения о награждении.

Награда Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород» вручается награжденному лично с одновременным вручением удостоверения к награде.

10. Награждение орденом или медалью может быть произведено посмертно за особые заслуги в областях науки и экологии и общественной деятельности, предусмотренных данным Положением о наградах. В случае посмертного награждения, награды Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород» и удостоверение о награждении вручаются ближайшим членам семьи награжденного.

11. Лица, удостоенные наград Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород», пользуются льготами при публикации своих работ в Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология».

12. Дубликаты наград могут быть выданы награжденному в случаях их утраты в боевой обстановке, в результате стихийного бедствия либо при других обстоятельствах, когда не было возможности предотвратить утрату награды. Дубликаты наград, содержащих драго-

ценные металлы, не выдаются; по решению Комиссии по наградам может быть произведен муляж наградного знака взамен утраченного. Дубликаты документов к наградам Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород» взамен утраченных выдаются награжденным на основании решения Наградной комиссии.

Ходатайства о выдаче дубликатов орденов, медалей, профессиональных знаков награжденным лицам возбуждаются региональными отделениями или общественными объединениями, являющимися членами редколлегий Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», членами Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и членами консорциума «Водород», на основании заявления награжденных лиц и проверки обстоятельств утраты ими награды.

В Наградную комиссию Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород» представляется, наряду с ходатайством, заявление награжденного, документы о награждении, справки, свидетельствующие о причине утраты награды и заключение комиссии, исследовавшей причину утраты. Утраченные и впоследствии найденные награды предоставляются Комиссии по наградам при президенте Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород».

13. Ордена, медали и дипломы умершего награжденного, а также документы о награждении остаются или передаются для хранения как память его наследникам без права ношения.

14. Граждане Российской Федерации, иностранные граждане и лица без гражданства, выезжающие из Российской Федерации за границу, имеют право вывозить принадлежащие им лично награды Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород» и соответствующие наградные документы. Наследники умершего награжденного, выезжающие из Российской Федерации за границу на постоянное жительство, имеют право вывозить документы о награждении их умершего родственника. Порядок вывоза наград из драгоценных металлов регулируется законодательством Российской Федерации.

15. Запрещается учреждение и производство знаков, имеющих аналогичные, схожие назначения или внешнее сходство с наградами Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород», а также ношение ордена, медали и диплома лицам, не имеющим на то права. Указанные действия влекут ответственность, установленную законодательством Российской Федерации.

16. Повторное представление к одноименной награде не производится.

17. Орденам, медалям и удостоверениям присваивается номер.

18. Лица, удостоенные наград Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород», носят орден и медали на левой стороне груди.

19. Органы федеральной исполнительной власти своими решениями могут устанавливать различные виды поощрения награжденных, в том числе звания, нагрудные знаки, значки, медали, не имеющие сходства с наградами Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород». Их установление производится по согласованию с Наградной комиссией Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород» и Государственной геральдикой.

20. Региональные отделения и общественные объединения, являющиеся членами Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород», информируют научную общественность через средства массовой информации о награждении своих лучших представителей наградами Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», Международного научного и делового клуба альтернативной энергетики и экологии и консорциума «Водород».

Перечень высших наград редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»

Ордена

**Орден Антуана
де Сент-Экзюпери**



За повышение качества жизни
на планете людей

For the improvement of life quality
on the planet of people

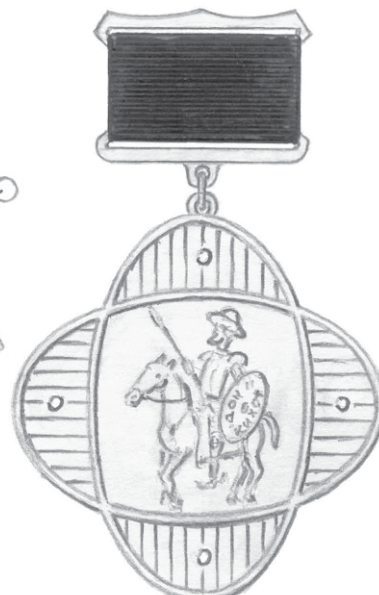
Орден Рюрика



За значительный вклад
в могущество
и энергетическую независимость
государства

For great contribution to the might
and energy independence of the nation

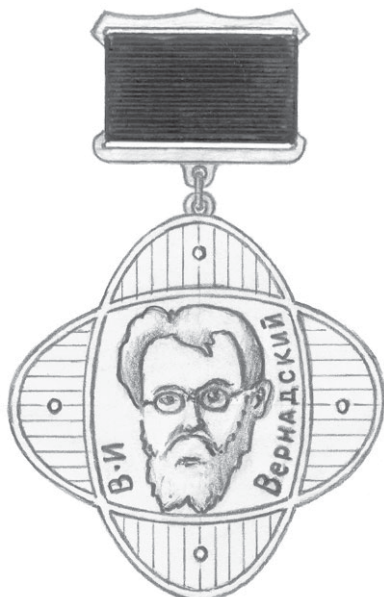
**Орден
Чести**



За честь и достоинство
в науке

For honor and dignity
in science

**Орден академика Владимира
Ивановича Вернадского**



За достижения в области геохимии
экологии и энергетики
в планетарном масштабе

For accomplishments in geochemistry,
ecology and energy on the global scale

**Орден
Петра Великого**



За вклад в развитие отношений между странами
по обмену энергетическими технологиями

For the contribution to the development
of international relations in
exchanging energy technologies

**Орден Михаила
Васильевича Ломоносова**



За большой вклад
в науку о водороде

For the great contribution
to hydrogen science

Перечень высших наград редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»

Медали

Медаль редколлегии



For the great contribution
to alternative energy and ecology

За большой вклад в альтернативную
энергетику и экологию

**Медаль академика
Генри Кавендиша**



For discoveries in the area
of hydrogen energy

За открытия в области водородной
энергетики

Медаль Б. И. Шелища



For courageous engineering solutions
in hydrogen energy

За смелость инженерных решений
в водородной энергетике

Медаль Леонардо да Винчи



For the inventive contribution
to the revival of ecology and energy

За изобретательский вклад в ренессанс
экологии и энергетики

Медаль Павла Петровича Аносова



For the development
of new structural steels

За создание новых
конструкционных сталей

Медаль академика Г. К. Борескова



For the great contribution to the synthesis
of new catalysts for alternative energy

За большой вклад
в синтез новых катализаторов
для альтернативной энергетики

**Медаль академика
И. В. Курчатова**



For the great contribution to atomic energy

За большой вклад
в атомную энергетику

**Медаль академика
Г. Е. Лозино-Лозинского**



For the great contribution to the
development of hydrogen vehicles

За большой вклад в развитие
водородных транспортных средств

**Медаль академика
Д. И. Менделеева**



For the development of
new materials for alternative
energy

За создание новых материалов
для альтернативной энергетики

**Медаль
А. Ф. Можайского**



For the development of new environmentally
clean aircraft systems

За создание новых
авиационных
экологически чистых
систем

**Медаль Ивана
Ивановича Ползунова**



For the development of new mechanical devices
for alternative energy

За создание новых
механических объектов
для альтернативной
энергетики

**Медаль академика
Кирила Синельникова**



For the great contribution
to vacuum cryogenic engineering

За большой вклад
в криогенно-вакуумную
технику

**Медаль Николая
Черняка**



For the contribution to thermodynamics
of energy systems

За вклад
в термодинамику
энергетических систем

**Медаль академика
Валерия Легасова**



For the great contribution
to atomic hydrogen energy

За большой вклад
в атомно-водородную
энергетику

**Медаль маршала
М. И. Неделина**



For heroism in operating space systems

За героизм
при эксплуатации
космических систем

**Медаль академика
А. Н. Крылова**



For the contribution to shipbuilding science

За вклад в науку
о кораблестроении

**Медаль
Уильяма Роберта Грова**



For distinguished inventions
in the area of fuel cells

За выдающиеся
изобретения в области
топливных элементов

**Медаль
Жюль Верна**



For distinguished projects

За выдающиеся
проекты

**Медаль профессора
Станислава Новикова**



For the contribution to the development
of new explosive technologies

За вклад в создание
новых взрывных
технологий

Медаль А. С. Пушкина



For the great contribution
to improved quality of the journal

За большой вклад
в повышение качества
журнала

**Медаль академика
П. Л. Капицы**



For the great contribution
to the development of cryogenic engineering

За большой вклад
в развитие
криогенной техники

Медаль профессора Майкла Фарадея



For the contribution to physics of power engineering

За вклад в физические основы энергетики

Медаль Блеза Паскаля



For the contribution to fluid mechanics

За вклад в механику жидкости и газа

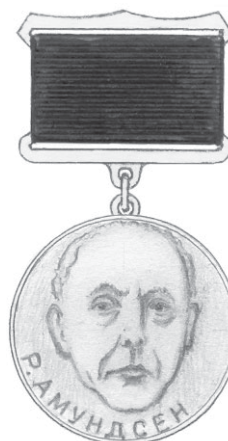
Медаль академика Фредерика Жолио-Кюри



For contribution to efficient use of radioactive sources

За вклад в эффективное использование радиоактивных энергоресурсов

Медаль Р. Амундсена



For contribution to ecology of the Arctic and Antarctic regions

За вклад в экологию Арктики и Антарктики

Медаль Тура Хейердала



For the arrangement of overseas expeditions on environmentally clean transport

За организацию кругосветных экспедиций на экологически чистом транспорте

Медаль Жака Ива Кусто



For the great contribution to ecology of seas and oceans

За большой вклад в экологию морей и океанов

Медаль академика Фредерика А. Льюиса



For discoveries of new effects in non-ferrous metallurgy

За открытия новых эффектов в цветной металлургии

Медаль П. В. Львова



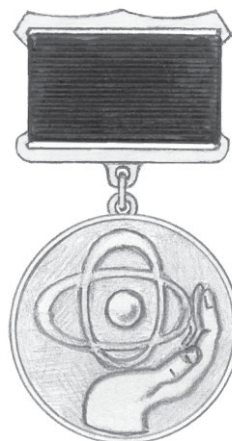
For courage and insistence in achieving goals

За мужество и настойчивость в достижении цели



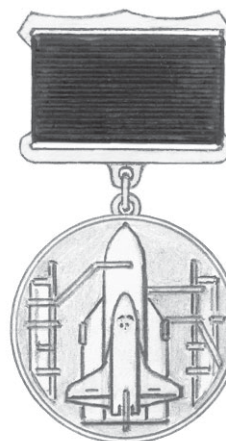
For the great contribution to small energy

За большой вклад в малую энергетику



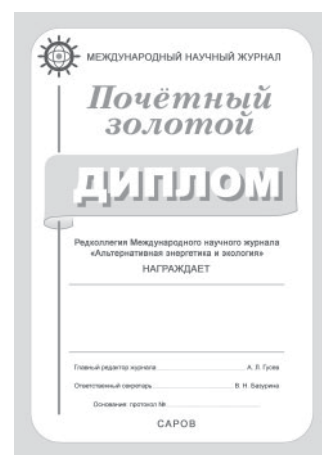
For the great contribution to hydrogen safety

За большой вклад в водородную безопасность



For the great contribution to safety of sophisticated engineering systems

За большой вклад в безопасность сложных технических систем



Почетный Золотой диплом
Honorary Golden Diploma

21ST CENTURY'S ENERGY: HYDROGEN ENERGY SYSTEM*T. Nejat Veziroglu*  Honorable Editor-in-Chief

Director, Clean Energy Research Institute, University of Miami
President, International Association for Hydrogen Energy

Fossil fuels (i. e., petroleum, natural gas and coal), which meet most of the world's energy demand today, are being depleted fast. Also, their combustion products are causing the global problems, such as the greenhouse effect, ozone layer depletion, acid rains and pollution, which are posing great danger for our environment and eventually for the life in our planet. Many engineers and scientists agree that the solution to these global problems would be to replace the existing fossil fuel system by the Hydrogen Energy System. Hydrogen is a very efficient and clean fuel. Its combustion will produce no greenhouse gases, no ozone layer depleting chemicals, little or no acid rain ingredients and pollution. Hydrogen, produced from renewable energy (e. g., solar) sources, would result in a permanent energy system, which we would never have to change.

However, there are other energy systems proposed for the post-petroleum era, such as a synthetic fossil fuel system. In this system, synthetic gasoline and synthetic natural gas will be produced using abundant deposits of coal. In a way, this will ensure the continuation of the present fossil fuel system.

The two possible energy systems for the post-fossil fuel era (i.e., the solar hydrogen energy system and the synthetic fossil fuel system) are compared with the present fossil fuel system by taking into consideration production costs, environmental damages and utilization efficiencies. The results indicate that the solar hydrogen energy system is the best energy system to ascertain a sustainable future, and it should replace the fossil fuel system before the end of the 21st Century.

1. ENERGY RELATED GLOBAL PROBLEMS

Soon after the invention of the steam engine in the 1860's, when the Industrial Revolution started to replace humans' and beasts' toil with nature's energy sources, a bright future seemed to be certain for humankind. More and more of nature's energy, initially in the form of wood and coal, later as oil and natural gas, were being harnessed for the benefit of humans. This resulted in mass production of goods, with corresponding reduction in prices and rising living standards.

Communities asked for factories, railroads, highways, seaports and airports. These meant more jobs, more income, more goods and more services. The world's standard of living was rising. When the Industrial Revolution started, the annual gross world product per capita was in some tens of dollars; today, it is \$6,600 and rising exponentially.

Fossil fuels, which fed this amazing economic growth, were the medicine to cure deprivation. But it was an untested medicine, at that. As the planet Earth consumed more and more fossil fu-

els, two important predicaments started to emerge: (1) the fossil fuels would be depleted in a foreseeable future, and (2) the fossil fuels and their combustion products were causing global environmental problems.

1.1. Depletion of Fossil Fuels

The demand for energy continues to rise because of two main reasons: (a) the continuing increase in world population, and (b) the growing demand by the developing countries in order to improve their living standards. At the present time, a large portion (about 65 %) of the world energy demand is met by the fluid fossil fuels (i. e., petroleum and natural gas), because of their availability and convenient use. However, it is expected that the world fossil fuel production will soon peak, and thereafter begin to decrease [1-4]. Fig. 1 shows estimates of the production rates of the fossil fuels and the world demand. It can be seen that the fluid fossil fuel production worldwide will continue to rise for the next 15 years, and then will

ISJAE



Лекция директора Института чистой энергии Университета Майями, профессора Т. Н. Везироглу будет представлена во время торжественной церемонии награждения в Государственной Думе РФ 29 ноября 2007 г. в 15⁰⁰.

Lecture of Director of the Clean Energy Research Institute at the University of Miami, professor T. N. Veziroglu will be presented during rewarding ceremony in the RF State Duma November 9, 2007 at 15⁰⁰.

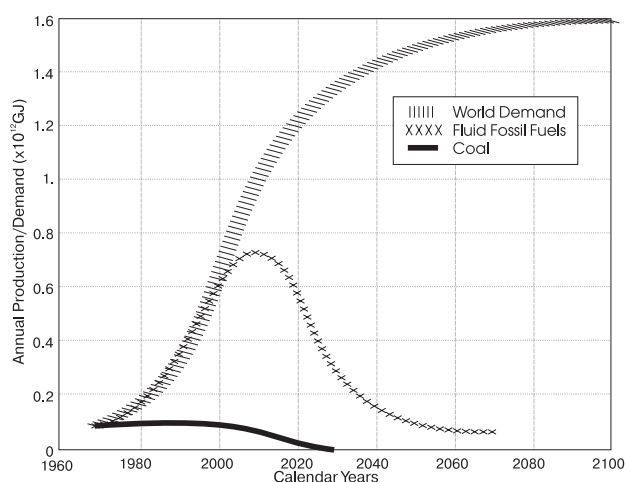


Fig. 1. Estimates of World Fossil Fuel Production

start to decrease. The coal production — because of the environmental reasons — is expected to remain nearly constant for the next decade and then start to decrease.

Meantime, as a result of the growing world population and the desires of the peoples to better their living standards, the world demand for fluid fuels is rising (Fig. 1). It is expected that the world population (which is about 6 billion at the moment and rising at 1.5 % per year) growth will slow down and reach about 10 to 12 billions by the end of the next century [5]. Consequently, the world demand for fluid fuels will slow down and reach around $1.6 \cdot 10^{12}$ GJ¹ per year. There will be a growing gap, starting within the next ten years, between the demand and production of fluid fuels.

1.2. Environmental Damage

The second predicament involving the fossil fuels is the environmental damage being caused by the fossil fuels and by their combustion products. Technologies for fossil fuel extraction, transportation, processing and particularly their end use (combustion), have harmful impacts on the environment, which cause direct and indirect negative effects on the economy. Excavation of coal devastates the land, which has to be reclaimed and is out of use for several years. During the extraction, transportation and storage of oil and gas, spills and leakages occur, which cause water and air pollution. Refining processes also have an environmental impact. However, most of the fossil fuel environmental damage occurs during the end use. The end use of all fossil fuels is combustion, irrespective of the final purpose (i. e., heating, electricity production or motive power for transportation). The main constituents of fossil fuels are carbon and hydrogen, but also some other ingredients, which are originally in the fuel (e. g., sulfur), or are added during refining (e. g., lead, alcohols). Combustion of the fossil fuels produces various gases (CO_x , SO_x , NO_x , CH_x), soot and ash, droplets of tar, and other organic compounds,

which are all released into the atmosphere and cause air pollution. Air pollution may be defined as the presence of some gases and particulates which are not a natural constituent of the atmosphere, or even presence of the natural constituents in an abnormal concentration. Air pollution causes damage to human health, animals, crops, structures, reduces visibility, and so on.

Once in the atmosphere, triggered by sunlight or by mixing with water and other atmospheric compounds, the above stated primary pollutants may undergo chemical reaction, change their form and become secondary pollutants, like ozone, aerosols, peroxyacyl nitrates, various acids, etc. Precipitation of sulfur and nitrogen oxides, which have dissolved in clouds and in rain droplets to form sulfuric and nitric acids is called acid rain; but also acid dew, acid fog and acid snow have been recorded. Carbon dioxide in equilibrium with water produces weak carbonic acid. Acid deposition (wet or dry) causes soil and water acidification, resulting in damages to the aquatic and terrestrial ecosystems, affecting humans, animals, vegetation and structures.

The remaining products of combustion in the atmosphere, mainly carbon dioxide, together with other so called greenhouse gases (methane, nitrogen oxides and chlorofluorocarbons), result in thermal changes by absorbing the infrared energy the Earth radiates into the atmosphere, and by reradiating some back to Earth, causing global temperatures to increase. The effects of the temperature increase are melting of the ice caps, sea level rise and climate changes, which include heat waves, droughts, floods, stronger storms, more wildfires, etc.

Using the studies by scores of environmental scientists, the above stated damages have been calculated for each of the fossil fuels [6]. Table 1 presents the results for each type of damage, in 1998 U.S. dollars. It can be seen that the environmental damage for coal is \$14.51 per GJ of coal consumed, for petroleum \$12.52 per GJ of petroleum consumed, for natural gas \$8.26 per GJ of natural gas consumed, and the weighted mean damage in the world is \$12.05 per GJ of fossil fuel consumption. These damage costs are not included in the prices of fossil fuels, but they are paid for by the people directly or indirectly through taxes, health expenditures, insurance premiums, and through a reduced quality of life. In other words, today fossil fuels are heavily subsidized. If the respective environmental damages were included in the fossil fuel prices, it would force earlier introduction of cleaner fuels, such as hydrogen, with many benefits to the economy and the environment.

In order to see the worldwide dimensions of the fossil fuel environmental damage, Table II has been prepared. It can be seen that 37 % of the total damage is caused by coal, while the coal consumption is 31 % of the total fossil fuel con-

¹ 1 GJ of energy is approximately equal to the energy contained in 3.4 gallons of petroleum.

Table 1

Environmental Damage Caused by Each of Fossil Fuels

Type of Damage (n)	Environmental Damage 1998 \$ per GJ					
	Coal		Petroleum		Natural Gas	
	Itemized Damage	Sub-Totals	Itemized Damage	Sub-Totals	Itemized Damage	Sub-Totals
Effect on Humans		5.16		4.19		3.09
Premature deaths	1.75		1.42		1.05	
Medical Expenses	1.75		1.42		1.05	
Loss of working efficiency	1.66		1.35		0.99	
Effect on Animals		0.75		0.63		0.45
Loss of domestic live stock	0.25		0.21		0.15	
Loss of wildlife	0.50		0.42		0.30	
Effect on Plants and Forests		1.99		1.61		1.20
Crop yield reduction — ozone	0.25		0.21		0.15	
Crop yield reduction — acid rains	0.13		0.10		0.07	
Effect on wild flora (plants)	0.77		0.62		0.46	
Forest decline (economic value)	0.27		0.22		0.16	
Forest decline (effect on biological diversity)	0.53		0.43		0.33	
Loss of recreational value	0.04		0.03		0.03	
Effect on Aquatic Ecosystems		0.26		1.55		0.16
Oil spills	—		0.44		—	
Underwater tanks leakages	—		0.90		—	
Liming lakes	0.04		0.03		0.03	
Loss of fish population	0.04		0.03		0.03	
Effect on biological diversity	0.18		0.15		0.10	
Effect on Man-Made Structures		1.66		1.34		0.98
Historical buildings and monuments degradation	0.18		0.15		0.10	
Buildings and houses' detriment	0.37		0.30		0.22	
Steel constructions corrosion	0.99		0.80		0.59	
Soiling of clothes, cars, etc.	0.12		0.09		0.07	
Other Air Pollution Costs		1.45		1.16		0.88
Visibility reduction	0.30		0.23		0.18	
Air pollution abatement costs	1.15		0.93		0.70	
Effect of Strip Mining		0.73		—		—
Effect of Climactic Changes		2.04		1.66		1.22
Heat waves — effects on humans	0.27		0.22		0.16	
Droughts -						
Agricultural losses	0.16		0.13		0.10	
Livestock losses	0.13		0.10		0.07	
Forests losses	0.16		0.13		0.10	
Wild flora and fauna losses	0.93		0.75		0.56	
Water shortage and power production problems	0.25		0.21		0.15	
Floods	0.07		0.06		0.04	
Storms, hurricanes, tornadoes	0.07		0.06		0.04	
Effect of Sea Level Rise		0.47		0.38		0.28
TOTALS		14.51		12.52		8.26

sumption. On the other hand, only 20 % of the damage is caused by natural gas, which has a market share of 29 %. It is clear that increasing the natural gas consumption at the expense of coal and petroleum will be environmentally beneficial. This would also prepare the way for greater public acceptance of gaseous fuels, which would result in a smoother change to hydrogen, also a gaseous fuel. It can also be seen from Table 2 that the annual worldwide environmental damage caused by fossil fuels is 1998 \$4,345 billion, or equal to 11 % of the gross world product. This is a very large figure. Conversion to a cleaner fuel, such as hydrogen, would enable the world to save this

enormous sum and perhaps use it to improve the quality of life worldwide.

2. REASONS FOR HYDROGEN ENERGY SYSTEM

Because of the foregoing, energy researchers are looking at the possible alternative sources of energy to replace the fossil fuels. There are quite a number of primary energy sources available, such as thermonuclear energy, nuclear breeders, solar energy, wind energy, hydropower, geothermal energy, ocean currents, tides and waves.

At the consumer end, about one-quarter of the primary energy is used as electricity and three-

Table 2
Worldwide Fossil Fuel Consumption
and Environmental Damage for 1998

Fossil Fuel Consumption	(10^{18} J per year)
World coal consumption	112
World petroleum consumption	148
World natural gas consumption	105
World fossil fuel consumption	365
Environmental/ Damage Estimate	(1998 billion \$)
Damage due to coal	1,625
Damage due to petroleum	1,853
Damage due to natural gas	867
Total Damage	4,345
Demographic and Economic Data	
World population (in billions)	5.96
Damage per capita	730
World GWP (billion \$)	\$39,340
GWP per capita	\$ 6,600
Damage/GWP	0.11

quarters as fuel. The above mentioned primary energy sources must therefore be converted to these energy carriers needed by the consumer. In contrast with the fossil fuels, none of the new primary energy sources can be directly used as a fuel, e. g., for air transportation, land transportation. Consequently, they must be used to manufacture a fuel or fuels, as well as to generate electricity.

Since we need to manufacture a fuel for the post fossil fuel era, we are in a position to select the best possible fuel. There are many candidates, such as synthetic gasoline, synthetic natural gas (methane), methanol, ethanol and hydrogen. The fuel of choice must satisfy the following conditions [7]:

- It must be convenient fuel for transportation.
- It must be versatile or convert with ease to other energy forms at the user end.
- It must have high utilization efficiency.
- It must be safe to use.

In addition, the resulting energy system must be environmentally compatible and economical.

2.1. Transportation Fuel

Surface vehicles and airplanes must carry their fuel for a certain distance before replenishing their fuel supply. In the case of space transportation, the space vehicles must carry their, fuel, as well as the oxidant, necessary for their scheduled range. Therefore, it is important that the transportation fuel be as light as possible and also take as little space as possible. We can combine these requirements in a dimensionless number, termed the motivity factor [8]:

$$\phi_M = \frac{\left(\frac{E}{M}\right)\left(\frac{E}{V}\right)^{\frac{2}{3}}}{\left(\frac{E_h}{M_h}\right)\left(\frac{E_h}{V_h}\right)^{\frac{2}{3}}} \quad (1)$$

where E is the energy generated by the fuel, M the mass of the fuel, V the volume of the fuel,

and the subscript h refers to hydrogen. The higher the motivity factor, the better the fuel for transportation. Table 3 lists the pertinent properties of some fuels, as well as the motivity factors calculated using Equation (1). It can be seen that among the liquid fuels LH_2 has the best motivity factor, while methanol has the lowest motivity factor. Among the gaseous fuels, GH_2 has the best motivity factor.

Consideration of the utilization efficiency advantage of hydrogen further improves hydrogen's standing as the best transportation fuel. Of course, this is one of the reasons why hydrogen is the fuel of choice for the space programs around the world, even though presently it is more expensive than fossil fuels.

2.2. Versatility

At the user end, all fuels must be converted through a process (such as combustion) to other forms of energy, e. g., thermal energy, mechanical energy and electrical energy. If a fuel can be converted through more than one process to various forms of energy at the user end, it becomes more versatile and more convenient to utilize. Table 4 lists various fuels and processes by which they can be converted to other forms of energy at the user end. It can be seen that all the fuels, except hydrogen, can be converted through one process only, that of combustion. Hydrogen, however, can be converted to other forms of energy in five different ways; i. e., in addition to flame combustion, it can be converted directly to steam, converted to heat through catalytic combustion, act as a heat source and/or heat sink through chemical reactions, and converted directly to electricity through electrochemical processes [9]. In other words, hydrogen is the most versatile fuel.

2.3. Utilization Efficiency

In comparing the fuels, it is important to take into account the utilization efficiencies at the user end. For utilization by the user, fuels are converted to various energy forms, such as thermal, mechanical and electrical. Studies show that in almost every instance of utilization, hydrogen can be converted to the desired energy form more efficiently than other fuels [6].

Table 5 presents the utilization efficiency factors, defined as the fossil fuel utilization efficiency divided by the hydrogen utilization efficiency, for various applications. It can be seen that hydrogen is the most efficient fuel. This results in conservation of resources, in addition to conserving energy.

2.4. Safety

The safety aspects of fuels involve their toxicity on one hand and the fire hazard properties on the other. In addition to the toxicity of their combustion products, the fuels themselves can be toxic. The toxicity increases as the carbon-to-hydrogen ratio increases. Hydrogen and its main combustion product, water or water vapor, are not

Table 3

Energy Densities (HHV) and Motivity Factors for Liquid and Gaseous Fuels

Fuel	Chemical Formula	Energy per unit Mass $\left(\frac{E}{M}\right)$ J/kg	Energy per unit volume $\left(\frac{E}{V}\right)$ J/m ³	Motivity Factor ϕ_M
<i>Liquid Fuels</i>				
Fuel oil	C ₂₀ H ₄₂	45.5	38.65	0.78
Gasoline	C ₅₋₁₀ H ₁₂₋₂₂	47.4	34.85	0.76
Jet fuel	C ₁₀₋₁₅ H ₂₂₋₃₂	46.5	35.30	0.75
LPG	C ₃₋₄ H ₈₋₁₀	48.8	24.40	0.62
LNG	~CH ₄	50.0	23.00	0.61
Methanol	CH ₃ OH	22.3	18.10	0.23
Ethanol	C ₂ H ₅ OH	29.9	23.60	0.37
LH ₂	H ₂	141.9	10.10	1.00
<i>Gaseous Fuels</i>				
Natural gas	~CH ₄	50.0	0.040	0.75
GH ₂	H ₂	141.9	0.013	1.00

Table 4

Versatility (Convertibility) of Fossil Fuels

Conversion Process	Hydrogen	Fossil Fuels
Flame Combustion	Yes	Yes
Direct Steam Production	Yes	No
Catalytic Combustion	Yes	No
Chemical Conversion (Hydriding)	Yes	No
Electrochemical Conversion (Fuel Cells)	Yes	No

Table 5

Utilization Efficiency Comparisons of Fossil Fuels and Hydrogen

Application	Utilization Efficiency Factor $\phi_u = \eta_F / \eta_H$
Thermal Energy	
Flame Combustion	1.00
Catalytic Combustion	0.80
Steam Generation	0.80
Electric Power, Fuel Cells	0.54
Surface Transportation	
Internal Combustion Engines	0.82
Fuel Cells/Electric Motor	0.40
Subsonic Jet Transportation	0.84
Supersonic Jet Transportation	0.72
Weighted Average	0.72
Hydrogen Utilization Efficiency Factor	1.00
Fossil Fuel Utilization Efficiency Factor	0.72

toxic. However, NO_x, which can be produced through the flame combustion of hydrogen (as well as through the combustion of fossil fuels) displays toxic effects.

Table 6 lists the characteristics of fuels related to fire hazards. Lower density makes a fuel safer, since it increases the buoyancy force for speedy dispersal of the fuel in case of a leak. For the same reason, higher diffusion coefficients are helpful. Higher specific heat causes a fuel to be safer, since it slows down the temperature in-

creases for a given heat input. Wider ignition limits, lower ignition energies, and lower ignition temperatures make the fuels less safe, as they increase the limits in which a fire could commence. Higher flame temperature, higher explosion energy, and higher flame emissivity make a fuel less safe as well, since its fire would be more damaging.

Table 7 compares the safety of fuels. For each of the toxic elements and fire hazard characteristics, it ranks the fuels from 1 to 3, 1 being the safest and 3 the least safe. These rankings have been summed up for each fuel in order to arrive at an overall ranking. The total rankings have been prorated to obtain the safety factors, defined as the ratio of the total ranking for hydrogen to that of a given fuel. It can be seen that hydrogen becomes the safest fuel; while gasoline is the least safe, methane being in between the two.

2.4. Best Fuel

When we look at the fuel options critically under the criteria given above, it becomes clear that hydrogen is the best transportation fuel, the most versatile fuel, the most efficient fuel and the safest fuel. In summary, hydrogen is the best fuel.

3. HYDROGEN ENERGY SYSTEM

As a result of the above discussion, it becomes clear that it would be expedient to manufacture hydrogen using any and all primary energy sources, in order to make up for their shortcomings. Such an energy system is then called the "Hydrogen Energy System."

Fig. 2 presents a schematic diagram of the proposed hydrogen energy system. In this system, hydrogen, (and oxygen) is produced in large industrial plants where the primary energy source (solar, nuclear, and even fossil) and water (H₂O), the raw material, are available. For large scale storage, hydrogen can be stored underground in ex-mines, caverns and/or aquifers. Hydrogen is then transported, by means of pipelines or super tankers, to energy consumption centers. Subsequently, it is used in electricity, transportation,

Table 6
Characteristics Related to Fire Hazard of Fuels

Property	Gasoline	Methane	Hydrogen
Density ^a (kg/m ³)	4.40	0.65	0.084
Diffusion Coefficient in Air ^a (cm ² /sec)	0.05	0.16	0.610
Specific Heat at Constant Pressure ^a (J/gK)	1.20	2.22	14.89
Ignition Limits in Air (vol %)	1.0–7.6	5.3–15.0	4.0–75.0
Ignition Energy in Air (mj)	0.24	0.29	0.02
Ignition Temperature (°C)	228–471	540	585
Flame Temperature in Air (°C)	2197	1875	2045
Explosion Energy ^b (g TNT/kJ)	0.25	0.19	0.17
Flame Emissivity (%)	34–43	25–33	17–25

^a At normal temperature and pressure.

^b Theoretical maximum; actual 10 % of theoretical.

Table 7

Safety Ranking of Fuels

Characteristic	Fuel Ranking ^a		
	Gasoline	Methane	Hydrogen
Toxicity of Fuel	3	2	1
Toxicity of Combustion (CO, SO _x , NO _x , HC, PM)	3	2	1
Density	3	2	1
Diffusion Coefficient	3	2	1
Specific Heat	3	2	1
Ignition Limit	1	2	3
Ignition Energy	2	1	3
Ignition Temperature	3	2	1
Flame Temperature	3	1	2
Explosion Energy	3	2	1
Flame Emissivity	3	2	1
TOTALS	30	20	16
Safety Factor ϕ_s	0.53	0.80	1.00

^a 1 — safest; 2 — less safe; 3 — least safe.

the advantage of increasing the utilization efficiency. The oxygen could be used by industry for non-energy applications, and also for rejuvenating the polluted rivers and lakes, or speeding up sewage treatment.

It should be noted that in the hydrogen energy system, hydrogen is not a primary source of energy. It is an intermediary or secondary form of energy or an energy carrier. Hydrogen complements the primary energy sources, and presents them to the consumer in a convenient form at the desired locations and time.

Details of the hydrogen energy system, including production, storage, transportation, distribution, utilization, environmental impact and economics, can be found in the proceedings of the THEME and the World Hydrogen Energy Conferences [10–22], and in the books by Bockris, Veziroglu and Smith [23], and Veziroglu and Barbir [24].

4. COMPETING ENERGY SYSTEMS

Essentially, there are three contending energy systems: (1) the present fossil fuel system, (2) the coal/synthetic fossil fuel system, and (3) the solar hydrogen energy system, which is a special case of the hydrogen energy system.

4.1. Fossil Fuel System

A simplified version of today's energy system is shown in Fig. 3. Fossil fuels are used for transportation (mostly petroleum products), for heat generation in residential, commercial and industrial sectors, and for electric power generation. For transportation, mostly petroleum products are used (gasoline, diesel fuel, jet fuel, etc.). Heat generation includes space heating, domestic water heating, cooking, steam generation and direct heating and/or drying in various industrial processes. All three forms of fossil fuels are used for these purposes. In electric power generation, coal is used mainly for the base load generation, and natural gas and heating oil are used for peak load. Part of the electric power is produced by hydro and nuclear power.

In comparing with other energy systems, it can be assumed that 40 % of primary energy (in

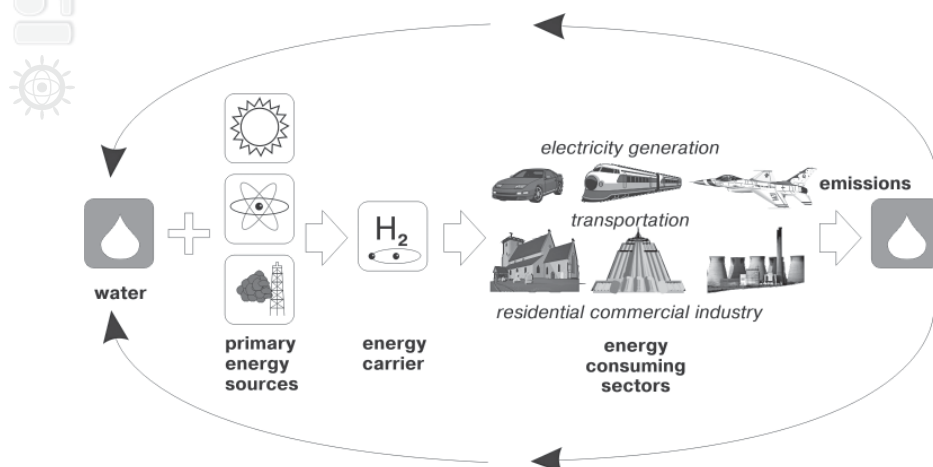


Fig. 2. A Schematic Diagram of Hydrogen Energy System

industrial, residential and commercial sectors as a fuel and/or an energy carrier. The by-product is water or water vapor. If flame combustion of hydrogen is used, then some NO_x is also produced. Water and water vapor are recycled back, through rain, rivers, lakes and oceans, to make up for the water used in the first place to manufacture hydrogen.

The oxygen produced in the industrial plant making hydrogen could either be released into the atmosphere, or could be shipped or piped to industrial and city centers for use in fuel cells (instead of air) for electricity generation. This would have

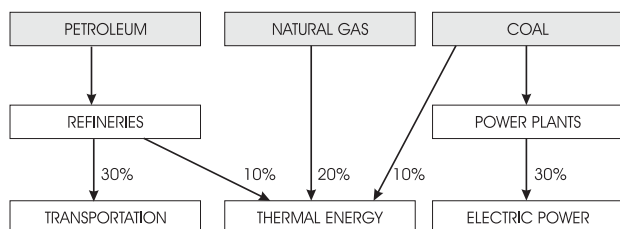


Fig. 3. Fossil Fuel System

fossil fuel equivalent units) will be used for thermal energy generation, 30 % for electric power generation, and 30 % for transportation (2/3 for surface transportation and 1/3 for air transportation) [23]. Energy supplied by hydro and nuclear power plants (mostly in the form of electric power) and by other non-fossil fuel sources do not have to be taken into account, since it is assumed that it will be the same for the three systems considered. Actually, it is reasonable to expect that in the future even more electrical energy will be supplied by these sources.

When one considers the early 2000's, it can be expected that about one half of the thermal energy will be supplied by natural gas, and the rest by petroleum fuels (fuel oil and residual oil) and coal. Coal is assumed to be the main energy source for electricity generation, gasoline for surface transportation and jet fuel for air transportation. This is of course a simplified version of the fossil fuel energy system, but it is close enough to the present patterns of energy consumption, and can be used as the basis for comparisons.

4.2. Coal/Synthetic Fossil Fuel System

Reserves of fossil fuels are finite, particularly those of oil and natural gas. Known reserves of oil and natural gas are about 8,000 El (1 El = 1018 l), which would be enough for the next 40 years at the current consumption rate [24]. If the exponential population growth and the demand growth are taken into account they would only last about 25 years. Even if the estimated additional undiscovered resources were added, that would satisfy energy needs for fluid fuels an additional 30 years or so. Coal reserves are much larger, known reserves are about 20,000 El, but estimated ultimately recoverable resources add up to 150,000 El. These large amounts of coal could eventually be used to produce synthetic liquid fuels, allowing society to continue employing the present energy system. Such a system is called the coal/synthetic fossil fuel system, since coal is to be used to manufacture synthetic fossil fuels, as well as to be directly used for electricity generation.

In this case, it can be assumed that the present fossil fuel system will be continued by the substitution with synthetic fuels derived from coal wherever convenient and/or necessary. Patterns of energy consumption are also assumed to be unchanged (see Fig. 4). Coal will be used extensively for thermal power generation and for electric power generation, because it is much cheaper than synthetic fuels. However, some end-uses require fluid

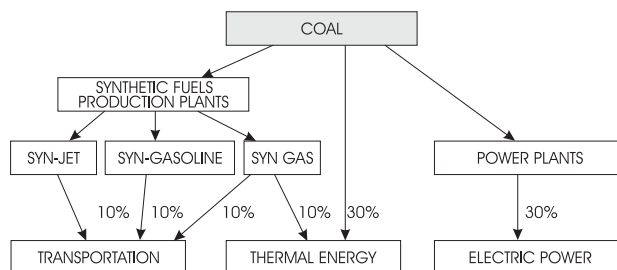


Fig. 4. Coal/Synthetic Fossil Fuel System

fuels. Therefore it has been assumed that synthetic natural gas (SNG) will be used for some thermal energy generation (primarily in the residential sector) and also as fuel for surface transportation, where it will share the market with synthetic gasoline. Synthetic jet fuel will be used in air transportation.

4.3. Solar Hydrogen Energy System

If solar energy, in its direct and/or indirect forms (e. g., hydro, wind, etc.), is used to manufacture hydrogen, then the resulting system is called the "solar hydrogen energy system." In this system, both the primary and secondary energy sources are renewable and environmentally compatible, resulting in a clean and permanent energy system. Fig. 5 presents a schematic of the solar hydrogen energy system.

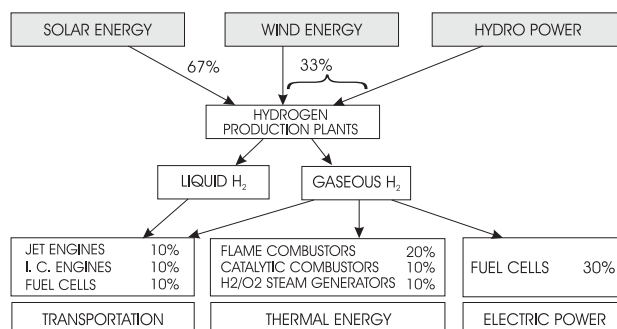


Fig. 5. Solar-Hydrogen Energy System

In this case, it is assumed that the conversion to the hydrogen energy will take place, and one-third of hydrogen needed will be produced from hydropower (and/or wind power) and two-thirds by direct and indirect (other than hydropower) solar energy forms. The same percentage of energy demands by sectors as the above systems will be assumed. It will further be assumed that one half of the thermal energy will be achieved by flame combustion, one quarter by steam generation with hydrogen/oxygen steam generation and the last quarter by catalytic combustion; electric power will be generated by fuel cells; one-half of the surface transportation will use gaseous hydrogen burning internal combustion engines and the other half will use fuel cells. In air transportation, both subsonic and supersonic, liquid hydrogen will be used.

5. COMPARISON OF ALTERNATIVES ENVIRONMENTAL IMPACT OF ENERGY

It may be best to divide this into three sections, viz., pollution vapor generation and environmental damage.

5.1. Pollution

Table 8 lists the pollutants for the three energy systems described. It can be seen that the coal/synthetic fossil system is the worst from the environmental point of view, while the solar-hydrogen energy system is the best. The solar-hydrogen system will not produce any CO₂, CO, SO_x, hydrocarbons or particulates, except some NO_x. However, the solar-hydrogen-produced NO_x is much less than those produced by the other energy systems. This is due to the fact that in the solar hydrogen energy system only the flame combustion of hydrogen in air will generate NO_x. The other utilization processes (such as direct steam generation, use of hydrogen in fuel cells, hydriding processes, etc.) will not produce any NO_x.

Table 8
Pollutants Produced by Three Energy Systems

Pollutant	Fossil Fuel System (kg/GJ)	Coal/Synthetic Fossil System (kg/GJ)	Solar-Hydrogen System (kg/GJ)
CO ₂	72.40	100.00	0
CO	0.80	0.65	0
SO ₂	0.38	0.50	0
NO _x	0.34	0.32	0.10
HC	0.20	0.12	0
PM*	0.09	0.14	0

* Particulate Matter

5.2. Vapor Generation

There is a notion that the hydrogen energy system would produce more water vapor than the other energy systems, since the fuel is pure hydrogen. When one considers the problem in detail, it is found to be not so.

Only the flame combustion of fuels in air or in oxygen will produce water vapor. In the case of hydrogen those other processes mentioned earlier will not produce any water vapor. Consequently, contrary to the popular belief, the solar-hydrogen energy system will produce less water vapor than the other systems.

Global warming, which is caused by the utilization of fossil fuels, also causes an increase in water vapor generation. Assuming that the Earth's mean temperature has increased by 0.5 °C since the beginning of the Industrial revolution [25], this additional water vapor generation and that produced by the combustion of fuels have been calculated. The results are presented in Table 9, it can be seen that (1) the two fossil fuel systems generate much more additional (above natural) water vapor than the solar hydrogen energy system, (2) the additional water vapor generated by global warming is much greater than that produced by the combustion of fuels, (3) the amount of water vapor generated by fuels is minimal compared to that generated naturally, and (4) the solar hydrogen system causes the smallest increase in vapor generation. Again, when the additional vapor generation is considered, the solar-hydrogen system becomes environmentally the most compatible system.

5.3. Environmental Damage

Table 10 presents the environmental damage per gigajoule of the energy consumed for each of the three energy systems considered and also for their fuel components in 1998 US dollars, as well as environmental compatibility factors, defined as the ratio of the environmental damage due to the hydrogen energy system to that due to a given energy system. The environmental damage for the solar-hydrogen energy system is due to the NO_x produced. It can be seen that the solar-hydrogen energy system is environmentally the most compatible system.

It should be mentioned that hydrogen also has the answer to the depletion of the ozone layer, mainly caused by chlorofluorocarbons. Refrigeration and air-conditioning systems based on the hydriding property of hydrogen do not need chlorofluorocarbons but need hydrogen, and any hydrogen leak would not cause ozone layer depletion. Such refrigeration systems are also very quiet, since they do not have any moving machinery.

6. COMPARISON OF ECONOMICS OF ENERGY ALTERNATIVES

The economical comparison between competing energy systems should be based on the effective

Table 9
Comparison of Vapor Generation by Three Energy Systems (For 1998 Energy Consumption)

Item	Unit	Fossil Fuel System	Coal/Synthetic Fossil System	Solar-Hydrogen System
Annual Vapor Generation by Energy System	10 ¹² kg	8.9	9.300	6.0
Annual Vapor Generation due to Global Warming	10 ¹² kg	3,900	3,900.000	0
Total Vapor Generation due to Energy System and Global Warming	10 ¹² kg	3,909	3,909.000	6.0
Total Vapor Generation as Fraction of that Produced Naturally	%	0.782	0.782	0.001

Note: Annual vapor generation due to solar heating is 5×10¹⁷ kg

Environmental Damage and Environmental Compatibility Factors

Energy System and Fuel	Environmental Damage (1998 \$/GJ)	Environmental Compatibility Factor, ϕ_E
Fossil Fuel System	12.47	0.055
Coal	14.51	
Oil	12.52	
Natural Gas	8.26	
Coal/Synthetic Fossil System	15.46	0.044
Syn-Gas	20.34	
SNG	13.49	
Solar-Hydrogen Energy System	0.68	1.000
Hydrogen	0.68	

tive costs of the services these fuels provide. The effective costs include the utilization energy, the east of fuel, and the costs associated with fuel consumption but which are not included in its price (so-called external costs). External costs include the costs of the physical damage done to humans, fauna, flora and the environment due to harmful emissions, oil spills and leaks, and coal strip mining, as well as governmental expenditures for pollution abatement and expenditures for military protection of oil supplies.

In economic considerations, it is also important to compare the future costs of hydrogen (which will be considerably tower than they are today because of the assumed market and technology development) with the future costs, both internal and external, of fossil fuels (which will unavoidably be higher than today's prices due to depletion, international conflicts and environmental impact).

The effective east of a fuel can be calculated using the following relationship:

$$C_r = (C_i + C_e) \frac{\eta_{fk}}{\eta_{sk}}, \quad (2)$$

where C_i is the internal cost or the conventional cost of the fuel, C_e the external cost including the environmental damage caused by the fuel η_{fk} the fossil fuel utilization efficiency for application k , and η_{sk} the synthetic fuel (inducing hydrogen) utilization efficiency for the same application or the end use.

In order to evaluate the overall cost (C_0) to society, the three scenarios considered earlier will be used. This cost can be calculated from the relationship:

$$C_0 = \sum_{n=1}^n \alpha_n C_m \quad (3)$$

where α_n is the fraction of energy used by the energy sector n , such as electricity generating, heat producing, surface transportation, subsonic air transportation, and supersonic air transportation. Since α_n is a fraction, their sum is:

$$\sum_{n=1}^n \alpha_n = 1 \quad (4)$$

Substituting Eq. (2) into Eq. (3), one obtains

$$C_0 = \sum_{n=1}^n \alpha_n \left[(C_i + C_e) \frac{\eta_{fk}}{\eta_{sk}} \right]_n. \quad (5)$$

Table 10

Using Eqs. (2)–(5), Tables 11–13 have been prepared for the three energy scenarios, i. e., the fossil fuel system, the coal/synthetic fossil fuel system, and the solar-hydrogen energy system in 1998 US dollars. Comparing the results, it becomes clear that the solar-hydrogen energy system is the most cost-effective energy system, and results in the lowest overall effective cost to society.

7. ADVANTAGES OF HYDROGEN AND SOLAR-HYDROGEN ENERGY SYSTEM

As a result of the investigation presented above, it can be seen that hydrogen as a fuel and the solar hydrogen energy system have unmatched advantages as compared with fossil fuels and the fossil fuel system respectively.

Table 11

Effective East of Fossil Fuel System

Application	Fuel	Energy Consumption Fraction	Effective Cost (1998 U.S. \$/GJ)
Thermal Energy	Natural Gas	0.20	17.46
	Petroleum Fuels	0.10	27.56*
	Coal	0.10	17.75
Electric Power	Coal	0.30	17.25
Surface Transportation	Gasoline	0.20	31.61
Air Transportation	Jet Fuel	0.10	25.98
TOTAL OF FRACTIONS		1.00	
OVERALL EFFECTIVE GOST			22.11

* Average for residential and industrial sector.

Table 12

Effective Cost of Coal/Synthetic Fuel System

Application	Fuel	Energy Consumption Factor	Effective Cost (1998 U.S.\$/GJ)
Thermal Energy	Goal	0.30	17.75
	SNG	0.10	36.64
Electric Power	Goal	0.30	17.25
Surface Transportation	SNG	0.10	36.64
	Syn-gasoline	0.10	51.65
Air Transportation	Syn-jet	0.10	45.45
TOTAL OF FRACTIONS		1.00	
OVERALL EFFECTIVE COST			27.55

7.1. Hydrogen

The advantages of hydrogen vis a vis fossil fuels can be listed as follows:

- Liquid hydrogen is the best transportation fuel when compared to liquid fuels such as gasoline, jet fuel and alcohols; and gaseous hydrogen in the best gaseous transportation fuel.

- While hydrogen can be converted to useful energy forms (thermal, mechanical and electrical) at the user end through five different processes, fossil fuels can only be converted through one process, i.e., flame combustion. In other words, hydrogen is the most versatile fuel.

Table 13
Effective Cost of Solar-Hydrogen Energy System

Application	Fuel*	Energy Consumption Factor	Effective Cost (1998 US\$/GJ)
Thermal Energy			
Flame Combustion	GH ₂	0.20	26.04
Steam Generation	GH ₂	0.10	20.83
Catalytic Combustion	GH ₂	0.10	20.83
Electric Power			
Fuel Cells	GH ₂	0.30	14.06
Surface Transportation			
IC Engines	GH ₂	0.10	21.36
Fuel Cells	GH ₂	0.10	10.41
Air Transportation			
Subsonic	LH ₂	0.05	26.26
Supersonic	LH ₂	0.05	22.51
TOTAL OF FRAGTIONS		1.00	
OVERALL EFFECTIVE EAST			19.23

*It has been assumed that 1/3 of hydrogen will be produced from hydropower and/or wind power, and 2/3 from solar.

• Hydrogen has the highest utilization efficiency when it comes to conversion to useful energy forms (thermal, mechanical and electrical) at the user end. Overall, hydrogen is 39 % more efficient than fossil fuels. In other words, hydrogen will save primary energy resources. It could also be termed as the most energy conserving fuel.

• When fire hazards and toxicity are taken into account, hydrogen becomes the safest fuel.

7.2. Solar Hydrogen Energy System

The advantages of the solar hydrogen energy system vis a vis the present fossil fuel system and synthetic fossil fuel system can be listed as follows:

• When the environmental impact is taken into consideration, the solar hydrogen energy system becomes the most environmentally compatible energy system. It will not produce greenhouse gases, ozone layer damaging chemicals, oil spills, climate change, and little or no acid rain ingredients and pollution. It will actually reverse the global warming and bring the Earth back to its normal temperatures by decreasing the CO₂ in the atmosphere to its pre-Industrial Revolution level.

• The solar hydrogen energy system has the lowest effective cost, when environmental damage and higher utilization efficiency of hydrogen are taken into account. In other words, the solar hydrogen energy system will cost society least when compared with the present fossil fuel system and the synthetic fossil fuel system.

REFERENCES

1. Elliot M. A., Turner N. C. Estimating the Future Rate of Production of the World's Fossil Fuels // Presented at the American Chemical Society's 163rd National Meeting, Division of Fuel

Chemistry Symposium on "Non-Fossil Chemical Fuels," Boston, 13 April (1972).

2. Root D., Attanasi E. // The American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 1978.

3. Parent J. D. A Survey of the United States and Total World Production, Proves Reserves, and Remaining Recoverable Resources of Fossil Fuels and Uranium as of December 31, 1977 // Institute of Gas Technology, Chicago, March. 1979.

4. Bockris J. O. M., Veziroglu T. Nejat. // Int. J. Hydrogen Energy. 1983. 8, 323.

5. Veziroglu T. N., Basar O. Dynamics of a Universal Hydrogen Fuel System // Hydrogen Energy. 1974. Part B, Plenum Press, P. 1309-1326.

6. Barbir F., Veziroglu T. N., Plass Jr. H. J. Environmental Damage Due to Fossil Fuels Use // Int. J. Hydrogen Energy. 1990. 10, 739.

7. Veziroglu T. N., Barbir F. Hydrogen: The Wonder Fuel // Int. J. Hydrogen Energy. 1992. 17, 391.

8. Veziroglu T. N., Barbir F. Transportation Fuel-Hydrogen // Energy Technology and the Environment. 1995. Vol. 4, Wiley Interscience. P. 2712-2730.

9. Veziroglu T. N. Hydrogen Technology for Energy Needs of Human Settlements // Int. J. Hydrogen Energy. 1987. 12(2).

10. Veziroglu T. N. ed. Hydrogen Energy, Parts A and B // Proceedings Hydrogen Economy Miami Energy Conference (THEME), Plenum Press, New York, 1975.

11. Veziroglu T. N. // ed. Proc. 1st World Hydrogen Energy Conference (WHEC), 3 volumes, Clean Energy Research Institute, University of Miami, Coral Gables, FL, 1976.

12. Veziroglu T. N., Seifritz W., eds. Hydrogen Energy Progress (4 vols.) // Proceedings of the 2nd WHEC, Pergamon Press, Oxford, 1979.

13. Veziroglu T. N., Fueki K., Ohta T., eds. Hydrogen Energy Progress (4 vols.) // Proceedings of the 3rd WHEC, Pergamon Press, Oxford, 1981.

14. Veziroglu T. N., Van Varst W. D., Kelley J. H., eds. Hydrogen Energy Progress IV (4 vols.) // Proceedings of the 4th WHEC, Pergamon Press, Oxford, 1982.

15. Veziroglu T. N., Taylor J. B., eds. Hydrogen Energy Progress V (4 vols.) // Proceedings of the 5th WHEC, Pergamon Press, Oxford, 1984.

16. Veziroglu T. N., Getoff N., Weinzierl P., eds. Hydrogen Energy Progress VI (3 vols.) // Proceedings of the 6th WHEC, Pergamon Press, Oxford, 1986.

17. Veziroglu T. N., Protsenka A. N., eds. Hydrogen Energy Progress VII (3 vols.) // Proceedings of the 7th WHEC, Pergamon Press, Oxford, 1988.

18. Veziroglu T. N., Takahashi P. K., eds. Hydrogen Energy Progress VII/(3 vols.) // Proce-

edings of the 8th WHEC, Pergamon Press, Oxford, 1990.

19. Veziroglu T. N., Derive C. and Pottier J., eds. Hydrogen Energy Progress IX (3 vols.) // Proceedings of the 9th WHEC, International Association for Hydrogen Energy, Coral Gables, FL, 1992.

20. Block D. L., Veziroglu T. N., eds. Hydrogen Energy Progress X (3 vols.) // Proceedings of the 10th WHEC, International Association for Hydrogen Energy, Coral Gables, FL, 1994.

21. Veziroglu T. N., Winter C.-J., Baselt J. P. and Kreysa G., eds. Hydrogen Energy Progress XI (3 vols.) // Proceedings of the 11th WHEC, International Association for Hydrogen Energy, Coral Gables, FL, 1996.

22. Bolcich J. C., Veziroglu T. N., eds. Hydrogen Energy Progress XII (3 vols.) // Proceedings of the 12th WHEC, International Association for Hydrogen Energy, Coral Gables, FL, 1998.

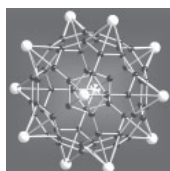
23. Bockris John O'M., Veziroglu T. N. with Debbi Smith. Solar Hydrogen Energy: The Power to Save the Earth, Optima, London, 1991.

24. Veziroglu T. N., Barbir F. Hydrogen Energy Technologies, UNIDO, A1400. Vienna, Austria, 1998.

25. Veziroglu T. N., Barbir F. Hydrogen Energy System: A Permanent Solution to the Global Energy-Environmental Problems // 35th IUPAC Congress Proceedings, Istanbul, Turkey, 13-15 August 1995.

26. Fulkerson W., Judkins R. J., Sanghvi M. K. Energy from Fossil Fuels // Scientific American. 1990. 263 (3), P. 129-135.

27. Veziroglu T. N., Gurkan I., Padki M. M. Remediation of Greenhouse Problem through Replacement of Fossil Fuels by Hydrogen // Int. J. Hydrogen Energy. 1989. April. 14(4).



INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MATERIALS ISSUES IN A HYDROGEN ECONOMY

November 12-15, 2007, Richmond, Virginia

The growing demand for energy, brought about by the rising standard of living and world-wide population growth, has made it imperative that new sources beyond fossil fuels be found to sustain the current economy. The limited supply of fossil fuels and its adverse effect on the environment makes it necessary that the new energy sources should be abundant, renewable, secure, clean, safe, and cost effective. Hydrogen is considered to be a good energy resource for the future. However, there are enormous problems in the production, storage, and use of hydrogen in the transportation sector of the economy.

The International Symposium on Materials Issues in a Hydrogen Economy to be held in Richmond, Virginia during November 12-15, 2007 will address fundamental scientific issues concerning the production, storage, and use of hydrogen. Critical to these issues is our understanding of the interaction of hydrogen with materials. The symposium will bring together researchers from Physics, Chemistry, Materials Science, and Engineering to share their ideas and results, to delineate outstanding problems, and to guide the future research. The symposium will also feature speakers addressing the issues of safety, education, and economics. There will be no parallel sessions so that the participants can take part in the discussion of every issue central to the hydrogen economy. The oral sessions will include invited speakers and selected hot topics. Two poster sessions will enable other participants to share their results.

This Symposium is part of the Richmond Conference Series. Started in 1982, it is held every four years and addresses cutting edge issues in Science and Technology.

TOPICS

Production and Delivery. Thermo-chemical, photoelectro-chemical, nuclear, biomass, photo-biological.

Storage. Liquid, compressed gas and solid state (complex light metal hydrides, zeolites, clathrates, metal-organic frameworks, carbon and boron-nitride based nanostructures, chemical hydrides).

Fuel cells. Polymer electrolyte and hydro-carbon membranes.

Cross-cutting. Catalysis, nanostructures.
Education and Safety.

DEADLINES

August 1, 2007 — Submission of abstracts

September 1, 2007 — Advance Registration

October 1, 2007 — Hotel reservation at conference rate

November 1, 2007 — Registration cancellation

November 12, 2007 — Submission of manuscripts

ABSTRACTS

The length limit is **one page only**.

Information on the acceptance/non-acceptance of the abstracts will be sent to the submitting author.

A fifteen minute slot has been set aside at the end of each session to allow presentations of late breaking news. The papers to be presented here will be selected from the contributed abstracts.

The abstract book will be prepared by direct photo reproduction from the originals submitted (or from the electronic submissions after suitable formatting). You are encouraged to submit the abstract electronically.

Instructions for typing the abstract:

Typing should be done single-spaced with a 12 point Times New Roman typeface. The typescript should be contained within a column 14 cm wide and 20 cm high. This space should include the title, authors, affiliations, footnotes, references, figure(s) etc. Also a margin of 4 cm is required on the left side and on the top of the page.

Typing should be done in the following style. Begin with the title using a capital letter to start each significant word. Leave one line space and continue with the name of the author(s) followed by the name of the affiliation. Please underline the name of the presenting author. Please include the e-mail address of the submitting author at the end of the section containing the affiliation. Leave two lines and start typing the body of the abstract.

To submit the abstract electronically, please prepare the abstract as above using Microsoft Word and attach the file to an e-mail sent to ishe@vcu.edu.

If you choose to submit through hard copy, please print the abstract using a laser printer and send two copies (unfolded) to:

Mailing address:

ISHE, c/o Dr. P. Jena
Physics Department, Virginia Commonwealth University
Richmond, Virginia 23284-2000, U.S.A.

Phone: (804) 828-8991

FAX: (804) 828-7073

E-mail: ishe@vcu.edu

<http://www.has.vcu.edu/phy/ishe/index.html>



ALLOYS FOR HYDROGEN SEPARATION, RECOVERY AND PURIFICATION

M. D. Hampton , *D. K. Slaterry*^{*}, *M. T. Oztek*



Deputy-Editor-in-Chief

Department of Chemistry, University of Central Florida, Orlando, FL 32816, USA

^{*} Florida Solar Energy Center, Cocoa, FL, USA



Michael Douglas
Hampton

Education

Undergraduate:
B. S., 1975

University of Florida, Gainesville, Florida
Chemistry Major, Mathematics Minor

Graduate:
Ph. D., 1980

Texas Tech University, Lubbock, Texas
Analytical Chemistry Major, Biochemistry Minor
Dissertation: "Synthesis, Crystal Structure, and Reactivity
of a 12-Crown-4 Sandwich Complex of Manganese(II)"

Postdoctoral
Fall, 1980–Spring, 1981

Texas Tech University, Lubbock, Texas
Dr. Jerry L. Mills, Inorganic Chemistry
"Synthesis of Trimethyl Borane"

Employment History

University of Central Florida, Department of Chemistry

- Full Professor, April, 2003 to Present.
- Associate Professor, August, 1987 to March, 2003.
- Assistant Professor, August, 1981 to July, 1987.

Texas Tech University, Department of Chemistry and Biochemistry

- Visiting Assistant Professor, Fall, 1980 through Spring, 1981.
- Graduate Teaching and Research, Fall, 1975 through Spring, 1980.

Honors and Awards

- Faculty Fellow, Faculty Center for Teaching and Learning, 2005–present.
- University of Central Florida Teaching Incentive Program (TIP) Award, 1994, 1997, and 2006.
- 2003 Excellence in Undergraduate Teaching Award, College of Arts & Sciences, UCF, April, 2003.
- Outstanding 4-Year College Teacher Award, Orlando Section American Chemical Society, 2002.
- Certificate of Recognition for Research Contributions made through the 2001 NASA summer faculty fellowship program at the John F. Kennedy Space Center, 2000 and 2001.
- Certificate of Appreciation, from NASA and John F. Kennedy Space Center, for outstanding efforts in assisting NASA's Materials Science Lab by performing xray photoelectron spectroscopy analysis, March 23, 2000.
- 1995 Excellence in Undergraduate Teaching Award, College of Arts & Sciences, UCF, April, 1995.
- Outstanding 4-Year College Teacher Award, Orlando Section American Chemical Society, 1994.
- Inducted into Phi Kappa Phi, April, 1992.
- First Annual Outstanding Chemist Award, Orlando Section American Chemical Society, 1991.

University Service (Past 5 Years)

University:

- Chief of GEP Assessment and Committee Chair, 2006–present
- Member, University Assessment Committee, 2006–present
- Member Greater Orlando GK-12 Partnership Advisory Board – 2007
- Member, Common Program Oversight Committee, 2005–present
- Undergraduate Affairs Committee, 2001–2005
- Analytical Award Committee, 1981–2005
- Chair, Instrumentation/OCO Committee, 2001–2004
- Freshman Coordinator, 1985–1998, 2001–2004
- Chair, Instrumentation/OCO Committee, 1995–2002



Лекция профессора Университета Центральной Флориды, доктора М. Д. Хэмптона будет представлена во время торжественной церемонии награждения в Государственной Думе РФ 29 ноября 2007 г. в 15⁰⁰.

Lecture of professor of University of Central Florida, Dr. M. D. Hampton will be presented during rewarding ceremony in the RF State Duma November 9, 2007 at 15⁰⁰.

- Analytical Chemistry Faculty Search Committee, 2000–2002
- Departmental Rep., Orange Co. Public Schools Partners in Ed. Program, 1987–2002
- Sabbatical Leave Committee, 2000–2002
- East Europe Linkage Institute, regularly meet, tour, and host visitors, 1997–2002

College of Arts and Sciences:

- Scholarship and Awards Committee, 2001–present
- Promotion and Tenure Committee, member and secretary, 2004–2005
- Arts Task Force, 2004
- Chaired several grade dispute hearings, 2004–present

Department of Chemistry:

- Facilities and Safety Committee, 2005–present
- Executive Committee, 2005–present
- Alumni and Industrial Relations Committee, 2005–present
- Undergraduate Affairs Committee, 1981–present
- Analytical Award Committee, 1981–present
- Greivance Committee, chair, 2005–present
- Instrumentation Committee, Chair, 1995–2005

Professional Society Service (Past 5 Years)

National American Chemical Society:

- International Chemistry Olympiad Subcommittee, 1985–present
- Chair, Selection Committee for Coach of United States Team at International Chemistry Olympiad, 1994–present
- Local Arrangements Chair, 223rd National Meeting, Orlando, FL, April, 2002

Orlando Section American Chemical Society:

- Orlando Section Chair, 2005
- Orlando Section Chair Elect, 2004
- Orlando Section Executive Committee, 2001–2005
- Florida Award Selection Committee, 1999–2002

Other National and International Professional Experience

- Deputy Editor-in-Chief, International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology, ISSN 1608-8298, 2001 to present.
- Editor, “NATO Advanced Research Workshop on Hydrogen Materials Science and Chemistry of Metal Hydrides”, NATO Science Series, II. Mathematics, Physics and Chemistry – Vol. 71, Kluwer Academic Publishers, 2002. ISBN 1-4020-0730-2. 483 pages., underwritten by NATO, 1999 to present.
- Courtesy appointment, Senior Research Scientist, Florida Solar Energy Center, 2001–2002.
- Materials Engineer, NASA, Materials Testing Branch, Kennedy Space Center, November, 1984 to December, 1988.
- Worked with scientists in former Soviet states to find funding for peaceable research. An example is below (Michael D. Hampton in collaboration with group in All-Russian Institute for Experimental Physics, ISTC project #1580, “Hydrogen Sensors for Vacuum Cryogenic Objects,” submitted to International Science and Technology Center, Moscow, Russia. Funded)

Peer Reviewed Publications

1. *NATO Advanced Research Workshop on Hydrogen Materials Science and Chemistry of Metal Hydrides*, NATO Science Series, II. Mathematics, Physics and Chemistry – Vol. 71, Michael D. Hampton, Editor along with Dmitry V. Schur, Svetlana Yu. Zaginaichenko, and V. I. Trefilov. Kluwer Academic Publishers, 2002. ISBN 1-4020-0730-2. 483 pages.
2. D. Cauceglia, M. D. Hampton, J. K. Lomness, D. K. Slattery, and M. Resan, “Hydrogen Uptake Characteristics of Mechanically Alloyed Ti-V-Ni”, *Journal of Alloys and Compounds*, **417**, 159 (2006).
3. Mirna Franjic, Michael D. Hampton, Janice K. Lomness, and Darlene K. Slattery, “Effect of Ti_xAl_y Catalysts on Hydrogen Storage Properties of $LiAlH_4$ and $NaAlH_4$ ”, *International Journal for Hydrogen Energy*, **30**, 1417 (2005).
4. M. Resan, M. D. Hampton, J. K. Lomness, and D. K. Slattery, “The Effects of Various Catalysts on Hydrogen Release and Uptake Properties of $LiAlH_4$ ”, *International Journal of Hydrogen Energy*, **30**, 1413 (2005).
5. M. D. Hampton, D. K. Slattery, N. Jafari-Mohajery, and J. Lomness, “The Use of Alanates for Hydrogen Storage” // *Alternative Energy and Ecology*, Special Issue: Collection of theses of the Second International Symposium on Safety and Economy of Hydrogen Transport, 2003, pg. 78.
6. Michael D. Hampton, Janice K. Lomness, and Lucille Giannuzzi, “Surface study of liquid water treated and water vapor treated $Mg_{2.35}Ni$ alloy”, *International Journal of Hydrogen Energy*, **27**, 79 (2002).
7. Janice K. Lomness, Lucille A. Giannuzzi, Michael D. Hampton, “Site Specific TEM Characterization of Micrometer Sized Particles Using the FIB Lift-Out Technique”, *Microscopy and Microanalysis*, **7(5)**, 418 (2001).
8. Janice K. Lomness, Michael D. Hampton, Lucille A. Giannuzzi, “Hydrogen Uptake Characteristics of Mechanically Alloyed Mixtures of Ti-Mg-Ni”, *Int. J. Hydrogen Energy*, **27**, 915 (2002).
9. Michael D. Hampton, Janice K. Lomness, and Lucille Giannuzzi, “Surface study of liquid water treated and water vapor treated $Mg_{2.35}Ni$ alloy”, *International Journal of Hydrogen Energy*, **27**, 79 (2002).
10. Michael D. Hampton, Rajkumar Juturu, and Janice K. Lomness, “Activation of Mg_2Ni for Initial Hydrogen Uptake, by Water Vapor”, *International Journal of Hydrogen Energy*, **24(10)**, 981 (1999).
11. Michael D. Hampton and Janice K. Lomness, “Water Activation of Mg_2Ni for Hydrogen Uptake”, *International Journal of Hydrogen Energy*, **24**, 175 (1999).

12. Gary L. Wood, Christopher Tillman, and Michael D. Hampton, "Synthesis of 1,1,1,3,3,3-hexachloro-2,4-isobutylcyclodiphosphaz(V)anecyclodiphosphazane. An Inorganic Experiment", *J. Chem. Ed.*, **72(6)**, 547 (1995).
13. Michael P. McCann and Michael D. Hampton, "Detection of Molecular Hydrogen by Stimulated Raman Emission", *Applied Spectroscopy*, **48(4)**, 537 (1994).
14. R. Zidan, D. Slattery, M. D. Hampton, and A. Raissi, "Chemical Storage of Hydrogen in Metal Hydrides", Proceedings of the DOE/SERI Program Review, Washington, DC, Jan., 1991.
15. B. J. Lockhart, M. D. Hampton, C. J. Bryan, *Symposium on Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres: Fourth Volume, ASTM STP 1040*, J. M. Stoltzfus, F. J. Benz, and J. S. Stradling Ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, 1989.
16. M. D. Hampton, W. Rees, S. Hall, and J. L. Mills, "Trimethyl Borane." *Inorganic Syntheses*, **29**, (1989).
17. Michael D. Hampton, Darlene K. Slattery, N. Jafafi-Mohajeri, Mirna Franjic, and Janice K. Lomness, "Complex Hydrides as Hydrogen Storage Media", Symposium P1, "Hydrogen Electrochemistry and Generating Systems", Proceedings of the 203rd Meeting of the Electrochemical Society, Paris, France, April 27–May 2, 2003.
18. Michael D. Hampton, Darlene K. Slattery, Mirna Franjic, and N. Jafafi-Mohajeri, "Alanes for Hydrogen Storage", Proceedings of the International Forum – Symposium on Safety and Economy of Hydrogen Storage and Transport, Sarov, Russia, Aug. 18 – 21, 2003.
19. Janice K. Lomness, Michael D. Hampton, and Lucille A. Giannuzzi, "Hydrogen Storage in Titanium-Magnesium-Nickel Mixtures", Materials Research Society Symposium Proceedings, Vol. 53, BB7.9.1, 2003.
20. Darlene K. Slattery, Michael D. Hampton, Janice K. Lomness, Nahid Najafi-Mohajeri and Mirna Franjic, "Hydrogen Storage Using Complex Hydrides", Proceedings of the 225th National Meeting of the American Chemical Society, New Orleans, LA, March 24 – 27, 2003.
21. Michael D. Hampton, Janice K. Lomness, and Lucille A. Giannuzzi, "Hydrogen Storage in Titanium-Magnesium-Nickel Mixtures", Symposium BB, "Defect Properties and Related Phenomena in Intermetallic Alloys", Proceedings of the MRS Meeting, Boston, MA, Dec., 2002.
22. Darlene K. Slattery and Michael D. Hampton, "Complex Hydrides for Hydrogen Storage", Proceedings of the 2002 US DOE Hydrogen Program Review, NREL/CP-610-32405, pp. 2002.
23. Orlando Melendez, Martha Williams, Michael Hampton, Gordon Nelson, and Erik Weiser, "Surface Evaluation by X-ray Photoelectron Spectroscopy of High Performance Polyimide Foams After Exposure to Oxygen Plasma", Proceedings of the 43rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference, Denver, CO, April, 2002.
24. Gusev A.L., Hampton M.D., Zolotuchin I.V., Kalinin J.E., Ponomarenko A.T., Travkin V.S., Veziroglu T.N. "Superinsulation: New Effects, Structures, Design Principles", Extended Abstracts of the "Eurofillers' 01" Conference, Juli 9-12, 2001, Technical University of Lodz (Poland), C-10, pp.102/C-10/1-103/C-10/2.
25. Michael D. Hampton, "Surface Evaluation by XPS of High Performance Foams After Exposure to Oxygen Plasma", 2001 Research Reports of the NASA/ASEE Summer Faculty Fellowship Program, NASA CR-2001-210265, pp. 74, E. R. Hosler and C. Black, Editors, October, 2001.
26. Michael D. Hampton, Janice K. Lomness, and Lucille Giannuzzi, "The Role of Water in the Storage of Hydrogen in Metals", 2000 Research Reports, NASA/ASEE Summer Faculty Fellowship Program, NASA CR-2001-210260, E. Ramon Hosler and G. Buckingham Editors, Nov. 2000, pp. 63.
27. Janice K. Lomness, Lucille A. Giannuzzi, Michael D. Hampton, "Site Specific TEM Characterization of Micrometer Sized Particles Using the FIB Lift-Out Technique" in Microscopy and Microanalysis, Volume 6, Supplement 2, Proceedings; Microscopy and Microanalysis 2000, Philadelphia, PA, Aug. 13 – 17, 2000, Springer Verlag, New York Inc, pp 518.
28. M. D. Hampton and J. L. Mills, "Safety of Microscale General Chemistry Experiments", *Proceedings of the Safety Considerations in Microscale Chemistry Laboratories Symposium*, 197th National Meeting of the American Chemical Society, Dallas, TX, April, 1989.

Hydrogen absorption properties of LaNi_5 and LaNi_5Al_x intermetallics prepared by mechanical alloying have been investigated as a function of alloy preparation parameters and alloy composition in the range of 0.9 to 33.3 atomic % Al in LaNi_5Al_x . LaNi_5 and its aluminum added derivatives, powdered by mechanical alloying, did not readily interact with H_2 . Activation has been achieved by thermal treatment of the powdered samples. Interactions were rapid at 193 K and 5 atm. H_2 pressure. Hydrogen capacity was reduced slightly with the addition of Al, however the time of completion of the reaction was unaffected. Formation of LaNi_4Al has been verified by X-ray diffraction analysis. LaNi_5 was tested to selectively react with H_2 in a stream of H_2 -He and it retained H_2 , producing pure He.

Introduction

Lanthanum nickel, LaNi_5 has long been studied as a possible hydrogen storage material. Unfortunately, because of its high mass, the weight content of hydrogen is extremely low, making the material unsuitable for automotive purposes. However, the material forms a hydride at room temperature, or lower, with good kinetics. This makes LaNi_5 an excellent candidate for applications that

require rapid uptake under mild conditions. One such use is for the recovery of hydrogen that is lost during the purging of transfer lines, or is lost due to boil-off during the storage of liquid hydrogen.

At NASA's Kennedy Space Center, KSC, hydrogen is used for the space shuttle and other launch vehicles. As a result, huge quantities of liquid hydrogen are transported, transferred and

stored at KSC. During the transfer of the hydrogen from the trucks to the storage dewars, significant quantities of hydrogen are lost during the cooldown of the transfer lines and from flash evaporation as the high pressure cryogenic liquid enters the low pressure dewars. Additionally, during storage, hydrogen is constantly lost because of boil off. Recovery of this lost hydrogen could lead to substantial savings.

In addition to the hydrogen that is lost due to transfer operations and boil off, NASA also loses hydrogen during purge operations. Prior to filling lines with liquid hydrogen, they must be pre-cooled with liquid helium. After an operation, the residual hydrogen is purged, again with helium, in order to safe the systems. Both the hydrogen and helium in these operations is currently not recovered, leading to additional losses.

It was the loss of this hydrogen and helium that led to the study described here. LaNi_5 absorbs hydrogen rapidly, reversibly and selectively. As a result, it is capable of not only absorbing hydrogen as it vaporizes during transfer operations, but also is potentially useful for separating hydrogen from the helium purge gas. Selective removal of the hydrogen would allow recovery of helium, in high purity, for future use.

Background

Hydriding alloys of the AB_5 type are suitable materials for hydrogen storage applications because of their large hydrogen capacity, easy activation and rapid hydriding/dehydriding rates. One of those representative compounds that has been extensively studied is LaNi_5 [1, 2]. It has been used as an electrode in nickel metal hydride batteries and as an absorber for gaseous hydrogen. LaNi_5 rapidly reaches equilibrium with hydrogen, even at low pressures and temperatures, and the hydriding and dehydriding processes are reversible at H_2 partial pressures close to atmospheric [3].

Hydriding alloys are of great interest due to the simplicity of tailoring the hydriding properties by a variety of methods. One common method is the partial substitution of one metal for another. For example, the substitution of Ge, Zn or Al for the Ni in LaNi_5 was reported to have increased the cycle life of the hydride with a slight decrease in hydrogen capacity [4–6]. Partial substitution of La by rare earth metals, however, deteriorated the hydriding properties and cycle life [7]. Another option to manipulate the characteristics is to change the sample preparation method. Laboratory scale possibilities include melting, annealing or mechanical alloying, or a combination of several techniques [8]. Further treatment after alloying is also necessary for LaNi_5 to readily react with hydrogen.

Hydrogen absorbing alloys reported previously were prepared by arc melting the elements, which were analyzed after size reduction and several hydriding-dehydriding cycles for activation. For example, $\text{LaNi}_{5-x}\text{Al}_x$ samples, prepared by arc melting followed by annealing and size reduction, were activated by hydriding in pure hydrogen gas at 17 atm and dehydriding at 363 K three times [6].

Mechanical alloying is a low temperature activation method and has been reported to activate FeTi , Mg_2Ni and LaNi_5 , which are inert to hydrogen prior to milling. For FeTi , milling is believed to give rise to Fe rich clusters on the surface and the generation of new surfaces by cracking [9]. LaNi_5 has been formed from elemental La and Ni via milling at room temperature, and partially substituted $\text{La}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{Ni}_5$ has been synthesized from an equimolar mixture of LaNi_5 and ZrNi_5 [10].

In the present study, we had an interest in being able to selectively remove hydrogen from a hydrogen-helium stream, such as is generated when helium is used to purge a system that has carried hydrogen. These purge gases, a hydrogen-helium mixture, are typically vented, resulting in a loss of millions of dollars of resources. The ability to selectively remove and capture the hydrogen would also allow the helium to be reclaimed for further use.

Experimental

Sample preparation. Sample preparation involved the ball milling of LaNi_5 that had been pre-alloyed by the manufacturer. Al and LaNi_5 were mechanically alloyed in changing proportions using a high energy ball mill. Al content is presented as mole percentages, varying between approximately 0.9 and 33.3 % of the total number of atoms in LaNi_5Al_x . The results of the effect of the addition of Al to LaNi_5 on hydriding capacity and rate was analyzed by differential scanning calorimetry at 293 K and 5 atm initial H_2 pressure. LaNi_5 (99.9 %, REacton) and Al (99.5 %, -325 mesh) were obtained from Alfa Aesar and stored under the Ar atmosphere of a Labconco glove box. The mechanical activation of LaNi_5 and LaNi_5Al_x was done by ball milling in a high energy Spex 8000M Mixer/Mill. A 50-mL tungsten carbide grinding vial obtained from Spex Certi Prep Inc., Metuchen, NJ, was used with two 11.11 mm tungsten carbide balls as the high energy ball milling medium. The milling canisters were loaded and unloaded in the glove box to avoid contact with air and moisture. LaNi_5 samples were ball milled with the following durations and ball to powder ratios, respectively: 10 minutes, 10:1; 10 minutes, 1:1; 30 minutes, 1:1. Approximately 200 mg of the milled powder was utilized for hydrogen uptake analysis.

LaNi_5Al_x samples were ball milled for 10 minutes with 10:1 ball to powder ratio and analyzed for hydrogen uptake, followed by elemental analysis. Five LaNi_5 samples were milled for 3, 6, 10, 15 and 30 minutes with a ball to powder ratio of 10:1 for x-ray diffraction studies.

LaNi_5 samples for use in the larger scale U-tube reactor were prepared using a 50-mL stainless steel grinding vial with two 12.70 mm stainless steel balls. Samples were milled for 30 minutes with a ball-to-powder ratio (BPR) of 1.7:1.

Equipment. Hydriding and dehydriding characteristics of sample materials were determined using a SETARAM DSC-111 Differential Scanning Calorimeter. The DSC furnace was fitted with

sample and reference cells made from 1/4" Hastelloy C-22 seamless tubing. The cells were connected to inlet and exit valves, with quick disconnects for easy access. The inlet and exit valves were needle and globe valves, respectively. The inlet valves were connected to hydrogen and helium cylinders and the exit valves opened to the atmosphere. All components and fittings were made of 316 stainless steel. Pressure was monitored with two Omega type PX602 pressure transducers with a range up to 13.6 atm. Pressure data were acquired with a Dell 4200 PC using LabView software with a National Instruments board. Thermal data were directly transferred to the PC from the DSC and analyzed using Setsoft 2000 software. The amount of hydrogen absorbed or released was calculated and graphed using SigmaPlot software. Sample boats for the DSC were made from 316 stainless steel. The samples loaded into the boat were placed into a hollow glass tube that was sealed at both ends with plastic caps and then transferred from the glove box to the DSC to prevent exposure of the samples to air. Sample cell volume was determined by a water displacement method. Lateral heat loss compensation curves were previously determined.

A U-tube reactor was constructed from a seamless stainless steel pipe, 1 foot long, 1 inch O.D., that was bent into a U-shape to contain samples as large as 300 g. The reactor was fitted with 0.5 micron pore size inline filters and needle valves on each end. The downstream valve was connected to a three neck flask for effluent gas collection. The compositional analysis of the effluent gas was done with a Buck Scientific type 910 gas chromatograph fitted with a Haysep DB 100/120, 30 ft, 1/8 inch O.D. stainless steel column obtained from Alltech. The GC utilized a TCD detector and the carrier gas was argon. Sample injection was done with a gas tight 100 μ L syringe. The GC was connected to a Dell GX110 PC and the data was recorded using PeakSimple chromatography software.

Thermal activation. In the DSC, samples were activated with a thermal cycle following milling. This was done by placing the sample in the DSC in a hydrogen atmosphere at approximately 5 atm, and heating the furnace to 150 °C, followed by cooling to ambient temperature. During this activation step, samples were hydrided to some extent, if not completely. Therefore, these samples were heated up to 150 °C under a minimal flow of argon to ensure no hydrogen was left in the sample.

For study in the U-tube reactor, samples were ball milled in stainless steel vials with lower ball to powder ratios and longer milling times. Approximately 200 grams of milled alloy were placed in a Pyrex petri dish that was then transferred into a 2 L capacity Parr pressure reactor for activation. Samples were heated to 250 °C under a hydrogen pressure of approximately 20 atm. After the system reached equilibrium, it was allowed to cool under hydrogen pressure. After cooling, the system was vented and heated to remove absorbed hydrogen.

Hydriding procedure. Activated samples for hydriding trials in the DSC were prepared by loading 100 to 300 milligrams of sample into sample boats under an argon atmosphere in the glove box. The boats were transferred to the DSC after the furnace temperature had been adjusted to between 20 to 25 °C. The boat was loaded into the cell under a minimal hydrogen flow, which limited air exposure of the samples and avoided blowing the samples out of the boat. After inserting the boat, the exit valves were closed, the system was adjusted to the desired pressure and then the upstream valves and the hydrogen source cylinder valve were closed.

The U-tube reactor was used to determine hydriding characteristics via continuous operation. The U-tube was disconnected from the rest of the structure by the quick disconnects and filled with approximately 200 g of sample under an argon atmosphere in the glove box. The rest of the structure was then assembled on both ends and the reactor was removed from the glove box. After purging the reactor with argon, a hydrogen/helium mixture was allowed to flow through the reactor. At the same time, samples were injected into the GC continuously with appropriate one minute intervals, determined by the start and end of a hydrogen-helium peak pair. The flow rate through the reactor was monitored with a Fisher Scientific digital flow meter.

Dehydriding was accomplished by heating the reactor to 150 °C under argon flow. The exit stream was analyzed for hydrogen using the GC. As soon as no hydrogen was detected in the stream, the system was allowed cool to room temperature.

Sample Characterization and Analysis.

A Rigaku Multiflex x-ray diffractometer using Cu-K α radiation, was employed to characterize LaNi₅ + Al samples. Analysis was done over a 2 θ range of 20 ° to 80 °. The slit width and scanning speed, respectively, were 0.020 mm and 2.400 degrees per minute. The x-ray generator voltage and current were set to 40 kV and 30 mA, respectively. Samples were supported on a metal sample holder whose bottom was closed by scotch tape and the sample was filled above it. Data were analyzed with Jade analysis software.

Elemental analysis of LaNi₅ and Al doped LaNi₅ was done by flame emission spectroscopy using a Varian Inc. SpectrAA10 spectrometer. Lanthanum, nickel, and aluminum were determined at 441.7, 341.5 and 396.1 nanometers, respectively. An acetylene/nitrous oxide flame was used with a slit width of 0.2 nm for all elements. Lanthanum standards were prepared by making dilutions from a stock solution of La₂O₃ dissolved in HNO₃. Nickel and aluminum stock solutions were prepared by dissolving pure elements in 1:1 HNO₃ and then standards were prepared by making appropriate dilutions. The interference of Ni on Al determination and of Al on the determination of La were accounted for by matching the concentrations of the interferences in the standards to those of samples.

Results and Discussion

During ball milling, it was noted that a significant amount of material always coated the grinding media and the walls of the vial. Because Al was the more malleable component of the two and, therefore, more likely to stick to the media and walls, elemental analysis was run after the samples had been ball milled and used for hydrogen uptake. The composition of LaNi_5Al_x samples initially and after ball milling are given in Table 1. The mole % Al after milling was less than originally placed in the milling jar for all samples except for Sample 4. Apparently, during milling the aluminum did coat the milling media and was depleted from the bulk. The increase of Al content in Sample 4 is assumed to be the result of non-homogeneity of the milled product; the sample taken for analysis may not have been representative of the whole.

Table 1
Aluminum content of free powder in milling jar

Sample	Mole % Al	
	Initial mixture	After milling
1	0.87	0.77
2	5.26	4.74
3	14.29	12.00
4	33.33	47.31

LaNi_5 samples, prepared with various milling conditions, were reacted with H_2 at 293 K and 5 atm H_2 in the DSC. None of the samples showed activity towards hydrogen after only ball milling. However, ball milling followed by a single thermal activation cycle resulted in a material that readily reacted with hydrogen. The hydrogen uptake reaction was observed to be rapid in all cases, reaching completion within 10 minutes. On the other hand, the total hydrogen absorption capacity was affected by changes in milling settings. The results are listed in Table 2. When the ball to powder ratio was decreased, a decrease in hydrogen capacity was observed. This effect is believed to be a consequence of the reduced number of collisions between milling media and the particles, resulting in relatively less stress being induced in the particles. This resulted in less activation of the sample. Furthermore, the degree of activation of the sample was independent of the material from which the milling jar and media were made. This indicates that contamination with iron is not a factor in the activation of the samples.

Table 2
Effects of various milling parameters on hydrogen capacity

Milling vial	SS ¹	WC ²	WC	WC	WC
Milling time, min	30	Non milled	10	10	30
Ball to powder ratio	1.7:1	n/a	10:1	1:1	1:1
% H absorbed (wt %)	0.76	0	1.06	0.54	0.66

¹ Stainless steel

² Tungsten carbide

Using the DSC, reactions between the samples shown in Fig. 1 and hydrogen were carried out at 293 K and 5 atm H_2 . The weight percent of H absorbed by the LaNi_5Al_x samples is listed in Table 3 and the uptake curves are given in Fig. 1. The dependence of percent hydrogen absorbed on Al content in LaNi_5 is given in Fig. 2. The observed amount of H_2 absorbed remained constant at low Al content, and then decreased as Al content increased.

Table 3
% H uptake values for different amounts of Al in LaNi_5

Mole % Al	0	0.77	4.74	12.00	47.31
Average Wt % H absorbed	1.04	1.05	0.95	0.87	0.68
Maximum Wt % H absorbed	1.09	1.13	0.98	0.92	0.69

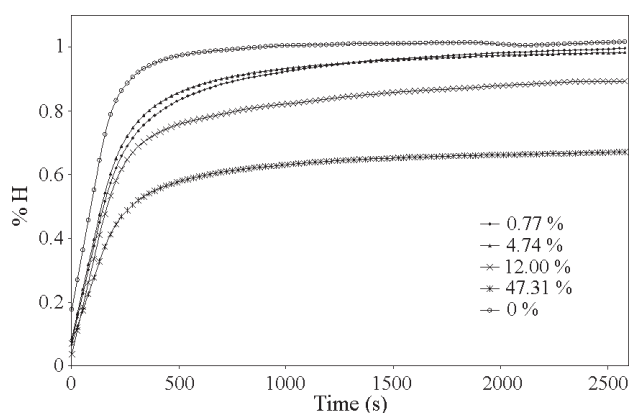


Fig. 1. Hydrogen uptake curves for LaNi_5 samples with various amounts of Al

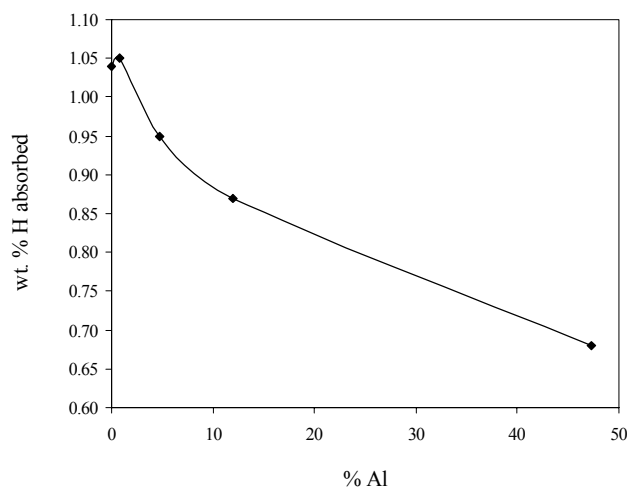


Fig. 2. Hydrogen capacity as a function of Al in LaNi_5

Four consecutive x-ray diffraction spectra were obtained for a LaNi_5 sample, Fig. 3. The spectra were not consistent with each other, yet the elemental analysis proved that the composition of the sample was LaNi_5 . The inconsistencies may indicate that the LaNi_5 from Alfa Aesar was not in its normal crystalline form and the energy from the x-ray beam was inducing changes in the crystal phase.

After grinding LaNi_5 with a mortar and pestle in the glove box, three consecutive XRD scans yielded peaks that were consistent with the reported peak positions of LaNi_5 . However, the relative intensity of the observed peaks did not match with the reported ratios, and inconsistencies within the spectra were observed.

Five more LaNi_5 samples were prepared by ball milling in the Spex8000M for 3, 6, 10, 15 and 30 minutes respectively. The XRD spectra of the samples are given in Fig. 4. As reference, the XRD spectrum of non-milled LaNi_5 that most closely matches the expected spectrum is included. The relative intensities of the peaks were observed to approach the reported ratios for LaNi_5 as milling duration was increased. This suggests that the normal phase of LaNi_5 , a CaCu_5 phase was formed as the milling proceeded. In contrast, the peaks were observed to lose intensity and broaden, which suggested the formation of an amorphous phase, but the broadening effect could be because of particle size reduction.

Samples of LaNi_5 mixed with 5.26, 14.29 and 33.33 mole % Al were examined with x-ray diffractometry. The spectrum of LaNi_5 with 33 mole % Al is given in Fig. 5. The Bragg peak for LaNi_5 at 42.5° was identified; as were peaks for Al. However, the intensities of other LaNi_5 reflections were not strong enough to be identified.

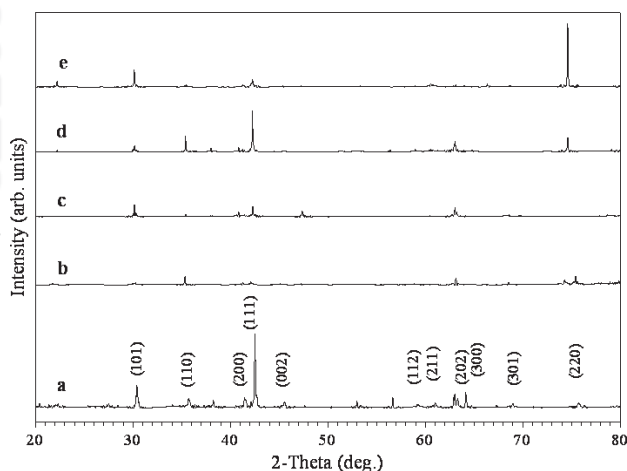


Fig. 3. XRD spectra of LaNi_5 : a — LaNi_5 (reference), b, c, d, e — non-milled sample

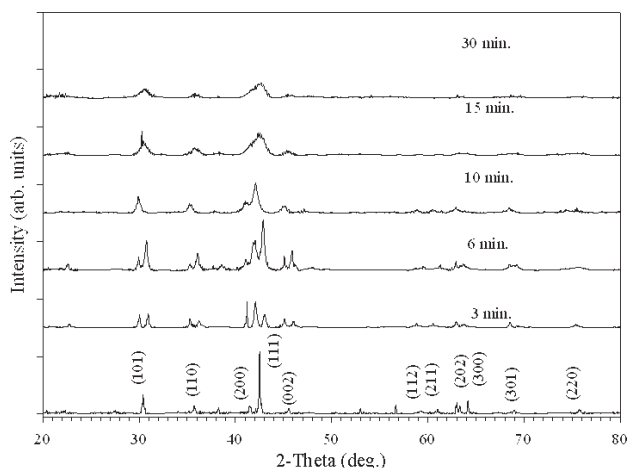


Fig. 4. XRD spectra of LaNi_5 milled for various times

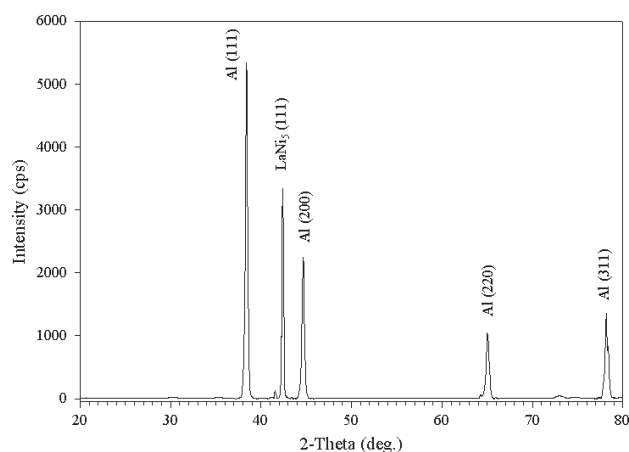


Fig. 5. XRD spectrum of non-milled LaNi_5 with 33 mole % Al

In the XRD spectra of the milled samples, Fig. 6, the intensity of the Al Bragg peak at 38.5° increased with the increased Al content; however, its intensity was less than the Bragg peak of LaNi_5 . The angle of the Bragg peaks also changed from 42.5° to 42.0° . This suggests the formation of LaNi_4Al for which the angle of the Bragg peak is at 42.0° . The formation of LaNi_4Al would lead to the release of free Ni through $\text{LaNi}_5 + \text{Al} \rightarrow \text{LaNi}_4\text{Al} + \text{Ni}$. The formation of Ni could not be verified because the Bragg peak for Ni, at 45.5° , coincides with one of the lines of LaNi_5 . However, for LaNi_4Al , a reflection expected at 44.5° was observed for LaNi_5 milled with Al, also suggesting the formation of LaNi_4Al by ball milling. This peak is indicated with an arrow in the figure.

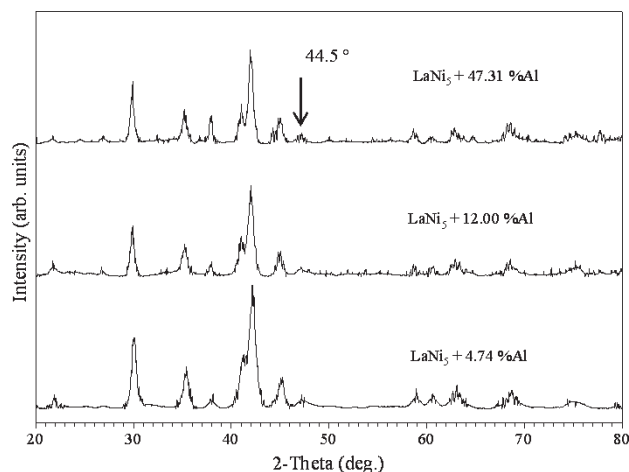


Fig. 6. XRD spectra of milled LaNi_5 containing Al

In order to determine the ability to selectively absorb hydrogen, the U-tube was filled with approximately 190 grams of LaNi_5 and then the flow of 2 % (v/v) H_2 :He at about 9 atm was fed into it. The flow out of the reactor was restricted to about $200 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ by a pressure relief valve. The valve maintained the pressure within the reactor, while allowing a slow flow. The gas chromatogram of multiple injections is given in Fig. 7. The single peaks over the first 20 minutes were assigned to helium as a result of their retention time. Hydrogen was not observed in the effluent because it

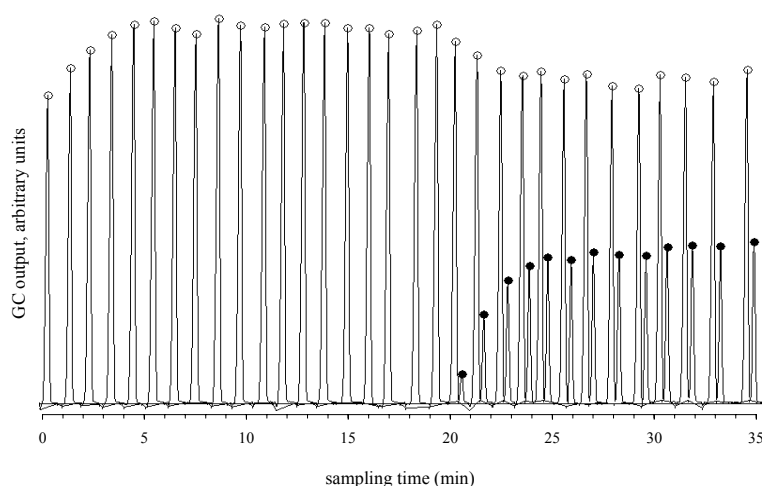


Fig. 7. Chromatograms for hydrogen absorption in the U-tube reactor, open circles indicate helium and filled circles indicate hydrogen

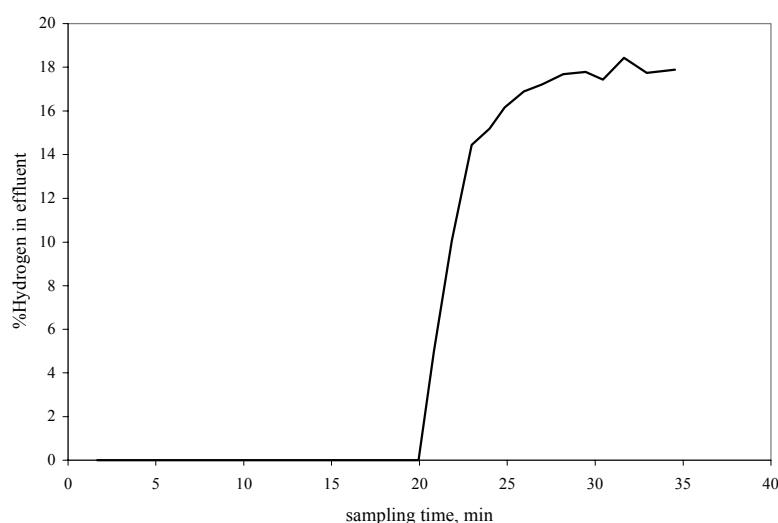


Fig. 8. Effluent gas composition as percent hydrogen (V/V)

was captured by LaNi_5 . When LaNi_5 became saturated with H_2 , peaks at the retention time for hydrogen began to appear in the gas chromatograms of samples. The percent hydrogen values in the effluent were calculated using peak area ratios of H_2 and He. The breakthrough curve is plotted as a function of time, Fig. 8.

The LaNi_5 in the U-tube reactor successfully removed the hydrogen from the H_2 -He stream and allowed the passage of pure He. The amount of hydrogen retained in the reactor at the time of saturation was calculated from material balance as follows. The amount of helium leaving the system was calculated using flow rate and time, $V_{\text{He}} (\text{mL}) = \text{flow rate} (\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}) \times \text{time} (\text{min})$, which was equal to the amount of He that entered the system. Since the composition of the entering gas mixture was known, the amount of H_2 entered was calculated using $V_{\text{Hydrogen}} = V_{\text{He}} \times (20/80)$ and converted to the weight percent hydrogen in the LaNi_5 .

The average percent hydrogen absorbed in four trials with the same feed pressure was calculated as 0.041 %. The low percent hydrogen of LaNi_5 was possibly due to the low pressure of H_2 . To

increase the hydrogen absorption in the continuous system, a higher partial pressure of H_2 would be useful. However, in this experiment, the absorption characteristics of the absorbing material were sufficient to remove the hydrogen from the feed stream to levels below the limit of detection of the gas chromatograph.

Conclusions

The alloy, LaNi_5 , was shown to have the kinetics and capacity needed to remove hydrogen from a flowing stream of hydrogen and helium, thus allowing purification of both gases. Addition of aluminum to the alloy up to a level of 47 mole % provided for an improvement in the kinetics of hydrogen absorption without significantly reducing capacity. This incorporation of aluminum into the lanthanum nickel alloy will enormously reduce the weight and cost of the alloy required to purify hydrogen and helium.

In addition to being used to purify helium and hydrogen, LaNi_5 could also be used to capture the hydrogen currently lost to boil-off. The hydrogen recovered could be used to automobiles or buses.

References

1. Van Vucht J. H. N., Kuijpers F. A., Bruning H. C. A. M. Philips Research Reports, 1970. 25. P. 133-140.
2. Tanaka S., Clewley J. D., Flanagan T. B. // Journal of the Less Common Metals, 1997. 56. P. 137-139.
3. Boser O. // Journal of the Less Common Metals, 1976. 46. P. 91-99.
4. Bowman Jr. R. C., Luo C. H., Ahn C. C., Witham C. K., Fultz B. // Journal of Alloys and Compounds, 1995. 217. P. 185-192.
5. Witham C., Bowman Jr. R. C., Fultz B. // Journal of Alloys and Compounds, 1997. 254. P. 574-578.
6. Nishimura K., Sato K., Nakamura Y., Inazumi C., Oguro K., Uehara I., Fujitani S., Yonezu I. // Journal of Alloys and Compounds, 1998. 268. P. 207-210.
7. Brundle C. R. // Physical Review Letters, 1978. 40. P. 972-975.
8. Percheron-Guegan A., Welter J-M. Preparation of Intermetallics and Hydrides, in Hydrogen in Intermetallic Compounds I / L. Schlapbach, Editor. 1992. Springer-Verlag: Heidelberg.
9. Aoyagi H., Aoki K., Masumoto T. // Journal of Alloys and Compounds, 1995. 231. P. 804-809.
10. Msika E., Latroche M., Cuevas F., Percheron-Guegan A. // Materials Science and Engineering B, 2004. 108(1-2). P. 91-95.



DIRECT CONVERSION OF NUCLEAR ENERGY TO ELECTRICITY

Mark A. Prelas

Nuclear Science and Engineering Institute
E2433 Lafferre Hall, University of Missouri-Columbia, Columbia, MO 65211 USA
E-mail: PrelasM@missouri.edu



Mark A. Prelas

Professor Prelas has been involved in nuclear energy conversion research since 1975. He has published over 300 articles and has numerous books to his credit. Some, such as the Handbook of Industrial Diamond and Diamond Films (1997), are viewed as the most influential text in their respective fields. He holds 13 US and international patents and has 6 patents pending.

Early in his career he developed a keen interest in energy conversion. As part of his undergraduate thesis he worked on the design and development of underwater turbines for extracting energy from ocean currents. As a graduate student at the University of Illinois from 1975-79, Professor Prelas worked with Professor George H. Miley on nuclear pumped lasers which use radiation from nuclear processes as the energy source for driving a laser. Professor Prelas' pioneering work in the field of nuclear-pumped lasers led the discovery of an atomic carbon laser driven directly by ions from nuclear reactions.

In 1979, Professor Prelas joined the faculty at the University of Missouri-Columbia. His early years at Missouri, he received grants to study the direct production of hydrogen from nuclear reactions and published several influential papers. In 1981 he was awarded a Gas Research Institute (GRI) fellowship where he participated in an advisory group mapping out future research directions in the production of fuels from inorganic resources. As part of his work as a GRI fellow he focused on a concept which he had developed earlier in his career using a two step process in which nuclear reactions first produce photons efficiently using an excimer transition, then transport the photons to a transducer. He articulated three potential transducers. The first was to produce hydrogen through direct or indirect chemical processes. The second was to produce electricity using UV photovoltaic cells made with advanced materials. The third was to drive a laser with photolytic excitation. In 1981 he published the concept of a Nuclear Light Bulb, describing a new energy conversion method based on excimer fluorescence sources driven directly with ions and the conversion of the fluorescence to electricity by wide band-gap photovoltaic cells. During this time period he developed several reactor concepts for the nuclear light bulb including an aerosol core reactor which utilized aerosol particles to produce the nuclear reaction and a surrounding gas for producing a weak plasma and fluorescence.

In 1981 the McDonnell Douglas Foundation awarded Professor Prelas a one million dollar gift in support of a superconducting magnetic fusion center. Professor Prelas raised \$1,000,000 in matching monies including a gift of \$100,000 from Union Electric Corp., a gift of \$100,000 from ARMCO, \$500,000 from the National Science Foundation. Professor Prelas and his students, pursuing his interest in direct conversion of fusion energy, built a superconducting magnetic test facility and tested four solenoid superconducting coils (39 inches major diameter, 17 inch inner diameter with a peak field at center of 8 Tesla) for the purpose advancing Nuclear Light Bulb research in the area of fusion. Professor Prelas and his students then built a supporting experiment called the Missouri Magnetic Mirror Machine (with peak fields of 1.0 Tesla at center) to model the physics of electron ring production.

In 1984 Professor Prelas was among the first group of the National Science Foundation's Presidential Award winners.

He continued his work on light production from nuclear reactions through funding from the National Science Foundation and produced significant work in UV emissions from nuclear driven fluorescence sources, and continued his work on transducers for the nuclear light bulb for the production of hydrogen, the development of ultraviolet photovoltaic cells and on photolytic lasers. He received a patent on a remotely driven solid state laser with fluorescence generated by nuclear reactions.

He received department of energy funding to develop a laser system using a microwave driven excimer fluorescence source to drive solid state lasers. He was able to demonstrate high efficiency UV excimer sources driven by microwaves. His pioneering work on the development of excimer fluorescence sources continues to draw interest.



Лекция профессора Университета Миссури-Коламбия, доктора М. А. Преласа будет представлена во время торжественной церемонии награждения в Государственной Думе РФ 29 ноября 2007 г. в 15⁰⁰.

Lecture of professor of the University of Missouri-Columbia, Dr. M. A. Prelas will be presented during rewarding ceremony in the RF State Duma November 9, 2007 at 15⁰⁰.

In 1985, Professor Prelas initiated a research effort aimed at the development of diamond and aluminum nitride photovoltaic cells, the second part of his nuclear light bulb concept. He expanded the nuclear light bulb concept to use radioisotopes in advanced nuclear battery concepts. In 1989, DOE supported the development of diamond and aluminum nitride photovoltaic cells. Professor Prelas undertook the challenge of making n-type and p-type diamond and aluminum nitride as building blocks for a UV photovoltaic cell. In this program he, his post doctors, collaborators and students were able to solve some fundamental problems in doping wide band-gap materials. They developed several unique doping methods such as Field Enhanced Diffusion with Optical Activation (FEDOA) which was able to produce n-type diamond and p and n type aluminum nitride and contact diffusion which has been used for impurity addition to crystalline materials in particulate form. They utilized FEDOA to produce a diamond p-n junction in 1996. Wide band-gap materials have properties that are electronically favorable and have broader applications than UV photovoltaic cells. Diamond for example would make a transistor that is more than 30 times faster than a silicon transistor; operate at higher temperatures and at higher radiation levels. Professor Prelas has been an important contributor to the development of wide band-gap materials for electronics, tooling, electrochemistry, radiation resistant coatings, hydrogen storage, chemical sensors, biological sensors and energy conversion. His work continues on all of these applications.

In 1992, Professor Prelas was selected as a Senior Fulbright Fellow and was a visiting Professor at the University of New South Wales, Australia. There he worked with Professor Heinrich Hora and developed several patents on direct energy conversion, solid-state lasers and wide band-gap electronics.

In early 1990's, Professor Prelas and his colleagues began to look at diamond films for a variety of applications in fuel cell technology. Some of this initial work demonstrated that diamond was capable of storing enormous amounts of hydrogen. Additional work was focused on diamond as a suitable electrode material and a potential high temperature replacement material for the proton exchange membrane. This research received funding from Honda Corporation, Daimler Benz, Norton Diamond Film and Rhombic Corporation and continues to show promise.

A conceptual energy conversion technology, which converts the particulate radiation emitted from nuclear reactions (e. g., fission, fusion and radioisotope decay) to electrical energy without intermediate thermalization of the high-grade ion energy, is the topic of this paper. The potential efficiency for this process, alone, is 40 %, nuclear energy to electrical energy. And, if combined with high-temperature thermionic conversion the nuclear to electrical energy conversion efficiency can approach 45 % while the overall size of the system will remain small. The key to the process is to first convert the high-grade ion energy to photon energy, which can then be directly converted to electrical energy. This process is called Photon-Intermediate Direct Energy Conversion (PIDEC). PIDEC is usable with radioisotopes, ion-producing plasma (hot) fusion reactions, as well as fission. In addition to improved efficiency, the PIDEC process also promises advantages in volume, mass, and cost.

This paper will focus on applications using radioisotopes for the PIDEC process. The radioisotope can be introduced as a gas or a solid. Solid radioisotope can take the form of an aerosol (microspheres) or thin films with scale lengths significantly shorter than the range of the alpha or beta particles, dispersed in a fluorescer. In the first step of the process, the ion energy is transported to the fluorescer, and produces photons. Then, in the second step of the process, the photons are transported out of the fluorescer to photovoltaic cells, which efficiently convert the photon energy to electricity. This mobile power concept is called the Radioisotope Energy Conversion System (RECS).

Even though there are many possible solid, liquid or gaseous fluorscers that can be used, this paper will focus on a particular gaseous fluorescer called excimers. Efficient production of excimer (non self-absorbing) photons by ions has been demonstrated. Photovoltaics using wide band-gap materials — such as SiC, C (diamond), and AlN — have band-gaps that are acceptable matches for the energy of the photons emitted by excimer fluorscers.

1. Technical Discussion

Nuclear technology has been in search of a technologically/economically feasible method of converting the energy of nuclear reaction products directly into electricity for many years [1]. NASA has successfully used thermionics with the Radioisotope Thermal Generator (RTG) systems in a number of missions (e. g., Apollo-SNAP-27 generators, Voyager, and Cassini). The energy resulting from the decay of radioisotopes for example starts out as very high-grade energy: multi-MeV, heavy, and highly charged particles. However, in the usual embodiment of radioisotope fuel in the RTG, as a solid, the charged particles are

absorbed in a very short distance (micrometers) and thermalized to moderate temperatures (in the range of 600 K). At this temperature, the energy would be considered of significantly "lower grade", because the efficiency of the subsequent thermal energy conversion process is low. This latter process converts the heat into a more usable high-grade form of energy — electricity.

Thermoelectric generation of electricity using the Seebeck (thermocouple) effect has worked successfully for a number of power packages for satellites. Thermionic production of electricity directly inside reactor cores is again being pursued for space power applications.

In contrast, fluorescence produced from the charged particles from the decay of radioactive isotopes has been used to produce low intensity lights for remote applications, such as runway lights. However, all of these applications involve relatively low power output.

Given the inefficiency of thermionics, RTG systems probably will be insufficient for future sophisticated deep space missions. A potential alternative which bridges the energy production of an RTG and nuclear reactors is the radioisotope energy conversion system (RECS), which uses relatively safe isotopes, combined with wide-band-gap photovoltaics. In initial design studies, it appears that such a generator could produce up to 100 kW electric in a relatively compact package.

2. PIDECE and RECS

The pursuit of the production of electrical power from a nuclear light bulb was suggested by the author in 1981. The nuclear light bulb was based on the Photon-Intermediate Direct Energy Conversion (PIDECE) process shown in Fig. 1, and was conceived as a method of energy conversion for a variety of nuclear reactions including fission, advanced fuel fusion and radioisotope decay [2]. Advanced-fuel high temperature fusion, however, will not be available in the foreseeable future. Potential sources of ions from fission reactions and radioisotopes however, are viable near term energy sources. The nuclear-driven fluorescer concept, which was initially suggested as a photolytic driver for a nuclear-pumped laser in 1977 by George Miley (the author's mentor), the author and several other students in Miley's laboratory, was the fundamental component of the nuclear light bulb [3]. This concept makes feasible efficient ion-driven photon sources by removing the nuclear source material from the solid, where it prevented transmission of the photons, and moving it to the volume of the fluorescer gas by one of several methods; a gaseous source, a source embedded in thin films of arbitrary shape and size or as an aerosol source (Fig. 2). A critical component of the nuclear light bulb is that the scale lengths of the solid sources are chosen small enough so that most of the particulate energy escapes into the surrounding gas creating a weak plasma which produces photons. The coexistence of weak plasma with an aerosol introduces a unique set of problems (dusty plasma). Another critical aspect of the nuclear light bulb is that the combination of the

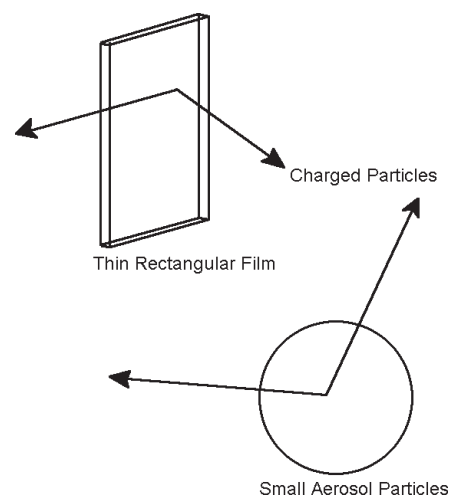


Fig. 2. An illustration of the use of thin solid geometries, which allow reaction products to escape the solid matrix into a surrounding gas [5]

photon producing weak plasma and the aerosol source or thin film source remains optically thin to allow the photons to transport out of the system. As will be discussed the nuclear light bulb can be made optically thin. The nuclear light bulb in conjunction with radioisotopes led to the development of the Radioisotope Energy Conversion System (RECS) [4], Fig. 3.

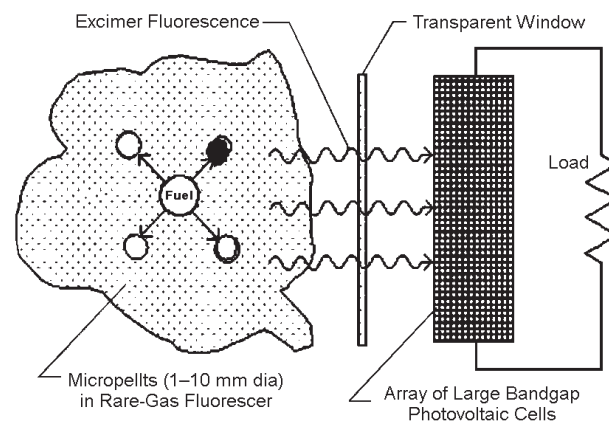


Fig. 3. Schematic Diagram of the Radioisotope Energy Conversion System (RECS) which uses the radioisotope in aerosol form

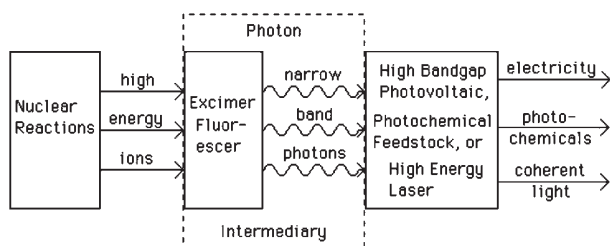


Fig. 1. Schematic Diagram of the Photon-Intermediate Direct Energy Conversion (PIDECE) Process

RECS utilizes a two-step method for directly converting the energy of the charged particles from nuclear reactions into a usable energy form such as electricity, chemicals, or coherent light. In the first step the ions produced by nuclear reactions transfer their energy to an intermediate photon generator — a fluorescer medium. This portion of the RECS comprises what is called the nuclear-driven fluorescer or NDF (a medium which produces incoherent narrow-band electromagnetic radiation). In the second step, the intermediate photons from the nuclear-driven fluorescer are absorbed by a material, which converts the photons into a useful high-grade energy form. This portion of the RECS is the photon energy converter.

The efficiency of the two-step PIDECE process, used for the RECS has two major advantages over thermal energy conversion, which is a many step process. These advantages are: 1) that it is a direct process producing a high grade photon source from a high grade ion source thus avoiding the Carnot cycle efficiency limits imposed by thermalization and 2) that it is mechanically simple, potentially leading to more compact, more reliable, and less expensive systems.

The advantage of the two step process over a one-step direct energy conversion process is that of feasibility. The scale length for the transport of the primary high-grade ion source must generally match the geometrical scale of the energy converter. Energetic ions have a transport length of micrometers while useful energy converters, on the other hand, have a scale length of fractions of meters. For this reason direct conversion of nuclear energy has not previously been possible. What the nuclear light bulb concept provided was an intermediate high-level energy converter that can be intermingled with nuclear material on a micrometer scale-length but produces an energy form that can be transported to meter scale-length direct converters producing useful energy output — a sort of “impedance matching” for the scale length of energy forms. With PIDECE that scale length matching medium is a fluorescing gas, the nuclear-driven fluorescer. The photons it produces can be transported great distances, making it possible to couple them to various energy conversion processes. Also, some conversion processes require greater power densities than the primary energy sources can provide. PIDECE can effectively implement optical concentrators, enabling achievement of the high threshold power density required for a conversion process such as a photolytic laser [4].

The RECS concept of high efficiency production of light from radioisotopes coupled to wide band-gap photovoltaic cells makes the nuclear light bulb especially useful for compact power supply applications.

3. Nuclear-Driven Fluorescers

3.1. The Ion Source

As shown in Fig. 3, the RECS diagram demonstrates that one type of ion source can come from the decay of radioisotopes dispersed within a fluorescer gas. Effective dispersal is essential so that the ions produced by the isotope decay deposit most of their kinetic energy in the excimer gas rather than in the radioisotope material. There are several methods of achieving the desired dispersal: gaseous radioisotopes, radioisotopes embedded in thin films, or microscopic aerosol of radioisotopes. The efficiency of transport of the ion energy from the radioisotope to the fluorescer medium varies with the scale length of the thin film or aerosol (or in the case of a gaseous radioisotope the transport distance of the particulate radiation in the gas), the chemical form of the radioisotope, and the uniformity of the radioisotope density. The variation of ion energy trans-

port efficiency from a microsphere or thin film to the fluorescer medium is discussed in Reference 6. Energy transport efficiencies are about 60 to 70 % for reasonably designed thin films and 70 to 80 % for reasonably designed microspheres. The average atomic density in the medium must be on the order of $1 \cdot 10^{19}$ particles/cm⁻³, enough to achieve reasonable power densities but not so great as to significantly degrade the transport of the fluorescence through the aerosol. Combining the constraints of efficiency and optical transparency determines scale length of the thin film or microspheres and number density. For example, a microsphere diameter of 5 mm and number density of $1 \cdot 10^6$ cm⁻³, which should not create significant absorption of the fluorescence [7, 8], results in a source density of 0.63 mg/cm⁻³, with quite reasonable dimensions and a good average number density ($3.9 \cdot 10^{19}$ atoms/cm⁻³) of the radioisotope. It is also possible to enhance the average number density by coating the microsphere particles with a thin reflective optical material. In this way one can overcome many of the optical problems that would be encountered with a “dusty” plasma. An alternative, which couples essentially 100 % of the ion energy to the fluorescer medium, is a gaseous radioisotope such as Kr-85. In this way the weak plasma would be self generated with the decay of the Kr-85 radioisotope.

3.2. Excimer Fluorescers

Excimer fluorescers are the most efficient optical radiators known and, because of their unbound lower levels, do not self absorb. They radiate in a single, relatively narrow band of wavelength and are suitable for efficient photovoltaic energy conversion (see Section 4). The intrinsic fluorescence efficiencies of rare-gas and rare-gas halide excimers, based on standard W-value theory, are listed in column 1 of Table 1. Achievable efficiencies should be near the intrinsic values at the power and electron densities characteristic of nuclear reactions.

As will be discussed, experimental data on a number of excimer fluorescers show that the measured efficiencies match well with theory. In fact one group has reported measuring a nuclear-driven rare-gas excimer fluorescence efficiency higher than that predicted by theory (68 % for the Xe excimer vs 50 % from theory) [9]. Experiments with a variety of excitation sources (e.g. electrons, fission fragments, protons) and particle densities have given fluorescence efficiency values ranging from a few percent to as high as 68 % (see review paper by Prelas, et al. [10]). The most efficient excimer fluorescers are the rare-gas excimers. Nuclear-Driven Fluorescers are discussed in much greater detail in the paper “Nuclear-Driven Flashlamps” [10].

4. The Photon Energy Converter

The key to the feasibility of the RECS is the photovoltaic Photon Energy Converter. The common impression of photovoltaics is that they cannot be very efficient. This misunderstanding comes

Table 1
Theoretical maximum intrinsic photovoltaic, η_{pv} , and ion-to-electric, η_{ie} , efficiencies
for selected rare-gas and rare-gas halide excimer fluorescers
with matched wide-band-gap photovoltaic materials

Excimer	η_f	E_λ (eV)	Photovoltaic Material	Band-gap Energy (eV)	$\eta_{pv} = E_g / E_\lambda$	$\eta_{ie} = \eta_{pv} \eta_f$
Ar ₂ *	0.5	9.6	AlN	6.2	0.645	0.324
Kr ₂ *	0.47	8.4	AlN	6.2	0.789	0.345
	0.47	8.4	Diamond	5.5	0.655	0.308
Xe ₂ *	0.48	7.2	AlN	6.2	0.861	0.413
	0.48	7.2	Diamond	5.5	0.764	0.367
ArF*	0.35	6.4	AlN	6.2	0.969	0.339
	0.35	6.4	Diamond	5.5	0.859	0.301
KrBr*	0.33	6	Diamond	5.5	0.917	0.302
KrCl*	0.31	5.6	Diamond	5.5	0.982	0.304
Na ₂ *	0.46	2.84	ZnSe	2.7	0.951	0.437
	0.46	2.84	SiC	2.4	0.845	0.389
Li ₂ *	0.42	2.7	CuAlSe ₂	2.6	0.963	0.404
	0.42	2.7	SiC	2.4	0.889	0.373

E_λ (eV) is the average photon energy E_g is band-gap energy of the photovoltaic material.

from the fact that photovoltaics are most commonly employed as “solar cells.” And solar cells are not very efficient, ranging from 5–10 % for commercial units and reaching as high as about 25 % for laboratory cells. However the low efficiency is more due to the characteristics of the solar spectrum than to the photovoltaics devices themselves, especially for the laboratory units with efficiencies of ~25 %. The problem with the solar spectrum is that it is very broadband — its ratio of the average photon energy to the width (FWHM) of the spectrum ($E_{\text{mean}}/\Delta E$) is about 1. This is good for color vision but quite bad for efficient energy conversion. For excimers, however, this ratio is greater than 10. Under these conditions photovoltaics with a good band-gap match can have intrinsic efficiencies of 75–95 %.

Photovoltaic cells for use in the photon-intermediate direct energy conversion of electricity will require the development of a doped semiconductor material with a band-gap that matches the UV photons from the fluorescer. With such photovoltaic cells, a system efficiency of 56 % for fusion ion driven fluorescence has been projected [2, 11]. Studies of fission ion driven fluorescence indicate that system efficiencies of about 40 % are possible [4, 10].

4.1. Photovoltaic Conversion of Narrowband Fluorescence

For a given spectrum, the efficiency of conversion is basically determined by the variation of the irradiance with photon energy and by the substrate band-gap energy, E_g , of the photovoltaic converter. The solar spectrum ranges from the far infrared to the ultra violet. Since most of the solar spectrum lies above the band gap of a silicon photovoltaic cell, this leads to two competing effects on the cell efficiency. The first effect is that the energy of all photons with quantum energy $h\nu < E_g$ is lost because they do not have sufficient energy to excite electrons from the valence band to the conduction band. Competing with this ef-

fect however is the fact that, for the photons with quantum energy $h\nu > E_g$ that do contribute, the photon energy in excess of the band-gap energy is lost. Thus the maximum intrinsic efficiency for photovoltaic conversion or the solar spectrum is limited to 30 % due to the spectral width of the solar spectrum [12–14]. The approximately 30 % maximum is thought to be an upper bound on the ability of a single material junction to convert the solar spectrum. The highest known conversion efficiency for silicon, to date, has been 26 % obtained with a highly optimized MIS solar cell [15]. It is possible to layer photovoltaic cells with different band-gaps to improve the efficiency of converting solar energy into electricity. A III-V system based on InN and GaN has been projected as a potential 50 % efficient solar conversion system.

If a narrow fluorescence source with an energy matched to the band-gap of the photovoltaic cell, $h\nu = E_g$, is used, then the theoretical intrinsic efficiency would be 100 %. The closest that we can come in nature to a narrow band source is the laser. A laser however is impractical due to the fact that lasers typically have low energy conversion efficiency. One of the best choices for a fluorescer source is the use of excimers. Excimers have a narrow width and they are produced very efficiently. Since the lower state of an excimer is unbound, excimers do not have the problem of self-absorption that other fluorescence sources have.

Reference 16 examines the coupling of photons generated with fusion reactors to wide band-gap photovoltaic cells. Reference 17 examines the coupling of photons generated with fission reactors to wide band-gap photovoltaic cells. Both studies show that in contrast to the relatively low values for conversion of the solar spectrum, the proposed method uses the narrow band spectrum of excimer fluorescence to obtain efficiencies as high as 80 % using wide band-gap *p-n*-junctions.

4.2. Wide Band-gap Photovoltaic Materials

Table 2 lists several potential wide band-gap photovoltaic materials (15th Row). The author's

Table 2

Properties of Some Wide Band-Gap Materials (20)

Property	GaP	3C-SiC	6H-SiC	4H-SiC	GaN	ZnO	Diamond	AlN	BN
Crystal structure	Zinc blende (Cubic)	Zinc blende (Cubic)	Wurtzite	Wurtzite	Wurtzite	Wurtzite	Diamond	Wurtzite	Zinc blende
Group of symmetry	$T_d^2 - F43m$	$T_d^2 - F43m$	$C_{6v}^4 - P6_3mc$	$C_{6v}^4 - P6_3mc$	$C_{6v}^4 - P6_3mc$	$C_{6v}^4 - P6_3mc$	$O_h^7 - Fd3m$	$C_{6v}^4 - P6_3mc$	$T_d^2 - F43m$
Number of atoms per cm^3	$4.9 \cdot 10^{22}$				$8.9 \cdot 10^{22}$		$1.7 \cdot 10^{23}$	$9.6 \cdot 10^{22}$	
Debye temperature, K	445	1200	1200	1300	600		1860	1150	1700
Density, g/cm^3	4.14	3.166	3.21		6.15	5.642	3.515	3.255	3.48
Dielectric const. (static)	11.1	9.72	9.66	9.66	8.9	8.75	5.7	9.14	7.1
Dielectric const (high freq.)	9.11	6.52	6.52	6.52	5.35	3.75		4.84	4.5
Effective longitudinal electron mass, m_l	$1.12m_0$	$0.68m_0$	$0.20m_0$	$0.29m_0$	$0.20m_0$		$1.40m_0$	$0.4m_0$	$0.35m_0$
Effective transverse electron mass, m_t	$0.22m_0$	$0.25m_0$	$0.42m_0$	$0.42m_0$	$0.20m_0$		$0.36m_0$		$0.24m_0$
Effective heavy hole mass, m_h	$0.79m_0$				$1.4m_0$		$2.12m_0$	$3.53m_0$	$0.37m_0$
Effective light hole mass, m_{lp}	$0.14m_0$				$0.3m_0$		$0.70m_0$	$3.53 m_o$	$0.150m_0$
Electron affinity, eV	3.8				4.1		-0.070	0.6	4.5
Lattice constant, Angstrom	5.4505	4.3596	$a = 3.0730$ $b = 10.053$	$a = 3.0730$ $b = 10.053$	$a = 3.189$ $c = 5.186$	$a = 4.75$ $c = 2.92$	3.567	$a = 3.11$ $c = 4.98$	3.6157
Optical phonon energy, meV	51	102.8	104.2	104.2	91.2		160	99.2	130
Band-Gap, eV	2.26	2.26	3.0	3.3	3.5	3.37	5.47	6.2	6.2–6.4
Breakdown Volt. MV/cm	~1.1	~2	~3	~3	~3		1–10	1.2	2
Electron Mobility, $cm^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1}$	250	1000	380	800	300	80	2200	300	200
Hole Mobility $cm^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1}$	150	50	40	140	350		2000	14	500
Melting, °C	1457	2830	2830	2830	2500	1977	4373	3273	2973
Thermal Conductivity, $W \cdot cm^{-1} \cdot C^{-1}$	1.1	4.9	4.9	4.9	1.3	0.54	20	2.85	7.4
Hardness Mohs Scale	5	9.2	9.2	9.2		4	10		9.5

group has been studying wide band-gap materials such as diamond and aluminum nitride for photo-voltaic applications since the early 1980's [1, 2, 18, 19]. The most efficient excimer UV radiation sources, the rare-gas excimers, have larger photon energies (>7 eV) and hence the development of wide band-gap photocells for these excimers is a necessity. Column 5 and 6 of Table 1 matches the more efficient and desirable fluorescers from Column 1 of Table 1 to materials with appropriate band-gaps from Column 4 of Table 1. The theoretical maximum intrinsic photovoltaic efficiency (the ratio of the band-gap to the mean photon energy ranges from 75 to 95 %) while the corresponding theoretical maximum efficiency for conversion of ion energy to electrical energy (the product of the photo-

voltic efficiency and the fluorescence efficiency) ranges from 30 to 45 %. If the most optimistic reported values of the fluorescence efficiency were used, the maximum ion-to-electric efficiency would increase to 56 %. The outlook for wide band-gap photovoltaic cells are good given that SiC and GaN LEDs have been in production for a number of years and the author and his group have had success in fabricating wide band-gap photovoltaics from other materials as will be discussed. Rare-gas halide excimers have lower photon energies (3.5 eV for XeF*, 5.0 eV for KrF*, and 6.4 eV for ArF*) and, while their fluorescence efficiency may be lower than that of the rare-gas excimers, their photon energy are good matches for semiconductor materials such as SiC and GaN.

It is difficult to fabricate a wide band-gap photovoltaic cell. However, the author's group was able to demonstrate a diamond photovoltaic cell in the late 1990's [18] and has made substantial progress on an aluminum nitride photovoltaic cell.

Radiation damage to the photovoltaics from particulate radiation is a concern. However, results from the work of Khasiwinah et al. shows that one wide band-gap material, diamond, is radiation resistant [21]. In addition, the author and his group have work on waveguide concepts that can transport the photons around a radiation shield.

The author has identified two materials — diamond, and aluminum nitride — with band-gaps that are a reasonable match for the photon energy of rare gas excimer fluorescence. The wide band-gap of the materials does have some benefit in radiation resistance in that it is more difficult to break the bonds. However, the energies involved in radiation damage are so large that the widest band-gap semiconductor, BN, would still have con-

siderable displacement of atoms. Diamond has an advantage in that when the material is annealed, the structure of the unit cell would be maintained when migrating carbon atoms fill in vacancies. This is not true for the III-V materials (e. g., AlN).

The questions that remain to be answered are many. Some significant ones are:

- 1) Can durable, radiation resistant ohmic contacts be attached to the photovoltaic cells?
- 2) What is the optimum cell efficiency?
- 3) Is the cell efficiency reasonable?
- 4) Can defect density in wide band-gap materials be minimized?
- 4) Does the cell efficiency degrade after prolonged exposure to UV radiation?

5. Integration of Ion Source to Photovoltaics

5.1. Ion Source

There are many potential ion sources, which can be used for the nuclear light bulb conversion method. It is possible to use fission reactions (e.g.,

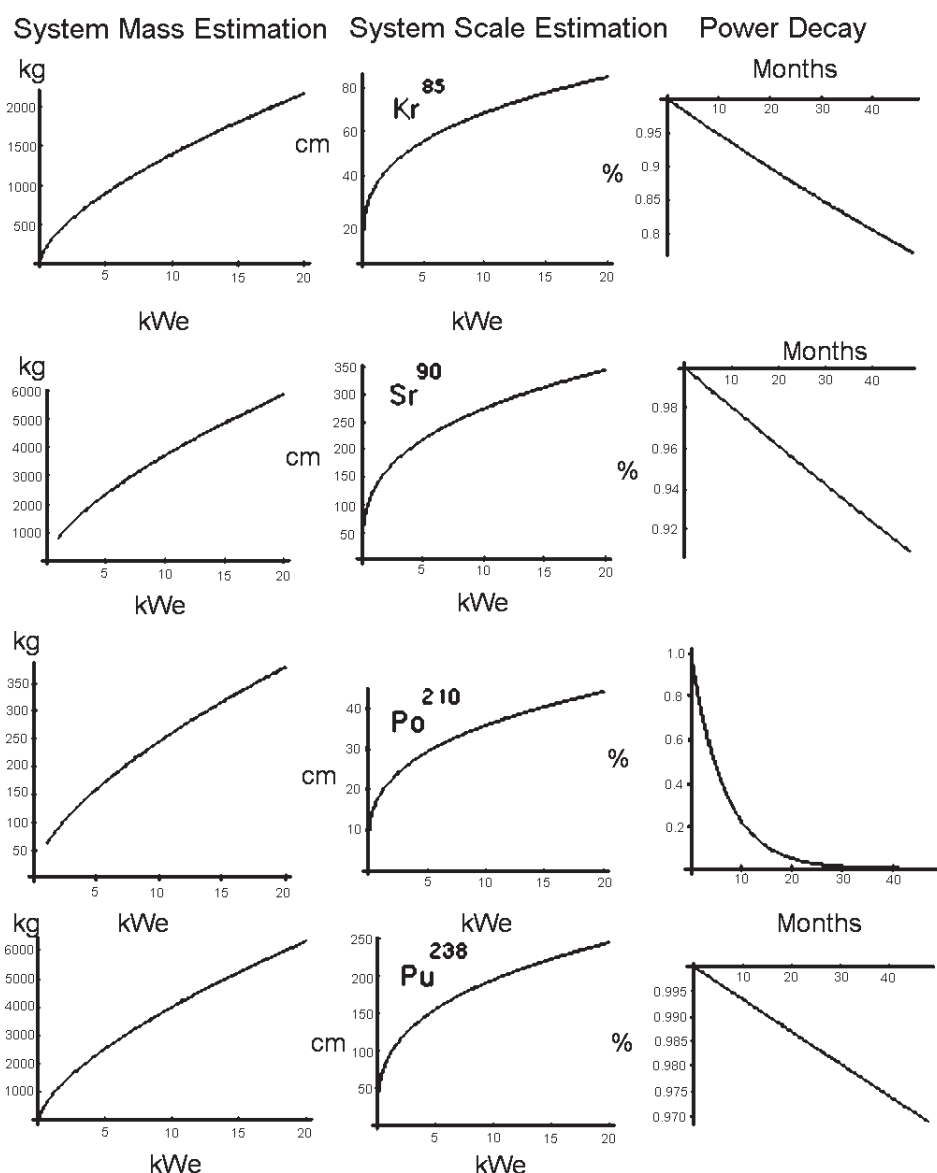


Fig. 4. Estimation of RECS mass, size, and power decay time are shown for some isotopes Kr^{85} , Sr^{90} , Po^{210} , and Pu^{238} . The geometry is assumed to be spherical with a diameter equal to the system scale estimation. Photovoltaic cells are assumed to surround the fluorescer media and the vessel is shielded with lead

$U^{233}(n, ff_l)ff_h$, $U^{235}(n, ff_l)ff_h$, or $Pu^{239}(n, ff_l)ff_h$) [17], fusion reactions [16], or radioisotopes [22] (e. g., Ar^{39} , Kr^{85} , Sr^{90} , Po^{210} , Pu^{238} , etc.). The author has chosen in this paper to focus on the use of radioisotopes because there are numerous near term applications for portable long-lived power sources.

In these studies the parameter which influenced the systems scale and power source lifetime was the radioisotope half-life (e.g., Kr^{85} — 10.76 yr., Sr^{90} — 29 yr., Po^{210} — 0.38 yr., and Pu^{238} — 87.74 yr.). Both the scale size and the gamma ray emitted from the reaction influenced the system's mass. A conservative approach was used to estimate the personnel radiation shield by requiring that the contact radiation be less than 2.5 millirems per hour. The gamma radiation dominates the shielding problems the Bremsstrahlung radiation problem contributes a small fraction. Looking at the partial list of the most promising isotopes considered, some have gamma radiation and others do not:

- T^3 — no γ ;
- Kr^{85} — 0.514 MeV γ 0.38% of decays;
- Sr^{90} — no γ ;
- Po^{210} — 0.802 MeV γ 0.0011 % of decays;
- Pu^{238} — 0.567 MeV γ $5 \cdot 10^{-5}$ % of decays.

5.2 Coupling of Ion Energy to the Fluorescence Source

Based upon the above criteria, the author suggests that compact power sources can be made from radioisotopes using the nuclear light bulb approach. The radioisotope ion source can be gaseous (e.g., Kr^{85} with a half life of 10.76 years which emits a 0.67 MeV beta 100 % of the decays and a 0.514 MeV gamma 0.38 % of the decays), or it can be in the form of a solid (e. g., a thin film or as an aerosol — see Fig. 2). Examples of types of solid radioisotopes which can be used in the mobile power system are: Sr^{90} with a half life of 29 years which emits only a 0.67 MeV beta; Po^{210} with a half life of 138.4 days which emits a 5.305 MeV alpha 100 % of the decays and a 0.803 MeV gamma 0.0011 % of the decays; and Pu^{238} with a half life of 86.4 years which emits a 5.5 MeV alpha 100 % of the decays and a 0.77 MeV gamma $1 \cdot 10^{-5}$ % of the decays. A Pu^{238} source was used to power the RTG used in the Voyager spacecraft. Three RTG units produced 7200 Watts of thermal power and 540 Watts of electricity regulated to 30 volts from 12.900 grams of the isotope. Using the RECS concept, 12.900 grams of Pu^{238} could produce 2.616 Watts of electrical power with optimal combinations of source, fluorescer and photovoltaic material.

Making an integrated system, which produces a significant power density and remains optically thin is a challenge. The use of thin films or aerosols along with thin aluminum or silver coatings has been examined in [7]. With solid materials, an average atomic density of approximately $5 \cdot 10^{19}$ atoms/cm³ can be achieved for a reasonably optically thin system. A thin coating of reflective can enhance the optical transport properties of films or aerosols. Charged particles can penetrate the thin reflective coating without losing significant energy or significantly affecting the coating [7, 10].

5.3 Cooling considerations

As shown in Table 1, about 30 to 40 % of the energy released in the decay process can be converted into nuclear energy [22]. Thus 60 to 70 % of the energy will heat the device. Since wide band-gap photovoltaic will work at high temperatures without a significant loss of performance (diamond for example in a non-oxidizing atmosphere can operate at temperature of 1000 °C) [23], it is feasible to operate the device at very high temperatures. The design of radiative heat transport surfaces RECS would be similar to that of other types of power systems. It is also possible to incorporate a secondary energy conversion cycle which can use the thermal energy to enhance system efficiency (e.g., bryton cycle, stirling cycle, Alkali Metal Thermoelectric Converter, thermoelectric, etc.).

6. Conclusions

It has been 26 years since the nuclear light bulb was suggested. Over those years a great deal of progress has been made on a number of fronts: system designs, excimer fluorescers, wide band-gap photovoltaics and interfaces. The RECS has significant near term prospects. The author has been actively working with industries such as British Nuclear Fuel and Daimler Benz [24] and recently with U.S. Semiconductor Corp. on RECS commercialization issues.

References

1. Miley G. H. Direct Conversion of Nuclear Radiation Energy. American Nuclear Society, Hinsdale, 1970.
2. Prelas M. A. A Potential UV Fusion Light bulb for Energy Conversion // Bult. of the Am. Phys. Soc. 1981. Vol. 26(1). P. 1045,
3. Prelas M. A., Boody F. P. Charged Particle Transport in Uranium Micropellets // 1982 IEEE Int. Conf. on Plasma Sci., IEEE Publication Number 82CH1770-7, 1982; also Boody F. P., Prelas M. A. Photolytic Dual-Media Nuclear Pumping of Excimer Lasers // Excimer Lasers-83/ Ed. by C. K. Rhodes, H. Egger, H. Plummer. NY: AIP, 1983. P. 379–386.
4. Prelas M. A., Boody F. P., Zediker M., Rowe M. A Direct Energy Conversion Technique Based on an Aerosol Core Reactor Concept // 1984 IEEE Int. Conf. on Plasma Sci., IEEE Publication Number: 84CH1958-8. 1984. P. 38.
5. Lewis E. // Nuclear Sci. and Engin. 1966. Vol. 25. P. 359.
6. Chung A., Prelas M. A. Charged Particle Spectra From ^{10}B and UO_2 Slab and Spherical Sources // 1983 IEEE Int. Conf. on Plasma Sci., IEEE Publication Number 83CH1847-3. 1983; also Chung A. K., Prelas M. A. Charged Particle Spectra From U-235 and B-10 Micropellets and Slab Coatings // Laser and Particle Beams. 1984. Vol. 2(2). P. 201–211.
7. Boody F. P., Prelas M. A., Zediker M. S. An Aerosol Core Reactor/Laser for Space Based Use // 1st Symposium on Space Nuclear Power Systems. Albuquerque, NM, Jan. 1984.; also Prelas M. A., Boody F. P., Zediker M. S. An Aer-

osol Core Nuclear Reactor for Space-Based High Energy/Power Nuclear-Pumped Lasers // Space Nuclear Power Systems/Ed. by M. S. El-Genk and M. D. Hoover. Orbit Book Co. 1986. Vol. IV. P. 267.

8. Gu G. Analysis of High Power/Energy Nuclear-Pumped Laser/Reactor Concepts // Ph.D. Dissertation, Nuclear Engineering Program, University of Missouri-Columbia, Dec. 1987.; also Gu G., Prelas M. A., Kunze J. F. Neutronic Considerations of Nuclear-Pumped Laser/Reactor Concepts // Space Nuclear Power Systems/Ed. by M. S. El-Genk and M. D. Hoover. Orbit Book Co., Malabar, FL, 1988. P. 155–160.

9. Walters R. A., Cox J. D., Schneider R. T. // Trans. Amer. Nucl. Soc. 1980. Vol. 34. P. 810.

10. Prelas M. A., Boody F. P., Miley G. H., Kunze J. Nuclear-Driven Flashlamps // Lasers and Particle Beams. 1988. Vol. 6(1). P. 25; also Prelas M. A., Loyalka S. // Progress in Nucl. Energy. 1981. Vol. 8. P. 35–52.

11. Prelas M. A., Romero J., Pearson E. A Critical Review of Fusion Systems for Radiolytic Conversion of Inorganics to Gaseous Fuels // Nuclear Technology Fusion. 1982. Vol. 2(2). P. 143; also Prelas M. A., Boody F. P., Zediker M., Rowe M. A Direct Energy Conversion Technique Based on an Aerosol Core Reactor Concept // 1984 IEEE Int. Conf. on Plasma Sci., IEEE Publication Number: 84CH1958-8. 1984. P. 38.

12. Brandhorst H., Hickey J., Curtis H., Ralph E. Interim Solar Cell Testing Procedures for Terrestrial Applications. NASA TM X-71771. 1975.

13. Loferski J. Theoretical considerations governing the choice of the optimum semiconductor for photovoltaic solar energy conversion // J. Appl. Phys. 1956. Vol. 27. P. 777.

14. Wysocki J. J. Photon spectrum outside the earth's atmosphere // Solar Energy. 1962. Vol. 6, No. 3. P. 104–5.

15. Green M., Blakers A., Shi J., Keller E., Wenham S. 19.1 % Efficient Silicon Solar Cell // Appl. Phys. Lett. 1984. Vol. 44. P. 12.

16. Prelas M. A., Charlson E. J. Synergism in Inertial Confinement Fusion: A Total Direct

Energy Conversion Package // Lasers and Particle Beams. 1989. Vol. 7(3). P. 449–466.

17. Prelas M. A., Charlson E. J., Boody F. P., Miley G. H. Advanced Nuclear Energy Conversion Using a Two Step Photon Intermediate Technique // Prog. In Nucl. Energy. 1990. Vol. 23(3). P. 223–240.

18. Popovici G., Melnikov A. A., Varichenko V., Sung T., Prelas M., Wilson R. G., Loyalka S. K. Diamond Ultraviolet Photovoltaic Cell Obtained by Lithium and Boron Doping // J. Appl. Phys. 1997. Vol. 81(5).

19. Kahn A. H., Odeh M. F., Meese J., Charlson E. M., Charlson E. J., Stacy T., Popovici G., Prelas M., Wragg J. L. Growth of Oriented Aluminum Nitride Films on Si by Chemical Vapor Deposition // J. Mater. Sci. 1994. Vol. 29. P. 4314–4318.

20. Prelas M. A., Krishnendu S. Wide Band-Gap Electronic Materials, Encyclopedia of Chemical Processing/Ed. S. Lee. Marcel Dekker, 2005. P. 3227–3226.

21. Khasawinah S. A., Popovici G., Farmer J., Sung T., Prelas M. A., Chamberlain J., White H. Neutron irradiation and annealing of ^{10}B doped chemical vapor deposited diamond films // J. Mater. Res. 1995. Vol. 10(10). P. 2523–2530.

22. Prelas M., Charlson E. J., Charlson E. M., Meese J., Popovici G., Stacy T. Diamond Photovoltaic Energy Conversion, Second International Conference on the Applications of Diamond Films and Related Materials/Eds. M. Yoshikawa, M. Murakawa, Y. Tzeng, W. A. Yarbrough. Tokyo: MYU, 1993. P. 5–12.

23. Prelas M., Popovici G., Bigelow L. K. // Industrial Handbook of Diamond and Diamond Films, Marcell Dekker, 1998.

24. Prelas M. A., Sved J., Jennings H. J., Dann A., Mountford A. Solid state electric generator using radionuclide-induced exciton production // PCT Int. Appl. 1999. (British Nuclear Fuels, PLC, UK). CODEN: PIXXD2 WO 9936967 A1 19990722. Application: WO 99-US380 19990115. Priority: US 98-71667 19980116. CAN 131:93857 AN 1999:473040.

Первая Всероссийская интернет-олимпиада «Нанотехнологии — шаг в будущее»



<http://www.nanometer.ru>

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова проводит Первую Всероссийскую интернет-олимпиаду в области наноматериалов и нанотехнологий (e-NANOΣ'07).

Целью олимпиады является поиск молодых талантов, желающих участвовать в развитии нанотехнологий. В Олимпиаде может принять участие любой пользователь всемирной сети Интернет в возрасте до 27 лет, при этом дополнительно победителям-абитуриентам (гражданам РФ) будут даны преимущества при поступлении в МГУ, а студенты вузов, показавшие наилучшие результаты, получают, по их желанию, возможность продолжить свою учебу в МГУ. Официальным языком Олимпиады является русский язык.

В жюри олимпиады включены видные ученые и специалисты в области наноматериалов и нанотехнологий, члены Российской Академии наук, профессора МГУ, директора инновационных компаний.



НЕПЛАТИНОВЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРООКИСЛЕНИЯ БИОЭТАНОЛА И ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ИХ ОСНОВЕ

**А. Ю. Цивадзе, М. Р. Тарасевич, В. Н. Андреев, В. А. Богдановская,
Б. Н. Ефремов, Н. А. Капустина, В. Н. Титова, А. А. Явич,
Н. Н. Белова, П. В. Мазин**

Институт физической химии и электрохимии (ИФХЭ) им. А. Н. Фрумкина РАН
Ленинский пр-т, 31, Москва ГСП-1, 199911, Россия
Тел./факс: +7(495)952-04-62; e-mail: tsiv@phych.ea.ru



Цивадзе
Аслан Юсупович

Сведения об авторе: академик, директор Института физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина РАН (ИФХЭ).

Область научных интересов: координационная и супрамолекулярная химия, спектрохимия, экстракционное разделение изотопов.



Тарасевич Михаил
Романович

Сведения об авторе: доктор хим. наук, профессор, зав. лабораторией электрокатализа и топливных элементов ИФХЭ РАН.

Область научных интересов: электрокатализ, биоэлектрокатализ, топливные элементы, электрохимическая энергетика.



Андреев Владимир
Николаевич

Сведения об авторе: доктор хим. наук, зав. лабораторией межфазных границ и электрокатализа ИФХЭ РАН.

Область научных интересов: строение межфазных границ, электрокатализ, композитные полимерные мембраны, топливные элементы.



Богдановская Вера
Александровна

Сведения об авторе: кандидат хим. наук, вед. науч. сотрудник ИФХЭ РАН.

Область научных интересов: электрокатализ, биоэлектрокатализ, топливные элементы.



Ефремов Борис
Николаевич

Сведения об авторе: кандидат хим. наук, ст. науч. сотрудник ИФХЭ РАН.

Область научных интересов: электрокатализ, топливные элементы, электрохимическая энергетика.



Лекция директора Института физической химии и электрохимии РАН, академика РАН А. Ю. Цивадзе будет представлена во время торжественной церемонии награждения в Государственной Думе РФ 29 ноября 2007 г. в 15⁰⁰.
Lecture of director of the A. N. Frumkin Institute of physical chemistry and electrochemistry RAS, academician of the RAS A. Yu. Tsivadze will be presented during rewarding ceremony in the RF State Duma November 9, 2007 at 15⁰⁰.



Капустина
Наталья
Александровна

Сведения об авторе: мл. науч. сотрудник ИФХЭ РАН.
Область научных интересов: электрокатализ реакции восстановления кислорода, первичные источники тока, топливные элементы.



Титова Валентина
Николаевна

Сведения об авторе: кандидат хим. наук, ст. науч. сотрудник ИФХЭ РАН.
Область научных интересов: электрокатализ, топливные элементы, электроосаждение металлов.



Явич
Ада Ароновна

Сведения об авторе: кандидат хим. наук, науч. сотрудник ИФХЭ РАН.
Область научных интересов: электрокатализ, топливные элементы, электроосаждение металлов.



Белова Надежда
Николаевна

Сведения об авторе: инженер ИФХЭ РАН.
Область научных интересов: электрокатализ, первичные источники тока, топливные элементы, восстановление кислорода.



Мазин
Петр Вадимович

Сведения об авторе: аспирант ИФХЭ РАН.
Область научных интересов: электрокатализ реакции восстановления кислорода, первичные источники тока, топливные элементы.



A direct ethanol-oxygen (air) fuel cell (FC) with alkaline electrolyte containing no platinum catalysts has been developed for the first time. The FC electrodes were developed using catalysts synthesized in the present work: a RuNi-based anode and a cathode based on a pyropolymer of cobalt tetra (*p*-methoxyphenyl) porphyrin (CoN₄). The RuNi catalyst provides efficient oxidation of such a fuel as bioethanol. The cathodic catalyst (CoN₄) is characterized by high specific characteristics in the oxygen reduction reaction and tolerance towards ethanol. The developed ethanol-air FC with a Nafion membrane possesses the power density of 25 mW/cm²

Введение

Биоэтанол все чаще рассматривается в качестве перспективного жидкого топлива для топливных элементов (ТЭ) [1]. Он легко производится в больших количествах ферментацией биомасс, содержащих углеводы. В Бразилии и США фактически уже имеются системы распределения биоэтанола на автозаправочных станциях, поскольку там он используется в качестве основной добавки к бензину. Экологическая безопасность этанола обуславливает определенные преимущества при его использовании в портативных ТЭ по сравнению с метанолом.

Этанольно-воздушный ТЭ (ЭВТЭ) с прямым окислением этанола в щелочной среде представ-

ляет собой элемент нового типа, не имеющий аналогов. Однако, хотя этанол и является серьезной альтернативой метанолу, эффективные катализаторы его окисления в настоящее время отсутствуют. Это связано с тем, что катализатор должен обеспечивать разрыв С-С-связи в молекуле этанола и при этом не отравляться продуктами окисления этанола. Максимальная эффективность использования этанола достигается при его глубоком окислении с переносом 12e⁻ электронов и образованием CO₂. На широко используемых платиновых катализаторах реакция идет до ацетальдегида (2e⁻) и уксусной кислоты (4e⁻), поэтому они не могут считаться эффективными. С другой стороны, анодные ка-

катализаторы на основе других металлов в кислой среде невозможно использовать из-за их нестойкости. Естественным решением данной проблемы является замена кислой среды на щелочную, которая не столь коррозионно активна.

Центральной задачей создания ЭВТЭ, несомненно, является разработка жидкостного спиртового анода, а именно, выбор типа анодного катализатора, разработка конструкции и метода изготовления анода, а также оптимизация состава. В работах ИФХЭ РАН им. А. Н. Фрумкина недавно было показано, что в щелочных средах возможно эффективное электроокисление этанола с переносом не менее $8-10 e^-$ на одну молекулу спирта при использовании в качестве анодного катализатора наноразмерной RuNi-системы, синтезированной на углеродном носителе [2, 3].

Исследования мы развивали в двух направлениях. Во-первых, оптимизировали метод термохимического синтеза RuNi-катализатора на саже XC72 и определяли состав, структуру катализатора и количество металлов на углеродном носителе [4]. Изучали кинетику окисления этанола в различных условиях с целью идентификации механизма электрокаталитического действия катализаторов. Во-вторых, проводили оптимизацию электрохимических характеристик спиртового анода и условий его работы, обеспечивающих повышение габаритных плотностей тока.

Синтез и исследование анодных RuNi-катализаторов

Синтез анодных RuNi-катализаторов осуществляли на саже XC72 (Cabot) с удельной поверхностью $215 \text{ м}^2/\text{г}$ при температуре 430°C . Электрохимические измерения характеристик катализаторов проводили на сетчатых модельных электродах с содержанием катализатора до $1 \text{ мг}/\text{см}^2$ [2]. Это обеспечивало равнодоступность внутренней поверхности катализатора, быстрое установление адсорбционного равновесия и протекание реакции в кинетическом режиме. Были изучены катализаторы с различным атомным соотношением Ru/Ni.

На рис. 1 представлены зависимости электрохимической активности катализаторов в реакции окисления этанола от атомного отношения Ru/Ni. В области относительно малых поляризаций ($E = 0,23 \text{ В}$) активность катализаторов при переходе от чистого рутения к системам с никелем снижается, и композиции, содержащие меньше 20 ат. % Ru, практически не активны. При $E = 0,43 \text{ В}$, несмотря на некоторый разброс электрохимических данных, наблюдается широкий максимум электрокаталитической активности в области 15–35 ат. % Ni, более крутой со стороны Ru и более пологий со стороны Ni. При содержании $\text{Ni} > 35 \text{ ат. \%}$ активность RuNi-системы снижается.

Также была изучена скорость окисления этанола при различном содержании металла на углеродном носителе. Показано, что при сохранении механизма реакции наибольшая активность наблюдается для катализатора с 15 масс. % RuNi.

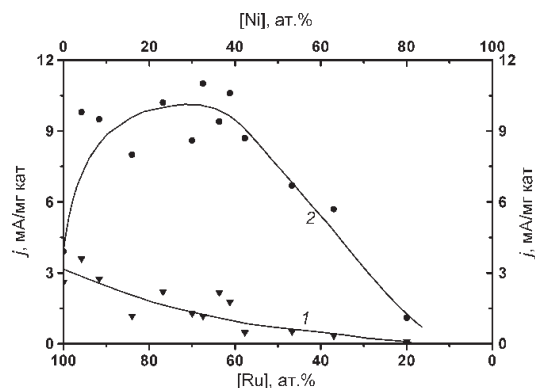


Рис. 1. Зависимости электрохимической активности RuNi-катализаторов в реакции окисления этанола от атомного отношения Ru/Ni при потенциалах, В: 1 — 0,23; 2 — 0,43

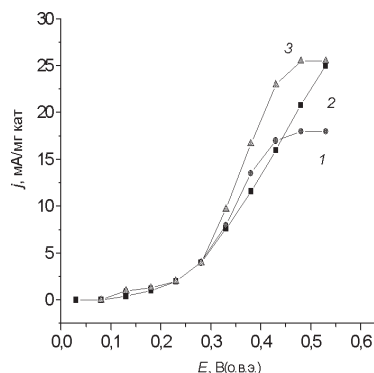


Рис. 2. Вольт-амперные кривые окисления этанола на различных катализаторах с 15(1), 20(3) и 30 масс. % (2) металла на саже XC72: 1 — Pt (E-TEK); 2 — RuNi (ИФХЭ); 3 — RuPt (E-TEK)

Сопоставление удельной активности ($\text{мА}/\text{мг}$) разработанного в ИФХЭ РАН RuNi-катализатора с активностью коммерческих (E-TEK) платиновых катализаторов Pt и RuPt (2/1) показало (рис. 2), что RuNi-катализатор (кривая 2) практически не уступает коммерческим (кривые 1, 3). На вольт-амперных кривых проявляется и качественное их различие. Для коммерческих катализаторов, содержащих Pt, при $E > 0,4 \text{ В}$ наблюдается предельный кинетический ток, обусловленный отравлением продуктами неполного окисления этанола. В случае RuNi-системы это нежелательное явление отсутствует. В пересчете каталитической активности на 1 мг драгоценного металла это превосходство становится особенно очевидным (рис. 3).

Методами рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) и рентгеновского дифракционного анализа (РДА) был определен состав RuNi-катализатора. Энергии связи характерных максимумов в спектрах РФЭС указывают на то, что во всех образцах Ru находится в основном в металлическом состоянии. Это подтверждает близость экспериментально наблюдаемой энергии связи для $\text{Ru}3d_{5/2}$ $E_{\text{св}} = 280,5 \text{ эВ}$ и энергии для массивного Ru $E_{\text{св}} = 280,2 \text{ эВ}$. Все параметры линий $\text{Ni}2p_{3/2}$ — значения $E_{\text{св}}$, отношения интенсивностей сателлита к интенсивности основного пика (равные 0,6–0,7), разности энергий связи сателлита и основного пика (равные

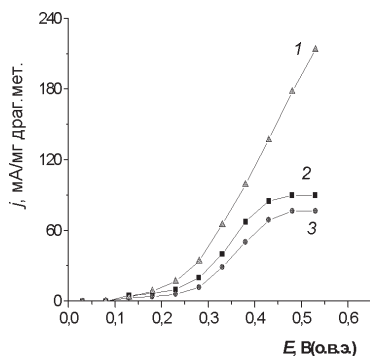
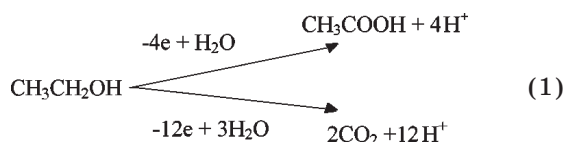


Рис. 3. Вольтамперные кривые, характеризующие эффективность использования драгметаллов при окислении этанола на катализаторах: 1 — RuNi (ИФХЭ); 2 — RuPt (Е-ТЕК); 3 — Pt (Е-ТЕК)

5,5–5,7 эВ) — отвечают частицам Ni^{2+} . Таким образом, из анализа спектров РФЭС следует, что в синтезированном на саже XC72 катализаторе присутствуют металлический Ru и Ni^{2+} , по-видимому, в оксидном состоянии. К аналогичным выводам приводят данные РДА. Отнесение максимумов дифракционного спектра и расчет параметров соответствующих решеток ($a_{Ru} = 0,2700$ нм) подтверждают наличие фаз металлического Ru и гидроксида Ni.

Расчет размера частиц катализатора проводили по спектрам РДА. В зависимости от состава катализатора размер его частиц составляет 2,4–6,2 нм (рис. 4). Введение Ni в небольших количествах в состав катализатора приводило к уменьшению размеров частиц Ru в 2 раза, однако при содержании Ni > 30 масс. % наблюдается укрупнение частиц Ru. По данным ПЭМ (рис. 4), при оптимальном содержании RuNi металл довольно равномерно распределяется по поверхности углеродного носителя.

Исследования с помощью газо-жидкостной хроматографии показали, что в сильно щелочном электролите на RuNi-катализаторе окисление этанола протекает по параллельному механизму с образованием в качестве конечных продуктов уксусной кислоты (ацетата) и диоксида углерода (карбоната). Другие продукты реакции в сколько-нибудь заметных количествах отсутствуют (1).



Одной из задач при создании спиртового ТЭ является реализация удовлетворительного баланса окисления этанола (по образованию уксусной кислоты и диоксида углерода) и определение влияния основных рабочих параметров: потенциала анода, температуры электролита и концентрации спирта — на соотношение количеств электричества, расходуемых на 4- и 12-электронные реакции.

Были сопоставлены результаты, показывающие глубину окисления этанола на катализаторе RuNi и чистом Ru, нанесенных на сажу XC72 в одинаковом количестве. Из полученных данных следует, что в отсутствие Ni выход уксусной кислоты возрастает, а образование диоксида уг-

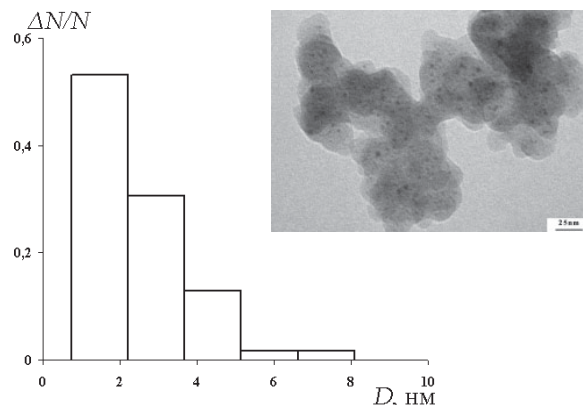


Рис. 4. ПЭМ-изображение 15% RuNi-катализатора и гистограмма распределения его частиц по размерам

лерода снижается. Это четко указывает на то, какую роль играют никель или его оксиды в разрыве C–C-связи и в углублении процесса окисления этилового спирта.

При увеличении температуры, концентрации этанола и уменьшении поляризации анода выход CO_2 возрастает, а выход уксусной кислоты снижается. При потенциале $E = 0,23$ В количество электричества, расходуемое на образование CO_2 , Q_{CO_2} , втрое превышает количество электричества, расходуемое на образование уксусной кислоты, $Q_{\text{CH}_3\text{COOH}}$. Это означает, что среднее число электронов, отдаваемых молекулой этанола, составляет около 8, что соответствует фарадеевской эффективности ~70 %. При этом отношение количеств электричества $Q_{\text{CO}_2}/Q_{\text{CH}_3\text{COOH}}$ отражает, по-видимому, эффективность анодного катализатора в отношении разрыва C–C-связи.

Таким образом, углубление электроокисления этанола достигается при повышении температуры, концентрации спирта и уменьшении перенапряжения. Это указывает на то, что в 12-электронной реакции участвуют более прочно адсорбированные органические частицы, подвергнутые глубокому дегидрированию.

Синтез и исследование катодных CoN_4 -катализаторов

Другой важной задачей, от решения которой зависит эффективность работы ЭВТЭ, является применение такого катодного катализатора, который не только имеет высокую активность в реакции электровосстановления кислорода, но и толерантен к этанолу. Последнее требование связано с тем, что этанол переносится через твердый полимерный электролит (ионообменную мембрану) из анодной камеры в катодную (кроссовер-эффект) и может отравлять катод. В ИФХЭ РАН такой катодный катализатор был разработан. Это пирополимер тетраметоксифенилпорфирина кобальта (CoN_4).

Синтез CoN_4 катодных катализаторов проводили при использовании N_4 -комплексов на активированной саже АД100 ($S_{\text{уд}} = 150 \text{ м}^2/\text{г}$) либо на саже XC72 ($S_{\text{уд}} = 220 \text{ м}^2/\text{г}$) при температуре 800 °С. Электрокаталитическую активность в реакции восстановления кислорода и толерантность в отношении этанола исследовали в модельных условиях с использованием вращаю-

щегося дискового электрода с тонким слоем катализатора (100 мкг/см²) по методике, описанной в [5], в 1 М щелочи при температуре 60 °С.

Наличие CoN₄ приводит к росту $E_{ст}$, сдвигу поляризационной кривой в сторону положительных потенциалов по сравнению с чистой сажей и снижению выхода пероксида водорода, что проявляется в приближении величины количества электронов, участвующих в реакции, к 3–3,5. На рис. 5 и в таблице представлены экспериментальные результаты для CoN₄, PtCo (7,3 % Pt) и 20 масс. % Pt (коммерческий катализатор E-TEK) [6]. Согласно полученным данным, в атмосфере кислорода наблюдается ряд активности: Pt ≥ PtCo > CoN₄. Такой же ряд активности выстраивается и при электроокислении этанола. Поэтому влияние этанола на катодную реакцию восстановления кислорода наиболее выражено в случае Pt и наименее — в случае CoN₄-системы. В случае Pt и PtCo оно сопровождается эффектом отравления Pt-содержащих катализаторов в присутствии этанола. Как видно из рис. 5, при этом происходит снижение скорости роста тока при потенциалах более отрицательных, чем потенциалы окисления этанола. Поэтому в O₂ + 0,5 М C₂H₅OH имеет место другой ряд активности: CoN₄ > PtCo > Pt. Таким образом, наибольшую толерантность по отношению к этанолу проявляет CoN₄.

Разработка мембрано-электродного блока и испытания ЭВТЭ

Для мембрано-электродного блока (МЭБ) ЭВТЭ с твердым полимерным электролитом были разработаны оригинальные конструкции катода и анода. Эффективность использования этанола в таком ЭВТЭ в значительной мере зависит от выбора соответствующей ионообменной мембраны — с высокой электропроводностью и хорошими разделительными свойствами в отношении этанола. Как и в боргидридно-щелочных ТЭ, в составе МЭБ ЭВТЭ в качестве электролита использовали ионообменную мембрану Nafion 117 в Na⁺-форме. Это обстоятельство учитывалось в дальнейшем при разработке катодов. При использовании катионообменной мембраны на катоде образуется щелочь NaOH, что создает проблемы, связанные с ее отводом, поскольку щелочь постепенно, по мере ее наработки на катоде, накапливается в активном слое и затапливает его. В результате рабочая поверхность, на которой генерируется ток, может уменьшиться, а характеристики катода — снизиться. С аналогичными проблемами сталкиваются и разработчики боргидридно-щелочных ТЭ. Выбор мембраны Nafion

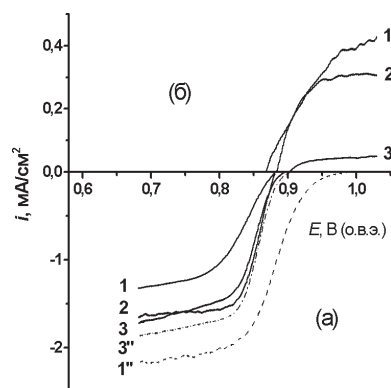


Рис. 5. Поляризационные кривые восстановления кислорода (1–3, 1'', 3'') и окисления этанола в присутствии кислорода (1'–3'), полученные в 1 М KOH (1'', 3'') и в 1 М KOH + 0,5 М C₂H₅OH (1–3; 1'–3') на вращающемся дисковом электроде ($\omega = 640$ об/мин) с тонким (120 мкг/см²) слоем катализаторов: 1, 1', 1'' — Pt (E-TEK); 2, 2' — Pt-CoN₄ (7,3 %); 3, 3', 3'' — CoN₄

в Na⁺-форме большинством исследователей, видимо, связан с ее хорошей проводимостью и неплохими разделительными свойствами. Последнее следует и из наших данных по измерению кроссовера этанола через мембрану непосредственно в ТЭ по методике, описанной в [7]. Окисление этанола на Pt-катоде в отсутствие кислорода позволяет оценить анодный ток, отвечающий кроссоверу этанола. При концентрации щелочного раствора этанола 1 М он оказался равным 3,7 мА/см² (60 °С). Следует заметить, что это в ~4 раза ниже значения, полученного в [7] для ЭВТЭ с протонпроводящей мембраной и раствором 1 М C₂H₅OH + H₂O.

Трудностей с отводом щелочи из катода можно избежать, если вместо катионообменной мембраны в качестве твердого электролита использовать анионообменную мембрану. В этом случае OH⁻-ионы, которые генерируются на катоде, переносятся через анионообменную мембрану в анодную камеру ЭВТЭ, где в итоге образуется вода. В катодной камере, таким образом, щелочь не накапливается.

Испытания МЭБ ЭВТЭ проводили в одиночном элементе фирмы «Arbin» с площадью электродов 5 см². Скорость циркуляции этанольно-щелочной смеси составляла 1,2 л/ч, температура ячейки 60 °С. Контролировали ток, напряжение, а также потенциал катода. (Все потенциалы приведены относительно обратимого водородного электрода.)

Электроды для мембрано-электродного блока изготавливали с использованием в активных слоях и катода, и анода раствора Nafion. В качестве токоотвода и газодиффузионного слоя при-

Характеристики различных катодных систем, полученные в отсутствие и в присутствии 0,5 М C₂H₅OH (1 М KOH, 60 °С, атмосфера — O₂)

Катализатор	O ₂			O ₂ + 0,5 М C ₂ H ₅ OH		0,5 М C ₂ H ₅ OH
	$E_{ст}, В$	$I, А/см^2$ ($E = 0,88 В$)	$\partial E/\partial \lg I, В$	$E_{ст}, В$	$I, мА/см^2$ ($E = 0,88 В$)	$I, мА/см^2$ при $E = 0,95 В$
Pt	1,02	1,2	0,060; 0,110	0,87	0,04	0,35
PtCo	0,97	0,7	0,060; 0,120	0,9	0,087	0,30
CoN ₄	0,92	0,26	0,050; 0,110	0,91	0,18	0,039

меняли гидрофобизированную углеродную бумагу TORAY Carbon Paper типа ЕС-ТР1Т. В состав композиции для приготовления активного слоя электродов, кроме катализатора, входили бидистиллированная вода, этанол и 5 %-ный раствор Nafion. После ультразвуковой обработки полученную гомогенную дисперсию послойно наносили на бумагу TORAY. Готовый катод припекали к мембране при 135 °С, а анод прижимали к ней при сборке МЭБ в ТЭ.

Было исследовано влияние содержания RuNi-катализатора в активном слое на разрядную характеристику анода. Содержание Nafion во всех случаях оставалось неизменным. Лучший результат имел анод, содержащий 20 мг/см² катализатора. При меньшем содержании активность была низкой, а при большем, вероятно, ухудшались условия подвода этанола из-за роста толщины активного слоя. Хотя бестоковый потенциал всех изученных анодов был достаточно высок (40–50 мВ) и можно было ожидать получения больших токов, в целом недостаточная активность катализатора не позволила этого сделать.

Попытки увеличить активность катода, изготовленного на основе CoN₄, за счет роста его содержания в активном слое (как это было сделано на аноде) не дали ощутимого результата. Возможно, это связано с тем, что с увеличением содержания CoN₄ должен расти не только ток, но и толщина активного слоя катода. Последнее, безусловно, затрудняет возможность своевременного отвода щелочи, образующейся в активном слое с Nafion, что приводит к его постепенному затоплению и, как следствие, снижению тока.

Поскольку варьирование содержания Nafion в активном слое практически не влияет на его толщину, но влияет на величину рабочей поверхности, следовало ожидать более заметных изменений вольт-амперной кривой катодов с разным содержанием Nafion. Лучшую вольт-амперную кривую имел катод с содержанием Nafion в активном слое 25 масс. %.

Оптимизация анода, катода и условий работы ЭВТЭ, при которых реализуются максимальные габаритные токи, позволила получить следующие характеристики этанольно-воздушного ТЭ с мембраной Nafion 117 (рис. 6). При напряжении элемента 0,5 В плотность тока ~45 мА/см² (кривая 1), максимальная удельная мощность (кривая 2) ~25 мВт/см². Примерно такие же параметры приведены в [8] для боргидридного ТЭ с мембраной Nafion 115. Учитывая, что разработанный ИФХЭ РАН ЭВТЭ — первый ТЭ подобного типа, на электродах которого полностью отсутствует Pt, данный результат представляется вполне удовлетворительным и обнадеживающим.

Заключение

Резюмируя изложенное, можно заключить, что проведенные исследования позволили создать новую архитектуру этанольно-воздушного ТЭ и показали принципиальную возможность реализации ТЭ с катионообменной мембраной для прямого окисления биоэтанола в щелочной среде

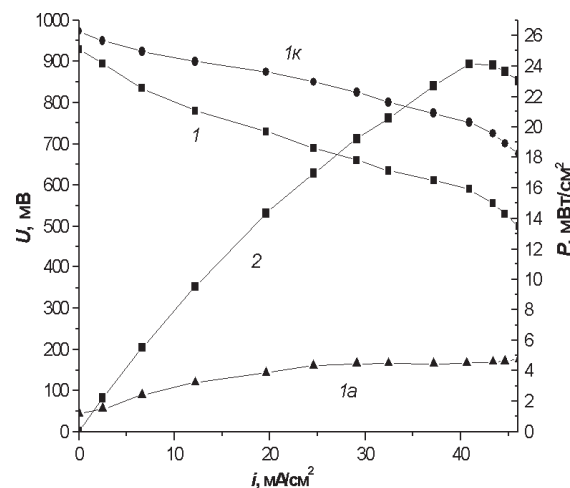


Рис. 6. Вольт-амперные кривые (1, 1к, 1а) и кривая удельной мощности (2) щелочного ЭВТЭ при 60 °С с мембраной Nafion 117: 1 — напряжение на ТЭ; 1к, 1а — потенциалы катода (N₂Co) и анода (RuNi) соответственно. 1М C₂H₅OH + 6М NaOH.

без использования Pt-катализаторов. Полученный результат стал возможен благодаря применению эффективного анодного катализатора RuNi и толерантного к этанолу катодного катализатора CoN₄. Улучшение разрядных характеристик данного ЭВТЭ может быть достигнуто при дальнейшей оптимизации мембрано-электродного блока, более детальном обосновании условий работы ЭВТЭ, а также при использовании анионообменной мембраны, обеспечивающей продолжительную работу катода.

Авторы искренне благодарны организациям, которые на разных этапах проявили интерес и оказали поддержку этим работам: Президиуму РАН (Программа 7); ООО «Национальная инновационная компания «Новые энергетические проекты»; ЗАО «Индепендент Пауэр Технолоджис»; Фонду содействия развитию МП НТС Бортника И. М.

Список литературы

1. Lamy C., Belgsir E. M., Leger J.-M. // J. Appl. Electrochem. 2001. Vol. 31. P. 799.
2. Tarasevich M. R., Karichev Z. R., Bogdanovskaya V. A., Lubnin E. N., Kapustin A. V. // Electrochem. Commun. 2005. Vol. 7. P. 141.
3. Tarasevich M. P., Каричев З. Р., Богдановская В. А., Капустин А. В., Лубнин Е. Н., Осина М. А. // Электрохимия. 2005. Т. 41. С. 829.
4. Ефремов Б. Н., Тарасевич М. Р., Каричев З. Р., Богдановская В. А. // Тр. Международ. симп. по водородной энергетике. 1–2 нояб. 2005 г. М.: Изд-во МЭИ, 2005. С. 91–94.
5. Tarasevich M. R., Chalykh A. E., Bogdanovskaya V. A., Kuznetsova L. N., Kapustina N. A., Efremov B. N., Ehrenburg M. R., Reznikova L. A. // Electrochim. Acta. 2005. Vol. 51. P. 4455.
6. Цивадзе А. Ю., Тарасевич М. Р., Ефремов Б. Н., Капустина Н. А., Мазин П. В. // Докл. АН. 2007. В печати.
7. Li G., Pickup P. G. // J. Power Sources. 2006. Vol. 161. P. 256.
8. Leon C. P. de et al. // Ibid. Vol. 155. P. 172.



SEMICONDUCTOR NO_x SENSORS

V. M. Aroutiounian 



Member of International Editorial Board

Department of Physics of Semiconductors and Microelectronics at Yerevan State University
0025, 1, A. Manoukyan, Yerevan, Armenia, e-mail: kisahar@ysu.am



Aroutiounian
Vladimir M.

Vladimir M. Aroutiounian received his physics-engineer MS degree from Kiev Polytechnic Institute in 1964, the doctoral degree (Ph. D.) from Yerevan State University in 1970 and Dr. Sc. degree from Vilnius State University, Lithuania, in Physics of Semiconductors and Dielectrics in 1977. Academician of National Academy of Sciences and Engineering Academy of Armenia.

He is currently the full professor, head of Department of Physics of Semiconductors and Microelectronics and the research supervisor of Research Laboratory of Physics of Semiconductor Materials and Devices at Yerevan State University.

His current research interests include chemical sensors, physical properties of porous and quantum-well semiconductor structures, photoelectrochemical and photoelectrical conversion of solar energy.

Necessity in nitrogen semiconductor oxide and dioxide sensors with numerical output is very important for science and technical systems. Present review paper gives information about sensitive semiconductor materials, technology of their manufacturing and main parameters of sensors.

Introduction

Last 30 years, research and development of gas-sensing devices is in the focus of activity of scientists and engineers in many countries. Such detectors can be used for different applications - continuous monitoring of the concentration of gases in the environment and premises, detection of toxic dangerous gases, drugs, smoke and fire, energy saving, anti-terrorist defense, health, amenity, control of automotive and industrial emissions as well as precious technological processes in industry. Gas sensors can be manufactured using different materials, technologies and phenomena [1–9]. Sensing devices should be smaller and cheaper than the analytical devices currently used and have high sensitivities. We considered earlier [4, 5, 7] and below semiconductor sensors, which found soon remarkable positions in science and technology as they allow producing fast, reliable, non-expensive, low-maintenance devices using modern electron technologies. However many gas-sensing micro-systems have not yet reached commercial viability due to high consumed electric power and working temperatures, inaccuracies and inherent characteristics of the sensors themselves.

So, suitable semiconductor materials with the required surface and bulk having higher sensitivity, stability and selectivity are demanding today.

Hydrogen (H₂), oxygen (O₂), carbon monoxide (CO), hydrocarbon (including methane CH₄) sensors were reviewed by author in [5, 7]. Nitrous oxide (NO) and nitrogen dioxide (NO₂) gases are also among the important gaseous species. Solid state sensors (mainly metal oxide nitric devices) are considered below.

Most of combustion processes result in the formation of nitric oxides, commonly considered inside the global label NO_x. NO₂ is the main gas to be detected because NO is easily oxidized to NO₂ in atmosphere. There is a complex relationship between emissions for NO_x and the resulting concentrations of NO₂. It transforms in the air to form gaseous nitric acid and toxic organic nitrates. NO₂ even at low concentration is a highly toxic gas. Nitrogen oxide NO_x (NO or NO₂) can cause diseases of respiratory system and leads to pulmonary edema and death. NO₂ catalyze the formation of toxic ozone in the troposphere, being one of the causes of urban photochemical smog. Cumulation of NO_x is the main reason of acid rains.



Лекция профессора Ереванского государственного университета, академика НАН Армении В. М. Арутюняна будет представлена во время торжественной церемонии награждения в Государственной Думе РФ 29 ноября 2007 г. в 15⁰⁰.
Lecture of professor of the Yerevan State University, academician of the NAS of Armenia V. M. Aroutiounian will be presented during rewarding ceremony in the RF State Duma November 9, 2007 at 15⁰⁰.

This gas also participates in a chain reaction that destroys the protective stratospheric ozone layer, resulting in an increase of ultraviolet radiation reaching the surface of the earth. NO_2 is often found at higher levels indoors compared with outdoors. Mainly this occurs in settings where gas stoves and kerosene heaters are being used. In this sense, the emission control and effective methods to detect nitrogen oxides are highly demanded today to prevent environmental and health problems [10–12]. Therefore, to optimize combustion and reduce emissions, it is necessary the precise monitoring of exhaust gasses in boilers, heaters, gas stoves, combustion furnaces, vehicles or automobile engines and their direction by controlling initial reactant mixtures.

Therefore the development of portable fast-response sensors that are robust, small sized, long lifetime, quick in response and with sufficient sensitivity for the detection of nitrogen dioxide in low concentrations, such as few ppm, in the ambient is necessary and demanded also in order to prevent irreversible changes in the global atmosphere.

For this reason efforts made nowadays by scientific research community in leading laboratories all over the world have been focused on the development and investigation of novel NO_2 sensitive materials suited for solid-state gas sensors, consequently, their performances have to be improved dramatically by adopting preparation conditions and by controlling post-deposition processing.

Hence, there is a great interest in developing chemoresistive gas sensor based on metal oxides for the detection of low concentration of NO_2 and NO_x for air-quality monitoring or exhaust-gas control. For the automotive exhaust monitoring, NO_x sensors should be able to detect NO_x concentration from 10 up to 2000 ppm in very harsh environment where the temperature fluctuates from about 500 °C up to 900 °C. The engine temperature may occasionally reach up to 900 °C during vehicle acceleration and may keep it for a while thereafter. It is therefore inevitable that for a practical implementation of the reliable NO_x sensor, high sensitivity in the range of 100–1000 ppm as well as high selectivity to NO_x , long-term stability at high temperatures, fast response and recovery rates should be realized for demanded sensors. An ideal *on-board* NO_x sensor should attain stability over a long period of operating time (more than 10 years). Such compact and accurate sensors should measure NO_x levels in oxygen-rich exhausts to aid in the precise dispensation of reducing agents.

Related also to environmental concern, a necessity in NO_x and ammonia sensors is demanded for combustion exhaust control in power plants, where NO_x is removed by a chemical treatment with NH_3 over catalysts. Also the need of gas sensors suitable for safety and industrial process control applications has been raised.

In actual case, the optimum sensor performance is not achieved well due to insufficient understandings of the SE–gas interactions as well as the sensing mechanism. For instance, deposi-

tion techniques and processing parameters can affect the chemical composition, the microstructure and the morphology of metal oxide films, consequently influencing the gas sensing properties. Thus, it is important to study the microstructure of the SE film for fabrication of practical NO_x sensors as well as for understanding of the sensing mechanism.

Materials and Technologies

Promising materials for manufacture of sensors and their form, parameters (operating temperature range in °C), range of detection limit, response time) as well as measured physical parameter are listed in Tables 1–3.

SnO_2 , In_2O_3 and In_2O_3 – SnO_2 sensors

SnO_2 thin films for high-sensitivity gas sensor structures were prepared in [36] using the rheotaxial growth and thermal oxidation (RGTO) method. Connections between agglomerates, so-called necks created during the final oxidation. A significant increase in size of the previously formed particles was observed what results in almost 30 % increase in the film thickness. That constituted the paths for the electric current. The sensing mechanism of such SnO_2 thin films manufactured by RGTO method proposed in [36]. The sensor response of SnO_2 thin film to NO_2 is maximal at 200 °C working temperature for the Sn deposition on Al_2O_3 substrate at between 265 and 275 °C, what was in a good correlation with the value of surface coverage by Sn droplets obtained in the first step of RGTO process.

In_2O_3 and SnO_2 have good stability and sensing properties to NO_2 and NO gases and satisfactory selectivity suitable modifiable by noble metal/catalyst or temperature modulated operation (see, [37–43] in the Table 1 and references herein). Both SnO_2 and In_2O_3 oxide sensors are mainly based on electrical resistive changes. Let us discuss results obtained in last years.

In recent years, a great attention has been paid to the development of a new concept design for gas sensors based on the use of two different combined oxides instead of a single oxide as active material in order to exploit the synergic effect of the two different phases in the gas detection mechanism. The advantages that can derive from these mixed systems consist in the possibility of increasing the sensitivity and the selectivity towards specific gases, the availability of a double receptor-transducer function in the same materials system and the stabilization of the sensing material, ensuring, for example, the maintenance of a nanocrystalline structure.

Although both SnO_2 and In_2O_3 thin films have already been studied as gas sensors, their sensing properties combined in a binary oxide are not completely known and, in particular, the potentials are not fully exploited for NO_2 gas detection. In_2O_3 shows electrophysical and chemical properties essentially different compared to SnO_2 and this different behavior seems to considerably modify the

Table 1

NO, NO₂, NO_x sensors

Material of work body	Operating temperature range (°C)	Range of detection limit	Sensing element form	Sensor physical parameter	Response time	Reference
1	2	3	4	5	6	7
SnO ₂	131–313	0.01–0.25	T-ck F	R	~1 h	13, 14
	300–450	Up to 9 ppm	TF	R		15
	300	100 ppb	TF	R		16
	150–300		TF	R	3 s	17
	200	25–100 ppb	TF	R	~2 min	18
	130	up to 100 ppm	nXI TF	R	~10 min	19
	150–200	up to 800 ppb	TF	WF		20
	200–700	100 ppm	Disks	R	~30 s	21
	100–350	5–800 ppb	TF	CVC	~30 min	22
	350–550	50–3000 ppm	ceramic	R	20–60 s	23
SnO _{1.85}	525		T-ck F	WF&R		24
SnO ₂ <Pt, Au, Al>	250–400	1–10 ppm	ThF, FET	R	<10 s	10, 25
SnO ₂ –Pt	35–160		FET	R		26
	150–300		TF	R		27, 28
SnO ₂ –Pt	300	10–1000 ppm	JFET	CVC	<3 min	29
SnO ₂ –Pd	225–500		SchB & R	CVC		30, 31
SnO ₂ –Rh/Pd	450–500	30–50 ppm	TF	R	~5 min	32
SnO ₂ (Au)	550	up to 45 ppm	TF	R	<20 s	33
SnO ₂ (Pt, In, Au)	200–400	2–70 ppm	TF	R	1–2 min	34
Pt, Ni, Au, Mo coated with SnO ₂	20–280	up to 1000 ppm	TF	R		35
SnO ₂	200		RGTO F			36
0.5 wt. % SrO–SnO ₂	500	10–300 ppm	ceramic	R	20–60 s	23
SnO ₂ –CdO	250–300	18–100 ppm	TF	CVC	1	37
Sn–Zn–Sb–O	400&600	up to 5 ppm	TF	R	~1 min	38
SnO ₂ –Al ₂ O ₃	300	18–199 ppm	TF	CVC	~1 min	37
In ₂ O ₃	250	0.7–7 ppm	nXI TF	R	~5 min	39
In ₂ O ₃ –SnO ₂ (NO ₂)	100–350	2–20	TF	R		40
In ₂ O ₃ –SnO ₂ (NO ₂)	RT–400	1–3 ppm	TF	R	10 min	41
In ₂ O ₃ –SnO ₂ (NO)	RT	60–2000 ppm	TF	FreqShif	< 20 s	42
In ₂ O ₃ , In ₂ O ₃ –MoO ₃	150–350	400–800 ppb	TF	R	1–4 min	43
SnO ₂ <Ru>	RT		nanowire	R		46
In ₂ O ₃			nanowire	R		47
CoO–In ₂ O ₃	129	100 ppm	Disks	C	~ 4 min	49
SnO ₂ –Fe ₂ O ₃	150–450	50 ppb–10 ppm	nanoXI	R		50
Fe ₂ O ₃ (Au, Zn)	150–400	2–20 ppm	TF	t	2–5 min	51
ZnO	775					52
	200–400	100 ppm	Disk	CVC	<0.5 min	21
ZnO(Er)	150–400	5 ppm	TF	R		53
Zn–Sn–Sb–O	400&600	up to 5 ppm	TF	R		38
	300–700	up to 3000 ppm	ElChCell	Current		54
ZnO<Ir>	200–375	NO	nano	R		55

The following notations are made in Tables: R — resistance, WF — work function, EMF — electromotive force, FET — field effect transistor, TF — thin film, T — ck F — thick film, CVC — current-voltage characteristics.

traditional gas detection mechanism based on the mediation of surface chemisorbed oxygen species. An interaction mechanism mainly based on redox reactions reversibly changing the surface composition of the metal oxide film seems to be a more realistic situation.

Systematic gas-sensing tests towards NO₂ in dry air have been carried out for In₂O₃–SnO₂ oxide based sensors. The gas-sensing properties of these sensors to different NO₂ concentrations at different working temperatures have been analyzed and compared with the corresponding properties

of the single oxide SnO_2 and In_2O_3 based sensor. All the sensors showed high responses to NO_2 . In general, the best performances in terms of response, sensitivity and low detection limit were found in In_2O_3 - SnO_2 based sensor.

In paper [40] nanocrystalline SnO_2 , In_2O_3 and In_2O_3 - SnO_2 (molar ratio 1:1) thin films have been prepared by modified sol-gel methods. The structural and morphological properties of SnO_2 , In_2O_3 and In_2O_3 - SnO_2 oxide have been investigated in order to characterize their sensing properties as NO_2 gas sensor based on electrical resistive changes. Their performances in the detection of nitrogen dioxide (2–20 ppm in dry air) have been analyzed by electrical characterization in controlled atmosphere.

The mean crystallite size in the heat-treated powders was found equal to 3.5 nm for In_2O_3 . Drop-coating of the powders onto alumina substrates allowed the fabrication of gas-sensing devices.

The SnO_2 and In_2O_3 based devices were tested to NO_2 , displaying outstanding responses even at temperatures as low as 100 °C, and fast responses and recovery times. Results of measurements are shown in Figs. 1 and 2.

Gas-sensing nanocomposites of SnO_2 - In_2O_3 were prepared in [44] using a chemically controlled co-precipitation method. Through manipulating the Sn/In cation ratio, metal salt total concentration, precipitation pH value and aging conditions, the nanocrystalline composite powder was successfully derived with chemical homogeneity and superior thermal stability compared to the single-component oxides. The experimental results showed that these nanocomposites exhibited high sensitivity and selectivity for the detection of CO and NO_x , and the sensitivity depended on the composition of the composites, calcination temperature and operating temperature. The 40 % $\text{In}_{0.5}$ content, calcination at 600 °C and operation at 250 °C and 200 °C were most optimal for CO and NO_2 gas-sensing, respectively. The incorporation of In_2O_3 as a secondary component suppressed the grain growth of SnO_2 , thus resulting in the increased sensitivity. Particularly, additives of Pd and Al_2O_3 as a dopants and a surface coating, respectively, greatly improved the sensitivity and selectivity of the optimized nanocomposite.

Mixed oxide (Sn-In)O + Pt with various composition Sn-In = 1:1, 2:1, 5:1 and 10:1 for sensing materials were prepared in [45]. Fabricated micro-gas sensor shows low resistance; gas sensing characteristics have linearity for wide range (0.5–20 ppm) of gas concentration.

Tin oxide has been synthesized in various forms like whiskers, nanorods, nanotubes, nanodiskettes, nanobelts and nanowires [46]. Such a new generation of metal oxide semiconducting nanostructures has attracted the interest due to their potential applications in sensor field. Because of their peculiar structural characteristics, the effects arising from size reduction result in novel physical properties for these materials. Newly developed metal oxide nano-belts and nanorings are potential candidates for fabrication of nanoscale

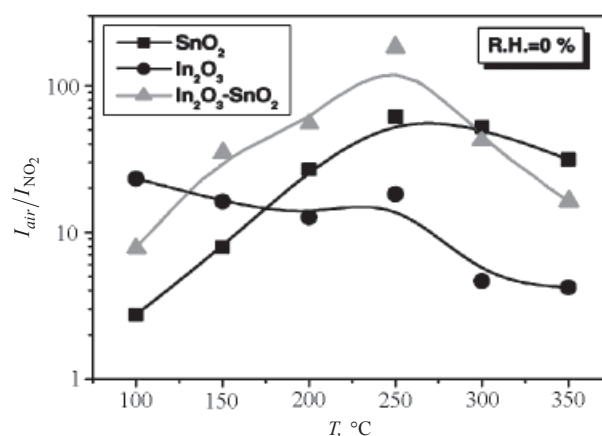


Fig. 1. NO_2 -response curve to 5 ppm NO_2 for the In_2O_3 - SnO_2 thin film based sensors as function of operating temperature

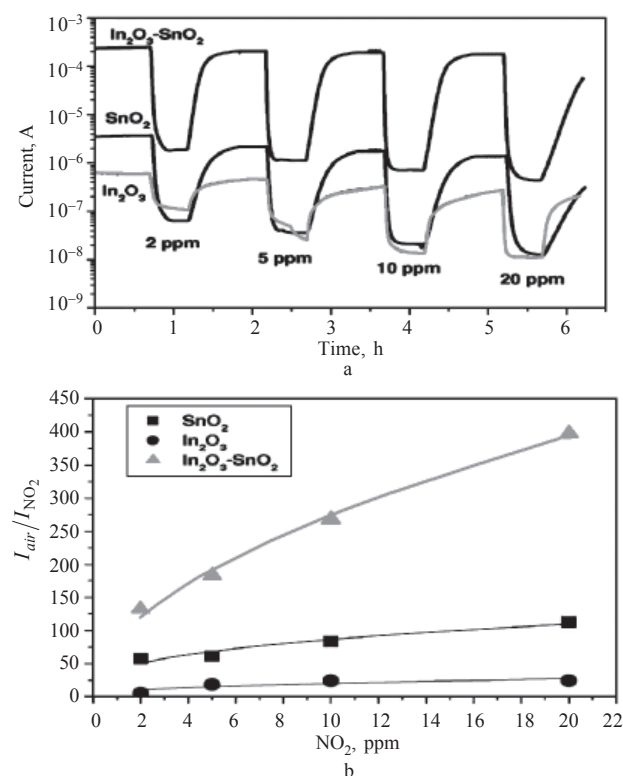


Fig. 2. (a) Transient response of SnO_2 and In_2O_3 - SnO_2 thin film based sensors to different concentration of NO_2 in dry air at $T = 250^\circ\text{C}$; (b) corresponding calibration curve

devices. Their extraordinary sensing properties have been recently shown for ultra-sensitive gas and DNA detection. Yang et al. have reported photochemical gas sensing properties of single crystalline SnO_2 nanowires towards NO_2 , where high sensitivity and reversibility was achieved only at elevated temperature or by exposure to the UV light corresponding to energy near the SnO_2 band-gap. The synthesis of Ru-doped SnO_2 nanowires and their unique response towards NO_2 and LPG was reported in [46]. The incorporation of Ru in SnO_2 thin film results in the low temperature crystallization implying the role of Ru as a promoter/nucleating aid besides sensitizer. The gas sensing properties of such wires were demonstrated by studying their response towards NO_2 in air at room

temperature. Furthermore, Ru being one of the excellent sensitizers towards LPG, these wires was studied for their gas sensing behavior towards LPG, which interestingly exhibited maximum sensitivity towards LPG at 250 °C in agreement to the results obtained for Ru-doped SnO₂ thin film.

The SnO₂ nanobelt sensor response was 900% for 200 ppb NO₂ at 300 °C [47]. It has been studied the variation of the response as a function of the density of the nanobelts. The results demonstrate the potential of fabricating nanosize sensors using the integrity of a single nanobelt with sensitivity at the level of a few ppb and the necessity to control nanobelts density to optimize the sensing performances.

Nano-wires of indium oxide for gas sensing were proposed in [48]. Main attention has focused on the influence of the deposition conditions (pressure, evaporation temperature, gas flux and substrates temperature) of these structures on the morphological and electrical properties of the nanostructures, highlighting that the response is strictly dependent on the lateral dimensions of the wire.

The CoO-In₂O₃ system was also used for the manufacture of NO_x sensors [49].

Nanocomposites SnO₂-Fe₂O₃ have been obtained in [50] in whole concentration range (0–100 mol. % Fe₂O₃) using wet chemical synthesis. The gas sensor properties of nanocomposites towards CO (40–150 ppm), ethanol (10–200 ppm), H₂S (2–10 ppm) and NO₂ (50 ppb–10 ppm) have been studied by conductance measurements in tem-

perature range 150–450 °C. Nanocomposites of SnO₂-Fe₂O₃ have been synthesized by wet chemical method and tested as gas sensors. Results highlight that balancing the SnO₂-Fe₂O₃ molar ratio sensors performances can be tailored to obtain materials suitable for different applications. At $x = 0.015$ sample revealed the most sensitive towards NO₂. Fe₂O₃ <Au, Zn> sensing materials were investigated in [51].

ZnO and tungsten trioxide sensors

ZnO has rather good stability and sensing properties to NO₂ and NO gases and satisfactory selectivity (see, [21, 38, 52–54] in the Table and References herein). The Ir-doped ZnO sample shows no reaction towards NO₂ over the whole temperature range [55]. A significant signal upon exposure of NO was observed from 200 to 325 °C. This behavior makes Ir-doped ZnO a promising NO₂-tolerant NO sensing material in the temperature range from 200 to 375 °C.

NO₂ can be detected with a high sensitivity on samples Al-doped ZnO [56]. [57] is a first report describing the formation of conductive tin-doped zinc oxide thin films by SILAR technique and rapid photothermal processing (RPP) and their NO₂ gas sensing applications. Gas sensor elements based on the Sn-doped zinc oxide films were sensitive to NO₂ at room temperature. It was experimentally demonstrated that tin impurities in ZnO films improved sensors gas-sensing properties to NO₂ and produce a shorter response time. It is possible

Table 2

NO, NO₂, NO_x sensors

Material of work body	Operating temperature range (°C)	Range of detection limit	Sensing element form	Sensor physical parameter	Response time	Reference
1	2	3	4	5	6	7
WO ₃ -TiO ₂	350–800	1–20 ppm	nXI TF	R		59
	175–380	up to 45 ppm	T-ck F	R	1–2 min	60
W-Ti-Mo-O	350–800	1–10 ppm	TF	R	~2 min	61
WO ₃ <Au, Pd, Pt>	250–350	1–10 ppm	Thick F	R	<10 s	10
WO ₃	100–250	NO and NO ₂ Up to 100 ppm	SAW delay lines	Output phase	~1–2 min	62, 63
	200–450	0.7–5.4 ppm	TF	R	~5 min	64
	25–350	2–300 ppm	T-ck F	R	3–5 min	65, 66
	100–300	up to 5 ppm	TF	R	~10 s	67, 68
WO ₃ (Ag)	250–300	40 ppm	Pellet	R	20–30 m	69
WO ₃ (Al, Ti)	200–300	4 ppm	TF	R	~1 min	70
WO ₃ (with 1 % Metal Oxide)	350	40–80 ppm	Powder onto Al Tu	R	~2 min	71
WO ₃ -Bi ₂ O ₃	25–350	2–300 ppm	T-ck F	R	3–5 min	65
WO ₃ -SiO ₂	250–450	0.1–2 ppm	TF	R	5–7 min	72
WO ₃ -TiO ₂	350–800	1–20 ppm	n TF	R		59
	175–380	up to 45 ppm	T-ck F	R	1–2 min	60
WO ₃ -ZrO ₂	500–700	5–1000 ppm	ElChCell	El-de	~1 min	73
WO ₃ <In	100–200		n-part TF	R		75
WO ₃ -TiO ₂	300–500	0.07–6 ppm NO ₂ 0.07–5 ppm NO	TF	R		79

to tune these parameters by varying the film porosity and Sn concentrations in the solution: highly porous film sensors have a high sensitivity, but a longer response time. In situ patterned zinc oxide thin films were prepared in [58] by precipitation of $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ /urea aqueous solution and by microcontact printing of self-assembled monolayers on $\text{Al}/\text{SiO}_2/\text{Si}$ substrates. The ZnO gas sensor was exposed to the concentrations of NO (1000 ppm). The optimum operating temperature of the NO sensor was 200 °C.

Sensing properties of WO_3 to NO_2 and NO gases has investigated very intensive (see, [10, 59–73] in the Table 2 and References herein). Consider results obtained in last years.

Pure and activated (doped) nanocrystalline WO_3 films, produced by advanced reactive gas deposition, were investigated for gas sensing applications [74]. Activation took place by co-evaporation of Al or Au with tungsten oxide as the particles were produced. Test gases of H_2S , NO_2 , and CO were used at different concentrations on the ppm level. Any overlap in its maximum gas-specific sensitivities, which implies that chemical selectivity, can be obtained when the sensor is operated at 400, 525, and 700 K (see Fig. 3).

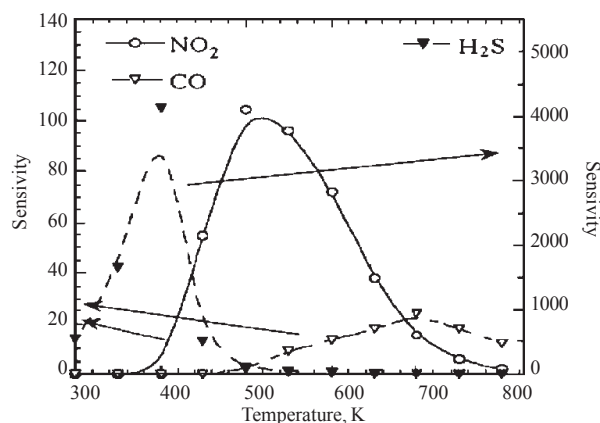


Fig. 3. Dependencies of sensitivity on operating temperature [74]

The gas sensing properties of pure and indium-doped nanoparticle WO_3 thick films were studied in [75]. As usual, the reduction of grain size in metal oxide films was one of the key factors to enhance the gas sensing properties of semiconductor layers. Thin metal oxide films with small grain size by using a special regime of rf sputtering from either metallic or metal oxide targets were manufactured. Sensors were prepared using commercial WO_3 nanopowders and powder mixtures with different concentrations of In (1.5, 3.0 and 5.0 wt. %). It was found that the pure WO_3 sensors responded to nitrogen dioxide even when operated at room temperature. These sensors showed a maximum sensitivity to NO_2 when working at 100% C. The fact that pure WO_3 sensing layers show response to NO_2 at low temperatures is due to the small grain size and high surface area of the WO_3 nanopowders. Indium-doped WO_3 sensors

were selective to NO_2 and CO when operated at 200 and 300 °C, respectively. In this case, the selectivity of the sensors is determined by the defects generated by indium impurities.

Other methods have been also used to prepare nanometric WO_3 thin films, including sol-gel, dc and rf magnetron sputtering and thermal evaporation. It has been reported that the sensitivity of the WO_3 thin film to NO_2 was enhanced by the addition of metals, such as Au, Al or Pt. It was established that the WO_3 thin film was monoclinic and showed high sensitivity to low concentration of NO_2 [76, 77].

WO_3 sensors can detect 0.5 ppm dilute NO_2 with high sensitivity at 57–200 °C using a micro-electrode [78]. Micro-gap electrode with various gap sizes was fabricated on Si substrate by using MEMS techniques (photolithography and FIB) and deposited WO_3 thick film on it to be micro-gas sensor.

In the last years the interest in micromachined gas sensors has become more and more important.

It is already known that the sensitivity to NO_2 is many times higher than the one to NO and most of the reported promoters are also known to be good oxidation catalysts. As a result, one of the roles of the noble metal additives may be to provide a surface for the catalytic conversion of NO to NO_2 , which is responsible for the high sensitivity associated with the promotion.

Micromachined four-element integrated thick-film gas sensors based on pure and modified with noble metal additives WO_3 and SnO_2 were fabricated on double-side polished p-type <100> Si substrates [10]. The structure of the device basically consists of the gas sensing layer, the electrodes, insulating layers and a polysilicon heater. Different noble metals (Pd, Pt and Au) and quantity levels (1, 2 and 4 wt. %) were tested in order to fabricate a reliable sensor with high sensitivity and selectivity to NO_2 . The $\text{WO}_3 + 2\%$ Au sensors showed very promising results for NO_2 gas detection. Their responsiveness was high, while their selectivity was as high as 0.97. Therefore, resistive gas sensors based on $\text{WO}_3 + 2\%$ Au screen-printed on micro-hotplates have a very interesting potential for inexpensive hand-held gas monitors.

A screen printed n-type WO_3/TiO_2 mixed oxide layer shown high sensitivity to NO_x [79].

MoO₃ and mixed oxide sensors

MoO_3 films demonstrated to have good NO_2 sensing capability [80, 81]. MoO_3 exhibits a low evaporating temperature, permitting only low operating temperatures and it has a very high resistivity. A sintered sensor element based on molybdenum oxide (MoO_3) has been fabricated. This sensor showed a good sensitivity towards NO and NO_2 gases in the temperature range of 200–500 °C. The resistance of the sensor element increased upon the introduction of NO and NO_2 gases. The sensor was also found to be suitable for methane gas; however, it showed a decrease in the resistance upon introduction of the gas. Satisfactory per-

Table 3

NO, NO₂, NO_x sensors

Material of work body	Operating temperature range (°C)	Range of detection limit	Sensing element form	Sensor physical parameter	Response time	Reference
1	2	3	4	5	6	7
MoO ₃	200–400	5–10 ppm	TF	CVC	~2 min	80
MoO ₃ –TiO ₂	150–370	1 ppm	TF	R	1 min	83
MoO _x –SnO ₂	150–400	20 mbar	Pellet	R	2–10 min	85
Cr ₂ O ₃ –TiO ₂	350–400	100–10000ppm	TF	R	1–3 min	85
TiO ₂ –Nb	600	100–300 ppm	TF	R	~1 min	86, 87
Ga ₂ O ₃ –Ta ₂ O ₅	600–1000	300 ppm	TF	R	<1 min	88
CdO–ZnO	100–330	3–300 ppm	TF	R		89
NiO _x	30	100 ppm	MBE	R		90
ZrO ₂ (Au, Pt, Cr)	300–700	up to 3000 ppm	ElChCell	Current		54
NaSiCON	400	10–1000 ppm	ElChCell	EMF	30 s	98
Ba ₂ WO ₅	300–600	80&200 ppm	Chips	R	3–5 min	109
BScCO	20–50	up to 10000ppm	TF, FET	CVC	24 s	110
Pt–NaNO ₃ –Ag	250	0.1–1000 ppm	ElChCell	EMF	2–10 s	111
YCuO	550	up to 500 ppm	Powder	R	10 min	112
YBCO	20–50	up to 1000 ppm	TF	FET	24 s	113

formance of the present sensor to NO₂, NO and CH₄ at concentrations of 100, 250 and 500 ppm, respectively, was obtained [81].

The addition of a second element may improve the gas sensor performances, varying the morphology of the film, the grain size and the electrical properties. MoO₃ and WO₃ are transition metal oxides with similar physical and chemical properties; in particular, they show *n*-type semiconducting properties related to the presence of lattice defects, mainly oxygen defects. They are extensively studied for their potential applicability in chemical gas sensor devices. Recent studies focused on MoO₃–WO₃ mixed oxides report on their promising gas sensing potential [82]. Parameters of sensors made of MoO₃–TiO₂, V₂O₅–MoO₃ and MoO_x–SnO₂ mixed oxides are reported in [83–85]. Other mixed oxide sensors have parameters shown in Table 3 [86–90]. The VO₂ samples with MoO₃ were found to be sensitive to NO_x [91]. In paper [76], micro NO₂ gas sensors were fabricated with WO₃-based thin films on silicon-based substrates. Vanadium pentoxide (V₂O₅) was sputtered on the WO₃ thin film as an additive. The effect of the thickness of V₂O₅ layer on the NO₂ response has been investigated in order to develop a thin film sensor that is more sensitive to NO₂. The grain size of WO₃ thin film annealed at 600 °C is smaller than that of WO₃ thin film annealed at 400 °C. Coating with the V₂O₅ layer changed the surface structure of WO₃ thin film. The WO₃ thin film with the 20 nm V₂O₅ coating layer annealed in air at 600 °C for 4 h was porous than that of the pure WO₃ thin films. Coating with the 20 nm V₂O₅ layer improved the response of WO₃ thin film to NO₂.

Cuprous oxide layers are used in [192] as NO₂ gas sensitive material in a novel gas sensor element. They were fabricated by chemical deposition

and rapid photothermal processing (RPP) method. Such technology not only allows green materials preparation but also improves the performance and reliability over conventional methods of the production of sensors for continuous environmental monitoring. A good sensitivity and response time was found towards NO₂ gas in the concentration range of 1–2 ppm at relative low temperatures 150 ± 20 °C for the samples treated by RPP.

By introduction of various dopants onto the CoTiO₃<La> surface changes in sensitivity were observed in [93] with regard to the working temperature of the sensor. Especially with Au-doping a NO tolerant NO₂-sensor can be achieved. Thin films of barium strontium titanate deposited by sol-gel spin coating technique have been found sensitive to NO₂ and ammonia [94].

Solid electrolyte based NO_x sensors

ZrO₂, YSZ (formulae: (ZrO₂)_{0.92}(Y₂O₃)_{0.08}), other solid electrolyte materials and high temperature NO_x sensors made of them are produced on large-scale level many years. Usually Pt catalyst dispersed onto their surface. Usually the traces of NO in air oxidated on the sensing layer of the sensor by reaching the thermodynamic equilibrium over the whole working temperature range (optimum temperature is equal to 600 °C) [54, 95–98].

A sensing element consisting of Nd₂CuO₄ and Pt electrodes on opposite sides of an yttria-stabilized zirconia (YSZ) disk. The presence of NO_x produced an increase in DC current at 400 °C. As electrode is usually used LaFeO₃ or CdCr₂O₄-coated Pt electrode. In [99] La_{0.85}Sr_{0.15}CrO₃ is used in high-temperature NO_x sensing elements. A solid-state planar sensor consisting of scandia-stabilised zirconia (8 mol. % Sc₂O₃–ZrO₂) solid electrolyte sandwiched between CuO + CuCr₂O₄ mixed-oxide

and Au foil electrodes has been tested in NO_2 containing gaseous atmosphere in the range of 100–500 ppm NO_2 at 611 and 658 °C [100]. The sensor has been found to respond consistently to change in concentration of NO_2 in the oxygen rich gas mixture within 8 s. The sensor showed negligible cross-sensitivity to O_2 , CO and CH_4 in the gas stream. Mixed potential phenomena occurring at the oxide/YSZ electrode in the presence of NO_x -containing air is explained in [101] in terms of the absolute potential model, which demonstrates how maintaining a non-equilibrium state with gas phase, through catalytic inactiveness of the electrode, is important to obtain a noticeable EMF response to NO_2 and NO. The YSZ-based NO_x sensor attached with NiO-SE was fabricated and tested in [102] for detection of NO_2 in different environments. The sensing characteristics were examined in the temperature range of 800–900 °C under dry condition as well as in the presence of 5 vol. % water vapor. It was found that NiO-SE provided the highest sensitivity to NO_2 at such high temperatures among known single-oxides SEs. Proposed sensor showed quicker recovery and higher sensitivity to NO_2 at 850 °C, if water vapor was present in the sample gas. The sensor capable to detect NO_2 on-board at high temperature in car exhausts.

A new solid electrolyte type nitrogen monoxide gas sensor which can operate in the intermediate temperature region was fabricated in [103] by the combination of trivalent aluminum cation conducting $(\text{Al}_{0.2}\text{Zr}_{0.8})_{20/19}\text{Nb}(\text{PO}_4)_3$ and divalent oxide anion conducting yttria stabilized zirconia (YSZ) with LiNO_3 -doped $(\text{Gd}_{0.9}\text{La}_{0.1})_2\text{O}_3$ as the sensing auxiliary electrode. The present sensor shows such a practical performance of a rapid, stable, continuous, and reproducible response as low as at 523 K, and the linear relationship, which obeys the Nernst theoretical relationship, was clearly observed between the sensor EMF output and the logarithm of the NO concentration. Since the present sensor using the LiNO_3 -doped $(\text{Gd}_{0.9}\text{La}_{0.1})_2\text{O}_3$ auxiliary electrode shows such a high sensing performance, it is expected to be a new type of the NO gas sensing device applicable in the intermediate temperature range of around 523 K.

Mixed potential sensors using dense, thin film metal oxide working electrodes, Pt counter electrodes, and thin film YSZ electrolytes on Al_2O_3 polycrystalline and sapphire substrates were prepared and studied between 450 and 650 °C [104]. Their response to NO, NO_2 , CO, and C_1 and C_3 hydrocarbons in 10.4 % O_2/N_2 balance and in air atmospheres was characterized. The lanthanum chromite-based sensors showed preferential sensitivity to NO_2 with cross sensitivity to CO and non-methane hydrocarbons such as C_3H_6 and C_3H_8 with the highest NO_x sensitivity and minimal CO/HC cross sensitivity exhibited by a sensor prepared with a $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CrO}_3$ working electrode. Studies of the Mg-doped LaCrO_3 devices conducted for up to 800 h at 600 °C showed minimal aging in these devices.

A new capacitive-type gas sensor for NO_2 detection was manufactured in [105, 106] by depos-

iting NaNO_2 -based solid electrolyte layer together with an Au electrode over insulator–semiconductor structure. The resulting device exhibited expected metal–insulator–semiconductor (MIS) characteristics at 130–160 °C in air. In NO_2 containing air, the voltage at constant capacitance was found to shift in negative direction in a well-controlled manner as the NO_2 concentration increased. The voltage necessary to keep the capacitance was found to decrease linearly with an increase in the logarithm of NO_2 concentration.

The activities of Pt/YSZ, PtAu/YSZ and RhPtAu/YSZ thick film electrodes in O_2 , N_2 and NO, N_2 gas mixtures at high temperatures were investigated in [107]. A new amperometric NO sensor with only one working electrode made of RhPtAu mixture was tested in simulated gas mixtures containing NO, O_2 , N_2 , resulting in a linear response to the NO concentration, which is nearly independent of the O_2 concentration.

YSZ-based electrochemical sensors with two parallel Pt finger electrodes, one coated with WO_3 thick film as sensing electrode, were fabricated [108]. Measurements at an engine bench test at air/fuel stoichiometric value and under lean and rich conditions at different operating temperatures, up to 700 °C, showed good performance in terms of sensitivity, stability, reproducibility and response time.

Other materials for NO_x sensors

Many studies to detect low NO and NO_2 concentration have been carried out on other oxides, materials containing phthalocyanine coupled mainly with SAW devices, high temperature superconducting oxides and nanotubes. Some references are given in Table. Sensors based on semiconductor oxides are generally low in cost and show high stability, even in corrosive environments. The physical property to be transduced into the electronic signal is the resistance change caused by gas adsorption over the sensor surface. The disadvantages of these sensors are: 1) a working temperature of hundreds of Celsius degrees and 2) the interference with other gases. A stable, sensitive sensor working at room temperature has not been developed yet.

Low temperature annealing was performed in [114] on CuPc films to evaluate the possible structure transformation of the sensing films during the gas sensing period. The effects of heat annealing, as well as the doping time of NO_2 , on the sensing characteristics of copper phthalocyanine films were investigated at a temperature as low as 100 °C. The structure transformation causes a decrease in film resistance and sensitivity to NO_2 , but an increase in response rate. After the NO_2 doping period, the CuPc films cannot recover completely to the original resistance.

Investigations of NOx sensors made of carbon nanotube (CNT) are at a beginning stage. In [115] it is shown an efficient method for NO_x detection in single wall carbon nanotubes ordered by mean of dielectrophoretical process after dis-

persion in chlorophormium solution over gold interdigitates. The NO_x flux induces resistance change. It is well known that WO₃ sensors are usually operated at temperatures well above 250 °C. In [116] it has shown that the addition of a suitable quantity of MWCNTs in a WO₃ film can lower the sensor operating temperature. The response of the hybrid films to NO₂ was found to increase dramatically when only a few MWCNTs were added into the WO₃ films. For example, low concentrations of hazardous gases such as 500 ppb of NO₂ or 10 ppm of CO could be detected even when the sensors were operated at ambient temperature.

The Al/CNT sensor response to NO₂ gas was characterized by fast and large resistance increase at the moment of NO₂ exposure, whereas the resistance of the other metal/CNT sensors monotonously decreased [117]. It was suggested that the adsorbed NO₂ molecules might alter the Schottky barrier at the Al/CNT interface as well as the positive hole density in the p-type semiconducting CNT. The Al/CNT sensor response could be interpreted as a superposition of the Schottky contact resistance and the CNT resistance, which were differently influenced by the NO₂ adsorption and contributed to the overall sensor response. The Schottky response of the Al/CNT sensor was approximately one order of magnitude faster than the CNT response obtained using the other metal electrodes. Sensitivity of MWNT films to NO₂ were investigated in [118].

Porous silicon and silicon carbide sensors

Physical phenomena in porous silicon (PS) and its possible applications of it are in the focus of many investigators (see for example [119]). Optical properties of PS have been considered more extensively due to the intense visible photoluminescence. Recently, more interest has been attracted to the sensor properties of PS. The large surface to volume ratio of PS gives PS the ability to react with different gases and sense them (see our publications [120–128] and many others. The fabrication (utilizing CMOS fabrication methods) of porous silicon based sensors was discussed in literatures, which, while operating at room temperature, are selective to a wide variety of polluting gases. A highly sensitive, rapidly responding room temperature device based upon a porous silicon interface that is able to repeatedly detect different gases was manufactured. The advantages of PS gas sensors are the low cost, low power consumption compared with other type gas sensors due to working without pre-heating of its work body (at room temperature), and its compatibility with silicon device fabrication technology.

Several problems still exist for practical applications. The main problem is non-stability of sensors in time due to oxidation of PS in time relative humidity (RH) level interference significantly affects the sensor behavior. Response times are in the order of tens of minutes.

Nonetheless, the compatibility of the fabrication process with silicon standard technology has not been investigated in detail. Note that single crystal wafers of Si are very expensive materials

for gas sensing applications. So far, most studies have been performed on the porous Si formation on single crystal and poly-silicon substrate.

In particular, the electrical resistance of PS samples has been observed to change in the presence of NO and NO₂ gases [129–132]. Quenching in photoluminescence of n-type PS in presence of very low concentration of NO and NO in inert gas (nitrogen) was also detected.

Recently, a new device — the adsorption porous silicon FET (APSFET) — where a PS layer was integrated in a FET structure by exploiting an industrial process has been reported [132]. Differently from other devices proposed in literature, in the APSFET the measured quantity is a current flowing not in the PS layer, but in the inversion channel of the FET. Surface and drain were fabricated before the PS formation, thus avoiding reproducibility problems. Moreover, integration technology allows the miniaturization of sensor dimensions and then the fabrication of a sensor array on the same chip as well as the integration, on the same chip, of conditioning/driving electronic circuits. In this paper, detection of NO with the APSFET is demonstrated for the first time. NO concentration as low as 100 ppb was detected. Devices with both as-grown and oxidized PS layers were fabricated and compared in order to investigate the effect of a low-temperature thermal oxidation on the electrical performances of the sensor. No degradation on the sensitivity of oxidized samples, with respect to non-oxidized ones, has been observed. While non-oxidized sensors show a high sensitivity only for fresh devices, which degrades with the aging of the sample, oxidation of the PS film improves the electrical performance of sensors, in terms of stability, recovery time, and interference with the RH level.

Conclusion

Intensive research and development of nitrogen oxide and dioxide sensitive materials were carried out. Tin dioxide, zinc oxide, In₂O₃, tungsten and molybdenum trioxide as well as mixed oxide solid solutions In₂O₃–SnO₂, MoO_x–SnO₂, MoO₃–TiO₂ and Cr₂O₃–TiO₂ were recommended as promising materials for NO_x sensors working in work body pre-heating temperatures range 200–400 °C.

Near-room temperature NO_x sensors made of SnO₂<Pt>, In₂O₃–SnO₂, WO₃–Bi₂O₃, NiO_x and high temperature superconductors were realized.

Solid electrolyte based NO_x sensors can successfully work at 500–850 °C.

Porous silicon and silicon carbide sensors are very interesting for realization of gas sensitive integral circuits. It is necessary to improve the stability of porous silicon sensors in time.

Interesting possibilities open possible use different nanosized systems, including nanotubes, as NO_x sensing materials.

Acknowledgements

This work was carried out in the framework of the ISTC A-1232 project and 041030 “Semiconductor Nanoelectronics” National Scientific Program.

References

1. Chemical Sensors / Ed. by T. Seiyama. Kodasha Ltd. and Elsevier, Tokyo, 1981.
2. Solid State Gas Sensors / Eds. P. T. Moseley and B. C. Tofield. A. Hilger Bristol, 1987.
3. Sensors, A Comprehensive Survey. Vol. 2. Chemical and Biochemical Sensors (W. Gopel et al.) VCH Weinheim, N.Y., Basel, Cambridge 1991.
4. Aroutiounian V. M. // Sov. Microelectronics. 1991. Vol. 20. P. 337–352.
5. Aroutiounian V. M. Hydrocarbon monoxide sensors // Int. Sci. J. for Alternative Energy and Ecology. 2007. No. 3. P. 11–20.
6. Mandeles A. and Christofides C. Physics, Chemistry and Technology of Solid State Gas Sensor Devices. New York, 1993.
7. Aroutiounian V. M. Metal oxide hydrogen, oxygen and carbon monoxide sensors // Int. J. Hydrogen Energy. 2007. Vol. 32. P. 1145–1158.
8. Yamazoe N. Toward innovations of gas sensor technology // Sensors and Actuators. 2005. Vol. B108. P. 2–14.
9. Eranna G., Joshi B. C., Randthala D. P., and Gupta R. P. Oxide materials for development of integrated gas sensors // Crit. Rev. Solid State and Materials Sci. 2004. Vol. 29. P. 111–188.
10. Ivanov P., Llobet E., Blanco F. et al. On the effects of the materials and the noble metal additives to NO₂ detection // Sensors and Actuators. 2006. Vol. B118. P. 311–317.
11. Ismagilov Z., Kerzhentsev M., Shkrabina R. et al. A role of catalysis for the destruction of waste from nuclear industry // Catal. Today. 2000. Vol. 55. P. 23–43.
12. Menil F., Coillard V., Lucat C. Critical review of nitrogen monoxide sensors for exhaust gases of lean burn engines // Sensors and Actuators. 2000. Vol. B67. P. 1–23.
13. Göpel W., Schierbaum K. D., Schmeisser D., Wiemhöfer H. D. Prototype Chemical Sensors for the Selective Detection of O₂ and NO₂ in Gases // Sensors and Actuators. 1989. Vol. 17. P. 377–384.
14. Martin M. A., Santos J. P., Vásquez H., Agapito J. A. Study of the Interference of NO₂ and CO in Solid State Commercial Sensors // Sensors and Actuators. 1999. Vol. B58. P. 469–473.
15. Natale C. D., Davide F., Faglia G., Nelli P. Study of the Effect of the Sensor Operating Temperature on SnO₂-Based Sensor-Array Performance // Sensors and Actuators. 1995. Vol. B23. P. 187–191.
16. Schierbaum K.-D. Engineering of Oxide Surfaces and Metal/Oxide Interfaces for Chemical Sensors; Recent Trends // Sensors and Actuators. 1995. Vol. B24–25. P. 239–247.
17. Chang S.-C. Thin-Film Semiconductor NO_x Sensor // IEEE Trans. Elec. Devices. 1979. Vol. ED-26. P. 1875–1880.
18. Cobianu C., Savaniu A., Arnautu et al. Device for Sub-ppm NO₂ Detection // Sensors and Actuators. 1999. Vol. B58. P. 552–555.
19. Karthigeyan A., Gupta R. P., Scharnagl K. et al. Low Temperature NO₂ Sensitivity of Nano-particle SnO₂ Film for Work Function Sensors // Sensors and Actuators. 2001. Vol. B78. P. 69–72; Horrillo C., Serrini P., Santos J., Manes L. Influence of the Deposition Conditions of SnO₂ Thin Films by Reactive Sputtering on the Sensitivity to Urban Pollutants // Sensors and Actuators. 1997. Vol. B45. P. 193–198.
21. Egashira M., Shimizu Y., Takao Y., Sako S. Variations in I-V Characteristics of Oxide Semiconductors Induced by Oxidizing Gases // Sensors and Actuators. 1996. Vol. B35–36. P. 62–67.
22. Santos J., Serrini P., O'Beirn B., Manes L. A Thin Film SnO₂ Gas Sensor Selective to Ultra-Low NO₂ Concentrations in Air // Sensors and Actuators. 1997. Vol. B43. P. 154–160.
23. Kanazawa E., Sakai G., Shimanoe K. et al. Metal Oxide Semiconductor N₂O Sensor for Medical Use // Sensors and Actuators. 2001. Vol. B77. P. 72–77.
24. Rao C. N. R., Raju A. R., Vijayamohan K. Gas-Sensor Materials // New Materials (Eds. S. K. Joshi, T. Tsuruta, C. N. R. Rao, S. Nagakura. Narosa, New Delhi, 1992, and the references therein); Yannopoulos L. N. A p-Type Semiconductor Thick Film Gas Sensor // Sensors and Actuators. 1987. Vol. 12. P. 263–273.
25. Helmich W., Mueller G., Bosch Ch. et al. Field-effect-induced Gas Sensitive Changes in Metal Oxides // Sensors and Actuators. 1997. Vol. B43. P. 132–139.
26. Lorenz H., Peschke M., Riess H., Eisele I. Technology and Application of Suspended Gate Field Effect Transistors for Gas Detection // Micro System Technologies 90 (H. Reichl Ed.). Springer Verlag, 1990. P. 651.
27. Shishkin N. Y., Zharsky I. M., Lugin V. G., Zarapin V. G. Air Sensitive Tin Dioxide Thin Films by Magnetron Sputtering and Thermal Oxidation Technique // Sensors and Actuators. 1998. Vol. B48. P. 403–408.
28. Wöllenstein J., Böttner H., Jaegle M. et al. Material properties and the influence of metallic catalysts at the surface of highly dense SnO₂ films // Sensors and Actuators. 2000. Vol. B70. P. 196–202.
29. Hoefer U., Böttner H., Wagner E., Kohl C. D. Highly Sensitive NO₂ Sensor Device Featuring a JFET-Like Transducer Mechanism // Sensors and Actuators. 1998. Vol. B47. P. 213–217.
30. Schierbaum K. D., Kimer U. K., Geiger J. F., Gopel W. Schottky-barrier and Conductivity Gas Sensors based upon Pd/SnO₂ and Pt/TiO₂ // Sensors and Actuators. 1991. Vol. B58. P. 87–94.
31. Vincenzi D., Buttiri M. A., Stefancich M. et al. Low-power Thick-film Gas Sensor Obtained by a Combination of Screen Printing and Micro-machining Techniques // Thin Solid Films. 2001. Vol. 391. P. 288–292.
32. Sauvan M., Pijolat C. Selectivity Improvement of SnO₂ Films by Superficial Metallic Films // Sensors and Actuators. 1999. Vol. B58. P. 295–301.
33. Endres H.-E., Göttler W., Hartinger R. et al. A Thin-Film SnO₂ Sensor System for Simultaneous Detection of CO and NO; with Neural Sig-

nal Evaluation // Sensors and Actuators. 1996. Vol. B35-36. P. 353-357.

34. Sayago I., Gutiérrez J., Arès L., Robla J. I., Horrillo M. C., Getino J., Rino J., Agapito J. A. The Effect of Additives in Tin Oxide on the Sensitivity and Selectivity to NO_x and CO // Sensors and Actuators. 1995. Vol. B26-27. P. 19-23.

35. Galdikas A., Kačiulis S., Mattogno G., Mironas A., Senulienė D., Šetkus A. Stability and Oxidation of the Sandwich Type Gas Sensors based on Thin Metal Films // Sensors and Actuators. 1998. Vol. B48. P. 376-382.

36. Szuber J., Uljanow J., Karczewska-Buczek T. et al. On the correlation between morphology and gas sensing properties of RGTO SnO₂ thin films // Thin Solid Films. 2005. Vol. 490. P. 54-58.

37. Sberveglieri G. Recent Developments in Semiconducting Thin-Film Gas Sensors // Sensors and Actuators. 1995. Vol. B23. P. 103-109.

38. Yamada Y., Yamashita K., Masuoka Y., Seno Y. Zn-Sn-Sb-O Thin Film Sensors for ppm-level NO₂ Detection // Sensors and Actuators. 2001. Vol. B77. P. 12-15.

39. Cantalini C., Włodarski W., Sun H. T. et al. NO₂ Response of In₂O₃ Thin Film Gas Sensors Prepared by Sol-gel and Vacuum Thermal Evaporation Techniques // Sensors and Actuators. 2000. Vol. B65. P. 101-104; Gurlo A., Ivanovskaya M., Barsan N. et al. Grain size control in nanocrystalline In₂O₃ semiconductor gas sensor // Sensors and Actuators. 1999. Vol. B44. P. 327-333.

40. Francioso L., Forleo A., Capone S. et al. Nanostructured In₂O₃-SnO₂ sol-gel thin film as material for NO₂ detection // Sensors and Actuators. 2006. Vol. B114. P. 646-655; Forleo A., Francioso L., Epifani M. et al. NO₂-gas-sensing properties of mixed In₂O₃-SnO₂ thin films // Thin Solid Films. 2005. Vol. 490. P. 68-73.

41. Comini E., Cristalli A., Faglia G., Sberveglieri G. Light Enhanced Gas Sensing Properties of Indium Oxide and Tin Dioxide Sensors // Sensors and Actuators. 2000. Vol. B65. P. 260-263.

42. Hu J., Zhu F., Zhang J., Gong H. A Room Temperature Indium Tin Oxide/Quartz Crystal Microbalance Gas Sensor for Nitric Oxide // Sensors and Actuators. 2003. Vol. B93. P. 175-180.

43. Gurlo A., Barsan N., Ivanovskaya M. et al. In₂O₃ and MoO₃-In₂O₃ Thin Film Semiconductor Sensors: Interaction with NO₂ and O₃ // Sensors and Actuators. 1998. Vol. B47 (and the references therein). P. 92-99.

44. Aifan C., Xiaodong H., Zhangf T. Preparation, Characterization and Gas-sensing Properties of SnO₂-In₂O₃ nanocomposite oxides // Sensors and Actuators. 2006. Vol. B115. P. 316-321.

45. Kap-Duk Song, Jung-Il Bang, Sang-Rok Lee et al. NO_x gas response characteristics of thin film mixed oxide semiconductor // Sensors and Actuators. 2005. Vol. B108. P. 211-215.

46. Ramgir N. S., Mulla I. S., Vijayamohan K. P. A room temperature nitric oxide sensor actualized from Ru-doped SnO₂ nanowires // Sensors and Actuators. 2005. Vol. B107. P. 708-715.

47. Baratto C., Comini E., Faglia G. Sberveglieri et al. Thin oxide nanobelts electrical and sens-

ing properties // Sensors and Actuators. 2005. Vol. B111-112. P. 2-6.

48. Bianchi S., Comini E., Ferroni M. et al. Indium oxide quasi-monodimensional low temperature gas sensor // Sensors and Actuators. 2006. Vol. B118. P. 204-207.

49. Ishihara T., Sato S., Fukushima T., Takita Y. Capacitive Gas Sensor of Mixed Oxide CoO-In₂O₃ to Selectively Detect Nitrogen Monoxide // J. Electrochem. Soc. 1996. Vol. 143 P. 1908-1914.

50. Rumyantseva M., Kovalenko V., Gaskov A. et al. Nanocomposites SnO₂-Fe₂O₃: Sensor and catalytic properties // Sensors and Actuators. 2006. Vol. B118. P. 208-214.

51. Neri G., Bonavita A., Galvagno S. et al. CO and NO₂ Sensing Properties of Doped-Fe₂O₃ Thin Films Prepared by LPD // Sensors and Actuators. 2002. Vol. B82. P. 40-47.

52. Rao C. N. R., Raju A. R., Vijayamohan K. Gas-Sensor Materials // New Materials (Eds. S. K. Joshi, T. Tsuruta, C. N. R. Rao, S. Nagakura. Narosa, New Delhi, 1992, and the references therein); Yannopoulos L. N. A p-Type Semiconductor Thick Film Gas Sensor // Sensors and Actuators. 1987. Vol. 12. P. 263-273.

53. Koshizaki N., Oyama T. Sensing Characteristics of ZnO-based NO Sensor // Sensors and Actuators. 2000. Vol. B66. P. 119-121.

54. Somov S., Reinhardt G., Guth U., Goepel W. Gas Analysis with Arrays of Solid State Electrochemical Sensors: Implications to Monitor HCs and NO_x in Exhausts // Sensors and Actuators. 1996. Vol. B35-36. P. 409-418.

55. Koplin T. J., Siemons M., Ocen-Valentin C. et al. Workflow for High Throughput Screening of Gas Sensing Materials // Sensors. 2006. Vol. 6. P. 306.

56. Mezzanotte M., Palombi R. Influence of some donor-acceptor couples on surface conductivity of aluminum doped zinc oxide // Sensors and Actuators. 2005. Vol. B107. P. 433-437.

57. Shishiyani S. T., Shishiyani T. S., Lupan O. I. Sensing characteristics of tin-doped ZnO thin films as NO₂ gas sensor // Sensors and Actuators. 2005. Vol. B107. P. 379-386.

58. Lim H., Lee D. Y., Oh Y. Gas sensing properties of ZnO thin films prepared by micro-contact printing // Sensors and Actuators. 2006. Vol. A125. P. 405-410.

59. Depero L. E., Ferroni M., Guidi V. et al. Preparation and Microstructural Characterization of Nanosized Thin Film of TiO₂-WO₃ as a Novel Material with High Sensitivity towards NO₂ // Sensors and Actuators. 1996. Vol. B35-36. P. 381-383.

60. Lee D.-S., Han S.-D., Lee S.-M. et al. The TiO₂-adding Effects in WO₃-based NO₂ Sensors Prepared by Co precipitation and Precipitation Method // Sensors and Actuators. 2000. Vol. B65. P. 331-335.

61. Ferroni M., Guidi V., Martinelli G., Nelli P., G. Sberveglieri. Gas-Sensing Applications of W-Ti-O-Based Nano-sized Thin Films Prepared by R.F. Reactive Sputtering // Sensors and Actuators. 1997. Vol. B44. P. 499-502.



62. Penza M., Vasanelli L. SAW NO_x Gas Sensor Using WO_3 Thin-Film Sensitive Coating // *Sensors and Actuators*. 1997. Vol. B41. P. 31–36.
63. Chung Y.-K., Kim M.-H., Um W.-S., Lee H.-S., Song J.-K., Choi S.-C., Yi K.-M., Lee M.-J., Chung K.-W. Gas Sensing Properties of WO_3 Thick Film for NO_2 Gas Dependent on Process Condition // *Sensors and Actuators*. 1999. Vol. B60. P. 49–56.
64. Cantalini C., Pelino M., Sun H. T., Facio M., Santucci S., Lozzi L., Passacantando M. Cross Sensitivity and Stability of NO_2 Sensors from WO_3 Thin Film // *Sensors and Actuators*. 1996. Vol. B35–36. P. 112–118.
65. Tomchenko A. A., Khatko V. V., Emelianov I. L. WO_3 Thick-Film Gas Sensors // *Sensors and Actuators*. 1998. Vol. B46. P. 8–14.
66. Lee D.-S., Lim J.-W., Lee S.-M., Huh J.-S., Lee D.-D. Fabrication and Characterization of Micro-gas Sensor for Nitrogen Oxides Gas Detection // *Sensors and Actuators*. 2000. Vol. B64. P. 31–36.
67. Kim T. S., Kim Y. B., Yoo K. S., Sung G. S., Jung H. J. Sensing Characteristics of DC Reactive Sputtered WO_3 Thin Films as a NO_x Gas Sensor // *Sensors and Actuators*. 2000. Vol. B62. P. 102–108.
68. Cantalini C., Wlodarski W., Li Y. et al. Investigation on the O_3 Sensitivity Properties of WO_3 Thin Films Prepared by Sol-gel, Thermal Evaporation and R. F. Sputtering Techniques // *Sensors and Actuators*. 2000. Vol. B64. P. 182–188.
69. Chen L., Tsang S. C. Ag Doped WO_3 -based Powder Sensor for the Detection of NO Gas in Air // *Sensors and Actuators*. 2003. Vol. B89. P. 68–75.
70. Zhao Y., Feng Z.-C., Liang Y. Pulsed Laser Deposition of WO_3 -base Film for NO_2 Gas Sensor Application // *Sensors and Actuators*. 2000. Vol. B66. P. 171–173.
71. Wang X., Miura N., Yamazoe N. Study of WO_3 -based Sensing Materials for NH_3 and NO Detection // *Sensors and Actuators*. 2000. Vol. B66. P. 74–76.
72. Wang X., Sakai G., Shimano K., Miura N., Yamazoe N. Spin-Coated Thin Films of SiO_2 - WO_3 Composites for Detection of Sub-ppm NO_2 // *Sensors and Actuators*. 1997. Vol. B45. P. 141–146.
73. Lu, Miura N., Yamazoe N. Stabilized Zirconia-based Sensors using WO_3 Electrode for Detection of NO or NO_2 // *Sensors and Actuators*. 2000. Vol. B65. P. 125–127.
74. Reyes L. F., Hoel A., Saukko S. et al. Gas sensor response of pure and activated WO_3 nanoparticle films made by advanced reactive gas deposition // *Sensors and Actuators*. 2006. Vol. B117. P. 128–134.
75. Khatko V., Llobet E., Vilanova X. et al. Gas sensing properties of nanoparticle indium-doped WO_3 thick films // *Sensors and Actuators*. 2005. Vol. B111–112. P. 45–51; Khatko V., Calderer J., Llobet E., Correig X. New technology of metal oxide thin film preparation for chemical sensor application // *Sensors and Actuators*. 2005. Vol. B109. P. 128–134; Khatko V., Gorokh G., Mozalev A. et al. Tungsten trioxide sensing layers on highly ordered nanoporous alumina template // *Sensors and Actuators*. 2006. Vol. B118. P. 255–262.
76. He X., Li J., Gao X. Effect of V_2O_5 coating on NO_2 sensing properties of WO_3 thin films // *Sensors and Actuators*. 2005. Vol. B108. P. 207–210.
77. Ponzoni A., Comini E., Ferroni M., Sberveglieri G. Nanostructured WO_3 deposited by modified thermal evaporation for gas-sensing applications // *Thin Solid Films*. 2005. Vol. 490. P. 81–85.
78. Tamakia J., Miyajia A., Makinodan J. et al. Effect of micro-gap electrode on detection of dilute NO_2 using WO_3 thin film microsensors // *Sensors and Actuators*. 2005. Vol. B108. P. 202–206.
79. Gerlich M., Kornely S., Fleischer M. et al. Selectivity enhancement of a WO_3/TiO_2 gas sensor by the use of a four-point electrode structure // *Sensors and Actuators*. 2003. Vol. B93. P. 503–508.
80. Ferroni M., Guidi V., Martinelli G. et al. MoO_3 -Based Sputtered Thin Films for Fast NO_2 Detection // *Sensors and Actuators*. 1998. Vol. B48. P. 285–288.
81. Barazzouk S., Tandon R. P., Hotchandani S. MoO_3 -based sensor for NO , NO_2 and CH_4 detection // *Sensors and Actuators*. 2006. Vol. B119. P. 691–694; Imawan C., Steffes H., Solzbacher F., Obermeier E. A new preparation method for sputtered MoO_3 multilayers for the application in gas sensors // *Sensors and Actuators*. 2001. Vol. B78. P. 119–125.
82. Morandi S., Ghiotti G., Chiorino A., Comini E. FT-IR and UV-Vis-NIR characterisation of pure and mixed MoO_3 and WO_3 thin films // *Thin Solid Films*. 2005. Vol. 490. P. 74–80; Morandi S., Ghiotti G., Chiorino A. et al. MoO_3 - WO_3 mixed oxide powder and thin films for gas sensing devices: A spectroscopic characterisation // *Sensors and Actuators*. 2005. Vol. B111–112. P. 28–35.
83. Galatsis K., Li Y. X., Wlodarski W. et al. Comparison of Single and Binary Oxide MoO_3 , TiO_2 and WO_3 Sol-gel Gas Sensors // *Sensors and Actuators*. 2002. Vol. B83. P. 276–280.
84. Chiorino A., Ghiotti G., Prinetto F. et al. Characterization of Materials for Gas Sensors. Surface Chemistry of SnO_2 and MoO_x - SnO_2 Nanosized Powders and Electrical Responses of the Related Thick Films // *Sensors and Actuators*. 1999. Vol. B59. P. 203–209.
85. Li Y., Wlodarski W., Galatsis K., Moslih S. H. et al. Gas Sensing Properties of p-type Semiconducting Cr-doped TiO_2 Thin Films // *Sensors and Actuators*. 2002. Vol. B83. P. 160–163.
86. Comini E., Ferroni M., Guidi V. et al. Nanostructured mixed oxides compounds for gas sensing applications // *Sensors and Actuators*. 2002. Vol. B84. P. 26–32.
87. Yamada Y., Sano Y., Masuoka Y. et al. NO_2 Sensing Characteristics of Nb Doped TiO_2 Thin Films and their Electronic Properties // *Sensors and Actuators*. 2000. Vol. B66. P. 164–166.
88. Fleischer M., Seth M., Kohl C.-D., Meixner H. A Study of Surface Modification at Semiconducting Ga_2O_3 Thin Film Sensors for En-

hancement of the Sensitivity and Selectivity // Sensors and Actuators. 1996. Vol. B35-36. P. 290–296.

89. Ferro R., Rodrigues J., Jimenez I. et al. Sensing Properties of Sprayed Films of (CdO)_x(ZnO)_{1-x} Mixed Oxide // IEEE Sensors Journal. 2005. Vol. 5. P. 48–52.

90. Neubecker A., Pornpl T., Doll T. et al. Ozone-Enhanced Molecular Beam Deposition of Nickel Oxide (NiO) for Sensor Applications // Thin Solid Films. 1997. Vol. 310. P. 19–23.

91. Shishkin N. Y., Komarov A. A., Kosov D. V. et al. Doped vanadium oxides phase transitions vapors influence // Sensors and Actuators. 2005. Vol. B108. P. 113–118.

92. Shishiyanu S. T., Shishiyanu T. S., Lupan O. I. Novel NO₂ gas sensor based on cuprous oxide thin films // Sensors and Actuators. 2006. Vol. B113. P. 468–476.

93. Siemons M., Simon U. Preparation and gas sensing properties of nanocrystalline La-doped CoTiO₃ // Sensors and Actuators. 2006. Vol. B120. P. 110–118.

94. Roy S. C., Sharma G. L., Bhatnagar M. C., Samant S. B. Novel ammonia-sensing phenomena in sol-gel derived Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ thin films // Sensors and Actuators. 2005. Vol. B110. P. 299–303.

95. Benard S., Retailleau L., Gaillard F. et al. Supported platinum catalysts for nitrogen oxide sensors // Applied Catalysis B: Environmental. 2005. Vol. 55. P. 11–21.

96. West D. L., Montgomery F. C., Armstrong T. R. “NO-selective” NO_x sensing elements for combustion exhausts // Sensors and Actuators. 2005. Vol. B111–112. P. 84–90.

97. Алейников Н. Н., Вершинин Н. Н., Шильдин В. В. Новые твердоелектролитные сенсоры водорода и сенсоры других токсичных газов // ISJAE. 2004. Vol. 1. P. 54–57.

98. Shimizu Y., Nishi H., Suzuki H., Maeda K. Solid-state NO Sensor Combined with NASICON and Pb-Ru-based Pyrochlore-type Oxide Electrode // Sensors and Actuators. 2000. Vol. B65. P. 141–143.

99. West D. L., Montgomery F. C., Armstrong T. R. Use of La_{0.85}Sr_{0.15}CrO₃ in high-temperature NO_x sensing elements // Sensors and Actuators. 2005. Vol. B106. P. 758–765.

100. Xiong W., Kale G. M. High-selectivity mixed-potential NO₂ sensor incorporating Au and CuO + CuCr₂O₄ electrode couple // Sensors and Actuators. 2006. Vol. B119. P. 409–414.

101. Park C. O., Miura N. Absolute potential analysis of the mixed potential occurring at the oxide/YSZ electrode at high temperature in NO_x-containing air // Sensors and Actuators. 2006. Vol. B113. P. 316–319.

102. Miura N., Wang J., Nakatou M. High-temperature operating characteristics of mixed-potential-type NO₂ sensor based on stabilized-zirconia tube and NiO sensing electrode // Sensors and Actuators. 2006. Vol. B114. P. 903–909.

103. Hasegawa I., Tamura Sh., Imanaka N. Solid electrolyte type nitrogen monoxide gas sensor operating at intermediate temperature region // Sensors and Actuators. 2005. Vol. B108. P. 314–318.

104. Brosh E. L., Mukundan R., Lujan R., Garzon F. H. Mixed potential NO_x sensors using thin film electrodes and electrolytes for stationary reciprocating engine type applications // Sensors and Actuators. 2006. Vol. B119. P. 398–408.

105. Zamani C., Shimanoe K., Yamazoe N. A new capacitive-type NO₂ gas sensor combining an MIS with a solid electrolyte // Sensors and Actuators. 2005. Vol. B109. P. 216–220.

106. Zamani C., Shimanoe K., Yamazoe N. Capacitive-type gas sensors combining silicon semiconductor and NaNO₂-based solid electrolyte for NO₂ detection // Sensors and Actuators. 2005. B109. P. 300–306.

107. Schmidt-Zhang P., Zhang W., Gerlach F. Electrochemical investigations on multi-metallic electrodes for amperometric NO gas sensors // Sensors and Actuators. 2005. Vol. B108. P. 797–802.

108. Grilli M. L., Di Bartolomeo E., Lunardi A. et al. Planar non-nernstian electrochemical sensors: field test in the exhaust of a spark ignition engine // Sensors and Actuators. 2005. Vol. B108. P. 319–325.

109. Kwak M. S., Hwang J. S., Park C. O. et al. NO_x Sensing Properties of Ba₂WO₅ Element at Elevated Temperature // Sensors and Actuators. 1999. Vol. B56. P. 59–64.

110. Gupta R. P., Gergintschew Z., Schipanski D., Vyas P. D. New Gas Sensing Properties of High T_C Cuprates // Sensors and Actuators. 1999. Vol. B56. P. 65–72.

111. Currie F., Essalik A., Marusic J.-C. Micromachined Thin Film Solid State Electrochemical CO₂ NO; and SO₂ Gas Sensors // Sensors and Actuators. 1999. Vol. B59. P. 235–241.

112. Imanaka N., Hirota Y., Adachi G.-y. Selective Nitrogen Dioxide Gas Sensor Based on Rare Earth Cuprate Semiconductors // J. Electrochem. Soc. 1995. Vol. 142. P. 1950–1951.

113. Gupta R. P., Gergintschew Z., Schipanski D., Vyas P. D. YBCO-FET Room Temperature Ammonia Sensor // Sensors and Actuators. 2000. Vol. B63. P. 35–41.

114. Lee Y.-L., Chang C.-H. NO₂ sensing characteristics of copper phthalocyanine films: Effects of low temperature annealing and doping time // Sensors and Actuators. 2006. Vol. B119. P. 174–179; Oprea A., Weimar U., Simon E. et al. Copper phthalocyanine suspended gate field effect transistors for NO₂ detection // Sensors and Actuators. 2006. Vol. B118. P. 249–254.

115. Lucci M., Reale A., Di Carlo A. et al. Optimization of a NO_x gas sensor based on single walled carbon nanotubes // Sensors and Actuators. 2006. Vol. B118. P. 226–231.

116. Bittencourt C., Felten A., Espinosa E. H. et al. WO₃ films modified with functionalized multi-wall carbon nanotubes: Morphological, compositional and gas response studies // Sensors and Actuators. 2006. Vol. B115. P. 33–41.

117. Suehiro J., Imakiire H., Hidaka Sh. Schottky-type response of carbon nanotube NO₂ gas sensor fabricated onto aluminum electrodes by

dielectrophoresis // *Sensors and Actuators*. 2006. Vol. B114. P. 943–949.

118. Cho W.-S., Moon S., Paek K.-K., Lee Y.-H. Patterned multiwall carbon nanotube films as materials of NO₂ gas sensors // *Sensors and Actuators*. 2006. Vol. B119. P. 180–185.

119. Canham L. Properties of Porous Silicon // INSPEC, London, 1997.

120. Aroutiounian V. M. Hydrogen detectors // *Alternative Energy and Ecology (ISJAEE)*. 2005. Vol. 3. P. 21–31.

122. Aroutiounian V. M. Metal oxide hydrogen, oxygen and carbon monoxide sensor // *Alternative Energy and Ecology (ISJAEE)*. 2006. Vol. 11. P. 11–21.

123. Aroutiounian V. M., Mkhitarian Z. H., Shatveryan A. A. Noise spectroscopy of structures with porous silicon layers exposed to different gases // *Proc. XX Eurosensors 2006*, Göteborg, Sweden. Vol. 2. P. 304–305 (W1A-P4).

124. Martirosyan Kh. S., Galstyan V. E., Aroutiounian V. M., Arakelyan V. M., Shahnazaryan G. E. TiO_{2-x}/porous silicon based hydrogen sensor // *Abstracts of 11th Intern. Meeting on Chemical Sensor (IMCS11)*, Brescia, Italy, 2006. P. 54 (Proc. on CD AP131M); Arakelyan V. M., Martirosyan Kh. S., Galstyan V. E., Shahnazaryan G. E., Aroutiounian V. M. Room temperature hydrogen sensor based on porous silicon/metal oxide structure // *Materials of the 5th Intern. Conf. Porous Semiconductors-Science and Technology*, Sitges-Barcelona, Spain, 2006. P. 242–243; Arakelyan V. M., Martirosyan Kh. S., Galstyan V. E., Shahnazaryan G. E., Aroutiounian V. M. Porous silicon-TiO_{2-x} based room temperature hydrogen sensor // *Proc. XX Eurosensors*, Göteborg, Sweden, 2006. Vol. 1. P. 308–309 (T2A-O4); Arakelyan V. M., Martirosyan Kh. S., Galstyan V. E., Shahnazaryan G. E., Aroutiounian V. M. Room temperature gas sensor based on porous silicon/metal oxide structure // *Phys. Stat. Sol. (c)* 2007. Vol. 4. No. 6, P. 2059–2062.

125. Aroutiounian V. M., Mkhitarian Z. H., Shatveryan A. A., Ghulinyan M., Pavesi L., Granquist C. C. Current-voltage and noise characteristics of porous silicon in carbon monoxide and air // *Abstracts of the 11th Intern. Meeting on Chemical Sensors (IMCS11)*, Brescia, 2006. P. 134 (Proc. on CD AP071M).

126. Mkhitarian Z. H., Shatveryan A. A., Aroutiounian V. M., Ghulinyan M., Pavesi L. Low-frequency noise in structures with porous silicon in different gas media // *Materials of the 5th Intern. Conf. Porous Semiconductors-Science and Technology*, Sitges-Barcelona, Spain, 2006. P. 254–255; Mkhitarian Z. H., Shatveryan A. A., Aroutiounian V. M., Ghulinyan M., Pavesi L. Low-frequency noise in structures with porous silicon in different gas media // *Phys. Stat. Sol. (c)* 2007. Vol. 4. No. 6. P. 2063–2067.

127. Arakelyan V. M., Galstyan V. E., Martirosyan Kh. S., Shahnazaryan G. E., Aroutiounian V. M., Soukiassian P. G. Hydrogen sensitive gas sensor based on porous silicon/TiO_{2-x} structure // *Physica*. 2007. Vol. E 38. P. 219–221.

128. Mkhitarian Z. H., Shatveryan A. A., Aroutiounian V. M., Ghulinyan M., Pavesi L., Kish L. B., Granqvist C. G. Current-voltage and low-frequency noise characteristics of structures with porous silicon layers exposed to different gases // *Physica*. 2007. Vol. E 38. P. 160–163.

129. Amato G., Boarino L., Bellotti F. On the apparently anomalous response of porous silicon to nitrogen dioxide // *APL*. 2004. Vol. 85. P. 4409–4411.

130. Lewis S. E., DeBoer J. R., Gole J. L., Hesketh P. J. Sensitive, selective, and analytical improvements to a porous silicon gas sensor // *Sensors and Actuators*. 2005. Vol. B110. P. 54–65.

131. Massera E., Nasti I., Quercia L. et al. Improvement of stability and recovery time in porous-silicon-based NO₂ sensor // *Sensors and Actuators*. 2004. Vol. B102. P. 195–197.

132. Gaburro Z., Oton C. J., Pavesi L. Opposite effects of NO₂ on electrical injection in porous silicon gas sensors // *APL*. 2004. Vol. 84. P. 4388–4390.

133. Barillaro G., Diligenti A., Nannini A. et al. Low-Concentration NO₂ Detection with an Adsorption Porous Silicon FET // *IEEE SENSORS JOURNAL*. 2006. Vol. 6. P. 19–23.

134. Solzbacher F., Imawan C., Steffes H. et al. A highly stable SiC based microhotplate NO₂ gas-sensor // *Sensors and Actuators*. 2001. Vol. B78. P. 216–220.

135. Gao W., Shi L., Hasgawa Y., Kastube T. High temperature and high Sensitive NO_x gas sensor with hetero-junction structure using laser ablation method // *IEEJ Trans*. 2006. SM 126. P. 643–648.



ВЛИЯНИЕ МЕТОДА СИНТЕЗА НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КСЕРОГЕЛЕЙ V_2O_5 ПРИ ВНЕДРЕНИИ ЛИТИЯ

Д. А. Семененко¹, Т. Л. Кулова³, А. М. Скундин³, М. Г. Козлова¹,
Е. А. Померанцева^{1, 2}, А. В. Григорьева^{1, 2}, чл.-корр. РАН Е. А. Гудилин^{1, 2},
акад. РАН Ю. Д. Третьяков^{1, 2}

Members of Scientific Editorial Board

¹ Факультет наук о материалах МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва

² Химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва

³ Институт физической химии и электрохимии им. А. М. Фрумкина РАН, г. Москва

Electrochemical properties of V_2O_5 xerogels with different preparation history were investigated. It was found that electrochemical characteristics of electrode materials based on the xerogels are drastically different in the processes of Li^+ intercalation – deintercalation as dependent on the manner of xerogel drying. Particularly cryochemical technology gives xerogels with an improved microstructure and functional properties as compared to conventional preparation approaches.

Введение

Материалы на основе ксерогелей оксида ванадия (V) являются перспективными объектами исследований, поскольку открывают возможность получения новых поколений химических источников тока и сенсорных устройств [1]. V_2O_5 в качестве катодного материала для литиевых источников тока впервые предложили Дей и Салливан в 1972 г., и с тех пор он активно исследуется [2]. V_2O_5 способен работать в широком диапазоне потенциалов от 4,0 до 1,5 В, при этом в структуру V_2O_5 может быть внедрено до 3 молей лития на моль оксида. Теоретическая разрядная емкость V_2O_5 в расчете на внедрение трех атомов лития составляет 442 мАч/г. Однако при внедрении уже двух атомов лития структура V_2O_5 необратимо изменяется [3, 4].

Ксерогели V_2O_5 как морфологическая разновидность пентоксида ванадия достаточно успешно изучались Ливажем и сотр. [5]. В настоящее время ксерогели используют как предшественник для синтеза различных наноструктурированных оксидов ванадия, таких, как нанотрубки, наностержни, наноленты [6, 7]. Характерная особенность таких соединений — квазидномерная структура слоев и их турбостратное разупорядочение, вследствие чего структура является очень подвижной и в нее можно легко внедрить не толь-

ко катионы, но и молекулы органических соединений, и таким образом получить новый класс органо-неорганических гибридных материалов с новыми функциональными свойствами [8–10]. Это свойство существенно отличает ксерогель от кристаллического V_2O_5 , в решетку которого могут внедряться лишь катионы металлов. Достоинствами ксерогелей является смешанный, ионно-электронный тип проводимости и возможность вытеснения молекул воды гидрофильными органическими растворителями. Разрядная (соответствующая внедрению лития) емкость ксерогеля V_2O_5 зависит от способа удаления воды из ксерогеля V_2O_5 .

В настоящей работе предложен новый способ получения ксерогеля V_2O_5 , приводящий к улучшению его электрохимических характеристик.

Методика эксперимента

Ксерогели были получены с использованием метода ионного обмена и различных способов сушки. На первой стадии был получен коллоидный раствор частиц изополиванадиевой кислоты $V_2O_5 \cdot nH_2O$ путем пропускания 200 мл 0,2 М раствора $NaVO_3$ (х. ч.) через колонку, заполненную катионитом (катионнообменной смолой Amberlite IR112) в протонированной форме. Раствор, выходящий из колонки, окрашивался в желтый цвет, что свидетельствует о переходе



Лекция профессора Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, академика РАН Ю. Д. Третьякова будет представлена во время торжественной церемонии награждения в Государственной Думе РФ 29 ноября 2007 г. в 15⁰⁰.
Lecture of professor of the M. V. Lomonosov Moscow State University, academician of the RAS Yu. D. Tretiakov will be presented during rewarding ceremony in the RF State Duma November 9, 2007 at 15⁰⁰.

ванадия в шестикоординированное состояние. В течение 3–6 часов происходило превращение полученного коллоидного раствора в устойчивый гель V_2O_5 , сопровождавшееся окрашиванием в темно-красный цвет. Одна часть раствора (синтез 1) была подвергнута замораживанию в жидком азоте и сублимационной сушке в лиофилизаторе FREEZONE (Франция) в течение 2 суток. Другая часть раствора (синтез 2) была высушена обычным образом при 70 °C на воздухе в течение 4 ч в сушильном шкафу.

Исследование микроструктуры и контроль химического состава образцов проводили на цифровом сканирующем электронном микроскопе с автоэмиссионным источником LEO SUPRA 50VP, оснащенный рентгеновским спектрометром для микроанализа (Inca, Oxford Instruments), при ускоряющем напряжении 5–25 кВ. Изображения получали во вторичных электронах при увеличении до $\times 200000$. Для рентгенофазового анализа и определения параметров решетки использовали дифрактометр Rigaku D/MAX 2500 (Japan) с вращающимся анодом (излучение $CuK_{\alpha 1}$, шаг 2θ 0,01°, диапазон съемки 3–100°).

ИК-спектроскопические исследования образцов проводили следующим образом: 1 мг образца тщательно смешивали с высушенным KBr и прессовали в таблетки. Спектры регистрировались на фурье-спектрометре Perkin Elmer в диапазоне 350–7000 cm^{-1} .

Термогравиметрический анализ (ТГА) и дифференциально-термический анализ (ДТА) образцов проводили на термоанализаторе PYRIS Diamond TG-DTA (PerkinElmer). Для проведения эксперимента использовали платиновые тигли. Навески образцов составляли 10–15 мг. Для анализа был выбран режим линейно-политермического нагрева со скоростью 5 °C/мин.

Для проведения электрохимических измерений активную массу для рабочих электродов готовили смешением 75 % активного материала (V_2O_5), 20 % электропроводящей добавки (ацетиленовой сажи) и 5 % поливинилиденфторида (Aldrich) в качестве связующего, растворенного в N-метилпирролидоне (Aldrich), с последующей гомогенизацией на ультразвуковом диспергаторе УЗДН-4Д в течение 2 мин. Готовую массу с помощью скальпеля намазывали на обе стороны токоподвода из никелевой сетки (толщина сетки 0,005 см). Для удаления N-метилпирролидона электроды первоначально сушили в сушильном шкафу при температуре 90 °C в течение 5 ч. После этого электроды прессовали под давлением 500 кг/см² в течение 30 сек и повторно сушили в вакууме при температуре 120 °C в течение 8 ч для удаления следов воды. Данная технология изготовления электродов, как правило, приводит к нанесению на электроды размером 1,5 × 1,5 см 7–10 мг активного вещества (V_2O_5).

Противоэлектроды и электроды сравнения готовили путем накатки тонких литиевых полос (литий марки ЛЭ-1) определенной толщины на никелевую сетку с приваренным к ней токоподводом из никелевой фольги.

Испытания электродов (регистрация зарядно-разрядных кривых и циклических вольтамперограмм) проводили в герметичных тefлоновых ячейках, содержащих один рабочий электрод (V_2O_5), два противоэлектрода и электрод сравнения. Все электроды разделялись сепараторами из пористого полипропилена марки ПОРП (НПО «Уфим», Москва).

Все операции по сборке ячеек проводили в перчаточном боксе с атмосферой аргона. В качестве электролита использовали стандартный электролит ОАО «Литий-элемент» (Саратов), представляющий раствор 1 M $LiClO_4$ в смеси пропиленкарбоната (ПК) и диметоксизтана (ДМЭ) (7:3). Содержание воды в электролите, измеренное методом кулонометрического титрования по Фишеру (684 KF-Coulometer, Metrohm, Switzerland), не превышало 50 ppm.

Гальваностатические зарядно-разрядные кривые регистрировали с помощью многоканальной компьютеризированной установки для циклирования, изготовленной в ОАО «Бустер» (Санкт-Петербург). Ячейки циклировали в интервале потенциалов рабочих (положительных) электродов 1,5–4,0 В при температуре 20 °C. Плотность тока при циклировании составляла 20 мА на 1 г V_2O_5 , что соответствовало 0,03–0,04 мА/см².

Циклические вольтамперограммы (ЦВА) регистрировали с помощью потенциостата ЭЛ-2, разработанного и изготовленного в Институте физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина РАН. Скорость развертки потенциала составляла 0,13 мВ/с.

Для рентгенографических исследований электроды после поляризации тщательно отмывали ДМЭ от остатков электролита и сушили над P_2O_5 . Все эти операции, начиная с демонтажа ячейки, проводили в боксе с атмосферой аргона.

Результаты и их обсуждение

Полученный с помощью криохимической сушки (синтез 1) образец ксерогеля (ксерогель № 1) представлял собой мягкое волокнистое, похожее на губку вещество желто-зеленого цвета (рис. 1, а). Ксерогель № 2, высушенный на воздухе (синтез 2), — плотную хрупкую блестящую пленку красно-оранжевого цвета (рис. 1, б). Такое отличие связано, скорее всего, со скоростью удаления молекул воды из структуры геля и формированием различных микроструктур образцов. В процессе гелеобразования в результате неэквивалентности гидроксогрупп в октаэдрическом окружении ванадил-иона, конденсация ванадиевой кислоты происходит в плоскости равноправных ОН-групп и приводит к появлению подобных лентам полимерных цепей [8]. Такие ленточные образования в исходном растворе расположены хаотично и образуют неупорядоченную структуру. При криохимической сушке в вакууме замороженного блока геля испарение воды происходит намного быстрее, чем при тепловом испарении, и неупорядоченная структура геля сохраняется (рис. 1, а). В процессе медленного испарения воды при нагрева-

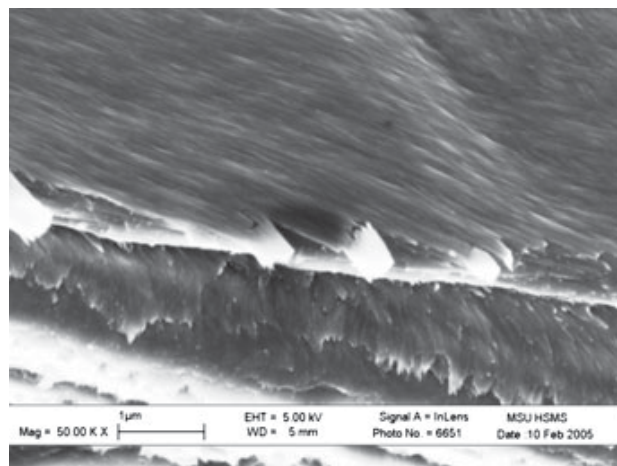
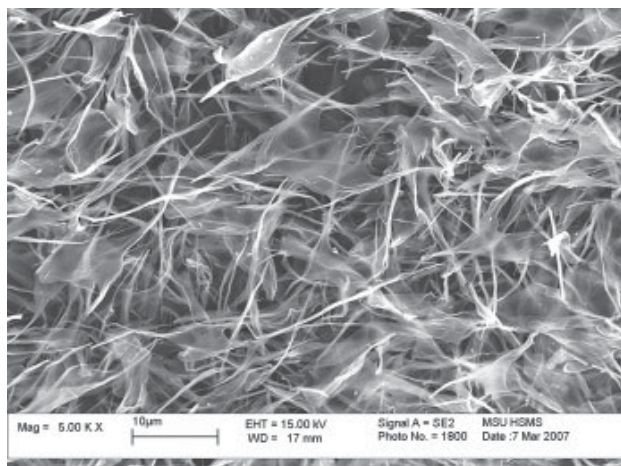


Рис. 1. Данные электронной сканирующей микроскопии ксерогелей на основе V_2O_5 : а — использование сублимационной сушки, б — проведение стандартной сушки на воздухе при 70 °С

нии полимерные цепи укладываются в слои, формирующие «обычную» структуру упорядоченного геля [8]. Так, на поверхности геля видны удлиненные частицы, соответствующие по размерам «лентам» оксида ванадия (рис. 1, б). Расстояние между слоями при этом зависит от содержания воды и для состава $V_2O_5 \cdot 1,6 H_2O$ равно 11,57 Å [9].

Данные РФА (рис. 2) подтверждают наличие высокоупорядоченной структуры пленки в случае ксерогеля № 2 ($d \sim 11\text{--}12$ Å) и аморфизированной структуры для ксерогеля № 1. При этом наблюдается также некоторое смещение основных пиков по сравнению с упорядоченной структурой, что свидетельствует о небольшом изменении структуры в направлении, перпендикулярном «лентам».

По данным ТГА можно выделить три стадии превращения образцов при нагревании. При температурах до ~100 °С происходит удаление адсорбированной воды, затем происходит удаление воды, входящей в состав полимерных цепей, что завершается кристаллизацией оксида ванадия при температурах 370–400 °С. Конечным продуктом разложения ксерогелей по данным РФА является ромбический V_2O_5 . Суммарная потеря массы при нагревании до 500 °С со-

ответствует составу $V_2O_5 \cdot nH_2O$ ($n = 1,7\text{--}2,1$). При этом содержание воды в полученных образцах отличается незначительно (рис. 3).

В ИК-спектрах полученных образцов (рис. 4) наблюдаются колебания связей V–O, с частотами, соответствующими литературным данным.

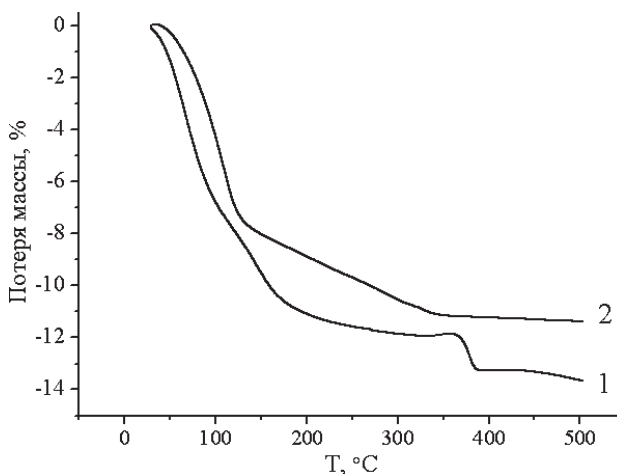


Рис. 3. Данные термического анализа ксерогелей на основе V_2O_5 : 1 — использование сублимационной сушки, 2 — проведение стандартной сушки на воздухе при 70 °С

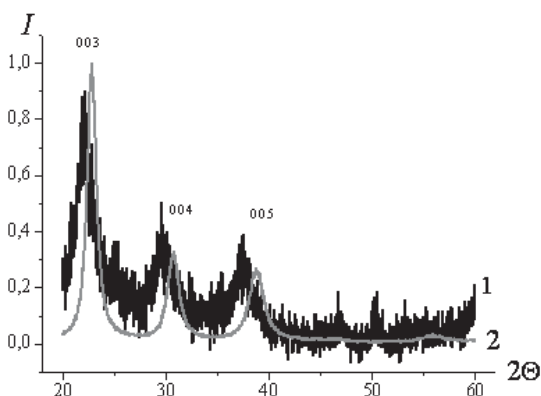


Рис. 2. Данные РФА ксерогелей на основе V_2O_5 : 1 — использование сублимационной сушки, 2 — проведение стандартной сушки на воздухе при 70 °С. На рисунке обозначены основные пики, составляющие серию 00l.

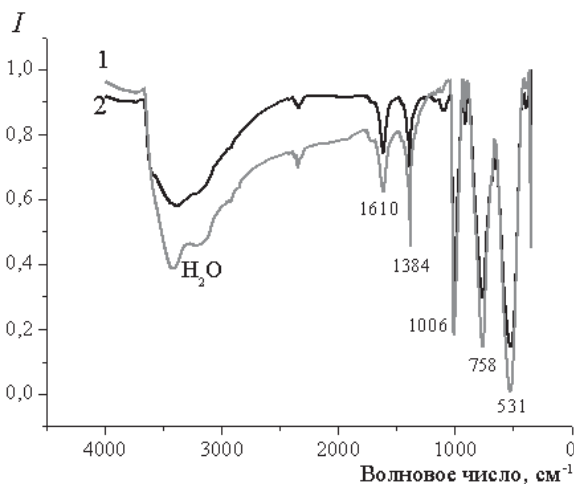


Рис. 4. Данные ИК-спектроскопии ксерогелей на основе V_2O_5 : 1 — использование сублимационной сушки, 2 — проведение стандартной сушки на воздухе при 70 °С

Основные полосы поглощения ИК-излучения для ксерогеля оксида ванадия (V) при 1610, 1006, 758 и 531 см^{-1} соответствуют следующим колебаниям: $\delta(\text{H}-\text{O}-\text{H})$, $\nu(\text{V}=\text{O})$, $\nu(\text{V}^{+5}=\text{O})$, $\delta(\text{V}-\text{O}-\text{V})$ и $\delta(\text{V}-\text{O})$ [9]. Небольшой пик при 975 см^{-1} может соответствовать колебаниям $\nu(\text{V}^{+4}=\text{O})$. В ИК-спектрах всех образцов присутствует полоса поглощения при 1384 см^{-1} , которая соответствует примеси NO_3^- в KBr. Частоты основных полос поглощения совпадают с литературными данными, что подтверждает ожидаемое строение полученных гелей на локальном уровне.

Таким образом, оба полученных образца, в принципе, имеют практически аналогичный химический состав и состоят из близких структурных элементов, при этом они существенным образом отличаются по своей микроструктуре.

После сборки ячейки и заливки ее электролитом потенциал V_2O_5 -электрода составил около 3,40 В, что характерно для электродов из оксида ванадия. На рис. 5 представлены циклические вольтамперограммы электродов из ксерогелей V_2O_5 , синтезированных по различным методикам (ксерогель № 1 и ксерогель № 2). Скорость развертки потенциала составляла 0,13 мВ/с, что приблизительно соответствовало пятичасовому режиму заряда-разряда при гальваностатическом циклировании. При развертке потенциала в отрицательную сторону происходило внедрение лития с одновременным понижением степени окисления ванадия. При последующей развертке потенциала в положительную сторону происходила экстракция лития из V_2O_5 с одновременным повышением степени окисления ванадия. Форма ЦВА для обоих электродов оказалась практически одинаковой, а именно, на катодной части кривой, отражающей внедрение лития в структуру V_2O_5 , ре-

гистрируются два пика при потенциалах 2,82 и 2,42 В. На анодной части кривой, отражающей экстракцию лития из V_2O_5 , регистрируются ответные пики. Причем при потенциале 2,74 В пик тока выражен сильно, а в области потенциалов 2,90–2,95 В — несколько размыт. Для обоих электродов разница между потенциалом анодного пика и потенциалом соответствующего ему катодного пика составляет 0,22 В для первого пика и 0,30 В для второго. Такая разница потенциалов типична для интеркаляционных материалов.

Различие электрохимического поведения исследуемых электродов заключается, в первую очередь, в количестве лития, которое может быть внедрено в структуру ксерогелей. Так, для ксерогеля № 1 (сублимационная сушка) разрядная емкость составила 240 мАч/г на первом и 235 мАч/г на втором цикле. Для ксерогелей, высушенных на воздухе, емкость в катодном полуцикле была значительно меньше — 128 мАч/г на первом цикле и 90 мАч/г на втором цикле. Кроме того, для электродов на основе оксидов ванадия характерно явление необратимой потери емкости на первом цикле, т. е. количество электричества в катодном полуцикле (Q_k) превышает количество электричества в соответствующем анодном полуцикле (Q_a). Разница между Q_k и Q_a составляет необратимую емкость (Q_{irr}). Для ксерогеля № 1 Q_{irr} не превышала 5 мАч/г, в то время как для ксерогеля № 2 Q_{irr} составила около 40 мАч/г.

Природа необратимой емкости электродов на основе оксидов ванадия, как и других положительных электродов литиевых электрохимических систем, достоверно не установлена. По аналогии с процессами на отрицательных электродах можно предполагать, что при первой катодной поляризации электрода на основе оксида ванадия наряду с процессом внедрения лития протекает также процесс восстановления компонентов электролита. Вероятнее всего, это восстановление примесей (следов воды и т. п.), хотя нельзя исключать и возможного восстановления структурной воды, входящей в состав собственно ксерогеля, или следов воды, не удаленных при сушке ксерогеля и изготовленных из него электродов. При протекании таких параллельных восстановительных процессов могут образовываться как растворимые, так и нерастворимые продукты, причем последние входят в состав пассивной пленки. Теоретическая разрядная емкость V_2O_5 в расчете на внедрение одного атома лития составляет 147,3 мАч/г (26,8 Ач/182 г). Таким образом, разрядная емкость, равная 240–235 мАч/г для ксерогеля № 1 соответствует внедрению 1,6 атомов лития, или формуле $\text{Li}_{1,6}\text{V}_2\text{O}_5$, при этом средняя степень окисления ванадия меняется от +5 до +4,2. Для ксерогеля № 2 количество лития, внедренного в структуру V_2O_5 , составило лишь 0,6 атомов лития, что соответствует формуле $\text{Li}_{0,6}\text{V}_2\text{O}_5$. Средняя степень окисления ванадия при этом изменилась от +5 до 4,7.

На рис. 6 представлены зарядно-разрядные кривые ксерогелей № 1 и № 2, из которых становится очевидным, что образцы, полученные с

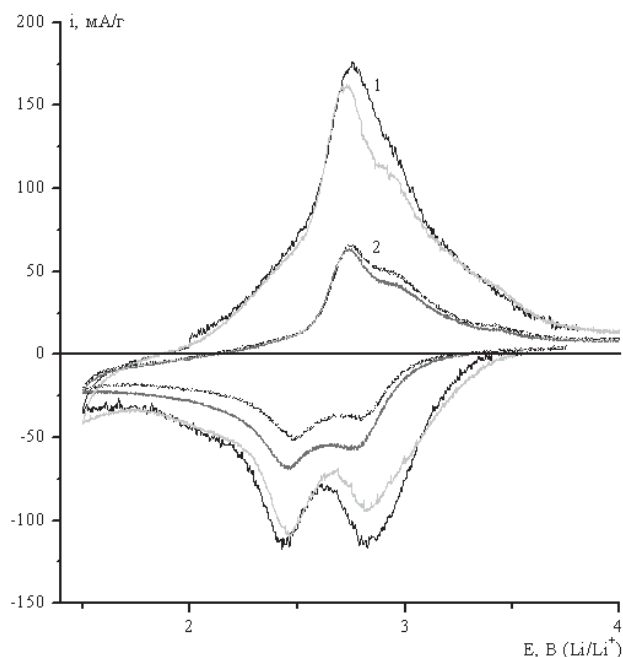


Рис. 5. Циклические вольтамперограммы 1 и 2 циклов электродов из ксерогеля V_2O_5 : 1 — использование сублимационной сушки, 2 — проведение стандартной сушки на воздухе при 70 °С. Скорость развертки потенциала 0,13 мВ/с. Электролит — 1 М LiClO_4 в смеси ПК-ДМЭ (7:3)

использованием сублимационной сушки при синтезе ксерогелей V_2O_5 , обладают существенно лучшими характеристиками. Следует отметить, что результаты гальваностатического циклирования хорошо согласуются с результатами циклической вольтамперометрии.

На рис. 7 представлены зависимости разрядной емкости электродов на основе ксерогелей V_2O_5 от номера цикла при циклировании. Было пока-

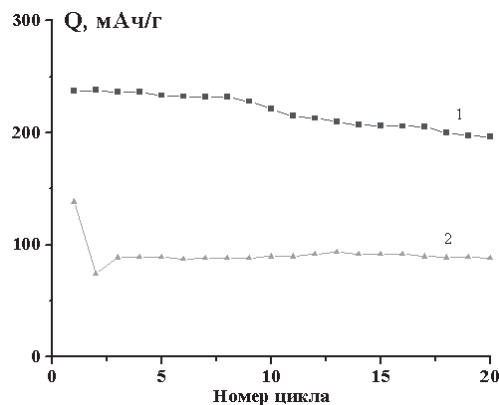


Рис. 7. Изменение разрядной емкости электрода из ксерогеля V_2O_5 при циклировании: 1 — использование сублимационной сушки, 2 — проведение стандартной сушки на воздухе при 70°C . Электролит — 1 M LiClO_4 в смеси ПК-ДМЭ (7:3). Плотность тока 20 мА/г

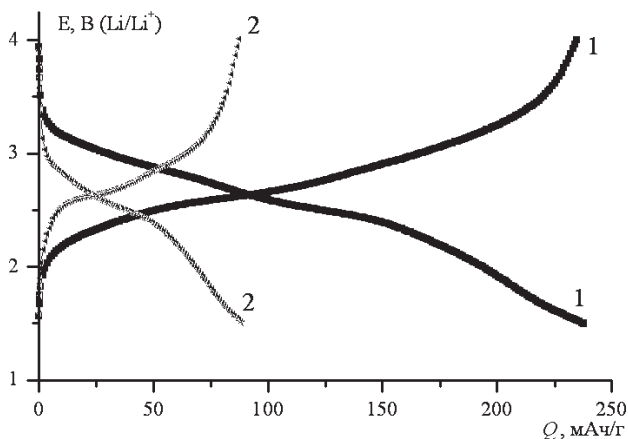


Рис. 6. Зарядно-разрядные кривые электродов из ксерогеля V_2O_5 : 1 — использование сублимационной сушки, 2 — проведение стандартной сушки на воздухе при 70°C . Третий цикл. Электролит — 1 M LiClO_4 в смеси ПК-ДМЭ (7:3)

зано, что для ксерогеля № 2 (сушка на воздухе) емкость на втором цикле существенно меньше, чем на первом, что, как было отмечено выше, связано с необратимой потерей емкости на первом цикле. В целом явление уменьшения разрядной емкости после первого цикла характерно для электродов на основе оксида ванадия [6, 11–14]. Несмотря на то, что абсолютные значения разрядной емкости обоих электродов невелики, и даже для образца № 1 разрядная емкость 238 мАч/г (после первого цикла) снижается к 20 циклу до 197 мАч/г , тем не менее полученные данные свидетельствуют о высокой стабильности электродного материала, полученного с использованием сублимационной сушки, и его потенциальной практической значимости для разработки вторичных химических источников тока.

Заключение

Таким образом, электрохимические свойства ксерогелей на основе пентоксида ванадия с различной предысторией получения существенно отличаются и зависят от способа высушивания геля, предопределяющего его микроструктурные особенности. Ксерогель, полученный путем криохимической сушки, является более перспективным для использования во вторичных источниках тока, проявляя большую разрядную емкость $\sim 200\text{ мАч/г}$ и большую стабильность при циклировании по сравнению с обычным ксерогелем, высушенным на воздухе.

Работа поддержана РФФИ (грант 07-03-00749-а), ФЦНТП и программой Президента РФ поддержки молодых ученых (МД 1264.2007.3).

Авторы благодарят А. В. Вересова, А. В. Гаршева, А. В. Кнотько за помощь в проведении измерений и обсуждении полученных результатов.

Список литературы

1. Волков В. Л., Захарова Г. С., Лазарев В. Ф. // Электрохим. Энергетика. 2001. № 1. С. 3.
2. Dey A. N., Sullivan B. P. U. S. Patent 3,655,585. 1972.
3. Murphy D. W., Christian P. A., Disalvo F. J., Waszczak J. V. // Inorg. Chem. 1979. Vol. 18. P. 2800.
4. Cocciantelli J.-M., Doumerc J.-P., Pouchard M., Broussely M., Labat J. // J. Power Sources. 1991. Vol. 34. P. 103.
5. Pelletier O., Davidson P., Bourgaux C., Coulon C., Regnault S., Livage J. // Langmuir. 2000. Vol. 16. P. 5295.
6. Subba Reddy Ch. V., Wei J., Quan-Yao Z., Zhi-Rong D., Chen Wen, Sun-il Mho, Rajamohan R. Kalluru // J. Power Sources. 2007. Vol. 166. P. 244.
7. Malta M., Louarn G., Errien N., Torresi R. M. // J. Power Sources. 2006. Vol. 156. P. 533.
8. Волков В. Л., Захарова Г. С. // Успехи химии. 2003. № 4. С. 72.
9. Захарова Г. С., Волков В. Л., Ивановская В. В., А. Л. Ивановский. Нанотрубки и родственные наноструктуры оксидов d-металлов: синтез и моделирование // Успехи химии. 2005. Т. 74, № 7. С. 651–685.
10. Zahaidi L., Baffier N., Lemordant D. // Solid State Ionics. 1988. Vol. 1750. P. 28–30.
11. Brylev O. A., Shlyakhtin O. A., Egorov A. V., Tret'yakov Y. D. // J. Power Sources. 2007. Vol. 164. P. 868.
12. Denis S., Baudrin E., Orsini F., Ouvrard G., Touboul M., Tarascon J.-M. // J. Power Sources. 1999. Vol. 79. P. 81–82.
13. Eguchi M., Ozawa K. // Electrochim. Acta. 2007. Vol. 52. P. 2657.
14. Wei Y., Ryu C.-W., Kim K.-B. // J. Power Sources. 2007. Vol. 165. P. 386.



MANUFACTURING SOLID OXIDE FUEL CELLS WITH AN AXIAL-INJECTION PLASMA SPRAY SYSTEM

Z. Tang¹, I. Yaroslavsky¹, A. Burgess¹, O. Kesler^{2, 3}, B. White², N. Ben-Oved²

¹ Northwest Mettech Corp., North Vancouver, BC, Canada

² Dept of Mechanical Engineering, University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada

³ National Research Council — Institute for Fuel Cell Innovation, Vancouver, BC, Canada

Atmospheric plasma spraying (APS) has emerged as a cost-effective alternative to traditional sintering processes for solid oxide fuel cell (SOFC) manufacturing. However, the use of plasma spraying for SOFCs presents unique challenges, mainly due to the high porosity required for the electrodes and fully dense coatings required for the electrolytes. By using optimized spray conditions combined with appropriate feedstocks, SOFC electrolytes and electrodes with required composition and microstructure could be deposited with an axial plasma spray system. In this paper, the challenges for manufacturing SOFC anodes, electrolytes, and cathodes are addressed. The effects of plasma parameters and different feedstocks on coating microstructure are discussed, and examples of optimized coating microstructures are given. Process was provided with APS Northwest Mettech Co. plasma system "Axial IIItm". Northwest Mettech's Axial Plasma Technology has been demonstrated worldwide to have the highest production capability of any thermal spray system on the market today. The same technology can be used also for the production of the catalyst reactors for the Gas-To-Liquids, Fischer-Tropsch Processing.

Introduction

Plasma spraying is a widely used process to deposit metallic and ceramic coatings for thermal barrier and wear- and corrosion-resistant coatings. In recent years, an increasing number of research and development efforts have been devoted to manufacturing solid oxide fuel cells (SOFCs) by plasma spraying [1]. SOFCs are very highly efficient energy conversion devices that convert fuel electrochemically to electricity with negligible pollution emissions. Typically, SOFCs are produced using wet ceramic techniques based on tape casting, screen printing, and subsequent sintering processes [2]. The use of plasma spraying for SOFC manufacturing presents many advantages over wet ceramic processing with regards to both performance and cost. One obvious advantage is the speed of processing that results from elimination of the sintering steps, so that the cell layers can be processed in rapid succession, with the possibility of introducing functional gradients in both composition and microstructure to improve thermo-mechanical and electrochemical performance. The elimination of sintering also facilitates the use of robust, inexpensive metallic substrates as the mechanical support and electrical interconnects of the cells, with the more expensive active cell layers produced in thin layers.

The plasma spraying process is also rapid and easy to automate, making the process potentially very well suited for mass production [3].

However, the use of plasma spraying for SOFCs presents significant challenges, mainly due to the fully dense coatings required for electrolytes and the high porosity required for the electrode layers. Plasma sprayed coatings currently manufactured for common applications such as thermal barrier coatings typically exhibit porosities in the range of 5–15 % [4]. However, for the successful production of SOFCs, this range must be extended down to 0 % open porosity for electrolytes, and up to 40 % open porosity for optimal electrode coatings. This significantly wider range of coating porosities requires substantial modification to the spraying process from procedures that have been established previously for other applications. Significant work has been aimed at overcoming these challenges and extending the range of porosities with considerable success [5–9].

In this paper, efforts are focused on SOFC deposition using a plasma torch with axial powder feeding, which is capable of dense electrolyte deposition with fine powders (<10 microns), and porous anode and cathode deposition with powder mixtures of very different particle sizes.

Experimental Procedure

The atmospheric plasma spray system used for these experiments was an Axial III Series 600 Torch (Northwest Mettech Corp., Vancouver, Canada). As its name implies, this torch injects powder axially, between 3 electrodes, ensuring that virtually all of the powder injected passes through the hottest part of the jet [10]. The Axial III torch allows for the feeding of fine powders (<10 microns) in combination with an MPF powder feeder (Thermico, Dortmund, Germany).

Yttria-stabilized zirconia (YSZ) powders (8 mol. % Y_2O_3) with two different particle size ranges of 5–25 and 3–5 microns were used for electrolyte deposition. Both powders are fused and crushed with irregular particle shapes. It is interesting to note that the 3–5 micron fine powders exhibited good flowability with the MPF powder feeder. For composite anode and cathode deposition, two different powders were dry mixed and fed from a single hopper. YSZ and lanthanum strontium manganite (LSM) powders were mixed and used for cathode deposition, and YSZ and Ni-C, or samaria-doped ceria (SDC) and CuO powders were used for anode deposition.

During spraying, the particle temperatures and velocities were characterized with SprayWatch (Osair, Finland). Deposition was carried out onto sand-blasted stainless steel substrates mounted on a rotating turntable. The surface topography and cross section of as sprayed coatings were examined by optical microscopy and scanning electron microscopy (SEM).

Results and Discussion

Most efforts were spent on the deposition of the dense electrolyte with different feedstock and plasma parameters. Fig. 1 shows the cross section microstructures of sprayed coatings. Both coatings were sprayed with the same high power plasma (up to 140 kW), but with different particle size ranges: (a) 5–25 microns, and (b) 3–5 microns. It is seen that at this spray condition, the coating with powder of 5–25 microns is much more porous than that with 3–5 microns. Fig. 2 shows the surface morphologies of both coatings, which indicate that the finer powders resulted in finer spray splats than those of the coarser ones.

The average in-flight particle temperature and velocity were measured with SprayWatch, and the results are summarized in Fig. 3. Both the average particle temperature and velocity decreased significantly at increasing stand-off distance (SOD). The particle temperature profiles are very similar for both powders. At a SOD of 100mm, which is the spraying distance for both coatings, the mean particle temperature is up to 2700 °C, which is above the melting point of YSZ. However, the average particle velocity is much higher for finer powder (420 m/s) than that for the coarse one (345 m/s).

Therefore, the process optimization was focused on the feedstock of 3–5 micron powder, and a dense electrolyte was achieved. A typical coating structure is shown in Fig. 4.

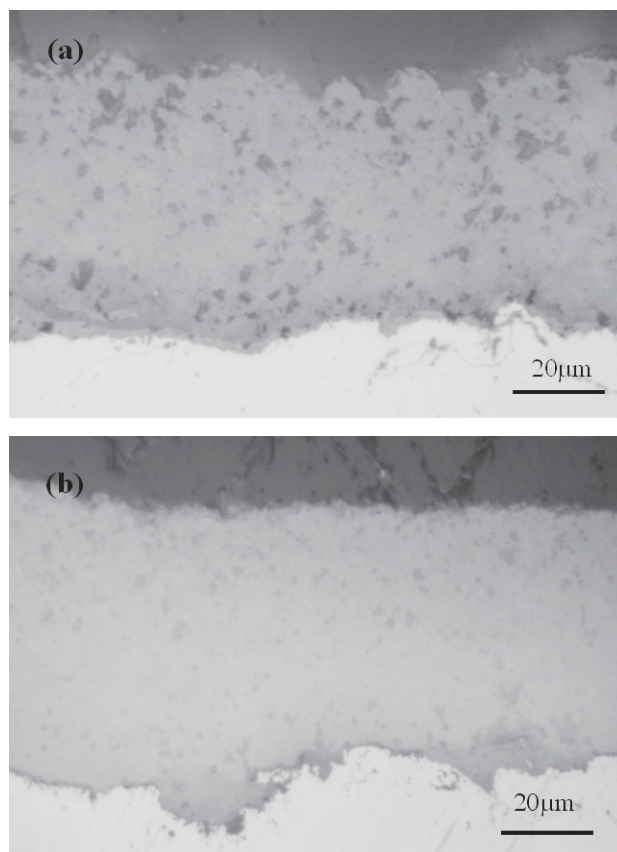


Fig. 1. Cross section microstructures of plasma sprayed electrolyte using YSZ powders with the particle size range of (a) 5–25 microns, and (b) 3–5 microns

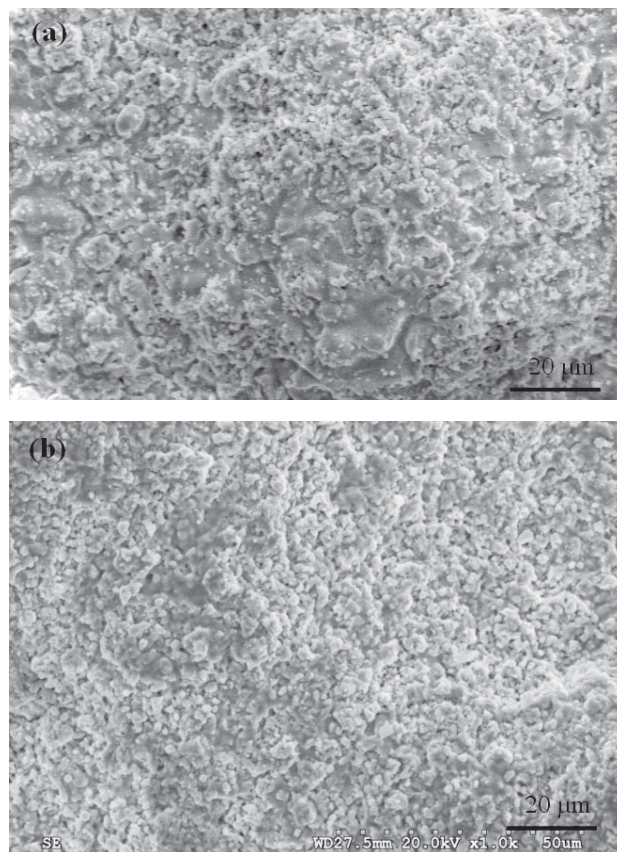


Fig. 2. Surface morphologies of plasma sprayed electrolyte using YSZ powders with the particle size range of (a) 5–25 microns, and (b) 3–5 microns

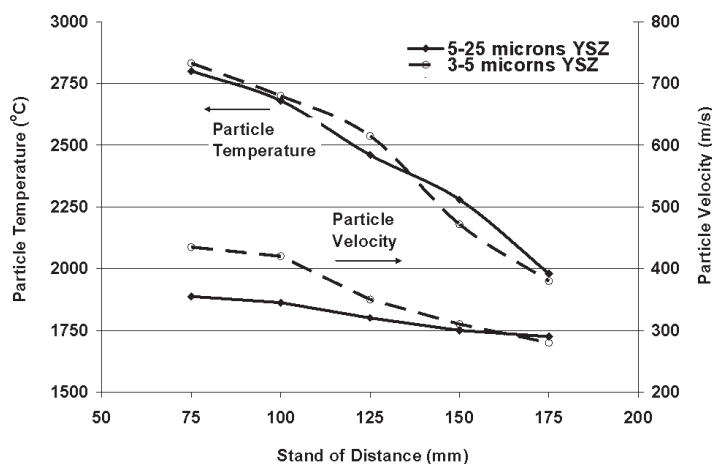


Fig. 3. In-flight particle temperature and velocity with different stand-off distance (SOD)

Depositing the dense electrolyte is the biggest challenge for plasma spraying processes of SOFCs. With plasma spraying, a dense coating is only achievable with completely molten particles, which are accelerated to a high velocity in the plasma jet and therefore flatten into dense lamellae on impact with the substrate. As shown above, particle size is a very important factor affecting the coating microstructure. It is seen that finer powders result in finer splats and lamellae, and

exhibit higher particle velocities, which are seen in Figs. 1 and 3, to benefit in the deposition of a dense coating.

The principle challenge in producing LSM/YSZ composite cathodes by plasma spraying is achieving the desired cathode composition (50/50 vol. %) and porosity (~40 %). YSZ usually requires a very high temperature plasma with hydrogen gas in order to melt the powder feedstock. However, plasma gas compositions with even as little as 5 % hydrogen gas led to extensive reduction and decomposition of the LSM. The use of large LSM and small YSZ powders can be used to partially compensate for the DE differences of the two materials. The coatings produced using plasmas with Ar-N₂ gas mixtures at short standoff distances tend to have both LSM and YSZ particles remaining partially solid during deposition, causing the coating to have much higher levels of porosity, while still containing a sufficient amount of YSZ (Fig. 5). This combination of high open porosity and reasonably good YSZ content is most desirable for SOFC cathodes [6].

A composite consisting of YSZ and Ni is the most common material combination for the anode. Similarly to the co-deposition of YSZ and LSM, a big challenge for Ni and YSZ co-deposition is addressing the large difference of their melting temperatures, and the required high porosity (~40 %). By adjusting plasma parameters, and using nickel-graphite as feedstock, in which graphite serves

exhibit higher particle velocities, which are seen in Figs. 1 and 3, to benefit in the deposition of a dense coating.

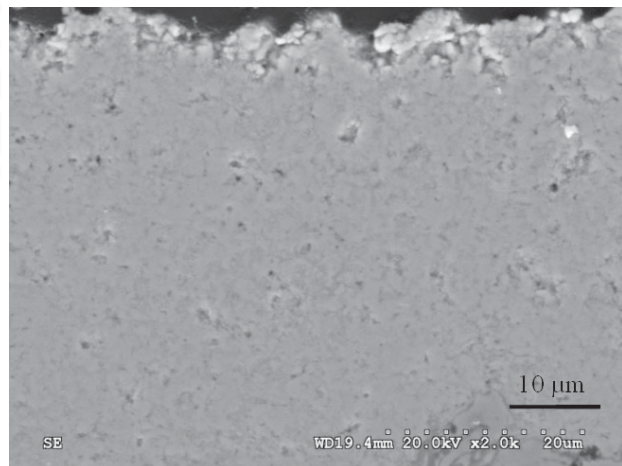


Fig. 4. SEM micrograph of optimized electrolyte coatings with 3-5 micron YSZ powders

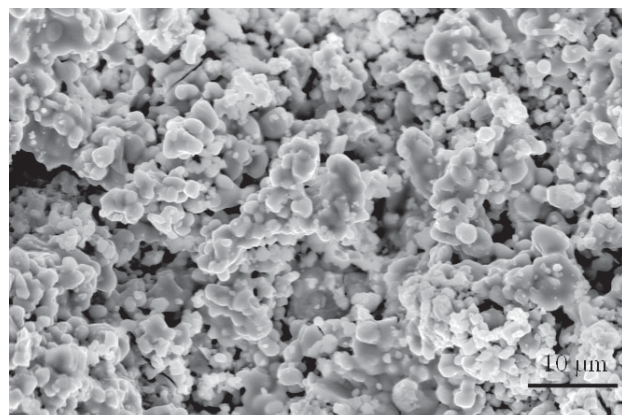


Fig. 5. Coating Surface of YSZ-LSM cathode with high porosity and surface area

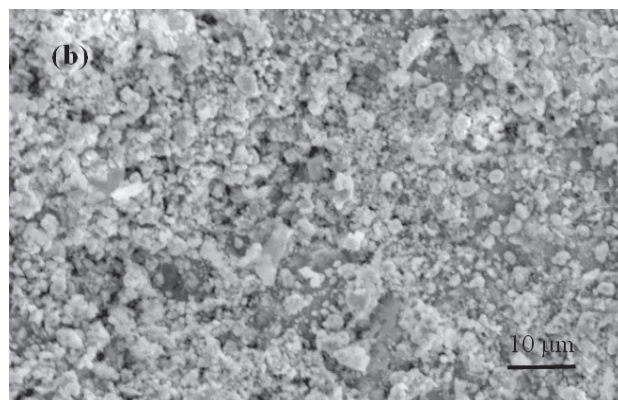
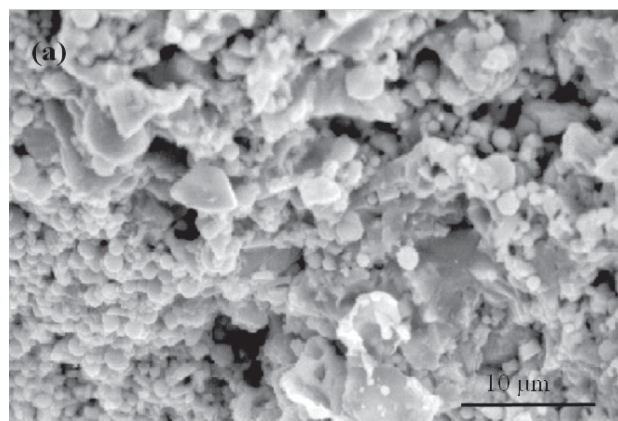


Fig. 6. Coating surface of well-mixed, high surface area anodes, (a) Ni-YSZ, and (b) Cu-SDC

as a pore former, a desired Ni-YSZ microstructure was achieved (Fig. 6a). Furthermore, a CuO-SDC composite was successfully co-deposited for application in direct-oxidation SOFC anodes [8], with a microstructure resulting in good anode performance after reduction of the CuO to Cu, as shown in Fig. 6b. This process will greatly simplify the current multi-step complex processing procedure of Cu based anodes.

As shown above, finer YSZ powder is preferred for the deposition of dense electrolytes, and powder mixtures with optimal combinations of particle sizes result in anode and cathode layers with sufficient porosity and desired compositions. Plasma spray processing, traditionally, uses feedstock with powder sizes in the range of 10–150 microns that is injected into the plasma radially. In this case, the coating quality and deposition efficiency is sensitive to the injection position, angle, and velocity in addition to the particle size and size distribution. Axial powder feeding has advantages over radial powder injection in the deposition efficiency and coating quality [11]. Combined with MPF powder feed technology, the axial powder injection torch allows for the feeding of fine powders up to 3–5 microns, which is not achievable by radial injection plasma systems. As the powders are immediately and completely entrained in the plasma jet, the deposition efficiency and coating quality are not so sensitive to injection conditions, and to particle size and size distribution. This makes the configuration ideal for composite electrode deposition using powder mixtures with very different particle sizes, as well as for single materials with a small particle size.

Conclusions

Axial injection plasma spraying was employed for deposition of SOFC electrolytes and electrodes. By using optimized spray conditions combined with appropriate feedstocks, SOFC electrolytes and electrodes were deposited with the required compositions and microstructure. The axial injection plasma system demonstrates the capability of dense YSZ deposition using fine powders ranging from 3–5 microns in size, and composite electrode deposition with powder mixture of very different particle sizes. In cooperation with several SOFC companies, process optimization is being refined in relation to specific SOFC design and substrate specifications.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge the financial support of The Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC), and National Research Council-Industrial Research Assistance Program (NRC-IRAP).

References

1. Gitzhofer F., Boulos M., Heberlein J., Henne R., Ishigaki T., Yoshida T. Integrated Fabrication Processes for Solid-Oxide Fuel Cells Using Thermal Plasma Spray technology // MRS Bulletin. 2000. Vol. 25. P. 38–42.
2. Stöver D., Buchkremer H. P., Tietz F., Menzler N. H. Trends in Processing of SOFC Components // Proc. 5th European Solid Oxide Fuel Cell Forum, July 1–5, 2002, Luzern, Swiss, Joep Hujsmans, Ed. P. 1–5.
3. Kesler O., Plasma Spray Processing of Solid Oxide Fuel Cells // Materials Science Forum. 2006. Vol. 439–543, P. 1385–1390.
4. Kesler O., Finot M., Suresh S., Sampath S. Thermal Spray: Current Status and Future Trends // Acta Mater. 1997. Vol. 45. P. 3123–3130.
5. Syed A. A., Ilhan Z., Arnold J., Schiller G. Improving Plasma Sprayed YSZ Coatings for SOFC Electrolyte // 2006 Int. Thermal Spray Conf., Building on 100 years Success/B. R. Marple, M. M. Hyland, Y. Lau, R. S. Lima, J. Voyer Eds., May 15–18, 2006, Seattle, Washington, USA. ASM International, 2006.
6. White B. D., Kesler O., Ben-Oved N., Burgess A. Preparation of an SOFC LSM/YSZ Composite Cathode by Air Plasma Spraying // Ibid.
7. Vaßen R., Stöver D. Development of Thin and Gastight Ceramic Coatings By Atmospheric Plasma-Spraying // Ibid.
8. Ben-Oved N., Kesler O. A New Technique for the Rapid Manufacturing of Direct Oxidation Anodes for SOFCs // Adv. Mater. Res. 2007. Vol. 15–17. P. 287–292.
9. Patent WO 03/075383 A2, Sept. 12, 2005. Hui S., Ma X., Zhang H., Chen H., Roth J. Solid Oxide Fuel Cell Components and Method of Manufacture Thereof.
10. US Patent 5,008,511, April 16, 1991. Ross D. A. Plasma Torch with Axial Reactant.
11. Abukawa S., Takabatake T., Tani K. Effects of Powder Injection in Deposition Efficiency in Plasma Spraying, op. cit. ref. 5.



О МЕХАНИЗМЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО НАВОДОРОЖИВАНИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Ю. Н. Шалимов , Е. Л. Харченко**, Ю. В. Литвинов, А. Л. Гусев*,
В. В. Пешков**



Member of International Editorial Board

ФГУП НКТБ «Феррит», Московский пр-т, 179/4, Воронеж, 394066, Россия
Тел./факс: (4732) 43-77-23, e-mail: shalimov_yn@mail.ru

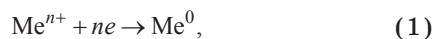
* Научно-технический центр «ТАТА»

а/я 687, г. Саров Нижегородской обл., 607183, Россия
Тел: (83130) 6-31-07, 9-74-72; факс: (83130) 6-31-07; e-mail: gusev@hydrogen.ru

** Воронежский государственный технический университет
Московский пр-т, 14, Воронеж, 394026, Россия
Тел./факс: (4732) 78-38-84

In the work the questions of interaction of hydrogen with metals surveyed during their electrochemical reduction on the cathode. The estimate of a role of hydrogen is given at shaping galvanizations, and also the guesses are expressed and the experimental data about change of structure of metals with magnification of duration of electrolysis are given. The experimental data on thermal of effect being consequence electrochemical and chemical reactions in electrode systems are resulted.

Согласно классической теории электровосстановления металлов, для большинства металлов, стоящих в ряду напряжений левее водорода, на катоде протекают как минимум два процесса: восстановление катиона металла и иона водорода по приведенным ниже схемам:



Последняя реакция сопровождается большим тепловым эффектом ($-\Delta H = 103$ ккал/моль).

Наличие эффектов тепловыделения на электродах существенно изменяет условия кинетики электрохимических процессов и, в связи с этим, классические подходы к механизмам взаимодействия водорода с металлами в электрохимических системах. Так, согласно Ньюмену [1], в общем случае для многокомпонентного электролита уравнение теплового процесса можно записать в виде:

$$c_i \cdot \nabla \mu_i = \sum_j K_{ij} (v_j - v_i) = RT \sum_j \frac{c_i \cdot c_j}{c_T \cdot D_{ij}} (v_j - v_i), \quad (4)$$

где μ_i — электрохимический потенциал компонентов i ; K_{ij} — коэффициенты трения или коэффициенты взаимодействия; v_i — средняя скорость компонентов i (но не ее мгновенное значение для отдельных молекул). Поток компонентов определится по формуле:

$$N_i = c_i \cdot v. \quad (5)$$

Полная концентрация будет равна:

$$c_T = \sum_i c_i, \quad (6)$$

где сумма включает растворитель. D_{ij} — коэффициенты диффузии, описывающие взаимодействие компонентов i и j . Эти коэффициенты являются просто параметрами, которые могут заменить коэффициенты трения K_{ij} :

$$K_{ij} = \frac{RTc_i \cdot c_j}{c_T \cdot D_{ij}}. \quad (7)$$

Член $c_i \nabla \mu_i$ в уравнении (4) можно рассматривать как движущую силу на единицу объема, действующую на компоненты i и заставляющую их двигаться по отношению к окружающей жидкости. Уравнение (4) справедливо при постоянном давлении и температуре. Его обобщением может быть уравнение вида:

$$c_i \left(\nabla \mu_i + S_i \nabla T - \frac{M_i}{\rho} \nabla P \right) = RT \sum_j \frac{c_i \cdot c_j}{c_T \cdot D_{ij}} \left(v_j - v_i + \left(\frac{D_j^T}{\rho_j} - \frac{D_i^T}{\rho_i} \right) \nabla \ln T \right), \quad (8)$$

где S_i — парциальная молярная энтропия компонента i , D_i^T — коэффициент термодиффузии компонента i .

Первое изменение состоит в записи движущей силы для миграции и диффузии, которая соответствует левой части уравнения. Теперь сумма таких движущих сил равна нулю даже при переменных температурах и давлениях. Кро-

ме того, они описывают равновесие в поле сил гравитации или вращения. Второе изменение состоит в том, что учтена термодиффузия [2], представленная двумя членами в скобках в уравнении (8). Градиент температуры является новой движущей силой в дополнение к $(n-1)$ движущим силам $c_i \left(\nabla \mu_i + S_i \nabla T - \frac{M_i}{\rho} \nabla P \right)$. Градиент давления скорее всего не является движущей силой массопереноса, он играет роль движущей силы для течения жидкости. В связи с вышеизложенным, взаимодействие водорода с металлом при его восстановлении на катоде не представляется простой задачей, решение которой можно осуществить простыми классическими способами. Тем более задача усложняется в связи с вероятным изменением скоростей реакции молекулярного водорода или металл-водородных соединений. Для решения этой сложной задачи нами сформулированы необходимые предпосылки и алгоритм ее решения, представленный на рис. 1.

Актуальность поставленной задачи не вызывает никаких сомнений, поскольку ее теоретическое и прикладное значение определяет пути решения проблем практически всех известных электрохимических процессов. Наиболее приоритетными были выбраны нижеперечисленные направления исследований.

1. Установление механизма возникновения термокинетических эффектов при протекании электрохимических реакций.

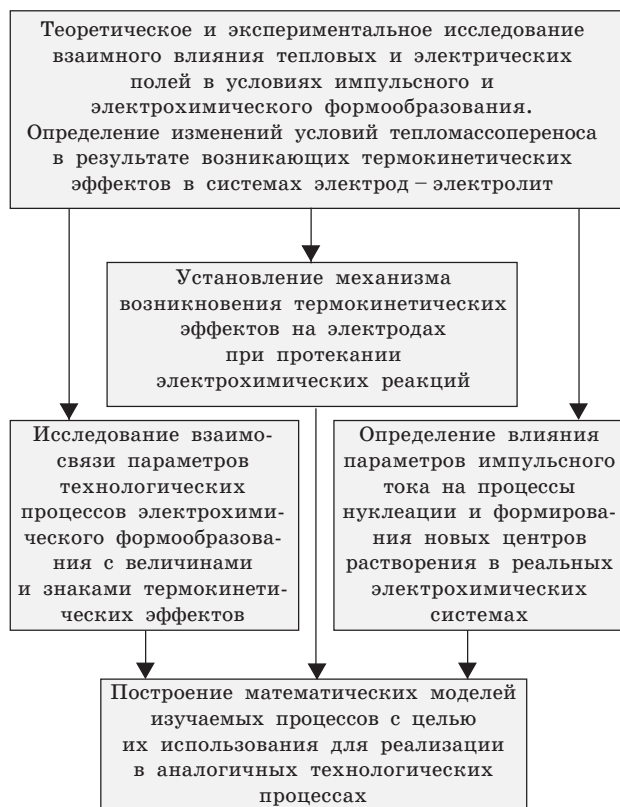


Рис. 1. Алгоритм решения проблемы взаимодействия водорода с металлом при электрохимическом восстановлении на катоде

2. Исследование взаимосвязи технологических параметров электрохимических процессов с величинами и знаками термокинетических эффектов.

3. Построение математических моделей исследуемых процессов с целью их применения для аналогичных технологических процессов.

Анализ типичных уравнений кинетики электрохимических процессов (9)–(12) показывает, что входящая в них в качестве основного параметра температура оказывает влияние на скорость процесса:

$$\Delta G = \Delta H + T \frac{d(\Delta G)}{dT}, \quad (9)$$

$$i = k_1 e^{\frac{A_3}{RT}}, \quad (10)$$

$$A_3 = A_1'' - A_1' = 4\pi r^2 \sigma - \frac{4}{3} \pi r^3 RT \ln \frac{C_0}{C_3}, \quad (11)$$

$$i_a = i_0 [\text{MeM}]_s [x]^n e^{\frac{\beta Z F (f_i - f_p)}{RT}}. \quad (12)$$

Проблема идентификации рассчитанных по этим уравнениям значений скорости процесса заключается в том, что температуру в зоне реакции экспериментально трудно измерить.

В частности, при изучении процессов хромирования нами было установлено, что электролит претерпевает модификационные превращения, в результате чего скорость выделения хрома резко снижается. Уникальность процессов хромирования на основе трехвалентных соединений — это проблема, которая в веке прошлом и веке нынешнем занимает умы и сердца всех ученых, поскольку трехвалентные электролиты являются наиболее перспективными для хромирования, но до сих пор в нашей промышленности не существует ни одного способа, где бы этот электролит был внедрен в производство. Во-первых, эти электролиты являются экологически безопасными, соединения трехвалентного хрома не относятся даже к промышленным ядам по отношению к растворам хромовой кислоты, которые, по признанию медиков, считаются веществами, относящимися к канцерогенам. Если бы этот процесс был внедрен в производство, то неоспоримо имел бы большой успех. Кроме того, трехвалентный электролит хромирования имеет ряд других преимуществ, а именно: более высокий выход по току, более низкие температуры при невысокой концентрации электролита и, соответственно, более высокий КПД самого процесса. Те проблемы, которые возникают при внедрении, заставили нас заняться именно изучением влияния тепловых полей, которые являются следствием протекающих на электродах процессов. Возвращаясь к уравнениям (9)–(12), в которых значение температуры, входящее в них как параметр, практически не дает ответа на вопросы о величине температуры и на каком участке и в какой зоне мы ее определяем. Как правило, все относится к температуре электролита, но это оказывается не совсем верно. Дело в том, что в наших исследованиях, которые

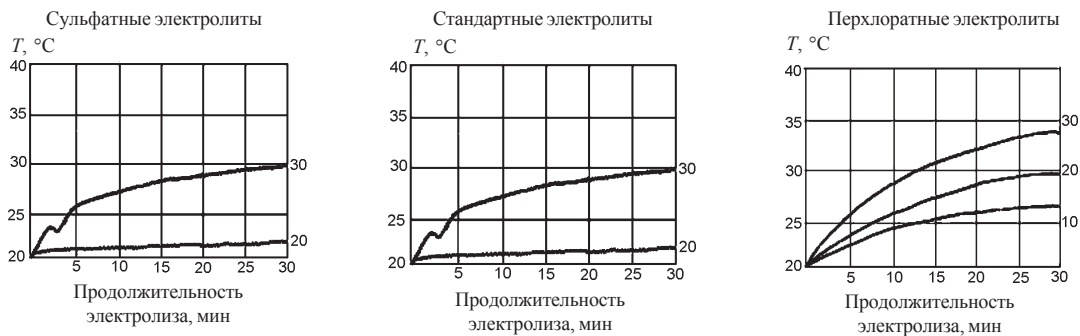


Рис. 2. Зависимость температуры в зоне электрохимической реакции от химического состава электролита, режимов электролиза и его продолжительности (цифры возле кривых означают плотность катодного тока)

проводились в течение длительного времени, установлено, что в зависимости от того, каковы режимы электролиза, каков состав электролита и условия протекания процесса, температура в прикатодном слое может отличаться на десятки градусов. То есть, если мы ставим вопрос о температуре, то должны знать истинную температуру на поверхности электрода, именно в зоне взаимодействия. Если проанализировать кривые, приведенные на рис. 2, то увидим, что электротермограммы, то есть зависимости температуры приэлектродного слоя от времени и плотности тока на катоде, имеют возрастающий характер. И по мере увеличения продолжительности электролиза температура достигает значений порядка 40 °C по сравнению с температурой в объеме электролита.

Электротермограммы прикатодного слоя (зависимости $\Delta T = f(i_k, \tau)$) для всех типов электролитов носят экспоненциально возрастающий характер. Параметры экспоненты определяются характером протекающих процессов и зависят также от теплофизических свойств электрохимической системы. С другой стороны, падающее значение выхода по току хрома с увеличением продолжительности электролиза при всех значениях поляризующего тока свидетельствуют о том, что перераспределение тока в электрохимической системе начинается уже в самом начале процесса (рис. 3).

Анализ хода кривых зависимостей $\Delta T = f(i_k, \tau)$ и $A_{Cr,0} = f(i_k, \tau)$ позволяет сделать логический вывод об уменьшении скорости восстановления хрома за счет снижения концентрации разряжающихся ионов металла при увеличении продолжительности электролиза. В более ранних работах [3] нами было установлено, что повышение температуры в прикатодном слое обусловлено термокинетическими эффектами, формирующими в приэлектродной зоне «тепловой барьер».

Мы установили, что причин возникновения тепловых эффектов на электродах может быть несколько, в том числе и те, что считаются традиционными — это джоулевы потери в электролите, но не они определяют температуру на поверхности электрода. Джоулевы теплоты, теплоты Пельтье, теплоты молизации газов, которые непосредственно выделяются на электродах (кислород — на аноде и водород — на катоде), теп-

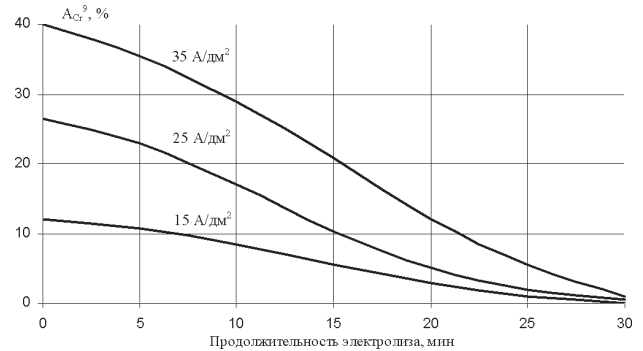


Рис. 3. Зависимость выхода по току хрома от плотности катодного тока и продолжительности электролиза в сернокислых электролитах хромирования

лоты гидратации и дегидратации — это целый ряд компонентов, который определяет общий температурный эффект. На рис. 4 показано распределение тепловых потоков в обычном электролизере. Теплота Джоуля диссипируется в межэлектродном пространстве, а остальные составляющие сосредоточены в зоне реакции. Эквивалентная тепловая схема замещения тепловых потоков электрохимической системы представлена на рис. 5. Согласно этой схеме, основные тепловые потоки сосредоточены в приэлектродных зонах. Направление $\text{grad } T$ всегда будет от центра межэлектродного пространства к электродам, а тепловые потоки, наоборот, направлены от электродов. Исключение составляют лишь редкие электрохимические процессы в комплексных электролитах, где реакции на аноде протекают с поглощением теплоты.

Таким образом, на границе раздела «электрод – электролит» всегда существует тепловой «потенциальный барьер», снижающий скорость диффузии реагирующих частиц к электродам.

В связи с этим при повышении температуры в прикатодном слое вероятность увеличения концентрации ионов H^+ может быть связана также с эффектом Сорэ, согласно которому частицы с малым весом стремятся в «горячие» области, а частицы с большим молекулярным весом устремляются в «холодные» области.

Что же касается локализации слоев с высокой температурой в электрохимических системах, то в последнее время определились два мнения. По мнению большинства исследователей, максимальная температура реализуется непо-

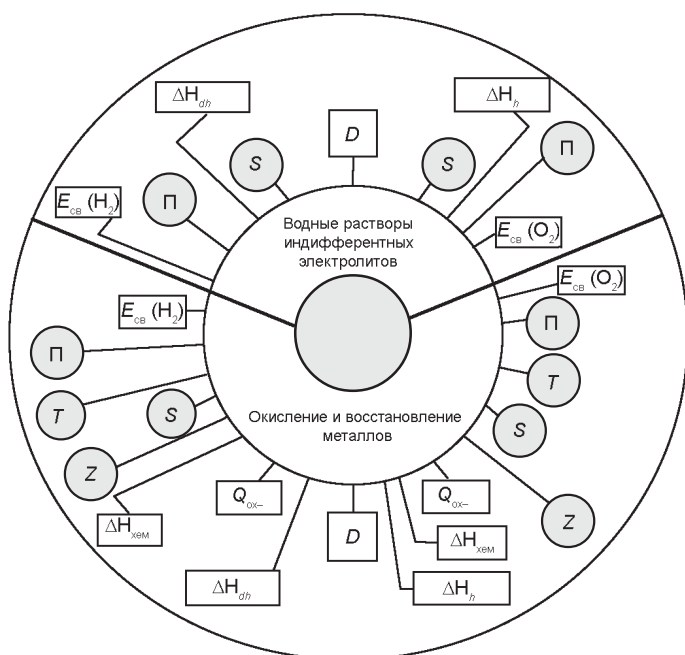


Рис. 4. Тепловые (термокинетические) эффекты реакций в электрохимических системах: П, О, Z, S — эффект Пельтье, Томсона, Зеебека, Сорэ; $\Delta H_{хем}$, $Q_{ох-}$, $E_{cb}(H_2)$, $E_{cb}(O_2)$, ΔH_h , ΔH_{hd} — теплоты хемосорбции, окислительно-восстановительных реакций, моликации H_2 , моликации O_2 , гидратации ионов, дегидратации ионов; D — тепловой эффект Джоуля

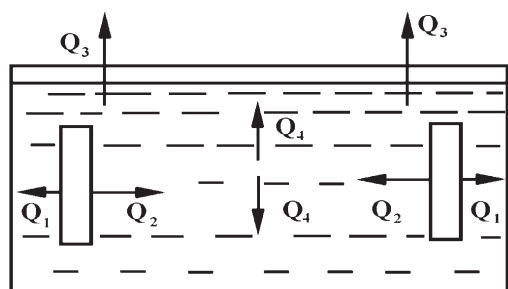


Рис. 5. Эквивалентная тепловая схема замещения тепловых потоков в электрохимических системах, возникающих за счет термокинетических эффектов: Q_1 — тепловой поток за счет пассивного нагрева электродов; Q_2 — тепловые потоки, обусловленные электрохимическими реакциями на электродах; Q_3 — тепловые потоки, обусловленные газовой выделением на электродах; Q_4 — тепловой поток рассеяния на активном сопротивлении ячейки

средственно на границе раздела «электрод – электролит». Такого же мнения придерживается и классическая теплофизика. Однако существует предположение о том, что экстремальная зона температуры несколько смещена вглубь электролита (на малом удалении от электрода). Это, по-видимому, можно объяснить различием условий эксперимента. Например, смещение горячей зоны вглубь электролита при электрохимической обработке массивных деталей можно объяснить хорошим теплоотводом за счет высокой теплопроводности материала электрода, избытка тепловой энергии. Предположение же о том, что некоторые реакции протекают на большом удалении от электрода, следует признать несостоятельным, так как время релаксации иона (время реакции) значительно меньше времени его перемещения вглубь электролита.

Электрохимическая система является уникальной с точки зрения познания процессов тепломассопереноса. Здесь можно реализовать системы, при которых поверхность получается экзотической в том плане, что она имеет очень малые размеры по фронту распространения тепловой волны (например, фольга). В то же время возникновение тепла на такой большой поверхности электрода дает возможность оценить эти процессы с точки зрения теплофизики. На рис. 6 показано действие импульсного тока на электрохимическую систему и установлено, что чем больше скважность импульсов, тем становится выше при той же вводимой мощности по постоянной интегральной тепловой барьер, но его фронт становится более узким. То есть мы имеем узкий фронт при большом значении температуры в зоне, непосредственно примыкающей к электроду.

Для определения температуры в зоне реакции через технологические параметры (плотность тока, продолжительность электролиза, химический состав электролита) нами предложен аналитический способ.

Знание истинной температуры на поверхности электрода позволяет прогнозировать не только основные кинетические параметры процесса, но и оценить вероятность перераспределения составляющих компонентов суммарной электрохимической реакции.



Рис. 6. Распределение теплового импульса при различных режимах импульсного тока

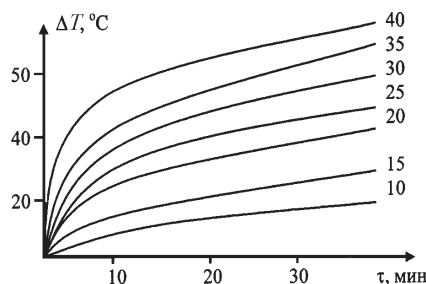


Рис. 7. Зависимость температуры электрода от плотности анодного тока и продолжительности электролиза при различных значениях i_0 . Цифры на кривых означают плотность тока на электродах, А/дм²

На рис. 7 представлены зависимости температуры в зоне электродной реакции от плотности тока и продолжительности электролиза для процесса анодного растворения алюминия.

Кривые такого типа могут быть описаны уравнением вида:

$$\Delta T_a = \frac{\tau_{\text{эксп}}}{a + b \cdot \tau_{\text{эксп}}} \quad (13)$$

В этом уравнении можно положить, что плотность тока будет определяться коэффициентом b . Поскольку ΔT_a связана с величиной плотности катодного тока прямой зависимостью, то можно принять $b = 1/i_a$, тогда взаимосвязь ΔT_a с технологическими параметрами процесса определится выражением:

$$\Delta T_a = \frac{\tau_{\text{эксп}}}{a + 1/i_a \tau_{\text{эксп}}} \quad (14)$$

Таким образом, все технологические параметры процесса оказываются взаимосвязанными через коэффициент a , который и определим для различных значений указанных параметров:

$$a = \frac{\tau_{\text{эксп}} - (\tau_{\text{эксп}}/i_a) \Delta T_a}{\Delta T_a} \quad (15)$$

Определим значения коэффициента a для нижнего и верхнего пределов плотности тока $i_a = 5$ и 50 А/дм^2 при промежуточных значениях $t_{\text{эл-за}} = 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27$ и 30 мин. Результаты вычислений сведены в табл. 1.

Таблица 1

Значение коэффициента a в зависимости от плотности тока и продолжительности электролиза

τ , мин	a при $i_a = 5 \text{ А/дм}^2$	a при $i_a = 50 \text{ А/дм}^2$
3	0,76	0,16
6	0,49	0,146
9	0,15	0,132
12	-0,2	0,117
15	-0,52	0,102
18	-0,93	0,088
21	-1,28	0,073
24	-1,61	0,058
27	-1,94	0,043
30	-2,18	0,029

Графические зависимости $a = f(\tau)$ при различных значениях i_a представлены на рис. 8.

Отклонения значений a на графиках от прямой линеаризации функции $a = f(\tau)$ проверяются методом обратных вычислений аналитических значений функции.

Таким образом, подставляя значение a в выражение (14), можно рассчитать температуру на поверхности электрода в любой заданный момент времени при известной плотности анодного тока.

Значение коэффициента a определяется с помощью приведенных на рис. 8 номограмм, представляющих собой серию отрезков прямых для каждой плотности тока, пересекающих ось τ в различных точках.

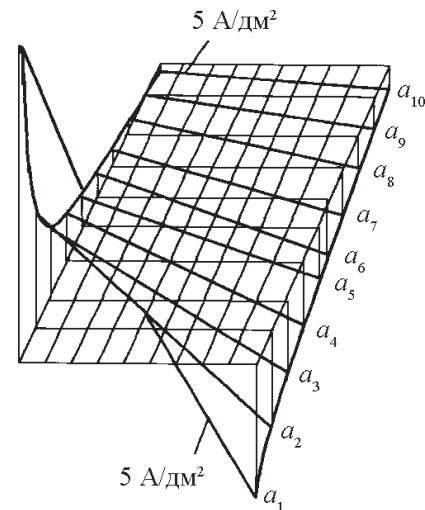


Рис. 8. Зависимость $a = f(\tau)$ для различных значений плотности анодного тока (номограммы аналитического расчета температуры электрода)

Линейный характер изменения a от времени электролиза дает возможность корректировки значения температуры в приэлектродном слое для точек, имеющих случайный выброс из серии измерений. Таким образом, математическая модель процессов тепловыделения на электродах, описываемых в общем виде кривыми насыщения, преобразуется относительно просто с помощью уравнения (14) и графика-номограммы (рис. 8) в удобную для расчетов форму, использующую технологические параметры процесса.

Локальное значение температуры в приэлектродной зоне определяет реальные условия процесса и поэтому является одним из основных задаваемых параметров.

Построение температурного поля в координатах «ток – время» показано на рис. 9.

Поверхность, представляющая температурное поле электрода, описывается системой дифференциальных уравнений второго порядка и позволяет определить температуру электрода аналитически в любой момент времени при произвольно выбранном значении плотности тока.

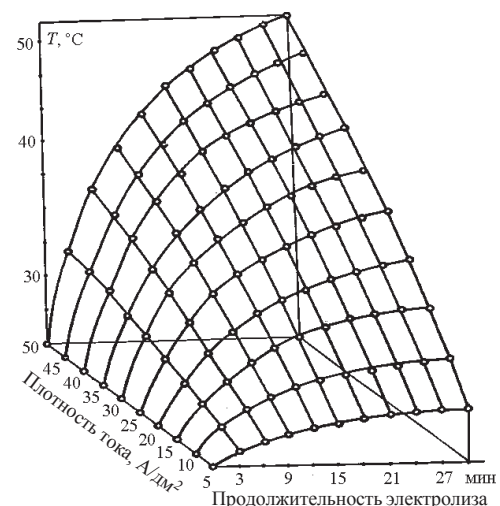


Рис. 9. Зависимость температуры электрода от плотности тока (i) и продолжительности электролиза (τ)

Функции $\Delta T = f(i_a)$ при $\tau = \text{const}$ и $\Delta T = \varphi(\tau)$ при $i_a = \text{const}$ не имеют разрыва, что дает основание предполагать, что на поверхности $\Delta T = f(i, \tau)$ отсутствуют аномальные точки. Поэтому определение промежуточных значений ΔT , соответствующих значениям i и τ , не лежащих непосредственно на линиях определения, можно осуществить методом аппроксимации.

В дальнейших расчетах можно использовать классические формулы тепломассопереноса. В этом случае в уравнение тепломассопереноса необходимо подставить значения температур в зоне реакции, определенные аналитически через технологические параметры.

Дифференциальное уравнение изменения энергии в классическом выражении можно записать в следующем виде [4]:

$$\frac{\partial i}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{\rho} \nabla^2 t - \left(\omega_x \frac{\partial i}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial i}{\partial y} + \omega_z \frac{\partial i}{\partial z} \right) - \frac{1}{\rho} \text{div} \sum \vec{j}_i \cdot i_i. \quad (16)$$

Первый член правой части уравнения учитывает теплопроводность, второй — конвективный перенос, а третий — молекулярную диффузию.

Для повышения достоверности результатов при определении $\partial i / \partial \tau$ необходимо в уравнение (16) подставлять значения температуры, вычисленные по предложенным нами формулам, в которые включены параметры технологического процесса.

Термограмма теплового поля при непрерывном и импульсном электролизе может быть рассчитана по приведенной ниже формуле [5]:

$$T(x, y, z, \tau) = \frac{1}{(\sqrt{4\pi a \tau})^3} \times \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(\xi, \eta, \zeta) \exp \left[-\frac{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 + (z-\zeta)^2}{4a\tau} \right] d\xi d\eta d\zeta. \quad (17)$$

В этом случае изменение температуры можно определить в трехмерном пространстве для любой точки электрохимической системы. Характер изменения зависимости $T(x, y, z)$ позволяет рассчитать градиент температурного поля и дать оценку величины термодиффузионного потенциала, значение которого может определить вероятность протекания процесса. Так, при исследовании процессов электрокристаллизации металлов из расплавов солей авторами [6] было обнаружено, что при значении градиента температуры в зоне реакции, равном или большем $7,1^\circ\text{C}/\text{см}$, образование центров кристаллизации на металле невозможно при любых значениях плотности тока на катоде.

При исследовании процессов электропереноса (миграции ионов водорода) в электрическом поле было установлено, что сила F возникает [7] при наличии тока. Она феноменологически определяется эффективным зарядом Z^* :

$$F = eZ^* \text{grad } \Phi, \quad (18)$$

где e — элементарный (положительный) заряд; $\text{grad } \Phi$ — приложенное электрическое поле, вызывающее ток в электрохимической системе.

Величина eZ^* характеризует электрический заряд, на который только при наличии внешнего поля действовали бы те же силы, что и на атом водорода, внедренный в металл. Согласно этому представлению, отрицательный или положительный эффективный заряд указывает на то, что действующая сила направлена, соответственно, к аноду или катоду.

Эффективный заряд вводится чисто феноменологически, поэтому его величина может сильно отличаться от заряда внедренного иона водорода.

При действии температуры сила F возникает за счет градиента температуры. Она определяется теплотой переноса Q^* :

$$F = -Q^* \frac{\text{grad } T}{T}. \quad (19)$$

Положительные и отрицательные значения теплоты переноса отвечают, соответственно, силам, направленным в сторону более холодных или более теплых частей образца. В случае одновременного действия электрического поля и температурного градиента на атом водорода имеет место линейная суперпозиция сил.

Под действием силы F наряду с диффузионным потоком j_{diff} , вызванным градиентом концентрации водорода, возникает также дрейфовый поток j_{drift} , и полный поток водорода может быть записан в виде:

$$j = j_{\text{diff}} + j_{\text{drift}} = -nD \text{grad } c + ncMF, \quad (20)$$

где n — число атомов решетки металла в единичном объеме; c — концентрация водорода; nc — плотность атомов водорода; D — коэффициент диффузии; M — подвижность внедренных атомов водорода.

В отсутствие действующей силы F приведенное выше уравнение сводится к закону Фика. Следует отметить, что в условиях электрохимических реакций отсутствие силы F полностью исключается. Переход уравнения (20) к закону Фика возможен только для идеализированной электрохимической системы. В реальных условиях, как было установлено нами ранее [3], векторы миграции (электрического поля) и термодиффузии в отсутствие конвективных потоков в зоне реакции направлены согласованно или противоположно в зависимости от знака термокинетического эффекта. Однако сумма этих векторов зависит от характера распределения тока и температуры (локальной) по электрохимическим участкам электрода. Зависимость эта носит довольно сложный характер, поэтому распределение концентрации атомов водорода в виде фазы внедрения или в виде гидридных соединений Me-H различно для отдельных участков электрода. Наличие гидридной фазы, например, в структуре хрома было ранее обнаружено авторами [8, 9]. При этом вероятность образования фазы Cr-H значительно больше, чем образования водорода в виде внедренных атомов.

Дрейфовый поток связан с дрейфовой скоростью v_{drift} внедренных атомов водорода, возникающей под действием силы F :

$$v_{\text{drift}} = \frac{j_{\text{drift}}}{nc} = MF. \quad (21)$$

Переходя к подвижности, можно записать:

$$u = MeZ^* \quad (22)$$

Коэффициент диффузии D и подвижность M связаны между собой через химический потенциал m внедренных атомов водорода:

$$D = c \frac{d\mu}{dc} M \quad (23)$$

В соответствии с последним уравнением можно сделать вывод о неравномерности распределения скорости диффузионного процесса по отдельным элементарным участкам электродов. В связи с этим результаты эксперимента отдельных исследователей могут сильно различаться, особенно для методов, исключающих интегрирование результатов измерений по отдельным участкам поверхности.

Резюмируя изложенное, можно сказать, что изучение механизма взаимодействия водорода с металлами требует проведения дополнительных как экспериментальных, так и теоретических исследований.

Список литературы

1. Ньюмен Дж. Электрохимические системы / Под ред. Чизмаджева Ю. А. М.: Мир, 1977.

2. Hirschfelder J. O., Curtiss C. F., Bird R. B. Molecular Theory of Gases and Liquids. J. Wiley and Sons, New York, 1954.

3. Шалимов Ю. Н., Мандрыкина И. М., Литвинов Ю. В. Оптимизация электрохимического процесса обработки алюминиевой фольги в производстве конденсаторов. Воронеж: ВГТУ, 2000.

4. Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. М.: Энергия, 1975.

5. Лыков А. В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967.

6. Барабошкин А. Н., Исаев В. А., Чеботин В. Н. Зарождение кристаллов в гальваностатическом режиме. Математическое моделирование // Электрохимия. 1981. Т. XVII. № 4.

7. Водород в металлах: прикладные аспекты / Под ред. Алефельда Г., Фелькля И. М.: Мир, 1981. Т. 2.

8. Реми Г. Курс неорганической химии. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1963. Т. II.

9. Гранкин Э. А. Влияние условий электролиза и термической обработки на внутреннее трение и коррозионную стойкость электролитического хрома. Дисс. ... канд. техн. наук. Воронеж: ВПИ, 1973.



Fuel Cell 2007 is the fourth annual conference designed for organizations interested in learning more about and applying fuel cell technology. The conference provides an interactive forum for OEMs, designers, engineers and integrators to discuss the latest advancements in the industry. This event will feature presentations from technology-leading companies discussing the innovations behind portable, stationary and automotive fuel cells.

This is an opportunity to network with peers, professionals and potential business partners involved in technology solutions serving a variety of applications.

See the latest products, services and technologies available and discover what's coming next.

Learn the latest business and application developments in fuel cell markets worldwide.

The conference will be held June 14-15, 2007 at the Hyatt Regency, Rochester, N. Y. The event will be organized to provide opportunities for constructive and creative networking including refreshment and networking breaks, peer discussion sessions, Q&A sessions with leading technology experts, daily luncheons, reception, and tabletop or portable exhibits.

Key Subject Areas

- Codes, Standards and Regulations
- Fuel Cell Materials
- Fuel Cell Component Integration
- Market Trends/Outlook for the Fuel Cell Industry
- The Hydrogen Economy
- System Integration: Needs and Requirements
- Application Stories: Fuel Cells Currently in Use

Who Will Attend

- OEM Design Engineers
- Developers and Integrators of Power Systems
- Power System Engineers
- Site and Facility Managers
- System Integrators, Value Added Resellers, Dealers
- Manufacturers and Distributors of fuel cells
- Manufacturers of monitoring and testing equipment
- Providers of software systems for fuel cell monitoring and testing
- Testing laboratories
- Product Managers seeking new applications, technology advancements and partnering opportunities
- Component providers

Benefits of Attending

- Select the right fuel cell strategies for your application
- Optimize your system performance and dependability
- Understand the latest capabilities of fuel cell systems
- Assure compliance with latest safety requirements and best practices
- Anticipate new technology development
- Discuss your specific system needs with a variety of peers and technology experts in an informal, educational setting
- Find out the latest market, pricing and manufacturing trends worldwide

Contact Us

Attendees: Reserve your place now! Save time and money by pre-registering. Team discounts available. Contact Ava DiTomassi (ava@milomediapub.com) or Lindsey Anderson (lindsey@milomediapub.com).

Exhibitors: Reserve your booth now! For information, contact Greg Schriener (greg@milomediapub.com).

Speakers: For information on presentations, contact Lindsey Anderson (lindsey@milomediapub.com).

Sponsors: For information on opportunities available, contact Greg Schriener (lindsey@milomediapub.com).

http://www.fuelcell-magazine.com/fc_2007conf_index.htm

PHASE TRANSITIONS OF γ -FeOOH DURING HEAT TREATMENT IN NaOH AQUEOUS SOLUTIONS

D. G. Kleshev, R. R. Klescheva, A. V. Tolchev*, R. N. Pletnev**

Department of Common and Experimental Physics, Southern Urals State University
76, Lenina av., 454080, Chelyabinsk, Russia

* Department of Engineering Science, Chelyabinsk State Pedagogical University
454080, Chelyabinsk, Russia

** Institute of Solid State Chemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
620219, Ekaterinburg, Russia

Phone: +7-351-267-93-07; fax: +7-351-265-59-50; e-mail: dgk@susu.ac.ru

The phase (into α -FeOOH) and chemical (into α -Fe₂O₃) transitions of the nonequilibrium phase γ -FeOOH subjected to hydrothermal treatment in NaOH aqueous solutions with concentration $0 \leq C_{\text{NaOH}} \leq 5$ mole·l⁻¹ at temperatures from 110 to 230 °C have been studied. The regions of formation of these phases have been refined. Possible compositions of crystal-forming complexes, appearing in solutions, and reactions occurring when they are built into different atomically smooth faces of α -FeOOH and α -Fe₂O₃ crystals have been considered. Experimentally established dependences of the crystal habit, phase and disperse composition of synthesized products on hydrothermal treatment parameters have been interpreted on the basis of a proposed model.

1. Introduction

Nonequilibrium iron(III) oxyhydroxides of γ - and δ -modifications, formed on oxidation of aqueous solutions of iron(II) salts or iron(II) hydroxide suspensions under high oversaturation conditions [1–4], undergo phase (PT) or chemical (CT) transitions into equilibrium phases α -FeOOH or α -Fe₂O₃ respectively when heat treated in alkaline solutions. These phases have found extensive application as inorganic pigments, starting materials for magnetic powders, ceramics, etc. The synthesis technique proposed allows a utilizing of the alkali used for hydrogen energetics needs, among them when producing hydrogen by the water-alkali or melt-alkali electrolysis. According to [2, 5–11], the kinetics and type of transition of the nonequilibrium FeOOH, as well as the crystal size and habit of the arising phases depend on numerous parameters, the main of which are the temperature of heat treatment, the concentration of alkali and FeOOH in suspension, the structure and mean crystal size of initial iron(III) oxyhydroxides. The aim of this work is to establish possible reasons for multi-parameter dependence of the phase composition and crystal habit of iron(III) oxide compounds formed during hydrothermal treatment of γ -FeOOH in NaOH solutions.

2. Experimental

Single-phase (as evident from XRD and TEM data) sample of γ -FeOOH with lamellar crystals (the mean size of ~15 nm) was obtained after the technique described elsewhere [4] by oxidation of

aqueous solution of iron(II) sulfate (chemical purity grade) by air at temperature 25 ± 2 °C and pH of the reaction medium 7.3 ± 0.5 maintained by continuous feed of aqueous solution of sodium hydroxide (chemical purity grade) into the reactor. The concentrations of FeSO₄ and NaOH solutions were 1.1 and 3.9 mole·l⁻¹ respectively. The oxidation took place in a reactor with a volume of 3 dm³ equipped with a mixing device. The average oxidation rate of $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ was approximately 1.5 mole·l⁻¹·h⁻¹. The precipitate formed was separated from the initial solution using a Buchner funnel and water-washed until no sulfate-ions were present in the filtrate. Then it was repulped in distilled water and aqueous solutions of NaOH with concentration (C_{NaOH}) from 0.1 to 5.0 mole·l⁻¹.

Hydrothermal treatment of γ -FeOOH suspensions was carried out in 0.07 dm³ capacity autoclaves (coefficient of admission $k = 0.8$) at temperatures (t) 110, 135, 170, 200, and 230 °C for 2.5 h. The time of autoclave heating to a pre-assigned temperature was not more than 0.5 h, the accuracy of temperature maintenance was ± 5 °C.

XRD patterns were taken from samples using a wide-angle X-ray powder diffractometer (model DRON-3, filtered FeK _{α} -radiation). The crystalline phases were identified using the ASTM X-ray powder diffraction data files (γ -FeOOH: 8–098; α -FeOOH: 17–536; α -Fe₂O₃: 13–534). The mass fraction (W) of α -Fe₂O₃ phase in heat-treated samples was determined by quantitative X-ray phase analysis [12]. The mean crystal size of initial and heat-treated products was evaluated from intrin-

sic broadening $\Delta 2\theta$ of diffraction peaks by the Scherrer formula [12] and TEM or SEM data. The dispersion composition and the habit of individual crystals were controlled by TEM (model UEMV-100K) and SEM (model JEOL JSM-6460LV). Volumetric analysis was used to determine the chemical composition of the solution, initial and heat-treated samples.

3. Results and Discussion

It follows from the experimental data (Fig. 1) that during hydrothermal treatment the γ -FeOOH phase undergoes a phase or chemical transition depending on C_{NaOH} and t , these processes being capable of running concurrently. Note that at a fixed concentration of NaOH in solution the PT $\gamma \rightarrow \alpha$ -FeOOH takes place at lower temperatures as compared to the CT γ -FeOOH $\rightarrow \alpha$ -Fe₂O₃. The dependence of the phase formation sequence on C_{NaOH} at $t = \text{const}$ in the interval $135 \leq t \leq 200$ (°C) is not monotonous; at $C_{\text{NaOH}} < 0.5$ mole·l⁻¹ and $C_{\text{NaOH}} \geq 3$ mole·l⁻¹ the γ -FeOOH phase undergoes a CT into α -Fe₂O₃, whereas at the intermediate concentrations it transforms into α -FeOOH.

The mean crystal size and habit of the phases formed also depend on heat treatment parameters. In particular, α -FeOOH and α -Fe₂O₃, appearing during hydrothermal treatment of γ -FeOOH in distilled water, are characterized by a columnar and isometric crystal shape respectively. As C_{NaOH} in solution increases at $t = \text{const}$, the crystal habit of these phases changes regularly. For α -FeOOH, this shows up in the increased formfactor f of columnar crystals from $f = 2-4$ at $C_{\text{NaOH}} = 0$ to $f = 6-8$ at $C_{\text{NaOH}} = 3$ mole·l⁻¹, whereas for α -Fe₂O₃ at $C_{\text{NaOH}} \geq 3$ mole·l⁻¹ the isometric crystal habit changes for a lamellar one (Fig. 2). It was established that when the temperature or NaOH concentration in solution rises (the other parameter being constant), the mean crystal size of α -FeOOH and α -Fe₂O₃ monotonously increases in the direction of their preferred growth (Fig. 3).

Considerable changes in the crystal habit and size of the initial phase (γ -FeOOH) and those formed during hydrothermal treatment (α -Fe₂O₃ and α -FeOOH) indicate that the FT and CT of the nonequilibrium FeOOH in alkaline and weak alkaline solutions proceed by the "dissolution-precipitation" mechanism (DPM) [7], which involves (as elementary stages) dissolution of crystals of the nonequilibrium phase, formation of crystal-forming complexes (CFC) in solution, transfer of CFC through solution and building them into the formed crystals of the phase that is equilibrium for given thermodynamic conditions. It is commonly recognized [13] that the limiting stage of the layer-by-layer mechanism of crystal growth is the formation of two-dimensional nuclei on an atomically smooth face. Since for difficultly soluble compounds including α -FeOOH and α -Fe₂O₃, the size of the two-dimensional nucleus is comparable with that of CFC in solution [7], the problem of its genesis

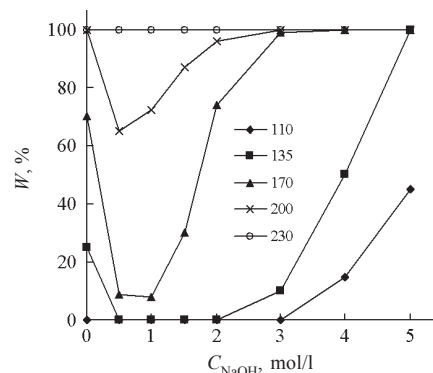


Fig. 1. Mass fraction (W) of the α -Fe₂O₃ phase in samples obtained during heat treatment at 110–230 °C as a function of NaOH concentration in solution

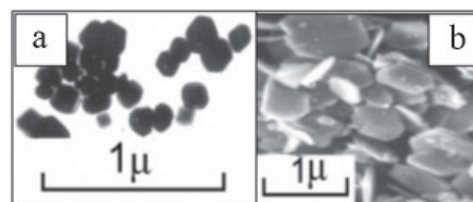


Fig. 2. The TEM (a) and SEM (b) micrographs of α -Fe₂O₃ crystals, formed during γ -FeOOH heat-treatment at 230 °C in NaOH solution with concentration 0.5 (a) and 5.0 (b) mole·l⁻¹

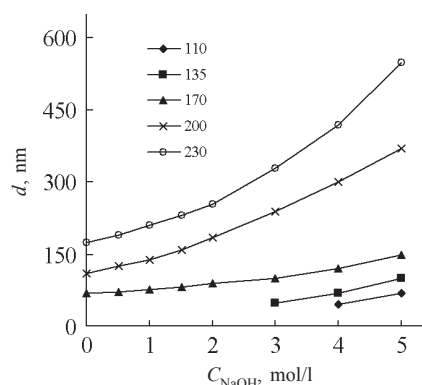


Fig. 3. The average size of α -Fe₂O₃ phase crystals (d) as a function of NaOH concentration in solution

reduces to incorporation of CFC into the surface layer of these crystals. Let us consider the structure of α -FeOOH and α -Fe₂O₃ faces, the composition and configuration of CFC in solutions of different compositions.

When the interaction between the crystal surface and dispersion medium is negligibly small, which is true of neutral solutions, distilled water among them, the atomically smooth (001) face of α -FeOOH consists of alternating rows of water molecules (layer I) and hydroxyl groups (layer II), while the (100) and (010) faces are made up of three and two adjacent rows of hydroxyl groups respectively, which are separated by one vacancy row (Fig. 4,a). For α -Fe₂O₃, the (100) face includes alternating rows of water molecules (layer I) and oxygen anions (layer II), whereas the (001) face consists only of hydroxyl groups forming a hexagonal net on it (Fig. 4,b). According to [14],

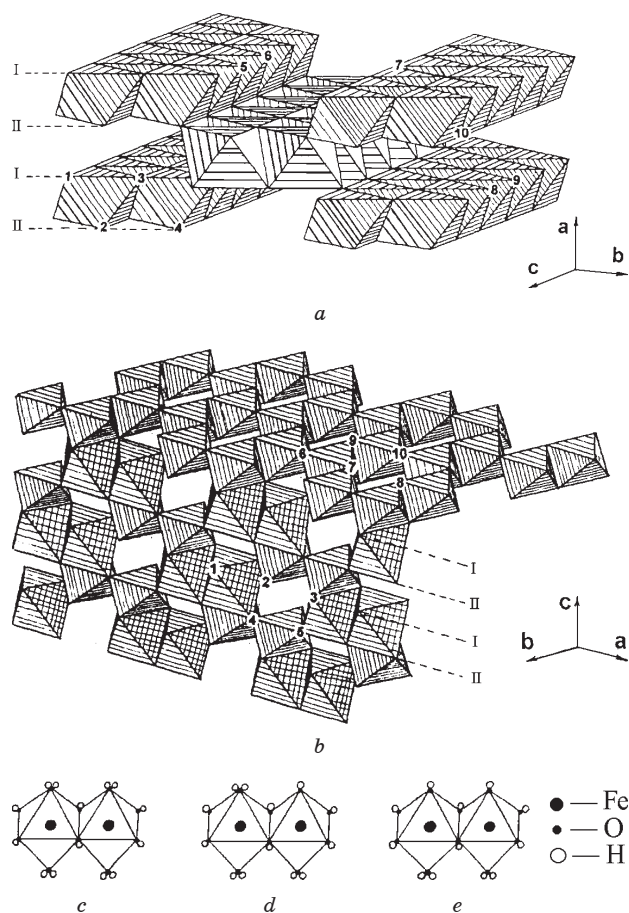


Fig. 4. Fragments of structures of the α -FeOOH (a) and α -Fe₂O₃ (b) phases in polyhedral interpretation and the structure of the crystal-forming complexes $[\text{Fe}_2(\text{OH})_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]^0$ (c), $[\text{Fe}_2(\text{OH})_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}]^-$ (d), and $[\text{Fe}_2(\text{OH})_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]^{2-}$ (e)

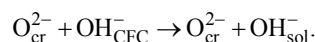
the crystal-forming complex existing in these solutions includes two octahedrons coupled along the bi-pyramid base edge (Fig. 4,c) and has a composition of $[\text{Fe}_2(\text{OH})_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]^0$. When CFC is built into α -FeOOH crystals, on the (001) face the reaction of olation proceeds in points 1–4; on the (100) face the oxolation reaction takes place in points 5, 7 and the olation reaction in point 6; on the (010) face the oxolation reaction runs in points 8, 10 and the olation reaction occurs in point 9. For α -Fe₂O₃, the olation reaction takes place in points 1–3 and the dehydration reaction in points 4, 5 on the (100) face; the oxolation reaction runs in points 6–8 and the olation reaction in points 9, 10 on the (001) face.

In alkaline solutions, especially at high heat treatment temperatures, sodium hydroxide may react with ligands both located on the surface of crystals and incorporated into crystal-forming complexes. Therefore, on the one hand, in low-concentration solutions of NaOH, reactions of complete or partial substitution of water molecules for hydroxyl groups are expected to proceed on the (001) face in α -FeOOH and the (100) face in α -Fe₂O₃, whereas in high-concentration solutions, along with substitution reactions one will also an-

ticipate oxolation reactions between hydroxyl groups of NaOH and the surface layer of (001), (010), and (100) faces in α -FeOOH or the (001) face in α -Fe₂O₃. As a result of these interactions, the above faces acquire a negative charge, which is compensated by Na⁺-ions located in the adsorption layer near the crystal. This is likely to be the reason for increased solubility of oxide compounds of iron(III) in alkaline solutions as compared to neutral or weak alkaline media, which manifests itself in higher equilibrium concentration of iron(III) hydroxo-oaquacomplexes (HAC) [15].

On the other hand, according to the data [16], the interaction between alkali and electroneutral HAC $[\text{Fe}(\text{OH})_3]_{\text{aq}}$ in alkaline solutions gives rise also to negatively charged HAC $[\text{Fe}(\text{OH})_4]_{\text{aq}}^-$, the concentration of which changes symbotely as C_{NaOH} increases. Therefore it is possible to assume that besides CFC of the composition $[\text{Fe}_2(\text{OH})_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]^0$, negatively charged complexes $[\text{Fe}_2(\text{OH})_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}]^-$ (CFC', Fig. 4,d) and $[\text{Fe}_2(\text{OH})_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]^{2-}$ (CFC'', Fig. 4,e) can also be present in NaOH solutions, the maximum concentration of CFC' and CFC'' being achieved in low- and high-concentration solutions of NaOH respectively.

In this connection, in alkaline media, as compared to neutral media, the type of reactions occurring when crystal-forming complexes are built into the surface layer of crystals changes. In particular, in low-concentration solutions of NaOH, when CFC' are incorporated into the structure of α -FeOOH, on the (001) face the olation reaction runs in points 1–3 and the oxolation reaction in point 4, whereas on the (100) and (010) faces in points 5, 7 and 8, 10, respectively, the oxolation reaction takes place, and in points 6 and 9 the dehydroxylation reaction, as a result of which OH⁻-groups of CFC' pass into solution:

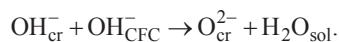


For α -Fe₂O₃, on the (100) face the oxolation reaction proceeds in points 1–3 and the dehydration reaction in points 4, 5, whereas on the (001) face in points 6–8 there occurs the oxolation reaction and in points 9, 10 the olation reaction.

In high-concentration solutions of NaOH, when CFC'' are built into α -FeOOH, on the (001) face the olation reaction runs in point 1, the dehydroxylation reaction in points 2, 3, and the oxolation reaction in point 4; on the (100) and (010) faces the dehydroxylation reaction takes place in all points 5–10. For α -Fe₂O₃, on the (100) face the type of the reactions does not change, whereas on the (001) face the dehydroxylation reaction proceeds in points 6–8 and the dehydration reaction in points 9, 10.

Thus, the incorporation of crystal-forming complexes into α -FeOOH and α -Fe₂O₃ crystals may be accompanied by the competing reactions of dehydration, olation, oxolation, and dehydroxyla-

tion depending on the concentration of NaOH in solution. In terms of thermodynamics, the most advantageous reactions are the former two reactions, during which instead of weak Van der Waals bonds (Fe(III) – H₂O), strong ol-bonds or oxo-bonds between iron(III) ions of the crystal surface and the crystal-forming complex are formed leading to a decrease in the free energy F of the “crystal – CFC” system. The reaction of oxolation



accompanied by deprotonization of hydroxyl group with a strong covalent bonding is characterized by a higher activation energy in comparison with the ololation and dehydration reactions and, as a consequence, takes place at higher temperatures of thermal treatment [17]. For the reaction of dehydroxylation $\Delta F \approx 0$, as its activation requires an energy for disruption of Fe(III) – OH[–] bonds in the CFC, which is comparable with the energy of ol-bonds and oxo-bonds in crystal. Therefore this reaction cannot compete with those discussed above.

Based on the number and type of reactions occurring when CFC are built into the structure of crystals, let us qualitatively evaluate the probability of nucleation on different crystal faces and on this basis analyze the experimental data. In particular, the decrease in the number of bonds formed when CFC are incorporated into the (100) and (010) faces (three bonds), as compared to the (001) face (four bonds), is considered in [14] to be responsible for preferred growth of α -FeOOH crystals in the crystallographic direction c , and, consequently, for their columnar habit. An increase in hydrothermal treatment temperature at $C_{\text{NaOH}} = \text{const}$ results in activation of all reactions including oxolation reactions on the (100) and (010) faces. This manifests itself both in the increased mean length and decreased formfactor of α -FeOOH crystals. In contrast, as the concentration of NaOH in solution grows, the probability of nucleation on the (100) and (010) faces lowers due to dehydroxylation reactions, which is the reason for an increase in the formfactor of α -FeOOH crystals.

When complexes are built into the (100) and (001) faces of α -Fe₂O₃, a similar number (five) of bonds is formed. This results in the isometric shape of α -Fe₂O₃ crystals arising during CT of γ -FeOOH in neutral and low-concentration alkaline solutions. In strongly alkaline media, the probability of nucleation on the (001) face decreases because of the dehydroxylation reactions, and lamellar α -Fe₂O₃ crystals are formed, in which the plane of plates, as evidenced by X-ray studies [8, 9], is perpendicular to the c direction.

The model of crystal-forming complexes also permits interpreting the data on the effect of hydrothermal treatment parameters on the type of γ -FeOOH transition in alkaline solutions. So, since twice as much oxo-bonds arise on the average during α -Fe₂O₃ crystal growth as compared to α -FeOOH, at $C_{\text{NaOH}} = \text{const}$ the CT γ -FeOOH $\rightarrow$ α -Fe₂O₃ takes

place at higher temperatures than the PT $\gamma \rightarrow \alpha$ -FeOOH. For neutral, low- ($C_{\text{NaOH}} < 1 \text{ mole}\cdot\text{l}^{-1}$), and high-concentration ($C_{\text{NaOH}} \geq 3 \text{ mole}\cdot\text{l}^{-1}$) solutions of NaOH, the type and the number of reactions occurring when CFC, CFC', and CFC'' are built into the (001) face of α -FeOOH or the (100) face of α -Fe₂O₃, change in the following sequence: 4 ololation reactions $\rightarrow$ 3 ololation reactions + 1 oxolation reaction $\rightarrow$ 1 ololation reaction + 1 dehydration reaction + 2 dehydroxylation reactions and 3 ololation reactions + 2 dehydration reaction $\rightarrow$ 3 oxolation reactions + 2 dehydration reactions (for low- and high-concentration solutions of NaOH), respectively. Therefore at $t = \text{const}$ the probability of α -Fe₂O₃ nucleation in comparison with α -FeOOH is greater in neutral and high-concentration alkaline media and smaller for NaOH solutions with intermediate concentrations, which is in agreement with the experimental data on phase formation in the γ -FeOOH – H₂O – NaOH system.

4. Conclusion

1. We have studied the phase (into α -FeOOH) and chemical (into α -Fe₂O₃) transitions of the non-equilibrium phase γ -FeOOH during hydrothermal treatment in NaOH solutions with concentration $0 \leq C_{\text{NaOH}} \leq 5 \text{ mole}\cdot\text{l}^{-1}$ at temperatures from 110 to 230 °C and refined the regions of formation of these phases.

2. It was shown that the transitions of γ -FeOOH in alkaline solutions take place by the “dissolution-precipitation” mechanism. Possible composition of crystal-forming complexes appearing in solutions and reactions running when they are built into different atomically smooth faces of α -FeOOH and α -Fe₂O₃ have been considered. The data obtained were used to interpret the established dependences between the phase and dispersion composition of the products formed and the hydrothermal treatment parameters.

Acknowledgments

This work was financially supported by the Russian Fund of the Fundamental Investigations (RFFI) under grants № 05-08-01356 and 06-03-32517, which is gratefully acknowledged.

References

1. Kijama M. Conditions for the formation of Fe₃O₄ by the air oxidation of Fe(OH)₂ suspensions // Bull. Chem. Soc. Jpn. 1974. Vol. 47. P. 1646–1650.
2. Supergene iron oxides/Ed. by N. V. Petrovskaya. Moscow: Science, 1975.
3. Domingo C., Rodriguez-Chement K., Bleza M. Morphological properties of α -FeOOH, γ -FeOOH and Fe₃O₄ obtained by oxidation of aqueous Fe (II) solutions // J. Colloid Interface Sci. 1994. Vol. 165. P. 244–252.
4. Tolchev A. V., Kleshev D. G., Bagautdinova R. R., Pervushin V. Yu. Temperature and pH effect on composition of precipitate formed in

FeSO₄ – H₂O – H⁺/OH⁻ – H₂O₂ system // Materials Chem. Phys. 2002. Vol. 4. P. 336–339.

5. Feitknecht W. // Z. Elektrochem. 1959. Vol. 3. P. 34–43.

6. Hiller J. E. // Werkstoffe Korros. 1966. Vol. 17. P. 943–951.

7. Kleshchev D. G., Sheinkman A. I., Pletnev R. N. The Effect of the Media on Phase and Chemical Transformations in Disperse Systems. Urals Dept. USSR Academy of Sciences, Sverdlovsk, 1990. P. 46–53.

8. Tolchev A. V., Bagautdinova R. R., Kleshchev D. G., Pletnev R. N., Koptev I. V. FeOOH phase and chemical transformations in NaOH solutions // Inorg. Mater. 1996. Vol. 32. P. 1377–1380.

9. Bagautdinova R. R., Kleshchev D. G., Pletnev R. N., Tolchev A. V., Koptev I. V. Factors affecting on the FeOOH transformation kinetics // Inorg. Mater. 1998. Vol. 34. P. 584–586.

10. Krause A., Moroniowna K., Przybylski E. Z. // Z. Anorg. Allg. Chem. 1934. Vol. 219. P. 203–212.

11. Kleshev D. G. // Inorg. Mater. 2005. Vol. 41. P. 46–53.

12. Kitaigorodsky A. I. X-ray Analysis of Fine Crystalline and Amorphous Bodies. Moscow-Leningrad: Science, 1952.

13. Modern crystallography/Ed. by A. A. Chernov. Moscow: Science, 1980. Vol. 3. Crystal Formation.

14. Raspopov Yu. G., Sheinkman A. I., Bubnov A. A., Krasnobai N. G., Shenker B. I. Influence of seed crystals' structure on getite and hermatite growth // Neorg. Mater. 1983. Vol. 19. P. 299–301.

15. Kamnev A. A., Yezhov B. B., Malandin J. G., Vasev A. V. J. Appl. Study of getite solubilization process in alkali solutions // Chem. 1986. Vol. 59. P. 1689–1993.

16. Perrin D. D. The Stability of Iron Complexes // J. Chem. Soc. 1959. Vol. 5. P. 1710–1719.

17. Langmuir D. Particle Size Effect on the Reaction Goethite-Gematite + water // Am. J. Sci. 1971. Vol. 271. P. 147–156.

Международная специализированная выставка **ВОДОРОД – СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ** 13-16 ноября 2007 г. г. Москва, ВВЦ, пав. № 70 «Москва»

Организатор:

Выставочная компания «Мир-Экспо»

При содействии:

Международного института холода, Международной академии холода, Института водородной энергетики и плазменных технологий РНЦ «Курчатовский институт», Научно-технического центра «ТАТА».

Информационная поддержка:

«Альтернативная энергетика и экология», Gas World, Издательский дом «Холодильное дело», Издательство «Холодильная техника», журналы: «Химическое и нефтегазовое машиностроение», «Технические газы», «Автогазозаправочный комплекс + АТ», Издательство «Компрессорная и химическая техника» и др.

Основные разделы выставки:

- ▶ Водородная энергетика
- ▶ Производство, хранение и распределение водорода
- ▶ Инновационные технологии получения водорода
- ▶ Инфраструктура для транспортировки водорода
- ▶ Технологии производства топливных элементов
- ▶ Электрохимические реакторы для производства и использования водорода
- ▶ Практика применения водорода в различных отраслях промышленности
- ▶ Транспортные средства с использованием энергии водорода
- ▶ Водородное материаловедение

Основная цель – демонстрация практических достижений в применении водорода, технологий его производства, внедрение в повседневную действительность.

Цены на участие в выставке без учета НДС (18%):

Оборудованная площадь	5000 руб./м ²
Необорудованная площадь	4500 руб./м ²
Регистрационный взнос	5600 руб.
Заочное участие	14000 руб.

В рамках выставки проводится научно-практический семинар:
«Водородные технологии. Практика применения»

Заявки на участие в выставке и конференции принимаются до 1 октября 2007 г.

ПРИГЛАШАЕМ ВАС ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ В ВЫСТАВКЕ

Дирекция выставки:

115533, Москва, Проспект Ю. Андропова, 22

Тел./Факс: 8 499 618 05 65, 8 499 618 36 83, 8 499 618 36 88

E-mail: info@mirexpo.ru; Сайт: www.mirexpo.ru

ДИНАМИКА И ФЛУКТУАЦИИ ДИФФУЗИИ НАНОКАПИЛЛЯРНОЙ ВОДЫ В КАНАЛАХ ЦЕОЛИТА ПО ДАННЫМ ^1H ЯМР

А. В. Сабылинский*, Н. К. Мороз, С. Г. Козлова, С. П. Габуда

Институт неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН
пр. Лаврентьева, 3, Новосибирск, 630090, Россия
E-mail: gabuda@che.nsk.su

* Технологический университет им. В. Г. Шухова
ул. Костюкова, 46, Белгород, 308012, Россия

It has been shown that by using of single crystals NMR spectroscopy data can be achieved high accuracy of determination of jump diffusion frequencies compatible to the accuracy of the possibilities of NMR-relaxation methods.

Молекулярная динамика в условиях квантового ограничения является одним из ключевых элементов функционирования не вполне ясного механизма активного транспорта веществ сквозь мембраны с использованием каналов сечением порядка размеров самих молекул. Подобные каналы, заполненные цепочками молекул воды, встречаются также в пористой структуре кристаллов семейства цеолитов [1]. Особенностью нанокapиллярной воды в цеолитах является некоторая рыхлость структуры и наличие вакансий [2, 3], аналогичных вакансиям в структуре льда. Как и во льду, структурные вакансии в цеолитах могут заселяться дополнительными молекулами воды в условиях повышенного гидростатического давления [4]. Заселение вакансий сопровождается аномальным увеличением диффузионной подвижности молекул воды [4, 5]. В данной работе обнаружено, что аномальное увеличение подвижности может возникать также в неравновесном состоянии цеолита в процессе его дегидратации. Механизм данного явления также может быть связан с заселением структурных вакансий, что приводит к необычной модуляции динамики молекул воды в нанокapиллярах.

В исследовании использовали оптически чистые монокристаллы природного цеолита натролита $\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (месторождение Ловозеро, Кольский полуостров). Структура кристаллов образована трехмерной полимерной вязью тетраэдров $[\text{SiO}_4]$ и $[\text{AlO}_4]$, пр. гр. $Fdd2$; $Z = 8$; $a = 18,30$; $b = 18,63$; $c = 6,60$ Å [2]. Молекулы воды располагаются внутри каналов сечением $\sim 3 \times 4$ Å (рис. 1), ориентированных вдоль направлений $[001]$. При нормальных условиях молекулы H_2O располагаются в структурно эквивалентных позициях $W1$, а при давлениях выше 0,8–1,5 МПа могут заселяться также водные вакансии или позиции $W2$ [3] с переходом кри-

сталла в «супергидратированное» состояние (пр. гр. $F1d1$) с $\sim 3\text{--}4$ H_2O на одну формульную единицу и увеличенными на $\sim 5\%$ параметрами решетки [3–5]. Дегидратация натролита (в интервале от ~ 170 до ~ 270 °C) сопровождается его помутнением, некоторым уменьшением размеров и изменением акустических свойств. При плавном охлаждении (на воздухе) кристалл полностью регидратируется, причем визуально «волна» восстановления его прозрачности распространяется вдоль $[001]$. Топология трехмерного полимерного каркаса натролита остается неизменной как при переходе в супергидратированное, так и в дегидратированное состояния, существенно меняются только углы связей Si-O-Si и Si-O-Al, координаты Na и H_2O и пространственная группа симметрии. В частности, для безводной фазы натролита $\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}]$ — пр. гр. $F112$; $Z = 8$; $a = 16,01$; $b = 16,42$; $c = 6,40$ Å (при 20 °C) [6].

Образцы имели форму призм размерами до $\sim 4 \times 5 \times 8$ мм³, ограненных плоскостями совершенной спайности $\{110\}$ и $\{1\bar{1}0\}$ и несовершенной спайности $\{001\}$. Грань $\{001\}$ приклеивали на торец кристаллодержателя и юстировали по плоскостям спайности; точность измерения углов при повороте кристалла вокруг оси $[001]$ не хуже 6'. Нагрев образцов осуществляли *in situ* потоком горячего азота, прогоняемого через датчик спектрометра ЯМР. Для исключения прямого контакта потока азота с поверхностью кристалла образец помещали в открытую тонкостенную ампулу. Кристаллы нагревали до рабочей температуры со скоростью 0,5–1 град./мин. Контроль температуры осуществляли двумя термомпарами, одна из которых размещалась в потоке азота, другая — внутри ампулы на поверхности образца. При достижении заданной температу-

ры проводилась ее стабилизация с точностью не хуже $\pm 0,5^\circ$. Измерения частоты диффузионных прыжков ν_{dif} молекул H_2O проводили на основе анализа ширины спектров ^1H ЯМР [7] с использованием данных по зависимости от угла поворота кристалла, как описано ниже, в методической части работы. Измерения проводили через каждые 3–5 мин, пока частота ν_{dif} не выходила на плато. Подобная релаксация образцов занимала от 1 до 10 ч в зависимости от значения рабочей температуры и размеров образца. Типичная кривая релаксации ν_{dif} представлена на рис. 2.

Полученные кривые представляют характер изменения частоты диффузионных прыжков ν_{dif} молекул воды в процессе релаксации влагосодержания образца от некоторого начального (неравновесного) до значения, приблизительно соответствующего равновесному влагосодержанию при заданной температуре. Во всех случаях наблюдается временная динамика в форме экспоненциального спада ν_{dif} в течение периода от ~1 до 5–10 ч. Для самых крупных образцов экспоненциальный спад ν_{dif} сопровождался рядом (до 10) спонтанных «всплесков» частоты диффузии длительностью до 15–30 мин каждый. При этом пиковые значения амплитуды частоты прыжков H_2O в период «всплеска» превышали базовое значение ν_{dif} в среднем на ~50 %.

Механизм возникновения аномальных увеличений ν_{dif} в неравновесном по влагосодержанию состоянии кристалла может быть связан с физической кинетикой процесса диффузии. Поскольку в начальном состоянии все регулярные ($W1$) позиции заняты, то выход молекул H_2O из объема кристалла может осуществляться только за счет переходов H_2O из регулярных позиций $W1$ на вакантные $W2$, с последующей диф-

фузией по этим позициям. В результате переходов $W1 \rightarrow W2$ становится возможным обмен молекул H_2O в регулярных ($W1$) и вакантных ($W2$) позициях, а общее число возможных мест локализации молекул H_2O удваивается по отношению к исходному состоянию. В рамках модели решеточного газа [8, 9] это означает, что заселенность суммы позиций $W1$ и $W2$ оказывается близкой к критическому значению $\rho_c = 1/2$, когда параметр порядка и молекулярное поле стремятся к нулю, а расположение молекул в регулярных и вакантных позициях становится неупорядоченным.

Понижение величины молекулярного поля вблизи критического состояния с $\rho_c = 1/2$ может сопровождаться понижением потенциального барьера U_{dif} для прыжка молекулы из занятого узла на соседний незанятый (вакантный) узел. В соответствии с законом Аррениуса $\nu_{dif} = \nu_0 \exp(-U_{dif}/RT)$, понижение U_{dif} ведет к нарастанию ν_{dif} . Однако процесс нарастания ν_{dif} ограничен из-за непрерывной потери воды и снижения плотности заполнения каналов до значений ниже критической плотности $\rho_c = 1/2$, что влечет за собой рост параметра порядка и U_{dif} . Влияние упругого полимерного каркаса цеолита на процесс потери воды может приводить к своеобразной конденсации образующихся вакансий и к переходу кристалла в неоднородное состояние, в котором возникают домены безводных участков, перемежаемые гидратированными участками структуры. Можно ожидать, что в итоге такого перераспределения подсистема молекул воды в гидратированных участках возвратится в исходное состояние, в котором средняя заселенность позиций $W1$ и $W2$ снова окажется близкой к значению $\rho_c \approx 1/2$. Из-за продолжающейся потери воды цикл прохождения критического состояния с $\rho_c = 1/2$ для «дочерних» доменов гидратированной структуры может многократно повторяться по типу реакций Белоусова – Жаботинского [10] до полного истощения запаса воды в кристалле.

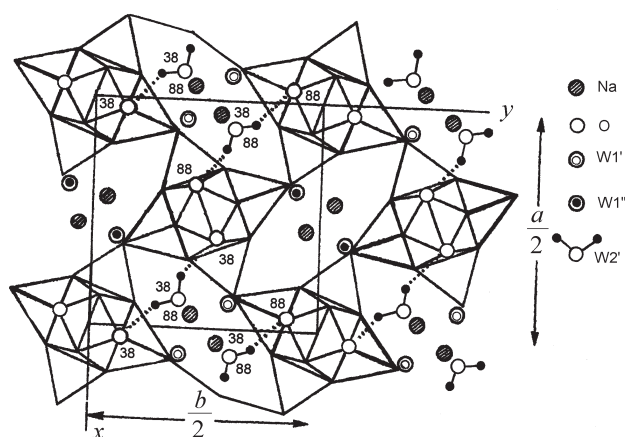


Рис. 1. Проекция структуры натролита на плоскость 001. Регулярные позиции молекул воды, относящиеся к соседним каналам, обозначены $W1'$ и $W1''$. При давлении выше 0,8 МПа заселяются вакансионные позиции $W2$ в одной половине каналов, и при давлении выше 1,5 МПа заселяются аналогичные вакансионные позиции ($W2$) в другой половине (не показаны). Водородные связи молекул $W2$ показаны пунктиром; атомы кислорода $[(\text{Al}, \text{Si})\text{O}_4]_n$ -каркаса расположены в вершинах тетраэдров, Al и Si – в их центрах. Цифры – высоты ионов Na^+ и молекул $W2$ в сотых долях периода с кристалла

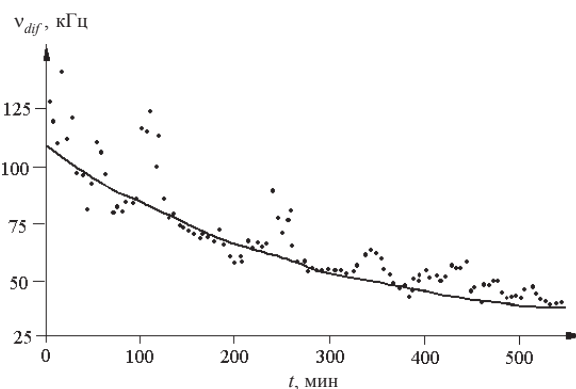


Рис. 2. Экспериментальная зависимость частоты диффузии $\nu_{dif}(t)$ в монокристалле натролита при температуре 210°C . Сплошная кривая соответствует ожидаемому экспоненциальному уменьшению частоты диффузии по мере дегидратации образца с параметрами $\nu_{dif}(t) = 23,8 + 88,5 \times \exp(-t/291)$, где t – время от момента, когда температура образца достигла заданного (стабилизируемого) значения

Экспоненциальная зависимость от времени, наблюдаемая для «базовых» и «пиковых» значений ν_{dif} (рис. 2), также может быть обусловлена влиянием упругого полимерного каркаса на динамику молекул воды в гидратированных участках структуры. Поскольку размеры элементарной ячейки в обезвоженных участках структуры меньше, чем в гидратированных участках, то последние подвергаются некоторому сжатию. В итоге может происходить повышение барьеров для диффузии H_2O , что действительно наблюдается. В конце каждой серии «всплесков» скорости диффузии, когда содержание воды в образцах достигало значений, приблизительно соответствующих равновесному влагосодержанию при заданной температуре, проводилось измерение величин U_{dif} . Использовали стандартную методику [7] анализа зависимости ν_{dif} от температуры, но только при понижении T , когда заведомо исключалась возможность изменения содержания воды в образце. Было установлено, что во всех случаях выполняется закон Аррениуса $\nu_{dif} = \nu_0 \exp(-U_{dif}/RT)$ с параметрами:

$$\nu_0 = 10^{(13 \pm 1)} \text{ Гц}; U_{dif} = 15 \pm 2 \text{ ккал/моль (при } 100^\circ\text{C)},$$

$$\nu_0 = 10^{(16 \pm 2)} \text{ Гц}; U_{dif} = 22 \pm 2 \text{ ккал/моль (при } 130^\circ\text{C)},$$

$$\nu_0 = 10^{(24 \pm 3)} \text{ Гц}; U_{dif} = 43 \pm 4 \text{ ккал/моль (при } 205^\circ\text{C)}.$$

Резкое нарастание ν_0 , коррелирующее с увеличением U_{dif} , можно связывать с влиянием так называемого «энтропийного фактора диффузии» [11, 12], характеризующего пространственные затруднения для прыжка молекулы воды на вакантные узлы по мере обезвоживания кристалла.

Таким образом, модуляция диффузионной подвижности нанокapиллярной воды целиком зависит от наличия водных вакансий ($W2$), которые могут заселяться в неравновесных для данной системы условиях. Степень этой неравновесности играет роль спускового крючка, переключающего механизм диффузии с медленного режима (по дефектам Шоттки регулярных позиций $W1$) на быстрый, с использованием вакансий, $W2$ (междоузлий), когда реализуются условия околоритического состояния системы. Можно предполагать, что аналогичный механизм модуляции диффузии может реализоваться также для льда и других структур с тетраэдрической координацией молекул H_2O , в структуре которых вакансии (или междоузлия) доступны для заселения молекулами H_2O при повышенных давлениях. Вероятно также, что механизм резкого (или триггерного) изменения проницаемости каналов в биомембранах также может связываться с изменениями кинетических свойств нанокapиллярной жидкости, а не только с изменениями геометрических параметров каналов (в форме «воротного механизма»), как это постулируется в существующих моделях [13].

Методическая часть

Параметры диффузии молекул воды измеряли методом ^1H ЯМР с помощью спектрометра широких линий на ларморовской частоте 24 МГц. Использованный нами метод измерения частоты прыжков молекул H_2O основан на анализе угловой зависимости диполь-дипольного взаимодействия протонов молекул воды. В отсутствие диффузии это взаимодействие приводит к дублетной структуре спектров ^1H ЯМР, причем расщепление дублетов ΔB равно [7]:

$$\Delta B_i = 3/2 \mu r^{-3} [3 \cos^2(\varphi - \varphi_0^i) \cos^2 \delta_0^i - 1], \quad (1)$$

где μ — магнитный момент протона, r — расстояние Н-Н в молекуле H_2O , φ — угол между направлением внешнего магнитного поля и выделенной осью кристалла [100], φ_0^i — угол между проекцией вектора r_i на плоскость вращения кристалла (001) и осью [100], δ_0^i — угол наклона вектора r_i к плоскости (001). Для структуры натролита [2, 5] значения структурных параметров равны: $r = 1,58 \text{ \AA}$; $\varphi_0^i = \pm 42^\circ$; $\delta_0^i = \pm 37^\circ$. При произвольной ориентации кристалла спектры ^1H ЯМР натролита представлены суммой четырех дублетов, соответствующих четырем вариантам комбинации знаков для углов φ_0^i и δ_0^i . Частный случай представляют ориентации магнитного поля вдоль осей симметрии [100]; [010]; [001], для которых расщепления ΔB_i совпадают. При $\varphi = 0$ (ориентация магнитного поля вдоль оси [100]) расщепления ΔB_i равны $\Delta B = 1,1 \text{ Гс}$.

При повороте кристалла вокруг оси [001] на некоторый угол $\varphi \neq 0$ спектр представляет собой суперпозицию двух дублетов ΔB_1 и ΔB_2 , расщепления которых, в соответствии с (1), изменяются в пределах от 0 Гс (при $\varphi = \pm 3^\circ$) до максимальных значений $\Delta B_1 = 10,5 \text{ Гс}$ и $\Delta B_2 = -9,8 \text{ Гс}$ (при $\varphi = \pm 45^\circ$). Если включается процесс быстрой диффузии, значения ΔB усредняются до значений $\langle \Delta B \rangle = (\Delta B_1 + \Delta B_2)/2$. Критерием усреднения является условие $\nu_c > \gamma(\Delta B_1 - \Delta B_2)$, где ν_c — частота диффузионных прыжков и $\gamma = 4,26 \text{ кГц/Гс}$ — гиромагнитное отношение для протона [7]. Таким образом, при повороте кристалла на некоторый угол φ всегда может быть найдена такая ориентация кристалла, при которой выполняется критерий диффузионного усреднения спектров ^1H ЯМР, а из анализа их угловой зависимости можно определить значения частот диффузионных прыжков молекул воды ν_c в широких пределах — от нескольких килогерц до $\sim 10^6 \text{ Гц}$. Данный метод измерения фактически представляет собой сканирование ν_{dif} спиновым гамильтонианом системы, собственные значения которого описываются формулой (1). Точность измерения ν_{dif} определяется точностью измерения полуширин компонент дублетов, составляющей $\sim 3\%$. Дополнительные детали используемого алгоритма измерения частот ν_{dif} представлены в работе [14].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 05-03-32263).

Список литературы

1. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. М.: Мир, 1976..
2. Artioli G., Smith J. V., Kvik A. // Acta Cryst. 1984. Vol. C40. P. 1658.
3. Lee Y., Vogt T., Hriljac J. A., Parise J. B., Artioli G. // J. Am. Chem. Soc. 2002. Vol. 124. P. 5466.
4. Белицкий И. А., Габуда С. П., Мороз Н. К. // ДАН СССР. 1987. Т. 292(5). С. 1232.
5. Габуда С. П., Козлова С. Г. // Ж. структур. хим. 1997. Вып. 38(4). С. 676.
6. Joswig W., Baur W. // N. Jahrbuch f. Mineral. 1995. H. 1. P. 26–31.
7. Абрагам А. Ядерный магнетизм. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1965.

8. Браут Р. Фазовые переходы. М.: Мир, 1967.

9. Паташинский А. З., Покровский В. Л. Флуктуационная теория фазовых переходов. М.: Наука, 1982.

10. Жаботинский А. М. Концентрационные автоколебания. М.: Наука, 1974.

11. Slotfeld-Ellngsen D., Pedersen B. // J. Phys. Chem. Sol. 1977. Vol. 38(1). P. 65.

12. Conner W. C. // J. Catal. 1982. Vol. 78(1). P. 238.

13. Волькенштейн М. В. Биофизика. М.: Наука, 1982.

14. Сабылинский А. В., Мороз Н. К. Высокоточные определения частот диффузионных прыжков в монокристаллах по данным ^1H ЯМР. Опубликовано на сайте <http://server.ihim.uran.ru/files/info/2006/Gabuda.pdf>



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ ПО ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ



Московский энергетический институт (Технический университет) приглашает принять участие в работе Второго Международного симпозиума по Водородной энергетике, проводимого под эгидой Международного партнерства по водородной экономике (IPHE). **Организаторы и спонсоры симпозиума:**

- Федеральное агентство по науке и инновациям РФ;
- Московский энергетический институт (Технический университет);
- фирма «Hydrogenics Co.»

На симпозиуме будут заслушаны заказные лекции и доклады ведущих специалистов в области водородной энергетики из разных стран.

Дата проведения: 1–2 ноября 2007 г.

Место проведения: Россия, г. Москва, ул. Красноказарменная, 14., МЭИ (ТУ).

Начало заседаний в 10 часов. Регистрация — с 9.30 (Малый актов. зал).

Тематика секций:

1. водородная энергетика: состояние, проблемы, перспективы. Подготовка специалистов в области водородной энергетики;
2. получение водорода;
3. хранение и транспорт водорода;
4. водород в энергетике и на транспорте;
5. топливные элементы (включая портативные);
6. молодежная секция.

В адрес оргкомитета необходимо представить заполненную форму регистрации (см. приложение) и доклад размером от 4 до 6 страниц, оформленный в соответствии с установленными требованиями. Форма регистрации должна быть представлена не позднее 16 мая 2007 г. Крайний срок представления докладов — 1 июля 2007 г. С требованиями к оформлению докладов можно ознакомиться на Интернет сайте симпозиума www.h2-symposium.ru.

За участие в симпозиуме установлен взнос в размере 1000 рублей, частично покрывающий расходы организаторов. От взноса освобождаются молодые ученые (до 35 лет), аспиранты и студенты.

Форму регистрации и доклады необходимо прислать на электронный адрес симпозиума h2-symposium@mail.ru. По вопросам, связанным с организацией симпозиума, обращаться к ученому секретарю д. т. н. Нефёдкину Сергею Ивановичу по тел.: (495) 362-73-55.

*Председатель Оргкомитета симпозиума,
зам. руководителя Федерального агентства
по науке и инновациям РФ, чл.-корр. РАН.*

Клименко А. В.

ЦИНКОВАНИЕ: НОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

В. М. Чертов 

 Member of the International Editorial Board

Представительство ДонИФЦ (Москва)

Прошедшая 15–18 мая в ВВЦ 5-я международная специализированная выставка «АНТИКОР и ГАЛЬВАНосЕРВИС», кроме представления множества производителей на стендах, включала научно-практическую конференцию «Современные методы и технологии защиты от коррозии в нефтегазовой отрасли и энергетике». На ней выступили с сообщениями разработчики новых технологических процессов нанесения антикоррозионных покрытий. В настоящем обзоре особое внимание уделено цинкованию.

В предыдущей статье [1] уже освещалась проблема водородного охрупчивания высокопрочной стали при цинковании, и приведены примеры предотвращения этого опасного явления путем оптимизации технологии термической обработки перед электрохимической обработкой. Ниже приведено описание новых разработок процессов цинкования при сохранении традиционной технологии предварительной термической обработки.

Горячее цинкование представляет собой процесс нанесения цинка из расплава на стальные изделия. Температура расплава равна 440–450 °С при температуре плавления цинка 419 °С. Компания ООО «ВОСТОК ЦМ» (Москва) [2] представила описание поставляемых ею высокопроизводительных линий и технологии горячего цинкования металлоконструкций различного назначения. Линия состоит из систем очистки воздуха и применяемых жидкостей, ванн травления, горячего кислотного обезжиривания, промывки, флюсования с подогревом, печи горячего цинкования, сушильной камеры и ванны охлаждения. На всех этапах цикла надежные методы очистки выбросов защищают работников и окружающую среду. Процесс горячего цинкования длится несколько минут, но является относительно энергоемким, поэтому нужно обрабатывать достаточно большое количество изделий при высокой производительности. К преимуществам процесса относятся: отсутствие отслоений покрытия и водородного охрупчивания изделий, долговечность покрытия (срок службы более 30 лет, при средней интенсивности коррозии, в зависимости от условий эксплуатации, 1–2 мкм в год). Толщина припаянного к металлу цинкового покрытия — от 70 до 150 мкм, причем к изделию примыкает сплав цинка с материалом изделия, имеющий повышенную твердость, а наружный слой — это чи-

стый цинк. Эффективность этого способа подтверждается в ряде стран и на ряде предприятий, в том числе, в России, начиная с 1998 года. При уточнении применимости способа для различных изделий и марок стали установлено, что повышенное содержание в стали углерода и кремния препятствует нанесению качественного покрытия. Очевидно, причиной этого явления, при повышении содержания углерода, является неблагоприятное влияние структуры (образование карбидов или мартенсита, в зависимости от твердости), а при повышенном содержании кремния — образование прочной оксидной пленки, препятствующей сплавлению цинка со сталью. Кроме того, процесс неприменим для высокопрочных стальных изделий, температура отпуска которых после закалки не превышает 300–350 °С: высокотемпературный нагрев при горячем цинковании недопустимо снижает прочность и пластичность. Это примечание не относится к пружинам, отпуск которых после закалки производится при 420–460 °С (при условии соответствующего снижения температуры горячего цинкования).

Подобное оборудование и технологию представила на выставке и голландская фирма CIC International [3], имеющая офис в Москве. Кроме линий горячего цинкования по технологии GALVALUSION без кислотного травления, фирма поставляет автоматические линии цинкования малых деталей, размещаемые на площади 14×12 м, предназначенные для метизной продукции и высокопрочных болтов.

На конференции сообщение о термодиффузионном способе нанесения цинковых покрытий представила фирма ООО «РемЭнергоТон» [4]. По этому способу оцинкование производят в барабанах, наполненных порошковой смесью, содержащей цинк, при температуре 360–480 °С. Толщина покрытия — от 5 до 150 мкм — зависит от состава, объема смеси, температуры и времени процесса. Авторы отмечают высокую адгезию, долговечность в агрессивных средах и повышенную износостойкость как преимущества способа по сравнению с горячим и электрохимическим цинкованием. Объясняют повышение этих характеристик образованием интерметаллидов различного состава с твердостью 300–350 HV. Образование интерметаллидов происходит в приповерхностном слое изделий без значительного изменения их размеров, что, при

относительно небольшой толщине покрытия, позволяет применять такую технологию для прецизионных изделий. Для высокопрочных метизов, применяемых при сооружении мостов (речь идет об относительно высокопрочных метизах, но не об изделиях с прочностью более 1400 МПа. — В. Ч.), сохраняются исходные механические свойства, не происходит наводороживания и охрупчивания изделий, как при электрохимическом цинковании, и сохраняется геометрия резьбы, что не выполняется при горячем цинковании. Этим способом производится оцинкование весьма крупногабаритных, длиной до 12 м, изделий, причем гарантируется равномерная толщина слоя цинка по всему изделию. Ресурс изделий — не менее 30 лет — достигается при толщине покрытия 50–80 мкм. К области неприменения данного способа, по нашему мнению, все-таки придется отнести нанесение покрытий на высокопрочные стальные изделия, температура отпуска которых после закалки ниже температуры цинкования.

Описание разработанного процесса термодиффузионного цинкования представила также фирма «Дистэк» (Челябинск) [5]. Ею также применяются насыщающая смесь на основе цинка, герметичный вращающийся в печи контейнер и специально сконструированная печь. Температура процесса — от 330 до 450 °С, время — от 3 до 4,5 ч, толщина покрытия — от 10 до 120 мкм. Покрытие пригодно для метизов, крепежа, пружинных железнодорожных клемм из стали 50, пружин из стали 50 и 60 в газовых резервуарах высокого давления, цепей шахтных комбайнов из стали 20ХГНМА, полых деталей с глухими отверстиями и резьбой, обеспечивая свинчиваемость и не меняя их геометрию.

Весьма привлекателен способ замены токсичных дефицитных кадмиевых покрытий на комбинированные (основа — легированный цинк), разработанный в ФГУП «ВИАМ» [6]. В сочетании с модифицированным фосфатным покрытием такое комбинированное покрытие по предъявляемым требованиям не уступает кадмиевому. Путем послойного осаждения получены покрытия на основе цинка толщиной порядка 9 мкм, также рекомендованные для замены кадмиевых. Слои цинка наносились из кислого или щелочного бесцианистого электролита на листовые образцы из стали 30ХГСА, обработанные на среднюю прочность порядка 1300 МПа. Следует отметить пониженные эксплуатационные и технологические характеристики примененных электролитов по сравнению с хлористо-амонийными и цианистыми. Рекомендовать эти покрытия для применения на высокопрочных изделиях, где велика опасность водородного охрупчивания, также не представляется возможным.

Приведенные результаты перекликаются с данными, полученными в ВИАМе при разработке способа предотвращения водородного охрупчивания стали 30ХГСА средней прочности [7]. За нижнюю границу прочности, при которой возникает необходимость обезводороживания

после цинкования из различных электролитов, авторами принято временное сопротивление разрыву, равное 900 МПа, и верхней границы на уровне 1420 МПа, вместо ранее принятого в нормативной документации того же ВИАМа нижнего уровня 1400 МПа. У подавляющего большинства исследованных — комплексных и с добавками поверхностно-активных веществ — электролитов цинкования выход по току падает с 98 до 90 % при повышении плотности тока с 1 только до 2 А/дм². Это четко указывает на существенное увеличение выхода по водороду и рост степени наводороживания образцов и изделий. Действительно, в такой ситуации единственным выходом является проведение обезводороживания. Авторами показано, что даже после прогрева при 150–250 °С в течение 2 ч не удается достичь не только исходного, после термической обработки, уровня относительного сужения, равного 58 %, но и уровня 52 %. Лишь выдержка в течение 24 ч позволяет достичь уровня относительного сужения 55 %. Сделан вывод о допустимости прогрева при 200 °С в течение 12 ч только в случае применения щелочных цинкатных электролитов цинкования Экомет Ц1 марки А и Карат-89. Необходимо отметить, что технология термической обработки образцов всюду была традиционной: это закалка в масле на мартенсит и отпуск при 400–450 °С до получения заданной прочности. Между тем известно, что такая структура сохраняет склонность к водородному охрупчиванию при отпуске вплоть до 500 °С [8].

Научно-производственным предприятием «ЭКОМЕТ» разработана и допущена ВИАМом для высокопрочной стали (прочность не менее 1400 МПа) технология цинкования «ЭКОМЕТ-Ц1» [9]. Электролит содержит оксид цинка, гидрооксид натрия и блескообразующую добавку.

Электролит экологически безопасен, по рассеивающей способности не уступает цианидным, толщина покрытия до 100 мкм, допускаемая плотность тока — до 20 А/м² (!). Следовательно, этот электролит является гораздо менее наводороживающим, чем многие другие электролиты. При этом, по умолчанию, подразумевается, что обезводороживающий прогрев производится по традиционной технологии, т. е. при 150–200 °С. Между тем нами получены сведения о том, что на ряде предприятий, в том числе авиационной промышленности, также пришли к выводу о недостаточности прогрева при такой низкой температуре для хотя бы частичного обезводороживания и снижения чрезмерных остаточных напряжений. Хроматирование цинковых покрытий производят не после цинкования, а после прогрева изделий при 240 °С, с последующим хроматированием. Тогда снижается вероятность охрупчивания, и не разрушается хроматная пленка. Правда, при этом приходится прерывать привычный процесс и несколько снижать производительность.



Наконец, определенные преимущества перед остальными способами имеют технология и оборудование механогаальванического нанесения цинкового покрытия [10]. Изделия в барабане, куда помещен водный подкисленный раствор и порошок цинка, обкатываются стеклянными шариками малого диаметра, и частицы цинка в холодную привариваются к поверхности изделий. При взаимодействии цинка с поверхностью изделий в присутствии кислоты выделяется некоторое количество водорода. Для полного исключения взаимодействия водорода с материалом изделий (в том числе с высокопрочной пружинной сталью) приходится несколько усложнять процесс: предварительно наносить на изделия тонкий подслои меди или, лучше, олова. В итоге получается плотный слой цинкового покрытия нужной толщины (плотность и толщина слоя зависят только от времени обработки) без применения электрохимической технологии и без охрупчивания.

В заключение заметим, что множество разработанных и апробированных в производственных условиях способов цинкования позволяют потребителю выбрать тот способ, который наиболее приемлем для обработки выпускаемых им изделий, с учетом как производительности и экономичности, так и технологичности и обеспечения высокого качества и надежности.

Список литературы

1. Чертов В. М. Цинкование — одна из причин водородной хрупкости высокопрочной ста-

ли // Альтернативная энергетика и экология, 2005. № 7(27). С. 28–31.

2. Проспект фирмы ООО «ВОСТОК ЦМ». <http://www.vostok-zm.ru>

3. Проспект фирмы CIC Holland BV. www.cic.nl

4. Гусев В. М. Термодиффузионные покрытия — надежный щит для стальных и чугунных изделий // Сб. мат. конф. «Современные методы и технологии защиты от коррозии..». Москва, ВВЦ, 2007. С. 17–19. <http://remenergoton.ru>

5. Проспект группы «ДИСТЭК». E-mail: distekrussia@mail.ru

6. Ульянов И. В., Овсянникова Л. В., Губенкова О. А. Новые защитные покрытия взамен кадмиевых // Сб. мат. конф. «Современные методы и технологии защиты от коррозии..». Москва, ВВЦ, 2007. С. 28.

7. Никифоров А. А., Ульянов И. В. Влияние технологии нанесения защитных гальванических покрытий на механические свойства сталей средней прочности типа 30ХГСА // Сб. статей I Межд. конф. «Деформация и разрушение материалов». Москва, ИМЕТ. 2006. Т. 1. С. 405–407.

8. Гудремон Э. Специальные стали. М.: Гос. изд. лит. черн. и цв. мет. 1950. Т. 2. С. 1485.

9. НПП «ЭКОМЕТ». Каталог химических продуктов, технологий и оборудования. 2006. С. 16–17. <http://www.ecomet.ru>

10. Окулов В. В. Прогрессивные технологии цинкования // Тез. докл. 13-го Всерос. совещ. «Совершенствование технологии гальванических покрытий». Киров. ВятГУ. 2006. С. 77–78.



3rd Annual Conference FUEL CELLS DURABILITY & PERFORMANCE 2007 November 14–16, 2007, Radisson Miami Biscayne Bay - Miami, FL

The 3rd annual meeting in The Knowledge Foundation's Fuel Cells Durability & Performance series will provide an interdisciplinary discussion forum for fuel cell developers, manufacturers and suppliers working in the fields of fuel cells materials, stacks, system design, fabrication, and testing. The objectives of this meeting are: to discuss the latest innovations and emerging durability and performance issues common for all fuel cell systems, and specific to different types, designs, and sizes of fuel cells; to bring the attention of the testing systems, standards, and regulations development community to the current hurdles preventing fuel cells systems from large scale commercialization.

PROPOSED SCOPE AND EXAMINE STRUCTURE

This meeting's technical program will examine the following issues currently facing the fuel cells R&D community and the industry (to name a few):

Factors affecting fuel cells durability and performance across system types and sizes

- Components, stacks, and system integration. Balance of plant
- "Start-stop" cycling and related issues
- Impact of freeze on the performance and durability of fuel cell components and systems

- New materials for MEA and GDL to enhance freeze tolerance and subfreezing operation
- Water management approaches

MEAs, electrodes, and GDL degradation, durability, and performance

- Membrane degradation mechanisms
- Advanced MEAs for operation at elevated temperatures and its low cost fabrication

- Effect of operation conditions on membrane durability and stack performance

Polymer electrolytes and electrocatalysts: Issues and solutions

- Fuel cells durability effects at the polymer electrolyte – electrode interface
- Novel low-Pt and Pt-free electrocatalysts using materials-by-design approach
- Consumption of Pt catalyst under electrolysis and fuel cell operation

From materials, components, system integration and testing to cost reduction

- Fuel cell stack and system membrane degradation and reliability
- Fuel cell life cycle – cost analysis
- Materials and manufacturing costs: bipolar plates, catalysts, MEAs and GDLs

The two-and-a-half-day meeting program will feature:

Four half-day Technical Sessions of the Main Conference Program

- Half-day Pre-Conference Workshop
- Exhibits and workshops in exhibit area
- Panel and round table discussions
- Networking opportunities

Should you have any suggestions regarding (1) proposed scope, and/or (2) potential speakers you'd like to have invited and hear from do not hesitate to let us know (include contact info for the person you want to be invited to give a talk — E-mail/Tel). You may contribute into designing the program the way you'd like it to be.

CALL FOR PRESENTERS

For potential speakers interested in presenting their latest achievements in this emerging field of R&D, opportunities to speak at the Fuel Cells Durability & Performance 2007 meeting remain. If you or a colleague are interesting in participating as a speaker, we would like to encourage industry, government and academic experts to look into the proposed scope of the meeting and submit a talk proposal for the Program Committee's consideration (please see below simple guidelines for mini-abstract submission).

Submission Guidelines

In order to put together the Agenda and publish the conference brochure we need to receive via E-mail:

- Title of your presentation
- Brief description (mini-abstract) — 70-80 words only
- Speaker's title, affiliation and contact info

Deadline for all E-mail submissions is July 15, 2007

E-mail your materials to:

Fuel Cells Durability & Performance 2007

c/o Knowledge Foundation

(617) 232-7400 ext 211

span@KnowledgeFoundation.com

<http://www.knowledgepress.com/events/1221448.htm>



РЕГУЛИРУЮЩИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ И ФОРМИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ВОДОРОДНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

А. Я. Столяревский¹, В. А. Хуснутдинов², М. А. Касаткин³

Members of the International Editorial Board

¹ РНЦ «Курчатовский институт», г. Москва
Тел.: (495) 19 65 319; факс: (495) 19 64 977

² Дирекция строящихся плавучих атомных теплоэлектростанций концерна «Росэнергоатом», г. Москва
Тел.: (495) 660 72 45

³ ФГУП «ЦНИИ СЭТ», г. Санкт-Петербург
Тел.: (812) 389-7603; факс (812) 389-0137



Столяревский
Анатолий Яковлевич

Сведения об авторе: с 1991 г. — директор Центра комплексного развития технологий и энерготехнологических систем (КОРТЕС), кандидат техн. наук (1982 г.).
Образование: факультет «Двигатели летательных аппаратов» МАИ (1973 г.), специальность «Космические энергоустановки».

Профессиональный опыт: с 1973 г. по настоящее время работает в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова (с 1992 г. — РНЦ «Курчатовский институт»); 1979 г. — начальник группы; с 1982 г. — начальник лаборатории энерготехнологических систем, член Международной ассоциации по водородной энергетике; с 1986 г. — директор советско-германского проекта атомной энерготехнологической станции с ВТГР; с 1991 г. — вице-президент Российского энерготехнологического конгресса.

Публикации: более 100 статей и докладов, свыше 30 патентов на изобретения (ядерная энергетика, преобразование энергии).

Сведения об авторе: кандидат техн. наук, начальник отдела инвестиций и корпоративных отношений дирекции строящихся плавучих атомных теплоэлектростанций концерна «Росэнергоатом».

Образование: Военный инженерный институт им. А. Ф. Можайского (1979 г.), адъюнктура (1987 г.).

Область научных интересов: неравновесная термодинамика, энергетические установки, энерготехнологические комплексы.

Публикации: около 15 работ.



Хуснутдинов
Вениамин Алексеевич

Сведения об авторе: главный специалист направления водородной энергетики ФГУП «ЦНИИ СЭТ», помощник генерального директора ООО «Научно-производственный центр «Топливные элементы и водородная энергетика».

Образование: Военный инженерный институт им. А. Ф. Можайского (1979 г.), военный инженер-механик по специальности «Летательные аппараты»; Московский финансовый институт; военные курсы экономического планирования промышленных предприятий (1991 г.).

Область научных интересов: технологии производства топливных элементов, системы хранения и генерации водорода, энергетические установки на топливных элементах, экономические аспекты применения альтернативных энергосистем.

Публикации: 3 статьи.



Касаткин
Михаил Алексеевич

Number of strategic tasks for the period of transition to hydrogen economy includes creation of basic elements of a distributive and consumer hydrogen infrastructure, nuclear-hydrogen power complexes working in structure of traditional systems of power supply. Such complexes can be generated, for example, in the distributed systems of generation electrical and thermal energy, providing increase of reliability, maintenance of operative technological reserves of capacity, regulation of load modes.

For maintenance of a necessary level of loading of a nuclear-hydrogen complex of average capacity intended for simultaneous manufacture to the electric power and hydrogen, in parallel to its construction the infrastructure with consumption 100–500 thousand tons of hydrogen per one year should be created.

The inclusion in structure of a territorial hydrogen infrastructure of means of the distributed generation electrical and thermal energy adjusted of loading capacities and stores of hydrogen will allow to expand power supply system opportunities in a part of load modes regulation and reservation demand.

Введение

Реализация национальных программ развития водородной энергетики большинства развитых стран происходит всевозрастающими темпами. Технологической основой производственной базы водородного топливного цикла и перехода к водородной экономике могут стать атомные электростанции (АЭС) с использованием высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов (ВТГР) [1]. Их создание и начало промышленного использования планируются в 2015–2020 гг.

В число стратегических задач на период перехода к водородной экономике входит создание основных элементов распределительной и потребительской водородной инфраструктуры, опытно-промышленных водородных энергетических комплексов, работающих в составе традиционных систем энергоснабжения. Такие комплексы могут быть сформированы, например, в распределенных системах генерации электрической и тепловой энергии [2], обеспечивая увеличение надежности, поддержание оперативных технологических резервов мощности, регулирование нагрузочных режимов.

Для обеспечения необходимого уровня загрузки одного опытно-промышленного энергоблока ВТГР — АЭС средней мощности, предназначенного для одновременного производства электроэнергии и водорода, параллельно его строительству должна быть создана инфраструктура с потреблением 100–500 тыс. т водорода в год.

Включение в состав территориальной водородной инфраструктуры средств распределенной генерации электрической и тепловой энергии, регулируемых нагрузочных мощностей и накопителей водорода позволит расширить возможности системы энергоснабжения в части регулирования режимов и резервирования.

Основным источником инвестиций в создание территориальных водородных энергетических комплексов (ТВЭК) должны стать средства федеральной целевой программы развития водородной энергетики. Такая программа, несомненно, должна быть сформирована в России, как в большинстве развитых стран мира. В качестве источников инвестиций в создание распределенных систем генерации на базе водородных энер-

гетических установок (ЭУ) могут быть дополнительно использованы средства на покрытие следующих затрат:

- поддержание резервов мощности;
- обеспечение гарантированного энергоснабжения;
- регулирование режимов в распределительной сети;
- инвестиции в проекты по замещению природного газа в топливном балансе;
- инвестиции в развитие возобновляемых источников энергии;
- компенсации за сокращение выбросов парниковых газов.

В статье представлена регулирующая энергетическая установка (РЭУ) на базе электрохимического генератора (ЭХГ) с твердополимерными топливными элементами (ТЭ), включающая хранилище водорода, а также электролизер. Последний используется не только как источник водорода, но и как регулируемая электрическая нагрузка в распределенной системе электроснабжения. ЭХГ и электролизер являются источниками тепла в распределенной системе горячего водоснабжения (ГВС).

Обоснование технико-экономических характеристик РЭУ с ЭХГ должно быть выполнено применительно к их использованию в составе ТВЭК, интегрированного в состав существующих традиционных систем энергоснабжения и включающего несколько РЭУ с ЭХГ, объединенных транспортно-распределительной трубопроводной сетью, а также централизованный источник водорода.

1. Регулирование режимов в распределительных электрических сетях систем коммунального и промышленного электроснабжения

Технико-экономические характеристики инвестиционных проектов по строительству объектов энергоснабжения в очень большой степени зависят от режимов потребления, требований к надежности и связанных с ними ограничений.

При создании объектов распределенных систем энергоснабжения источники энергии максимальным образом приближаются к потребителям, что приводит к сокращению затрат на транспортировку, увеличению доли производителя энергоресурсов в общем объеме выручки от

реализации энергии, однако это требует дополнительных затрат на создание системных и локальных средств регулирования режимов производства — потребления энергии, оперативных технологических резервов.

В ходе нового строительства и реконструкции территорий комплексной застройки российских мегаполисов в первую очередь развиваются следующие группы энергопотребителей, относящихся к 1 и 2 категориям надежности электроснабжения и имеющих существенно неравномерные режимы потребления:

- жилые комплексы с объектами социальной инфраструктуры,
- офисные, торгово-развлекательные и спортивные центры,
- малые промышленные предприятия с односменным режимом работы.

Параметры присоединенной нагрузки (мощности) этих потребителей N_{1-5} , а именно, потребляемые мощности в периоды суточных максимумов и минимумов, N_1 — утреннего, N_2 — первого дневного, N_3 — второго дневного, N_4 — вечернего максимумов, N_5 — ночного минимума, соотносятся с их установленной мощностью $N_{уст}$ в соответствии со следующим соотношением:

$$N_{1-5} = N_{уст} \cdot K_{одн} \cdot K_{экспл} \cdot K_{1-5} \cdot K_{нед} \cdot K_{сез}, \quad (1)$$

где $K_{одн}$ — коэффициент одновременности включения; $K_{экспл}$ — коэффициент эксплуатационной

готовности; K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 — коэффициенты участия в суточных максимумах (минимумах) — утреннем, первом и втором дневных, вечернем максимумах, ночном минимуме соответственно; $K_{нед}$ — коэффициент неравномерности в недельном цикле, $K_{сез}$ — коэффициент неравномерности в годовом цикле. Значения упомянутых коэффициентов подробно представлены в [3].

Для типового 9-этажного жилого здания общей площадью около 16000 м²:

$$K_1 = 0,6-0,7;$$

$$K_2 = 0,4-0,5;$$

$$K_3 = 0,5-0,6;$$

$$K_4 = 0,9-1,0;$$

$$K_5 = 0,10-0,15;$$

$$K_{одн} = 0,09-0,12;$$

$$K_{экспл} = 0,80-0,95;$$

$$K_{нед} = 0,8-1,0 \text{ в зависимости от дня недели;}$$

$$K_{сез} = 0,6-1,0 \text{ в зависимости от месяца.}$$

Из (1) следует, что отношение суточного минимума к суточному максимуму для жилого здания может достигать 0,05–0,1, а соотношение между летним ночным минимумом N_5 и зимним вечерним максимумом N_4 0,02–0,04. При таких нагрузочных режимах использование многих современных энергоагрегатов неэффективно или невозможно.

Коэффициенты использования установленной мощности (КИУМ), в данном случае разрешенной нагрузочной мощности потребителя, в

Таблица 1

Основные технические требования к РЭУ, предназначенной для выравнивания суточных нагрузочных режимов и резервного энергоснабжения микрорайона на 10 тысяч жителей

Параметр	Размерность	Требование
Генерирующая мощность (ГМ)	МВт	Не менее 3,0
Диапазон регулирования ГМ	%	0–100
Нагрузочная мощность (НМ)	МВт	Не менее 0,5
Диапазон регулирования НМ	%	0–100
Эффективная емкость накопителя энергии (количество энергии, выдаваемой потребителю)	кВт·ч	Не менее 15000
Эффективный КПД аккумуляционного цикла		Не менее 0,60 с учетом тепловой энергии, не менее 0,25 по электрической энергии
Время набора 50 и 100 % ГМ	с	Соответственно, 0,2 и 0,3
Время замещения основного источника в режиме системы гарантированного электроснабжения	с	Не более 0,1
Время приема 50 и 100 % НМ	с	Соответственно, 0,2 и 0,3
Рабочее напряжение по соединению с внешними источниками и потребителями	кВ	Варианты: 20, 10, 6
Габариты	м	В пределах транспортных габаритов ИСС: 6,058 (длина), 2,438 (высота), 2,591 (ширина)
Масса	т	Не более 12
Пожаровзрывобезопасность сооружения	Класс	Не ниже В 11-а
Степень защиты электрооборудования по ГОСТ 1424-80	Класс	Не ниже IP54
Автоматизация		Полная
Ресурс:		
назначенный		200000
межремонтный,	ч	40000
межрегламентный		10000

Таблица 2

Сопоставление проектных характеристик ЭУ с ТЭ модульной конструкции с требованиями технического задания

Характеристики	Значения	
	По ТЗ	Достиженные
Мощность, кВт	10,0	10,0
Тепловая мощность, кВт	Не задана	14,0
Параметры электрической энергии: напряжение, В частота, Гц	220,0 50,0	220 50
Время запуска, с: из горячего состояния при 5 °С	5,0	0,2
Количество вводов/выводов	200	200
Ресурс, ч: назначенный межремонтный межрегламентный	10000 с доведением до 30000–40000	200 000 40 000 10 000
Срок службы, лет	5	10
Топливо	Водород, конвертированное углеводородное топливо	Водород, конвертированное углеводородное топливо
Окислитель	Кислород атмосферного воздуха	Кислород атмосферного воздуха
Температура окружающей среды, °С	5...40	–40...+40
КПД ЭХГ, % по электрической энергии по электрической и тепловой энергии	Не задан Не задан	0,35–0,48 85,0–0,90
Стоимость 1 кВт установленной мощности при серийном производстве в ценах на 2005 г., руб.	15000	15000

годовом цикле объектов электроснабжения микрорайона из 15 упомянутых типовых жилых зданий составляют:

- присоединенной нагрузки (к питающей ЛЭП-10 КВ) — 0,30–0,35,
- установленной мощности распределительных подстанций 10/0,4 КВ — 0,15–0,2.

При прогнозируемом на период до 2015 г. уровне тарифов достаточный уровень рентабельности инвестиций в строительство объектов электроснабжения достигается при КИУМ генерирующих мощностей не менее 0,60. Почти двукратная разница в потребном и фактическом уровнях КИУМ генерирующих и нагрузочных мощностей делает рентабельность инвестиций в создание источников энергоснабжения коммунальных потребителей крайне низкой.

Основная цель включения РЭУ в распределенные системы энергоснабжения – увеличение КИУМ с 0,30–0,35 до 0,60 и более, что соответствует срокам окупаемости инвестиций в создание электростанций и объектов электроснабжения 8–10 лет.

Согласно предварительным оценкам, основные технические характеристики РЭУ, предназначенных для выравнивания суточных нагрузочных режимов и резервного энергоснабжения упомянутого микрорайона в условиях зимнего максимума и обеспечивающих значение КИУМ внешнего источника электроснабжения не ме-

нее 0,6, должны соответствовать следующим требованиям (табл. 1).

2. Достижимые технические характеристики РЭУ с ЭХГ

Российские и иностранные разработчики ЭХГ с ТЭ имеют более чем тридцатилетний опыт создания и опытной эксплуатации таких установок. Сейчас в мире эксплуатируются сотни опытных ЭХГ мощностью от 0,01 до 300 кВт и более. Стоимость установленной мощности составляет 5–10 тыс. долл. США за 1 кВт. На сегодняшний день ни один производитель не предложил свою продукцию в промышленном масштабе, однако следует ожидать ее появления на рынке с 2010 г.

В России на сегодняшний день сложилось несколько групп предприятий, ведущих работы над созданием ЭХГ. В число ведущих входит кооперация ФГУ РНЦ «Курчатовский институт» (научный руководитель) и ФГУП «ЦНИИ СЭТ» (головной разработчик). Кооперация специализируется на создании ЭХГ для объектов распределенной энергетики, морского и автомобильного транспорта.

В рамках федеральной целевой научно-технической программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники» на 2002–2006 гг. РНЦ «Курчатовский институт» и ФГУП «ЦНИИ СЭТ» ведут

Таблица 3

Некоторые характеристики основных типов РЭУ

Тип РЭУ	Эффективный КПД (коэффициент использования энергии) аккумуляторного цикла	Удельные затраты на создание накопителя электроэнергии емкостью 1 кВт·ч с мощностью 1 кВт, долл.
РЭУ с быстродействием до 0,1 с		
РЭУ на базе сверхпроводящих индукционных накопителей (СПИН)	Около 0,85	Свыше 200000
РЭУ на базе емкостных накопителей (ЕН)	Около 0,85	Свыше 10000
РЭУ на базе электрохимических аккумуляторных батарей (АБ)	Около 0,60	500–750
РЭУ с ЭХГ	0,25–0,40 (около 0,75 с утилизацией тепла)	750–1500
РЭУ с реверсивным ЭХГ /5/	0,35–0,40 (около 0,80 с утилизацией тепла)	500–1000
Аккумулирующие электростанции и энергоагрегаты с быстродействием свыше 10 с		
Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС)	Около 0,75	150–200
Теплоиспользующие аккумулирующие электростанции (ТАЭС)	Около 0,40 (около 0,80)	Около 500
Воздушные аккумулирующие энергоагрегаты	Около 0,50 (около 0,80)	Около 500
Механические аккумулирующие энергоагрегаты	Около 0,60	Около 500
Пиковые энергоагрегаты с быстродействием свыше 10 с		
Пиковые энергоагрегаты гидравлических электростанций (ГЭС)	Нет	Около 300 (условно)
Пиковые энергоагрегаты на базе газотурбинных ЭУ	Нет	Около 300 (условно)

работы по проекту «Разработка энергоустановок модульного типа на топливных элементах с твердополимерным электролитом с изготовлением и испытаниями энергоустановки мощностью до 10 кВт». Первый опытный образец энергоустановки в соответствии с контрактом появится в 2006 г., а промышленное производство планируется организовать в течение 3–5 лет. Разрабатываемая установка имеет технические характеристики, представленные в табл. 2.

По большинству технических характеристик разрабатываемая ФГУП «ЦНИИ СЭТ» ЭУ с ТЭ удовлетворяет требованиям для РЭУ с ЭХГ, изложенным в табл. 1, а требуемая установленная мощность может быть достигнута включением в состав ЭУ необходимого количества типовых модулей-батарей ТЭ. К 2010 г. возможно начать выпуск энергоустановок установленной мощностью до 5 МВт.

Состав основного оборудования типового электрогенератора (ЭТГ) с ТЭ (рис. 1) включает:

- батарею топливных элементов с обслуживающими системами;
- систему подготовки и подачи топлива, включая топливный процессор и систему генерации тепловой энергии;
- систему подготовки и подачи окислителя (воздуха), включая вентилятор (компрессор) и фильтр;

- систему взрыво- и пожаропредупреждения;
- систему преобразования и коммутации электроэнергии, включая преобразователь напряжения;

– систему управления, контроля и защиты. Прототипом отечественного ЭТГ послужили зарубежные разработки опытных образцов электрогенераторов. Совместная разработка ФГУП «ЦНИИ СЭТ» и ФГУ «РНЦ «Курчатовский институт» отечественной ЭУ с ТЭ модульной конструкции по своим характеристикам не уступает зарубежным, но имеет большие перспективы за счет снижения удельной себестоимости изготовления на 1 кВт мощности (рис. 2).

Адаптация такой ЭУ с ТЭ к условиям работы в составе территориального комплекса водородной инфраструктуры не представляет сложности и может быть выполнена по схемам, представленным на рис. 3 и 4.

В табл. 3 сопоставлены некоторые технико-экономические характеристики основных типов промышленных и опытно-промышленных РЭУ и аккумуляторных энергетических установок [4].

Из данных, приведенных в табл. 3, видно, что РЭУ с ЭХГ вполне конкурентны в своем классе энергоустановок. РЭУ на базе электрохимических аккумуляторных батарей (АБ) значительно проигрывают РЭУ с ЭХГ из-за малого ресурса (300–500 циклов) и сложности обеспечения

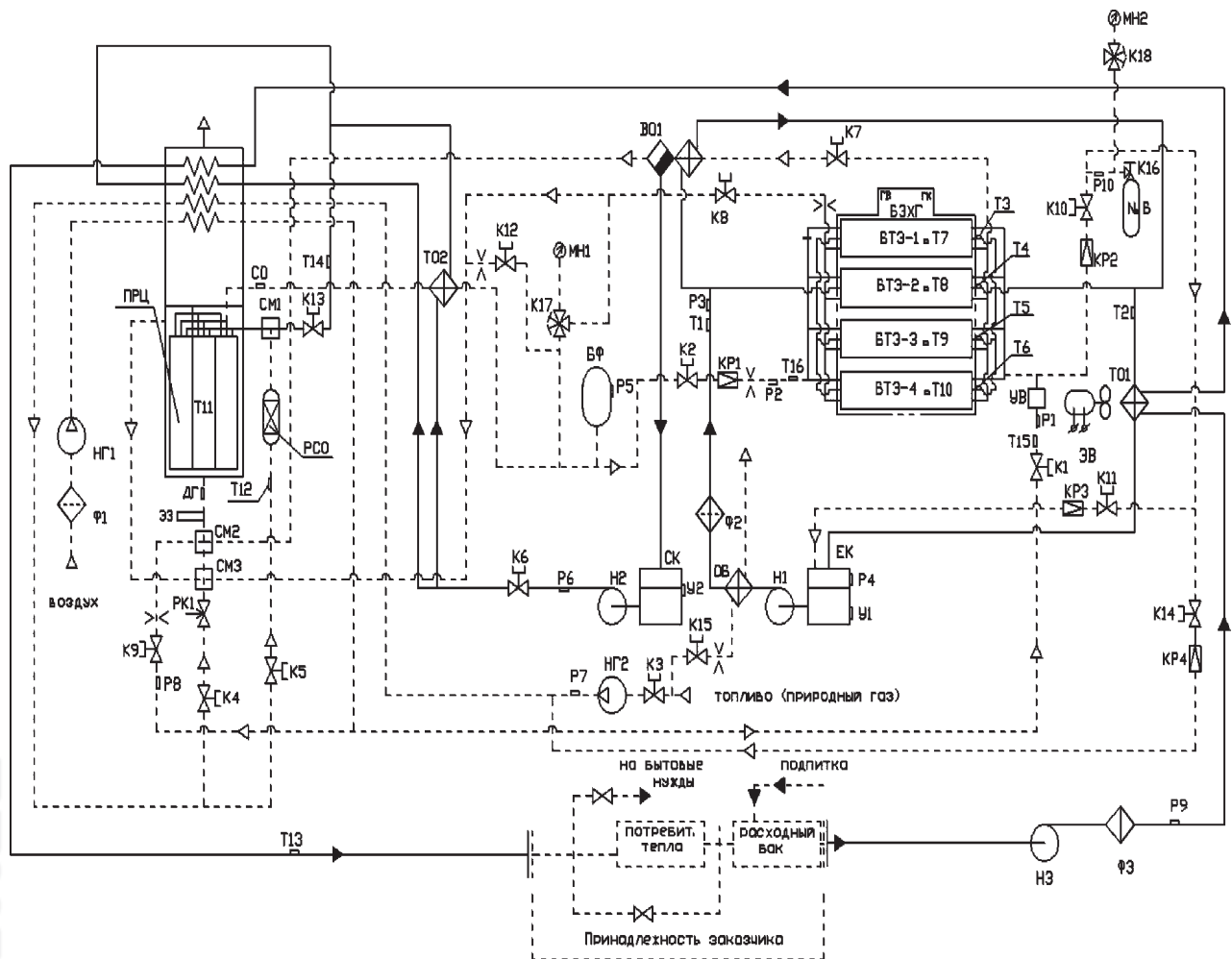


Рис. 1. Пневмогидравлическая схема ЭУ с ТЭ модульного типа с конвертером углеводородного топлива и утилизацией тепла. Обозначения: БЭХГ — батарея электрохимического генератора; БТЭ — блок топливных элементов; Н — насос; ЭВ — электровентиль; ПРЦ — топливный процессор; ЕК — емкость компенсационная; ТО — теплообменник; Ф — фильтр; К — клапан; КР — клапан редукционный; Б — баллон; НГ — нагнетатель; УВ — увлажнитель; ВО — влагоотделитель; МН — манометр; СМ — смеситель; СК — емкость сброса конденсата; БФ — емкость буферная; ОБ — обогреватель; РСО — реактор сероочистки; ЭЗ — электрозапал; ДГ — датчик горения; СО — датчик СО; Р — датчик давления; Т — датчик температуры; У — датчик уровня; ГВ — датчик концентрации водорода; ГК — датчик концентрации кислорода; РК — регулировочный клапан



а



б

Рис. 2. Современные энергоустановки на топливных элементах с конвертером природного газа: а — 5 кВт установка с ТЭ «Idemitsu Kosan» (Япония); б — 10 кВт установка с ТЭ, разрабатываемая ФГУП «ЦНИИ СЭТ»

условий в электросети для обеспечения полного цикла заряда-разряда. Удельные затраты на создание РЭУ с ЭХГ могут быть существенно снижены в случае использования реверсивных ЭХГ, устройство которых обеспечивает последовательное выполнение функций генератора или электролизера в единой электрохимической ячейке.

Эффективность использования РЭУ с ЭХГ в составе ТВЭК значительно повышается при утилизации тепловой энергии, например, для отопления и горячего водоснабжения.

Оценочные расчеты показывают, что в период после завершения реформирования электроэнергетики и жилищно-коммунального хозяйства стоимость теплоснабжения с использованием утилизационного тепла РЭУ с ЭХГ не будет превышать прогнозируемые среднерыночные тарифы на централизованное теплоснабжение в большинстве регионов РФ.

Значительная часть реализуемых программ строительства энергетических установок на базе водородных ТЭ находится в стадии проведения или завершения опытно-промышленной отработки [6]. Их перспективность в условиях западной экономики доказана практически.

Возможным путем включения таких установок в существующие системы энергоснабжения является создание РЭУ с ЭХГ с последующим развитием водородной инфраструктуры.

РЭУ с ЭХГ целесообразно использовать при следующих условиях:

- с утилизацией тепла, производством и круглогодичным потреблением тепловой энергии;
- при генерирующей мощности одной РЭУ 0,01–5,0 МВт;
- в составе территориального комплекса, включающего централизованный источник и хранилище водорода, а также от 5–6 до 300 РЭУ с ЭХГ общей мощностью 30 и более МВт, удаленных друг от друга на расстояние 0,1–3 км, с их взаимным резервированием как по электроэнергии, так и по водороду.

3. Структура, характеристики и порядок формирования ТВЭК на базе РЭУ с ЭХГ

ТВЭК входит в состав инженерной инфраструктуры территории комплексной застройки, рассчитанной на проживание 50–70 тысяч жителей, а также размещение 25–30 тысяч рабочих мест в составе промышленных предприятий, коммерческих, социальных, транспортных и коммунальных объектов. Общая площадь подлежащих строительству объектов составляет около 2 млн. м². Площадь территории комплексной застройки — около 350 га с учетом территорий промышленных зон и зон отчуждения согласно градостроительным и санитарным нормам.

Условная схема ТВЭК представлена на рис. 4.

В состав ТВЭК входят:

- 5–300 РЭУ с ЭХГ;
- установка для централизованного производства водорода (УЦПВ), например, путем кон-

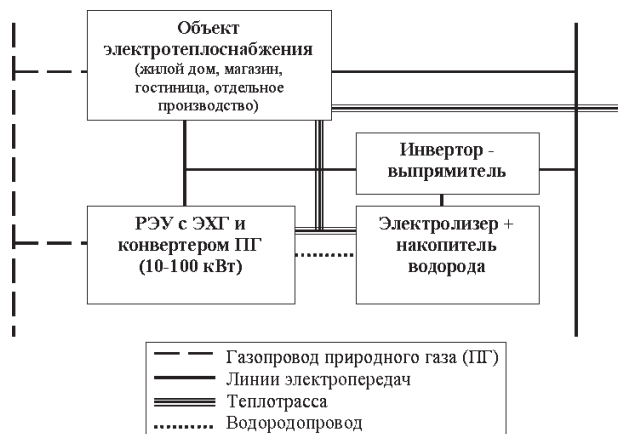


Рис. 3. Принципиальная схема подключения РЭУ с ЭХГ к объекту электротеплоснабжения

версии природного газа или угля, мощностью по товарному водороду 0,8–1,0 т/ч (исходя из конкретных условий привязки, на первом этапе возможно использование имеющейся газопроводной системы для применения РЭУ со встроенным блоком конверсии природного газа);

- централизованное хранилище водорода (ЦХВ) вместимостью 20–25 т;
- питающие и резервирующие линии электропередачи напряжением 6–20 кВ, объединяющие РЭУ с ЭХГ в единый комплекс общей протяженностью 20–25 км;
- трубопроводы для транспортировки водорода ЦХВ — РЭУ с ЭХГ общей протяженностью около 20 км;
- теплотрассы общей протяженностью 15–20 км.

УЦПВ и ЦХВ должны быть удалены на безопасное расстояние от территории жилой застройки (по аналогии с АЗС).

Основные заданные технические характеристики ТВЭК представлены в табл. 4.

Формирование ТВЭК может производиться поэтапно, в составе единого плана развития инженерных сетей территории.

На первом этапе возможна установка отдельных автономных РЭУ с ЭХГ, имеющих взаимные связи по резервирующим линиям электропередачи, с соотношением нагрузочной и генерирующей мощности 3:1. При таком соотношении

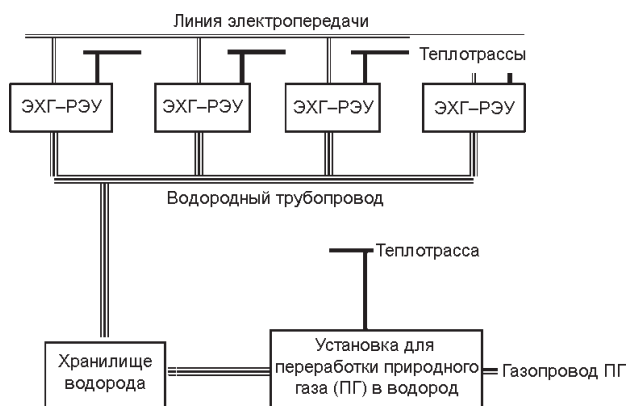


Рис. 4. Схема территориального водородного энергетического комплекса (ТВЭК)

Таблица 4

Заданные технические характеристики ТВЭК

Параметр	Размерность	Характеристика
Генерирующая мощность (ГМ): по электроэнергии по тепловой энергии	МВт Гкал/ч	30–50 35–50
Нагрузочная мощность (НМ)	МВт	3,0–5,0
Емкость накопителя энергии (включая запас водорода в ЦХВ): по электроэнергии по тепловой энергии	КВт·ч Гкал	Около 500000 Около 300
Производительность УПЦВ по водороду: суточная почасовая	т/сутки т/ч	Около 10 (16 – РЭУ с ЭХГ) Около 1,0
Обслуживающий персонал, количество	шт.ед./смена	5
Ресурс назначенный	ч	200000

мощностей достигается самообеспечение ЭХГ водородом.

На последующих этапах, по мере создания водородных газопроводов (реконструкции имеющихся газопроводов), централизованных источников водорода и подсоединения к ним нескольких РЭУ с ЭХГ, генерирующие мощности РЭУ будут постепенно наращиваться до оптимального уровня, составляющего около 5 МВт и подлежащего уточнению на стадии проектирования.

Включение ТВЭК в состав системы энергоснабжения территории обеспечит:

- снижение установленных мощностей
- основного источника электроснабжения (электростанции), предназначенного для электроснабжения территории, не менее чем в 2 раза (с 70–80 до 35–40 МВт);

– основного источника теплоснабжения — не менее чем в 1,5 раза;

- увеличение КИУМ основного источника электроснабжения с 0,3 до 0,6;
- сокращение вредных выбросов в атмосферу не менее чем в 2 раза;
- увеличение надежности системы электро- и теплоснабжения территории не менее чем в 2 раза, в том числе обеспечение первой категории надежности электроснабжения.

4. Затраты на создание ТВЭК и источники инвестиций

Структура и характеристика затрат на создание ТВЭК в составе системы энергоснабжения территории комплексной застройки (с техническими характеристиками, согласно табл. 2) представлены в табл. 5 и 6. Затраты оценива-

Таблица 5

Структура и оценочные характеристики затрат на создание РЭУ с ЭХГ генерирующей мощностью 5 МВт (тыс. долл. без НДС)

Статья затрат	Цена единицы, удельная цена	Количество	Затраты
Стандартное оборудование			
Электролизер	0,8 за 1 кВт нагрузочной мощности	500 кВт	400
АСУТП	150	1	150
Инвертор-выпрямитель	100	1	100
Прочее	150	1	150
Нестандартное оборудование			
ЭХГ с ТПТЭ	0,6 за 1 кВт на генерирующей мощности	5000 кВт	3000
Аккумулятор водорода	1100 на 1 т водорода	2 т водорода	2200
Система утилизации тепла	500	1	500
Прочее	700	1	700
Строительно-монтажные работы			
Монтаж	300	1	300
ПНР	200	1	200
Проектные работы			
ОКР	300	1	300
Проектирование	600	1	600
ИТОГО:			8600

лись с учетом опытно-промышленного характера работ.

При внедрении автономных РЭУ с ЭХГ на первом этапе с генерирующей и нагрузочной мощностями около 0,20 и 0,50 МВт, соответственно (возможностью дальнейшего увеличения генерирующей мощности до 5 МВт) полные затраты составят около 5 млн. долл.

В случае создания опытно-промышленной серии затраты на создание одной РЭУ с генерирующей мощностью 5 МВт составят около 7,5 млн. долл., что соответствует около 1500 долл. за 1 кВт генерирующей мощности.

Использование в составе РЭУ реверсивных ЭХГ позволит снизить общие затраты до уровня менее 1000 долл. за 1 кВт генерирующей мощности.

Полные затраты на создание традиционной системы электроснабжения территории комплексной застройки с характеристиками, согласно данным, приведенным в разделе 3, составляют (оценочно) от 150 до 180 млн. долл., или 5–7 % общего объема капиталовложений в строительство из расчета 1300–1400 долл. за 1 кВт присоединенной мощности.

Покрытие затрат на создание инженерной и социальной инфраструктур территорий комплексной застройки обеспечивается, как правило, путем наложения дополнительных условий (обременений) в инвестиционный контракт либо включением этих затрат в подлежащую оплате стоимость земельного участка. Размер инвестиционных обременений в большинстве российских региональных центров составляет 10–30 %.

Для полного покрытия расходов на создание ТВЭК необходимо обеспечить целевое финансирование на уровне 50–60 % объема инвестиций в строительство систем электротеплоснабжения. При этом полная сумма обременений инвестора не возрастает.

Заключение и выводы

Для потребления 100 000 т водорода в год необходимо создание 5–6 ТВЭК с характеристиками согласно табл. 4, с последующим частичным переводом РЭУ с ЭХГ из режима регулирования в режим генерации в базовой части суточного графика производства/потребления электроэнергии.

РЭУ с ЭХГ в составе ТВЭК конкурентоспособны при новом строительстве и реконструкции существующих систем электро- и теплоснабжения с круглогодичным гарантированным потреблением тепловой энергии.

Уже сейчас возможно строительство ТВЭК в составе автономных систем электроснабжения для регулирования режимов и обеспечения совместности источника электроснабжения и нагрузки.

Реализация программы создания ТВЭК позволит начать формирование инфраструктуры водородной энергетики и плавно перейти к широкому использованию экологически чистого и

Таблица 6

Структура и оценочные характеристики затрат на создание ТВЭК (млн. долл. без НДС)

Статья затрат	Цена единицы	Кол-во	Затраты
Оборудование			
ЭХГ-РЭУ	7,5	6	45
УЦПВ	5	1	5
ЦХВ	10	1	10
ЛЭП	0,2 за 1 км	25 км	5
Теплотрассы	0,2 за 1 км	20 км	4
Водородные газопроводы	0,4 за 1 км	20 км	8
Строительно-монтажные работы			
Монтаж	6	1	6
ПНР	5	1	5
Проектные работы			
ОКР	2	1	2
Проектирование	6	1	6
ИТОГО:			96

энергоемкого водорода в энергетике, промышленности, на транспорте и в быту.

Для осуществления программы потребуются меры государственной поддержки, которые должны помимо долевого финансирования включать стратегию развития водородной энергетики как составной части энергетической стратегии России [7], создание нормативно-правовой базы водородной энергетики, системы тарифного, налогового и инвестиционного регулирования на федеральном и региональном уровнях.

Список литературы

1. Пономарев-Степной Н. Н., Столяревский А. Я., Атомно-водородная энергетика: пути развития // Энергия. 2004. №1. С. 3–9.
2. Распределенные энергетические системы. <http://bpccenergy.com/>
3. Временная инструкция по расчету электрических нагрузок жилых зданий (РМ-2696-01), утверждена приказом Москомархитектуры № 32 от 31 июля 2001 г.
4. Столяревский А. Я., Аккумулирование вторичной энергии // Атомно-водородная энергетика и технология. Вып. 4. М.: Энергоиздат, 1982. С. 60–125.
5. Пат. 6811913 США. Универсальная реверсивная электрохимическая система. Реферативный журнал ВИНТИ 05.10.022ф, 14п., вып. 10, 2005. С. 2.
6. Официальный сайт компании UTC Power. <http://www.utcpower.com/>
7. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 августа 2003 г. № 1234-р. «Энергетическая стратегия России на период до 2020 года».



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РАДИОГЕННОГО АРГОНА С ИОННЫМИ КРИСТАЛЛАМИ

К. А. Некрасов, Н. В. Здобнухина, А. Я. Купряжкин, М. В. Рыжков, С. И. Поташников

ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ»

ул. Мира, 19, г. Екатеринбург, 620002, Россия

Тел.: (343) 375-41-46; e-mail: kupr@dpt.ustu.ru

Data on low temperature diffusion of radiogenic argon in neutron-irradiated KCl, KBr and KI crystals are analyzed using the defect-trap model. Mechanisms of the diffusion are determined. The interaction energies and static interaction potentials of Ar atoms with Cl^- , Br^- , I^- anions and K^+ cations are determined, for intermediate distances and interaction energies lower than 0.5 eV. The binding energy obtained for Ar- K^+ pair at the potential minimum is greater by an order than the Van der Waals energy, which indicates chemical binding of argon in the crystals. The results are confirmed by comparison with the known experimental data and quantum chemical calculations.

Введение

Одной из экологических проблем, связанных с работой ядерных реакторов, является удержание радиоактивных благородных газов (РБГ), образующихся в результате ядерных превращений в делящемся топливном материале. Разработка материалов для удержания РБГ, а также прогнозирование их выхода из топлива с помощью построения феноменологических моделей и прямого молекулярно-динамического моделирования десорбции предполагает установление механизмов диффузии этих газов в кристаллах и получение энергий взаимодействия атомов газов с частицами, составляющими кристаллы.

Для прогнозирования взаимодействия газов с ионными кристаллами на микроскопическом уровне необходимы достоверные потенциалы взаимодействия атомов с ионами (см., например, [1]). Традиционные методы восстановления эмпирических парных потенциалов взаимодействия нейтральных атомов с ионами основаны на измерении коэффициентов переноса ионов в газах и сечений упругого рассеяния ионов на атомах при столкновениях [2–4]. В силу присущих таким методам ограничений соответствующие потенциалы известны для сравнительно малых расстояний при энергиях взаимодействия больших, чем 0,5 эВ [3].

В предыдущих работах [5–7] нами был предложен метод восстановления «статических» потенциалов взаимодействия атомов инертных газов с ионами по данным диффузии и растворимости газов в ионных кристаллах. Были восстановлены некоторые «статические» потенциалы взаимодействия гелия с ионами, в результате чего известные ранее «газовые» потенциалы продол-

жены в область малых энергий на характерные для кристаллов расстояния порядка 2–3 Å. При этом было показано, что даже гелий может быть связан в ионных кристаллах. С другой стороны, применение этого метода восстановления «статических» потенциалов к другим инертным газам, атомы которых больше атома гелия, осложнено очень низкими растворимостями этих газов.

Таким образом, представляет интерес обобщение метода с целью восстановления энергий взаимодействия атомов РБГ с ионами из экспериментальных данных по диффузии радиогенных газов в кристаллах, облученных нейтронами. В настоящей работе на базе данных по выходу радиогенного аргона проанализированы механизмы диффузии и восстановлены потенциалы взаимодействия аргона с ионами в кристаллах.

1. Анализ механизмов диффузии радиогенного аргона в ионных кристаллах

Для восстановления потенциалов взаимодействия в настоящей работе были использованы температурные зависимости коэффициентов диффузии радиогенного аргона в кристаллах хлорида, бромиды и йодида калия с заданным содержанием примеси стронция, полученные в работе [8]. Графики этих зависимостей приведены на рис. 1. Видно, что они имеют ярко выраженные «аррениусовские» участки, описываемые выражением:

$$D^{\text{eff}}(T) = D_0^{\text{eff}} \exp\left\{-E^{\text{eff}}/kT\right\}. \quad (1)$$

Участки характеризуются различными эффективными энергиями активации диффузии E^{eff} при низких и высоких температурах. Параметры D_0^{eff} и E^{eff} , определенные авторами [8], а так-

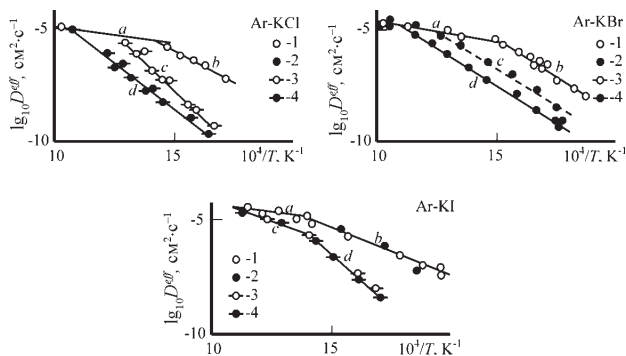


Рис. 1. Зависимости коэффициентов диффузии в кристаллах KCl, KBr и KI от температуры [8]: 1 — значения коэффициента диффузии аргона D^{eff} в сравнительно «чистых» кристаллах; 2 — D^{eff} для кристаллов, легированных ионами Sr^{2+} ; 3 — D^{eff} для «чистых» кристаллов, облученных тепловыми нейтронами ($\Phi \cdot t = 3,1 \cdot 10^{17} \text{ см}^2$); 4 — D^{eff} для образцов, облученных нейтронами аналогично п. 3, но легированных стронцием

же результаты нашей обработки графиков, проведенной для получения необходимой дополнительной информации, приведены в табл. 1.

Зарегистрированное поведение коэффициентов диффузии хорошо описывается в рамках дефектно-ловушечной модели [9, 10], показанной на рис. 2. Согласно этой модели, эффективный коэффициент диффузии представляется соотношением

$$D^{\text{eff}} = \frac{D_i}{1 + \sum_v k_{1,v}/k_{2,v}}, \quad (2)$$

где $k_{1,v}$, $k_{2,v}$ — константы захвата атомов ловушками типа v и выхода атомов из этих ловушек при диффузии аргона по междоузельному механизму « i » с коэффициентом диффузии D_i (см., например, [8–10]).

При достаточно высоких температурах атомы легко выходят из ловушек и располагаются преимущественно в междоузельных позициях. Этому случаю соответствует предел $k_{2,v} \gg k_{1,v}$,

так что высокотемпературный коэффициент диффузии совпадает с междоузельным:

$$D_{\text{High Temp}}^{\text{eff}} = D_i = D_{i_0} \exp\{-E_i^D/kT\}. \quad (3)$$

Здесь D_{i_0} и E_i^D — предэкспоненциальный множитель и энергия активации междоузельной диффузии (рис. 2).

Уже в работе [8] было установлено, что высокотемпературные участки a (рис. 1) для всех трех кристаллов соответствуют именно междоузельному механизму диффузии аргона. На этих участках коэффициенты диффузии аргона не зависели ни от концентрации примеси стронция, ни от длительности облучения и отжига образцов. Энергии активации диффузии аргона на участках a для рассматриваемых кристаллов близки между собой и составляют 0,3–0,35 эВ.

При понижении температуры образцов до 500–600 К участки a непрерывно переходят в участки b , характеризующиеся существенно большими эффективными энергиями активации диффузии аргона, от $E^{\text{eff}} = 0,8$ эВ в KI до $E^{\text{eff}} = 1,3$ эВ в KBr. Такое поведение графиков (рис. 1) можно объяснить переходом к прыжковому механизму диффузии по некоторым ловушкам « v » [10]. Тогда зависимости $D^{\text{eff}}(T)$ описываются низкотемпературным пределом формулы (2), реализующимся при $k_{1,v} \gg k_{2,v}$:

$$D_v^{\text{eff}} = \frac{1}{3} a_i L_v k_{2,v} = \frac{a_i k_{2,v}^0}{3 \sigma_v c_v} \exp\{-E_v^D/kT\}, \quad (4)$$

где a_i — период решетки кристалла, L_v — эффективная длина свободного пробега атома между ловушками, σ_v — сечения захвата атомов ловушками, c_v — концентрации ловушек, $k_{2,v}^0$ — предэкспоненциальный множитель, E_v^D — энергия выхода атома из ловушки « v »-типа на барьер, разделяющий междоузельные позиции (рис. 2).

При диффузии аргона в кристаллах KCl и KBr (рис. 1) участки b относятся только к срав-

Таблица 1

Температурные зависимости коэффициента диффузии аргона в кристаллах хлорида, бромиды и иодида калия

Кристалл	Участок	Диапазоны температур, К	$\ln D_0, \text{ см}^2/\text{с}$	$E^{\text{eff}}, \text{ эВ}$	Механизмы диффузии*
KCl	a	675–1000	-8 ± 2	$0,31 \pm 0,1$	i
	b	570–700	5 ± 1	$1,10 \pm 0,07$	—
	c	600–775	17 ± 2	$1,98 \pm 0,07$	—
	d	610–935	8 ± 2	$1,48 \pm 0,09^{**}$	cv
KBr	a	655–1000	$-7,1 \pm 0,8$	$0,36 \pm 0,06$	i
	b	535–655	11 ± 2	$1,4 \pm 0,1$	cv
	c	555–815	7 ± 1	$1,29 \pm 0,06^{**}$	cv
	d	555–920	$5,7 \pm 0,6$	$1,31 \pm 0,03$	cv
KI	a	715–920	-6 ± 2	$0,31 \pm 0,1$	i
	b	500–715	$2,0 \pm 0,9$	$0,79 \pm 0,05$	cv
	c	710–920	-2 ± 1	$0,68 \pm 0,08$	cv
	d	580–920	15 ± 2	$1,8 \pm 0,1$	av

Примечания: * — квазиравновесные позиции атомов при дефектно-ловушечной диффузии: i — междоузлия, cv — катионные вакансии, av — анионные вакансии (см. рис. 2); ** — отмеченные значения энергий без погрешностей приведены в работе [8]. Остальные значения, а также все погрешности определены в настоящей работе по точкам на графиках из работы [8].

нительно «чистым» образцам, не легированным примесью стронция. Легирование кристаллов KBr примесью стронция привело к образованию участков *c* (0,05 % Sr^{2+}) и *d* (0,5 % Sr^{2+}), имевших в пределах погрешности тот же наклон, что и участок *b*, но лежавших ниже и примыкавших к участку *a* при более высоких температурах. Смещение этих участков можно объяснить увеличением концентрации ловушек. Как было показано в работе [8], низкотемпературный коэффициент диффузии аргона в KBr при растворении Sr^{2+} изменялся пропорционально ионной проводимости, что свидетельствует о реализации прыжковой диффузии по одиночным катионным вакансиям, компенсировавшим избыточный заряд ионов Sr^{2+} с энергией активации E_1^D .

Кристаллам KCl, легированным стронцием, соответствует участок *d* (рис. 1), также лежащий ниже участка *b* и примыкающий к участку *a*, однако характеризующийся большей, чем на участке *b*, энергией активации диффузии $E^{\text{eff}} = 1,48$ эВ. Кроме того, для образцов KCl, не легированных стронцием, но подвергавшихся длительному облучению, в работе [8] был получен участок *c* (рис. 1), расположенный между участками *b* и *d*, с энергией активации диффузии $E^{\text{eff}} = 1,98$ эВ. Различие энергий активации диффузии показывает, что на участках *b*, *c* и *d* в образцах KCl преобладали ловушки различных типов. В результате легирования стронцием (участок *d* на рис. 1) коэффициент диффузии понизился пропорционально увеличению ионной проводимости, что указывает на прыжковую диффузию аргона по катионным вакансиям, аналогично KBr [8]. Для выяснения механизмов диффузии аргона на участках *b* и *c* в настоящей работе были проведены сравнительные расчеты энергий выхода атомов из различных ловушек с использованием восстановленных потенциалов взаимодействия.

Из формул (2), (4) следует, что при наличии двух разных типов ловушек ($v = 1, 2$) повышение температуры кристаллов могло сопровождаться двумя изменениями механизма диффузии аргона, а именно, переходом от прыжков по глубоким ловушкам к прыжкам по мелким ловушкам, а затем и к междоузельному механизму диффузии. Изменением типа ловушек при низкотемпературной диффузии аргона можно объяснить характер зависимостей $D^{\text{eff}}(T)$ в системе Ag-KI (рис. 1). В настоящей работе мы предположили, что участки *b* и *c* для KI соответствуют прыжковой диффузии аргона по ловушкам одного и того же типа 1, поскольку значения $E^{\text{eff}} = E_1^D$ на этих участках в пределах погрешности совпадают (табл. 1). Участок *c* лежит ниже, что соответствует увеличению концентрации ловушек при повышении дозы облучения образцов тепловыми нейтронами от $6 \cdot 10^{14}$ до $4 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$. По-видимому, увеличение дозы облучения образцов KI приводило также к появлению более глубоких ловушек типа 2, характеризующихся энергией выхода E_2^D .

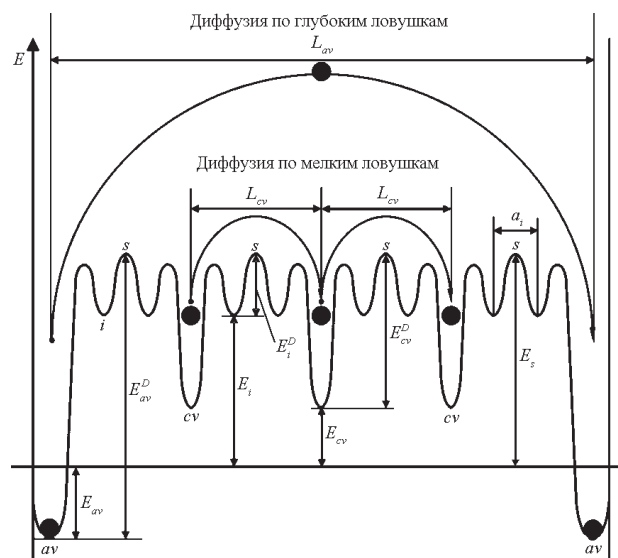


Рис. 2. Позиции атомов и потенциальные барьеры при миграции атомов газа в кристалле. E_i , E_{cv} , E_{av} — энергии, необходимые для размещения атома в междоузельной позиции «i» и в ловушках — катионных (cv) и анионных (av) вакансиях; E_i^D , E_{cv}^D , E_{av}^D — энергии активации перехода атома из междоузельной и вакансионных позиций в междоузельную позицию через потенциальный барьер «s»

Именно эти ловушки определяли низкотемпературную диффузию аргона в сильно облученных кристаллах KI (участок *d*). При повышении температуры происходило перераспределение атомов аргона из глубоких ловушек в более мелкие, с переходом к участку *c*.

Идентификацию типов ловушек в KI затрудняет независимость коэффициентов диффузии аргона на всех участках от концентрации примеси Sr^{2+} . Провести непротиворечивое восстановление потенциалов взаимодействия аргона с ионами в настоящей работе нам позволило предположение, что ловушками типа 1 на участках *b* и *c* в KI являлись катионные вакансии, большая часть которых возникала в ходе облучения при захвате нейтрона ядром калия с образованием аргона. Это предположение не противоречит данным авторов [8] по электропроводности, показывающим, что даже в легированных стронцием образцах KI содержание одиночных катионных вакансий до облучения было на порядок меньше, чем в кристаллах KCl и KBr. Это, по-видимому, было связано с более высокой чистотой кристаллов. Мы также считали, что в результате длительного облучения возникали анионные вакансии и, возможно, вакансионные кластеры, которые были основными (глубокими) ловушками типа 2 на участке *d*.

Механизмы диффузии аргона, рассмотренные выше, указаны в табл. 1. Эти результаты вместе с экспериментальными значениями энергий активации диффузии аргона были использованы в работе как исходные данные для восстановления потенциалов взаимодействия атомов аргона с ионами. Правильность определения механизмов диффузии подтверждается тем, что в работе получен универсальный набор потен-

пиалов взаимодействия $\{U[\text{Ar}-\text{K}^+], U[\text{Ar}-\text{Cl}^-], U[\text{Ar}-\text{Br}^-], U[\text{Ar}-\text{I}^-]\}$, с точностью до погрешностей измерения удовлетворяющий всем рассмотренным экспериментальным данным.

2. Методика восстановления потенциалов взаимодействия

Для сопоставления экспериментальных данных потенциалов взаимодействия атома аргона с ионами мы моделировали миграцию атомов в кристаллах KCl, KBr и KI методом статики решетки (см., например, [11]) с применением оболочечной модели частиц [12]. При этом использовали потенциалы взаимодействия и параметры оболочечной модели ионов из работы [13]. Параметры оболочечной модели атома аргона задавали в соответствии с поляризуемостью свободного атома $\alpha_{\text{Ar}} = 4,00 \text{ \AA}^3$ [3] и эффективным количеством электронов на внешней оболочке $N_{\text{eff}} = 6,106$ [14]. Применялись периодические граничные условия с размером транслируемой ячейки $L = 6a$, где a — постоянная идеальной решетки. Расчет энергий выхода атомов из ловушек, состоявших из многих вакансий, и проверка чувствительности полученных потенциалов к методу моделирования проводились также с граничными условиями Мотта — Литтлетона [15]. Модельные кристаллиты включали в себя до 9000 ионов.

Энергии активации диффузии аргона рассчитывали как разности

$$E_{i,v}^D = E_s - E_{i,v}, \quad (5)$$

где E_s — минимальная возможная энергия модельного кристалла с атомом аргона на потенциальном барьере; $E_{i,v}$ — минимальные энергии того же кристалла при размещении атома в междоузельной позиции или в ловушке (рис. 2). Значения E_s , E_i , E_v рассчитывали по формулам вида:

$$E = \sum_{j=1}^N U_{\text{Ar}-j}^{SR} \left(\left| \mathbf{R}_j^S - \mathbf{R}_{\text{Ar}}^S \right| \right) + \sum_{j=1}^N \sum_{k>j}^N U_{jk} \left(\mathbf{R}_k^S, \mathbf{R}_k^C, \mathbf{R}_j^S, \mathbf{R}_j^C \right) + E_{\text{Ar}}^{\text{Cul}} + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^N k_j \left(\mathbf{R}_j^S - \mathbf{R}_j^C \right)^2 + \frac{1}{2} k_{\text{Ar}} \left(\mathbf{R}_{\text{Ar}}^S - \mathbf{R}_{\text{Ar}}^C \right)^2 + \frac{3}{2} \hbar \omega_{\text{Ar}}, \quad (6)$$

где $U_{\text{Ar}-j}^{SR}$ — восстанавливаемые некулоновские потенциалы взаимодействия аргона с ионами, U_{jk} — полные потенциалы взаимодействия j -го и k -го ионов, $E_{\text{Ar}}^{\text{Cul}}$ — кулоновская энергия атома аргона, отличная от нуля в случае его поляризации, $3/2 \hbar \omega_{\text{Ar}}$ — энергия нулевых колебаний атома, $\mathbf{R}_j^S$, $\mathbf{R}_j^C$ — координаты ядер и оболочек ионов, обеспечивающие минимумы E_s , E_i , E_v , $k_{i,\text{Ar}}$ — константы жесткости упругой связи ядер модельных частиц с оболочками. Выражение (6) для энергии кристалла с атомом на потенциальном барьере E_s отличается отсутствием слагаемого $3/2 \hbar \omega_{\text{Ar}}$.

Дополнительные условия на производные восстанавливаемых потенциалов в равновесных конфигурациях окрестности внедренного атома:

$$\frac{\partial U_{\text{Ar}-j}^{SR} \left(\left| \mathbf{R}_{\text{Ar}-j}^{SS} \right| \right)}{\partial \left| \mathbf{R}_{\text{Ar}-j}^{SS} \right|} \frac{\mathbf{R}_{\text{Ar}-j}^{SS}}{\left| \mathbf{R}_{\text{Ar}-j}^{SS} \right|} = \sum_{k \neq j} \mathbf{F}_{kj} + \mathbf{F}_{\text{Ar}-j}^{\text{Cul}}, \quad (7)$$

где $\mathbf{R}_{\text{Ar}-j}^{SS}$ — координаты оболочки j -го иона относительно оболочки атома Ar; $\sum_{k \neq j} \mathbf{F}_{kj}$ — суммарная сила, действующая на j -й ион со стороны остальных ионов кристалла, исключая атом аргона, $\mathbf{F}_{\text{Ar}-j}^{\text{Cul}}$ — кулоновская сила, действующая на j -й ион со стороны атома аргона, отличная от нуля, если атом поляризован.

Энергии взаимодействия атомов аргона с анионами Cl^- , Br^- , I^- представляли в виде суммы:

$$U_{\text{Ar}-j}^{SR}(R) = U_{\text{Ar}-j}^{\text{Val}}(R) + U_{\text{Ar}-j}^{\text{GK}}(R), \quad (8)$$

где $U_{\text{Ar}-j}^{\text{Val}}(R)$ — искомый потенциал валентного отталкивания при перекрывании электронных оболочек; $U_{\text{Ar}-j}^{\text{GK}}(R)$ — рассчитываемый потенциал дисперсионного притяжения, предложенный Гордоном и Кимом [16]. Слагаемые $U_{\text{Ar}-j}^{\text{Val}}(R)$ были восстановлены в форме:

$$U_{\text{Ar}-j}^{\text{Val}}(R) = A_{\text{Ar}-j} \exp \left\{ -B_{1,\text{Ar}-j} R + B_{2,\text{Ar}-j} R^2 + B_{3,\text{Ar}-j} R^3 \right\}, \quad (9)$$

обеспечившей достаточно аккуратное представление потенциалов на средних расстояниях.

Потенциал $U[\text{Ar}-\text{K}^+]$ восстановили, используя зависимость:

$$U[\text{Ar}-\text{K}^+] = A \exp \{ -BR \} + U_1(R) \exp \left\{ -\gamma (R_0/R - 1)^3 \right\}, \quad \text{при } R \leq R_0, \\ U[\text{Ar}-\text{K}^+] = A \exp \{ -BR \} + U_1(R), \quad \text{при } R > R_0, \quad (10) \\ \text{где } U_1(R) = D \left(\exp \{ -2\beta (R - R_0) \} - 2 \exp \{ -\beta (R - R_0) \} \right) - C_6 R^{-6},$$

потребовавшуюся для точного описания сравнительно глубокого минимума. Константа дисперсионного притяжения C_6 была рассчитана по формуле Слетера — Кирквуда [17].

В связи с малым количеством точек, полученных из эксперимента для восстановления потенциалов $U[\text{Ar}-\text{Cl}^-]$ и $U[\text{Ar}-\text{Br}^-]$, на эти потенциалы накладывали дополнительные условия стыковки на малых расстояниях с потенциалами, восстановленными из газовых измерений [3]. Параметры A и B потенциала $U[\text{Ar}-\text{K}^+]$ не варьировались, а были заданы равными параметрам экспоненциального потенциала отталкивания [3].

Поиск оптимальных значений параметров потенциалов (9–10) проводили симплекс-методом Нелдера и Мида [18]. Критерием выбора параметров был минимум суммы квадратов отклонений значений $E_{i,v}^D$, рассчитываемых по формулам (5)–(6), от экспериментальных данных.

3. Обсуждение результатов восстановления

Графики полученных потенциалов $U[\text{Ar}-\text{Cl}^-]$, $U[\text{Ar}-\text{Br}^-]$, $U[\text{Ar}-\text{I}^-]$, $U[\text{Ar}-\text{K}^+]$ приведены на рис. 3–6, параметры — в табл. 2, а результаты расчетов с этими потенциалами — в табл. 3. Эти потенциалы впервые восстановлены на «сред-

них» расстояниях, при малых положительных энергиях взаимодействия и в области минимума (для пары Ar-K^+). Максимальные расстояния, на которых восстановлены потенциалы, увеличены от 2,7 до 3,6 Å для пары Ar-Cl , от 2,8 до 3,7 Å для Ar-Br , от 3,2 до 5 Å для Ar-I и от 2,5 до 5 Å для Ar-K^+ .

При использовании полученных потенциалов взаимодействия и оболочечной модели расчетные значения энергий активации диффузии аргона отличаются от экспериментальных не более чем на $\pm 0,04$ эВ, т. е. в пределах 10 % (табл. 3). Одновременно с высокой точностью выполнено требование «стыковки» потенциалов $U[\text{Ar-Cl}^-]$ и $U[\text{Ar-Br}^-]$ на малых расстояниях с потенциалами [3], описывающими рассеяние ионов на атомах в газовой фазе (см. рис. 3–4, табл. 2). Потенциалы $U[\text{Ar-I}^-]$ и $U[\text{Ar-K}^+]$, восстановленные без «привязки» к каким-либо заранее известным потенциалам, также близки к потенциалам [3–4], полученным из подвижности ионов в газовой фазе (рис. 5–6).

Параметры восстановленного потенциала $U[\text{Ar-K}^+]$ можно сопоставить также с известными экспериментальными характеристиками вандер-ваальсовского молекулярного иона ArK^+ . Согласно [3], энергия связи этого иона составляет 0,115 эВ, а соответствующее расстояние $\text{Ar-K}^+ - r_m = 3,0$ Å. Как видно из рис. 6, эти значения очень близки к параметрам минимума восстановленного потенциала $U[\text{Ar-K}^+]$, что подтверждает работоспособность процедуры восстановления и корректность результатов, полученных в работе.

На рис. 3–6 проведено сравнение восстановленных в работе, а также известных эмпирических потенциалов [3] с потенциалами, рассчитанными методом *Dmol* [19]. Рассчитанный методом *Dmol* потенциал $U[\text{Ar-K}^+]$ по форме практически совпадает с потенциалом, полученным в настоящей работе, и имеет то же самое минимальное значение (рис. 6). Различие между экспериментальными и расчетными потенциалами $U[\text{Ar-K}^+]$ состоит только в том, что последний смещен в область меньших расстояний на 0,15 Å. Это сравнение показывает, что метод *Dmol* корректно описывает механизмы взаимодействия атомов аргона с ионами калия.

Полученные методом *Dmol* потенциалы $U[\text{Ar-Cl}^-]$, $U[\text{Ar-Br}^-]$, $U[\text{Ar-I}^-]$ отличаются от экспериментальных как смещением в сторону меньших расстояний, так и существенно более глубокими минимумами (от $-0,07$ до $-0,09$ эВ).

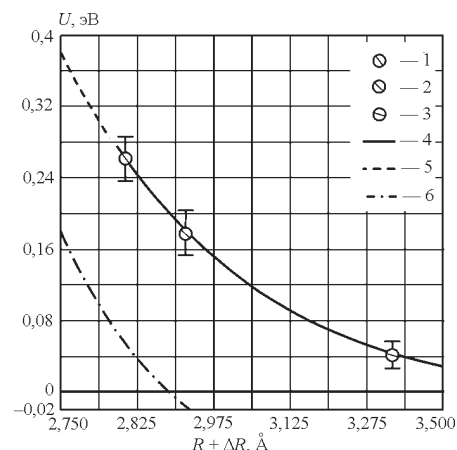


Рис. 3. Восстановленный потенциал $U[\text{Ar-Cl}^-]$: 1–3 — точки, через которые потенциал должен проходить для того, чтобы расчетные энергии активации диффузии аргона (5–6) совпадали с экспериментальными; точка 1 относится к потенциальному барьеру «s», 2 — к междоузельной позиции «i», 3 — к катионной вакансии «cv» (рис. 2); наклоны отрезков, включенных в символы, показывают значения производных потенциала, требуемые условием равновесия (7); положения точек на оси $R + DR$ показывают расстояние от атома до ближайших ионов Cl^- с учетом релаксации решетки; 4 — график восстановленного потенциала; 5 — экстраполяция потенциала $U[\text{Ar-Cl}^-]$, известного из экспериментов в газовой фазе [3] на расстояниях $R \leq 2,7$ Å; 6 — потенциал [20], рассчитанный методом *Dmol*

Аналогичные расхождения показывало сравнение потенциалов *Dmol* с потенциалами $U[\text{He-F}]$, $U[\text{He-Cl}]$, $U[\text{He-K}^+]$, восстановленными в предыдущих работах [7, 20]. Для выяснения причин отличия потенциалов *Dmol*, особенно, описывающих взаимодействие атомов с анионами, от экспериментальных потенциалов, требуются дополнительные исследования.

С использованием восстановленных потенциалов взаимодействия в работе были рассчитаны энергии растворения атомов аргона в анионных вакансиях хлорида и бромида калия, а также энергии выхода атомов из этих вакансий. Рассчитанная энергия выхода атома из одиночной анионной вакансии KCl ($E_{av}^D = 1,99$ эВ) в пределах погрешности измерения совпала с наклоном участка *c* (рис. 1, табл. 1). Этот результат позволяет идентифицировать основные ловушки на этом участке (в «чистых» образцах KCl , не легированных стронцием, но подвергавшихся длительному облучению) как возникавшие в результате облучения одиночные анионные вакансии. Достоверная идентификация этого механизма диф-

Таблица 2

Параметры восстановленных потенциалов взаимодействия атомов аргона с ионами (9–10)

Пара	A , эВ	B_1 , Å ⁻¹	B_2 , Å ⁻²	B_3 , Å ⁻³	$R_{\min}$, Å	$U_{\min}$, эВ
Ar-Cl^-	1027	3,055	0,1808	$-3,307 \cdot 10^{-2}$	4,447	$-4,702 \cdot 10^{-3}$
Ar-Br^-	890,2	2,591	$-3,374 \cdot 10^{-3}$	$-1,454 \cdot 10^{-3}$	4,854	$-3,526 \cdot 10^{-3}$
Ar-I^-	54,54	1,9185	0,26985	$-4,535 \cdot 10^{-2}$	6,327	$-1,161 \cdot 10^{-3}$
Пара	A , эВ	B , Å ⁻¹	C_6 , эВ·Å ⁶	β , Å ⁻¹	D , эВ	R_0 , Å
Ar-K^+	2900	3,46	29,15	1,390	0,1288	3,050

Примечание: параметр γ для $U[\text{Ar-K}^+]$ равен 4,515.

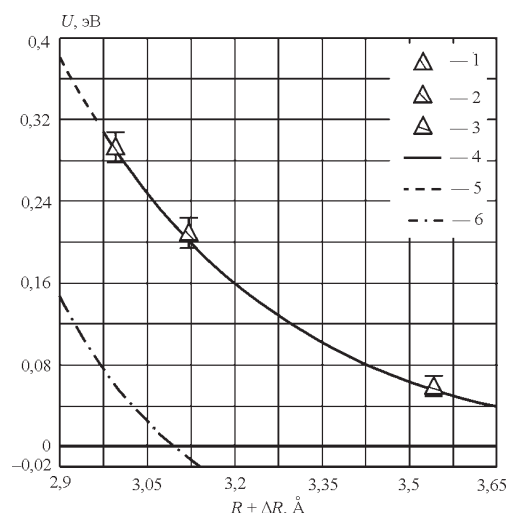


Рис. 4. Восстановленный потенциал $U[\text{Ar}-\text{Br}^-]$: 1–3 — точки, аналогичные точкам 1–3 на рис. 3; 4 — график восстановленного потенциала; 5 — экстраполяция потенциала [3], известного из экспериментов в газовой фазе на расстояниях $R \leq 2,85 \text{ Å}$; 6 — потенциал [20], рассчитанный методом Dmol

фузии независимо подтверждает правильность восстановленных потенциалов взаимодействия.

После анализа экспериментальных данных осталась невыясненной природа ловушек, определявших диффузию аргона в «чистых» образцах KCl на участке *b* (табл. 1). Эффективная энергия активации диффузии на этом участке ($E_v^D = 1,1 \text{ эВ}$) близка к расчетной энергии размещения атома на потенциальном барьере при междоузельной диффузии $E_s[\text{KCl}] = 1,16 \text{ эВ}$. Отсюда следует, что потенциальная энергия атомов аргона в неизвестных ловушках близка к нулю (выражение (5), рис. 2). Такими ловушками могли быть большие вакансионные полости, образовавшиеся в результате отжига вакансий. В работе [9] указано, что рассматриваемые образцы действительно подвергались отжигу при высоких температурах в течение нескольких часов.

Таким образом, результаты работы подтверждают как корректность предложенной интерпретации экспериментальных данных, так и воз-

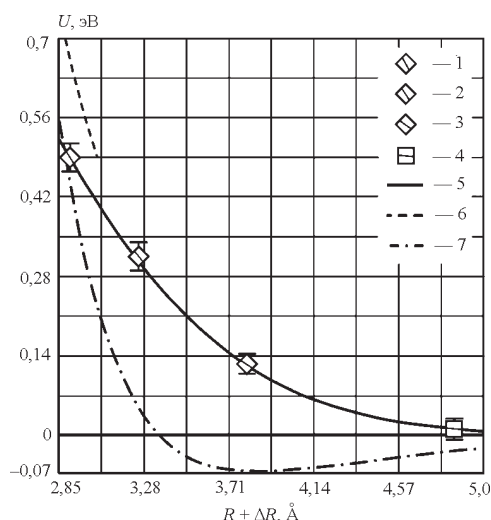


Рис. 5. Восстановленный потенциал $U[\text{Ar}-\text{I}^-]$: 1–3 — точки, аналогичные точкам 1–3 на рис. 3–4; 4 — точка — потенциал при размещении атома в анионной вакансии «av»; 5 — график восстановленного потенциала; 6 — потенциал $U[\text{Ar}-\text{I}^-]$, полученный из подвижности ионов I^- в аргоне для расстояний $2,85 \leq R \leq 3 \text{ Å}$ [4]; 7 — потенциал [20], рассчитанный методом Dmol

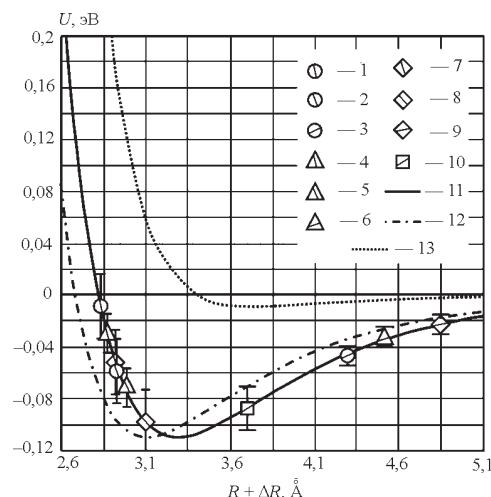


Рис. 6. Восстановленный потенциал $U[\text{Ar}-\text{K}^+]$: 1–10 — точки, соответствующие тем же позициям атома аргона, что 1–3 на рис. 3–4 и 1–4 на рис. 5, но характеризующие взаимодействие пар $\text{Ar}-\text{K}^+$; 11 — график восстановленного потенциала; 12 — потенциал, рассчитанный методом Dmol; 13 — потенциал взаимодействия изoeлектронной пары $\text{Ar}-\text{Ar}$ [3]

Таблица 3

Результаты моделирования растворения и миграции аргона в кристаллах с использованием восстановленных потенциалов взаимодействия

Позиция	$E_{s,i,v}$, расчет, эВ*	E_i^D, E_v^D , эВ**		Позиция	$E_{s,i,v}$, расчет, эВ*	E_i^D, E_v^D , эВ**	
		Расчет	Экспер.			Расчет	Экспер.
KCl, «s»	1,16	—	—	KBr, «cv»	-0,10	1,30	1,30
KCl, «i»	0,87	0,29	0,31	KBr, «av»	-0,74	1,94	—
KCl, «cv»	-0,31	1,47	1,48	KI, «s»	1,38	—	—
KCl, «av»	-0,83	1,99	1,98***	KI, «i»	1,05	0,33	0,31
KBr, «s»	1,21	—	—	KI, «cv»	0,63	0,75	0,79
KBr, «i»	0,83	0,38	0,36	KI, «av»	-0,38	1,76	1,76

Примечания: * — энергии внедрения, рассчитанные по формуле (6); ** — энергии выхода, формулы (5), (6); *** — значение не использовалось при восстановлении потенциалов (см. пояснения в тексте); «s» — позиции атома на потенциальном барьере, «i» — междоузельные позиции, «cv» — позиции в катионных, «av» — в анионных вакансиях.

возможность применения парных потенциалов для описания взаимодействия атомов аргона с окружением в ионных кристаллах.

Заключение

Таким образом, в работе установлены механизмы диффузии радиогенного аргона в щелочно-галогенидных кристаллах. Впервые определены энергии и потенциалы взаимодействия атомов аргона с ионами на «средних» расстояниях, при энергиях, меньших 0,5 эВ. Восстановленные потенциалы являются универсальными, что подтверждается их совпадением на малых расстояниях с потенциалами [3–4], описывающими столкновения в газовой фазе.

Показано, что энергия взаимодействия пары $\text{Ar}-\text{K}^+$ в минимуме потенциала взаимодействия ($U_{\min} = 0,11$ эВ) на порядок превышает энергию связи изоэлектронной ван-дер-ваальсовской молекулы $\text{Ar}-\text{Ar}$ ($U_{\min}[\text{Ar}-\text{Ar}] = -0,012$ эВ [3]), что указывает на образование химической связи $\text{Ar}-\text{K}^+$. Отсюда следует возможность связывания инертных газов ионными кристаллами.

Вывод о сравнительно сильном химическом связывании аргона в кристаллах качественно согласуется с полученными ранее результатами восстановления и расчета потенциалов взаимодействия гелия с катионами [20, 21], а также подтверждается квантово-химическими расчетами.

Список литературы

1. Хокни Р., Иствуд Дж. Численное моделирование методом частиц/Пер. с англ. М.: Мир, 1987.
2. Мак-Даниель И., Мэзон Э. Подвижность и диффузия ионов в газах/Пер. с англ. М.: Мир, 1976.
3. Радциг А. А., Смирнов Б. М. Параметры атомов и атомных ионов: Справочник. 2-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1986.
4. Бычков В. Л., Радциг А. А., Смирнов Б. М. Восстановление потенциала взаимодействия иона с атомами и молекулами из данных о подвижности ионов в газе // ТВТ. 1978. Т. 16, № 4. С. 713–716.
5. Купряжкин А. Я. Диффузия, растворимость и межчастичное взаимодействие в системе «газ – несовершенный кристалл». Автореф. дис. докт. физ.-мат. наук. Свердловск: УПИ, 1990.
6. Купряжкин А. Я., Дудоров А. Г., Некрасов К. А. Восстановление потенциала взаимодействия атомов гелия с ионами фтора по данным растворимости гелия в ионных кристаллах со структурой флюорита // Сб. научн. тр. «Метастабильные состояния и фазовые переходы». Екатеринбург: УрО РАН, 1997. Вып. 1. С. 233–241.
7. Некрасов К. А., Купряжкин А. Я. Восстановление потенциала взаимодействия атомов гелия с ионами фтора по данным междоузельной диффузии и растворимости гелия во фторидах щелочноземельных металлов // ТВТ. 2001. Т. 39, № 2. С. 229–234.
8. Felix F. W., Müller M. Interaction of rare gas interstitials with lattice defects in Sr-doped potassium halides // Phys. Stat. Sol. B. 1971. Vol. 46. P. 265–271.
9. Norgett M. J., Lidiard A. B. The migration of inert gases in ionic crystal // Phil. Mag. 1968. Vol. 18. P. 1193–1210.
10. Купряжкин А. Я., Шеин И. Р., Попов Е. В. Введение эффективных коэффициентов диффузии в нестационарных диффузионных экспериментах // ЖТФ. 1983. Т. 53, № 8. С. 1578–1582.
11. Голанд А. Современное изучение точечных дефектов в металлах // Точечные дефекты в твердых телах. М.: Мир, 1979. С. 318–323.
12. Dick B. G., Overhauser A. W. Theory of the dielectric constants of alkali halide crystals // Phys. Rev. 1958. Vol. 112. P. 90–103.
13. Sangster M. J. L., Atwood R. M. Interionic potentials for alkali halides: II Completely crystal independent specification of Born-Mayer potentials // J. Phys. C: Solid St. Phys. 1978. Vol. 11. P. 1541–1555.
14. Fowler P. W., Harding J. H., Pyper N. C. The polarizabilities and dispersion coefficients for ions in the solid group IV oxides // J. Phys.: Condens. Matter. 1994. Vol. 6. P. 10593–10606.
15. Mott N. F., Littleton M. J. Conduction in polar crystals. I. Electrolytic conduction in solid salts // Trans. Faraday Soc. 1938. Vol. 34. P. 485–499.
16. Kim Y. S., Gordon R. G. Unified theory for the intermolecular forces between closed shell atoms and ions // J. Chem. Phys. 1974. Vol. 61, No. 1. P. 4323–4331.
17. Slater J. K., Kirkwood J. G. The van der Waals forces in gases // Phys. Rev. 1931. Vol. 37. P. 682–697.
18. Nelder J. A., Mead R. A simplex method for function minimization // Computer J. 1964. Vol. 7. P. 308–313.
19. Delley B. An all-electron numerical method for solving the local density functional for polyatomic molecules // J. Chem. Phys. 1990. Vol. 92. P. 508–517.
20. Kupryazhkin A. Ya., Nekrassov K. A., Ryzhkov M. V. et al. Determination of potentials of interaction between rare gases and multiply charged ions // AIP Proc. 2003. Vol. 663. cd-rom.
21. Nekrassov K. A., Kupryazhkin A. Ya. Joint determination of Bernal interaction potentials for gas-ion pairs from measurements of the gas diffusion and solubility in ionic crystals // AIP Proc. 2003. Vol. 663. cd-rom.

О ПОВЫШЕНИИ РОЛИ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

Е. В. Моргунов

Институт проблем рынка Российской Академии наук
Нахимовский пр-т, 47, Москва, 117418, Россия
Тел.: (495) 779-1438; e-mail: morgun1976@mail.ru



Моргунов
Евгений
Владимирович

Сведения об авторе: кандидат экономических наук, ученый секретарь Института проблем рынка РАН

Образование: Институт государственного и муниципального управления Государственного университета управления (1999 г.).

Область научных интересов: Институциональная экономика, государственное управление, управление собственностью, экономика и управление энергетическим сектором.

Публикации: 35 научных работ.

The savings of energy and replacement of hydrocarbonic sources with renewed sources, nuclear and hydrogen power is one of mainstreams of industrial policy in 21st century. A modern condition of nuclear power possesses a number of negative properties but if to start with a reality of basic exhaustion not renewed and unprofitableness renewed power sources, under condition of introduction of the new technologies based on closed fuel cycle, nuclear power should become a powerful element of the future power structures.

На рубеже XX и XXI вв. одними из основных критериев благополучия и могущества того или иного государства стали энерговооруженность и энергоэффективность национальной экономики. Большинство государств строят свою внутреннюю и внешнюю политику с учетом возрастания роли энергетических ресурсов в обеспечении устойчивого экономического роста страны. Более того, каждому новому технологическому укладу присущи не только качественные изменения в структуре использования и видах энергоресурсов, но и количественный рост энергопотребления, который в душевом исчислении увеличивается кратно.

В то же время практически все регионы мира сталкиваются с риском необратимого разрушения окружающей среды. Управление социально-экономическими системами, не согласованное с возможностями природной среды, ее воспроизводительной способностью и законами природы, явилось причиной возникновения тенденций, влияния которых ни планета, ни ее население не смогут долго выдержать: экстенсивный экономический рост разрушает природную среду, приводит к экологической деградации, а это, в свою очередь, подрывает ресурсную базу и процесс экономического роста. Поэтому более полное использование энергоресурсов или их сбережение в настоящее время является одним из краеугольных камней промышленной политики во всех развитых странах, основой современной экономической и энергетической философии.

Разработка и внедрение новых технологий разведки, добычи и использования органического топлива, безусловно, способствуют росту энергоэффективности, однако в XXI веке, в особенности ближе к его середине, дефицит наиболее ценных видов энергоресурсов (нефти и газа) может ощущаться во многих регионах мира. В результате производство электроэнергии на базе природного газа и мазута может стать слишком дорогим.

В странах с теплым климатом определенные перспективы производства электроэнергии связываются с солнечной энергетикой, если технологию производства электроэнергии на солнечных электростанциях удастся сделать достаточно дешевой. Для стран с холодным и умеренным климатом такая перспектива кажется более сомнительной. В результате для покрытия широкомасштабных потребностей таких стран в электроэнергии нужны будут другие источники первичной энергии. Одним из основных направлений в энергетической политике ведущих развитых стран рассматривается замещение углеводородных источников энергии на возобновляемые источники, атомную и водородную энергетику.

В настоящее время активно пересматривается негативный подход, сложившийся после крупных аварий (на о-ве Тримайл в 1978 г. и Чернобыльской — в 1986 г.) в отношении использования атомной энергии для обеспечения человеческих потребностей. Во всяком случае, в рамках прошедшего в Санкт-Петербурге саммита G8 атомная энергетика уже рассматривается

в качестве одного из стратегических направлений энергообеспечения цивилизации будущего.

Мотивация отхода в последние десятилетия от использования атомной энергетики заключается в том, что сегодняшнее ее состояние обладает рядом негативных свойств, которые не являются экономически оправданными и которые не позволяют в полной мере использовать именно сегодняшнюю атомную энергетику для обеспечения в будущем энергетической безопасности как нашей страны, так и всего мира.

Но если исходить из реальности принципиального истощения невозобновляемых органических источников энергии, а возобновляемые энергетические источники еще сравнительно далеки от рентабельности, то атомная энергетика (в ее сравнительно «безопасных формах») является единственной, по сути дела, реальной альтернативой будущих энергетических структур.

Речь идет о том, чтобы обосновать следующее положение: совершенствование технологии функционирования атомных электростанций может принципиальным образом повысить степень их безопасности, иными словами, выход на уровень адекватных технико-технологических мер безопасности (оптимальная переработка радиоактивных отходов, минимизация негативных воздействий АЭС на экосферу и др.) может обеспечить достаточную безопасность атомных электростанций.

Именно в этом контексте утверждается, что только атомная энергетика, вытесняя более «грязные» энергетические источники (речь идет о современных тепловых электростанциях, выбрасывающих в атмосферу немало радиоактивных отходов сгорания мазута и угля), может обеспечить более «здоровую жизнь и чистую окружающую среду».

Атомная энергетика — это добыча урановой руды, создание ядерного горючего, транспорт его, использование на АЭС, хранение, в том числе и технологическое. Ресурсы вторичного сырья в ядерной энергетике как нигде велики: в топливе ядерных реакторов после однократного использования сохраняется около 95 % начального энергетического потенциала, что соответствует более чем миллиону тонн органического топлива на тонну ядерного.

Сейчас повсеместно развито длительное хранение облученного ядерного топлива (ОЯТ), но его нужно и перерабатывать. ОЯТ — это мощный энергетический ресурс. И, как это ни парадоксально звучит, только с помощью энергетики, в том числе и атомной, можно сегодня очистить все накопившиеся загрязнения, включая и радиоактивные загрязнения, отходы. Причем эти радиоактивные отходы главным образом накопились не в атомной энергетике, а при реализации военных программ — атомная бомба, подводные лодки. Доля загрязнений от атомной энергетики составляет тысячные доли всех радиоактивных отходов. По сравнению с тепловыми электростанциями объем образующихся радиоактивных отходов на АЭС составляет очень незначительную величину. Так, все действующие

АЭС мира за весь период своего существования наработали почти в 9 раз меньше твердых отходов, чем одна угольная ТЭС мощностью 1300 МВт дает за год.

Развитие современной науки и техники позволяет использовать в качестве свежего топлива уже отработанное ядерное топливо после малозатратной технологической обработки. При этом решается сразу несколько проблем — экологическая, ресурсосбережения и топливообеспечения, а атомная энергетика выходит в своем развитии на замкнутый топливный цикл.

Отношение к атомной энергетике с учетом энергетического кризиса существенно меняется еще и потому, что атомная энергетика дает на сегодняшний день самое дешевое электричество. Если в тарифе обычной (тепловой) энергетики на органическом топливе около 60 % составляет стоимость природных ресурсов (в этом топливе большая доля природно-ресурсной ренты, а не оплаты труда), то стоимость природной составляющей в атомной энергетике составляет 15 %. И если запасов топлива для всей органической энергетики хватит только на несколько десятилетий, то для атомной энергетики — на тысячелетия. Атомная энергетика обеспечивает работой, ведь для нее в большей степени важен возобновляемый ресурс — человеческий труд, а не природный материал.

Необходимо также учитывать, что атомная энергетика, например, энергетика на быстрых нейтронах, позволяет замкнуть топливный цикл таким образом, чтобы нарабатывалось новое топливо, что приводит к увеличению эффективности топливоиспользования и уменьшению количества отходов. Технологический прогресс позволяет полностью использовать все преимущества энергии деления атомного ядра, а не часть из них, как в настоящее время, и сделать эту ядерную технологию достаточно приемлемой с точки зрения стоимости, а вся совокупность факторов превращает энергетику на быстрых нейтронах в чрезвычайно актуальный продукт. Такая энергетика, во-первых, не будет отвергаться обществом и, во-вторых, обеспечит глубокое планирование развития общества в части энергетических потребностей, предоставляя человечеству целую гамму различных преимуществ.

Современные технологии позволяют исключить из процесса переработки отработанного ядерного топлива (ОЯТ) стадию выделения плутония, что позволит избежать накопления этого расщепляющегося материала и, соответственно, существенно укрепить режим ядерного нераспространения. С этой же целью можно перейти в атомной энергетике к использованию ядерного топлива на основе природного урана. Переработка ОЯТ с целью извлечения полезных компонентов для их последующего использования является высокой технологией, освоенной в промышленном масштабе только лишь в нескольких ведущих ядерных державах, в число которых входит и Россия. Более того, ядерная энергетика решает проблемы получения водорода из воды и перехода к водородной энергетике.

В экономически развитых странах мира, продолжая поддерживать на основе новых технологий традиционную углеводородную и атомную энергетику, одновременно активно готовятся к тому, чтобы в качестве ведущего энергоносителя использовать водород. В США, Японии, странах Евросоюза в расчете на будущий покупательский спрос еще с 90-х годов прошлого века идет формирование массового «водородного сознания» с учетом глобальной и собственной национальной энергобезопасности. Это делается прежде всего путем привлечения внимания широких кругов общественности к принятым в этих странах программам водородной энергетики.

9 июня 2006 г. в рамках X Петербургского Международного экономического форума прошла Первая международная конференция и выставка «Водородная энергетика будущего: регионы и отрасли» («ВЭБРО»), приуроченные к Саммиту-2006 «Группы восьми». Общую стратегическую линию ВЭБРО определяет деятельность России в области энергоэкологической безопасности в соответствии с принятым на Саммите-2005 Планом действий «Группы восьми», обеспечивающим устойчивое развитие в условиях неблагоприятных климатических перемен. Намечаемое в Российской Федерации ускоренное технологическое обновление энергетической отрасли обязывает прицельно работать на перспективных направлениях энергетики — водородном и термоядерном.

Мировой рынок водородных энергоносителей уже сегодня развивается в условиях острой конкуренции. На нем представлены подводные лодки и самолеты на водородных двигателях, водородные автострады и авторалли, линии водородных автобусов со стационарными заправками, новые автомобили, скутеры, инвалидные коляски и другая водородная техника, топливные элементы для компьютеров и мобильных телефонов, водородные игрушки и т. п. В перспективном плане роль водородной энергетики в развитых странах с учетом перехода на новый технологический уклад несомненно будет возрастать, соответственно, как и конкурентная борьба в водородной экономике.

В этой связи России требуется пятикратное увеличение мощностей АЭС и получение на них не менее 50 % водорода. Поэтому в «Основных направлениях политики Российской Федерации в области развития инновационной системы до 2010 года» (2005 г.) особо отмечена необходимость усиления государственного регулирования и поддержки научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в конкурентоспособных областях, к которым относится и атомная энергетика. Целью государственной политики в этой сфере является формирование экономических условий для реализации инноваций путем объединения усилий государства и предпринимательского сектора на основе взаимовыгодного партнерства.

28 марта 2006 г. в г. Владимир Московский центр Карнеги провел семинар на тему «Глобаль-

ное партнерство по атомной энергии», в ходе которого российские и американские специалисты обсудили инициативу, выдвинутую американской администрацией в этой области. Выступившие с докладами на этом семинаре представители Министерства энергетики США подчеркнули, что при решении собственной энергетической проблемы США все более полагаются на развитие атомной энергетики. Это обусловлено не только ограниченностью запасов углеводородов, но и необходимостью обеспечения благоприятных условий окружающей среды (экология, температурный режим и т. п.). Причем роль последних факторов значительно усилилась за последние 5–10 лет.

По мнению представителей Министерства энергетики США, в рамках глобального партнерства в области атомной энергии необходимо разработать механизм координации деятельности разных стран. Они полагают, что глобальное партнерство в области атомной энергии соответствует интересам и России, и США и может повысить уровень наших взаимоотношений. Россия имеет большой опыт работы с атомной энергией и передовые технологии, значительно снижающие риск ядерного нераспространения. В то же время за период «холодной войны» страна накопила большое количество расщепляющихся материалов, которые могут быть использованы в мирных целях. Участие России в такой программе поможет ей решить собственную энергетическую проблему, а также утилизировать избыточные ядерные материалы оружейного качества. Идея такого глобального партнерства нашла поддержку в Конгрессе США, для ее реализации в 2007 г. запланировано выделить 250 млн. долл.

Также важно понимать, что создание экономически рентабельного энергетического реактора на быстрых нейтронах является достаточно сложной технической задачей. Сейчас только Россия имеет промышленный образец такого реактора (БН-600, функционирующий в качестве третьего энергоблока Белоярской атомной электростанции). Использование международного опыта и передовых западных технологий поможет России решить эту проблему дешевле и быстрее. Техническая сторона реализации инициативы администрации Дж. Буша в области атомной энергии требует отдельного рассмотрения, так как в настоящее время существуют правовые неувязки, но в любом случае необходимо ускорить разработку механизма реализации предложенной инициативы с учетом мнения заинтересованных стран.

В целом, с нашей точки зрения, энергосбережение и постепенное замещение углеводородных источников на возобновляемые источники, атомную и водородную энергетику при условии внедрения новых технологий, основанных на замкнутом топливном цикле, является одним из главных направлений промышленной политики в XXI веке.





ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНО-ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ ЗАМКНУТЫХ ЦИКЛОВ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СТИРЛИНГА

И. А. Турсунбаев

Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» Академии наук Республики Узбекистан
Г. Мавлянова, 2 «Б», Ташкент, 700084, Узбекистан
Тел. (998)-71-1357617; факс: (998) 71-1354291; e-mail: tursunbaev@uzsci.net



Турсунбаев
Ильдар Абдуллаевич

Сведения об авторе: кандидат техн. наук, зав. лабораторией гелиотехнических конструкций.

Образование: МЭИ (1964).

Область научных интересов: теоретические и экспериментальные исследования в области термодинамического преобразования солнечно-тепловой энергии на основе замкнутого цикла теплового двигателя Стирлинга. По этому направлению при участии автора выполнено более 20 проектов солнечных тепловых и энергетических установок на базе двигателей Стирлинга в диапазоне мощностей 0,05–25 кВт.

Публикации: более 60 статей, 2 монографии и 36 патентов и авторских свидетельств.

The modern state of the work on solar power units with Stirling engine is presented. The level of the studies in this area in Physico-technical institute NPO «Physics-Sun» of Academy of the sciences of Uzbekistan is presented. Perspective of the given directions of the studies is shown.

К настоящему времени в мире наиболее развиты две технологии термодинамического преобразования солнечной энергии:

- солнечные и солнечно-топливные электрические станции (СЭС) в диапазоне мощностей от 0,5 до сотен МВт, основанные на использовании известного цикла Ренкина;

- солнечные автономные энергетические установки (АСЭУ), основанные на использовании тепловых двигателей, работающих по термодинамическому циклу Стирлинга, и солнечные электрические модульные станции (СЭМС) на их основе.

Привлекательность использования двигателя Стирлинга обусловлена, в первую очередь, высоким термодинамическим КПД, бесшумностью работы, низкими затратами энергии на собственные нужды, высокой экологической чистотой, даже в случае комбинированного теплоподвода (солнечное излучение – органическое топливо). Все высокоразвитые страны мира интенсивно развивают это направление солнечных энергетических технологий. На сегодняшний день в мире построено более 20 пилотных образцов АСЭУ ДС электрической мощностью от 0,5 до 75 кВт [1–5].

Перечень практически реализованных проектов, выполненных рядом ведущих мировых фирм:

- лаборатория реактивного движения (Jet Propulsion Lab.) Калифорнийского технологического института на основе двигателя Стирлинга (ДС) P-40 фирмы «United Stirling» разработала и провела испытания солнечной энергетической установки мощностью 23,5 кВт. В ходе годичных испытаний получен рекордный результат по эффективности преобразования солнечной энергии 28 %;

- фирма «Schlaich, Bergermann und Partner» из Германии реализовала два проекта: 3 установки с концентратором диаметром 17 м и ДС P-75 фирмы «United Stirling» мощностью 50 кВт испытаны в Германии и Саудовской Аравии, и 3 установки с мембранным концентратором и ДС V-160 испытаны на полигоне «Platforma Solar de Almeria» в Испании, наработан ресурс более 12000 ч;

- проект солнечной станции мощностью 1 МВт на основе модуля с ДС P-75 и концентратора диаметром 18,6 м, станция состоит из 18 модулей, расчетная стоимость вырабатываемой электроэнергии 0,0765 долларов США;

– фирма «Cummins Power Generation, Inc.» в кооперации с рядом других фирм выполняет программу по созданию солнечной энергоустановки с двигателем Стирлинга мощностью 5 кВт и объявила о намерении выпускать на мировой рынок ежегодно по 10 тысяч 5-киловаттных установок по цене 2500 \$/кВт с КПД 17 % и ресурсом 20 тыс. ч.

В Калифорнии в 2008–2012 гг. намечено строительство двух модульных солнечных электростанций мощностью 500 МВт на базе концентратора диаметром 15 м и двигателя Стирлинга мощностью 25 кВт. Каждая станция будет состоять из 20 тысяч таких модулей.

Исследования по двигателям Стирлинга (ДС) проводятся в Физико-техническом институте НПО «Физика-Солнце» Академии наук Республики Узбекистан со второй половины 1960-х годов. Основной целью исследований являлось создание эффективных преобразователей солнечной энергии. Развитие работ в этом направлении в лаборатории гелиотехнических конструкций Физико-технического института начиналось с изготовления действующих макетов двигателя Стирлинга и анализа рабочего процесса. Уже первые исследования показали перспективность данного направления. Были разработаны опытные образцы ДС различного применения. Одновременно разрабатывались математические модели рабочего процесса и программы расчета и оптимизации конструктивных параметров двигателя Стирлинга [6].

Важный этап развития НИР в этом направлении связан с Программой советско-индийского научно-технического сотрудничества, принятой правительствами двух стран в 1979 г. По этой программе разработана и испытана автономная солнечная энергетическая установка с двигателем Стирлинга АСЭУ-0,5 проектной мощностью 0,5 кВт [5], а опытный образец двигателя Стирлинга был отправлен в Индию для проведения испытаний. На рис. 1 показана АСЭУ-0,5, установленная на гелиополигоне ФТИ.

Следующий шаг в развитии СЭУ с ДС — это разработка солнечного ДС с приводом типа «косая шайба» мощностью 5 кВт для проектируемой в России блочно-модульной солнечной электростанции (головной исполнитель по станции НПО «Астрофизика»). Это четырехцилиндровый двигатель двойного действия с герметично встроенным в картер на основной вал электрогенератором. Такая компоновка обеспечивает минимальные размеры, массу и осевое размещение коленчатого вала и электрогенератора и, следовательно, минимальную площадь поперечного сечения двигателя, т. е. минимальное затенение концентратора.

Основным недостатком солнечных энергоустановок является прерывистый в течение суток, а также непостоянный в течение дня характер поступления солнечной радиации. Комбинированные солнечно-топливные энергетические установки на основе двигателя Стирлинга лишены этого недостатка и могут обеспечить стабильное энер-



Рис. 1. Солнечная энергетическая установка с двигателем Стирлинга АСЭУ-0,5

госнабжение потребителей. При этом практически все отводимое в цикле тепло, в том числе теплота выхлопных газов камеры сгорания или теплотери теплоприемника (юстировочные потери и потери за счет неточности системы слежения) в случае солнечного теплоподвода, могут быть утилизированы и использованы в системе отопления или горячего водоснабжения.

В современных условиях наблюдается устойчивая тенденция к децентрализации систем отопления и теплоснабжения. Это делает весьма привлекательным и перспективным развитие систем автономного электротеплоснабжения на основе ДС как с солнечно-топливным, так и с чисто топливным теплоподводом.

Был выполнен анализ производительности солнечно-топливной энергоустановки с двигателем Стирлинга мощностью 5 кВт с учетом реальных климатических условий для района г. Ташкент. При этом были использованы результаты обработки данных многолетних (1981–1991 гг.) наблюдений по суммам прямой солнечной радиации для каждого часа суток как при ясном небе, так и с учетом реальных данных продолжительности и суточного хода солнечного сияния [7]. В результате получен прогноз по:

- годовой производительности по электроэнергии — 11126 кВт·ч при работе в режиме солнечной энергоустановки;

- годовой производительности по теплу при работе в режиме солнечно-топливного теплоподвода на номинальной мощности 45466 кВт·ч;

- годовой экономии топлива до 25 % за счет использования солнечной энергии в случае круглосуточной работы установки в комбинированном солнечно-топливном режиме без учета получаемой тепловой энергии.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

- для района г. Ташкент использование солнечных энергоустановок с ДС наиболее эффективно с марта по октябрь;

– при работе в комбинированном солнечно-топливном режиме наиболее полно удовлетворяются потребности автономного потребителя энергии, так как режим работы установки легко согласуется с графиком потребления энергии;

– использование данных многолетних наблюдений климатических параметров позволяет уже на этапе разработки технико-экономического обоснования выполнить прогнозирование эффективности использования солнечных или солнечно-топливных энергосистем для конкретных регионов республики.

Солнечно-топливные энергетические установки с двигателем Стирлинга (СТУДС) могут быть использованы для комбинированного электро- и теплоснабжения автономного потребителя. В таких установках двигатель Стирлинга, его система охлаждения, солнечный теплоприемник и топочно-горелочное устройство комплектуются специальным теплообменным оборудованием, которое позволяет утилизировать сбрасываемое с двигателя низкопотенциальное тепло и получать одновременно с электроэнергией горячую ($55-80^{\circ}\text{C}$) воду.

Разработана схема СТУДС (рис. 2) на базе разработанного лабораторией гелиотехнических конструкций Физико-технического института 3 кВт двигателя Стирлинга и биогазовой установки. Двигатель Стирлинга оборудован комбинированным солнечно-топливным полостным теплоприемником (8), в полости которого расположен горячий теплообменник двигателя, а также смонтировано специальное топочно-горелочное устройство с микрофакельным полем горения. Пневмогидравлическая схема СТУДС выполняется двухконтурной и включает водогрейный котел-бойлер (4), теплообменник-подогреватель биогазовой установки (5), теплообменник котла-бойлера (6), радиатор теплосброса перед входом в систему охлаждения двигателя (7). Теплообменник-подогреватель биогазовой установки использует часть утилизованного тепла для поддержания требуемого температурного режима работы биогазовой установки. Результаты расчетов параметров установки приведены в табл. 1, 2.

В связи с тенденцией децентрализации теплоснабжения большой интерес также представляют топливные энергоустановки на базе двигателя Стирлинга для комбинированного электротеплоснабжения отдельных потребителей. В процессе выполнения грантов: «INCO COPERNICUS» на тему «Development of Domestic Power Generation System using Stirling Engines and Combustion Chambers of Natural Gas»; по программе НАТО «Наука ради мира» на тему «Development of a 3-kW energetic unit on the

basis of a Stirling engine and a combustion chamber for the use in a fossil-biogas fuel/solar-dish/Stirling engine system» проведены исследования установок комбинированного электротеплоснабжения на базе двигателей Стирлинга мощностью 1 и 3 кВт (рис. 3, 4).

Выполнен грант на разработку двигателя Стирлинга мощностью 1 кВт, представленный Университетом науки и технологий Китая. В 2003 г. экспериментальный ДС был поставлен в Китай, и уже проведены его наладка и испытания. Двигатель показал соответствие проектным параметрам: мощность 1000 Вт при 1500 об/мин.

Вместе с тем исследовались и другие возможности применения ДС. Были изготовлены и испытаны следующие экспериментальные образцы ДС: одноцилиндровый мощностью до 1 кВт — для радиоизотопной энергоустановки; одноцилиндровый двигатель мощностью до 25 л. с. — для запуска промышленного трактора в условиях Севера; одноцилиндровый двигатель мощностью до 10 Вт с радиоизотопным теплоисточником — для привода искусственного имплантируемого сердца; двухцилиндровый двигатель вытеснительного типа мощностью 0,5 кВт — для радиоизотопных и солнечных энергоустановок; двухцилиндровый трехпоршневой комбинированный ДС — для получения механической (электрической) энергии, тепла и холода. Выполнено несколько проектов для применения ДС на морском транспорте и для глубоководных аппаратов. Был также выполнен проект двигателя Стирлинга для космического применения.

На базе комбинированного ДС разработано предложение по его применению для комплексного энергоснабжения электроэнергией, горячей водой и холодом небольшой животноводческой фермы на 50 голов крупного рогатого скота. При этом в качестве топлива используется биогаз, получаемый от переработки отходов, и обеспечивается экологическая чистота.

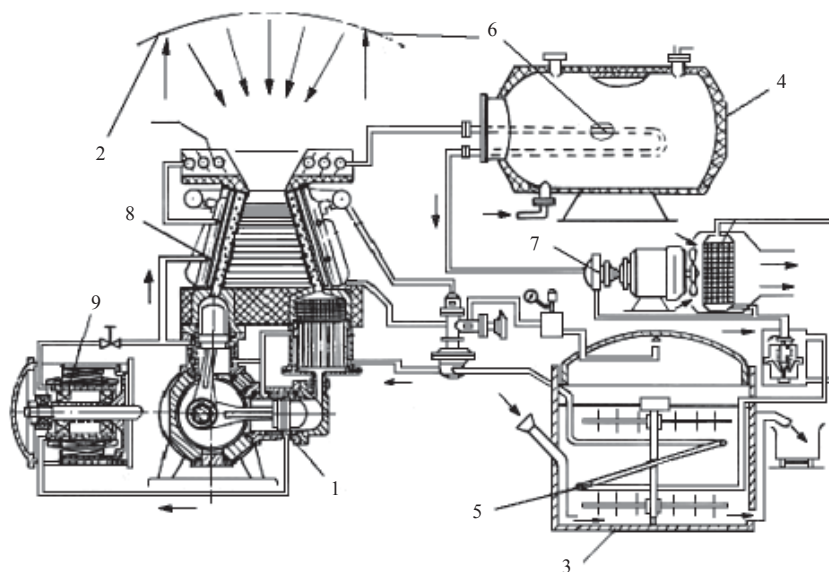


Рис. 2. Принципиальная схема солнечно-топливной энергетической установки комбинированного электро-теплоснабжения на основе двигателя Стирлинга, солнечного концентратора и биогазовой установки

Таблица 1

**Производительность солнечной энергетической установки мощностью 3 кВт
по электроэнергии и теплу при различных плотностях солнечной радиации**

E_c Вт/м ²	$Q_{вх}$, кВт	$\eta_{пр}$, %	$Q_{р.т.}$, кВт	$N_{эл}$, кВт	$\eta_{ДС}$	$Q_{юст}$, кВт	$Q_{дв}$, кВт	$Q_{утил}$, кВт	$E_{сум}$
300	7,650	76,400	5,845	0,300	0,039	0,478	3,145	3,623	0,513
350	8,928	78,900	7,044	0,660	0,074	0,558	3,984	4,542	0,583
400	10,200	81,490	8,312	1,008	0,099	0,638	4,904	5,541	0,642
450	11,470	83,030	9,524	1,320	0,115	0,717	5,804	6,520	0,684
500	12,750	84,260	10,743	1,650	0,129	0,797	6,693	7,490	0,717
550	14,020	85,260	11,953	1,920	0,137	0,876	7,633	8,510	0,744
600	15,300	86,110	13,175	2,208	0,144	0,956	8,567	9,523	0,767
650	16,570	86,820	14,386	2,490	0,150	1,036	9,496	10,532	0,786
700	17,850	87,430	15,606	2,820	0,158	1,116	10,386	11,502	0,802
750	19,120	87,960	16,818	3,150	0,165	1,195	11,268	12,463	0,817
800	20,400	88,420	18,038	3,420	0,168	1,275	12,218	13,493	0,829
850	21,670	88,830	19,249	3,720	0,172	1,354	13,129	14,484	0,840
900	22,950	89,200	20,471	4,020	0,175	1,434	14,051	15,486	0,850
950	24,220	89,520	21,682	4,290	0,177	1,514	14,992	16,505	0,859
1000	25,500	89,810	22,902	4,530	0,178	1,594	15,972	17,565	0,866

Примечание: E_c — плотность прямой солнечной радиации; $Q_{вх}$ — тепловой лучистый поток, попадающий в теплоприемник; $\eta_{пр}$ — КПД теплоприемника; $Q_{р.т.}$ — тепловой поток, переданный рабочему телу двигателя; $N_{эл}$ — электрическая мощность энергоустановки; $\eta_{ДС}$ — КПД двигателя Стирлинга; $Q_{юст}$ — тепловые потери от неточности юстировки и системы слежения; $Q_{дв}$ — теплосброс из холодильника и рубашек охлаждения двигателя и электрогенератора; $Q_{утил}$ — общая теплопроизводительность за счет утилизации теплосброса; $E_{сумм}$ — суммарная эффективность использования подводимого теплового потока.

Таблица 2

**Производительность энергетической установки с двигателем Стирлинга
мощностью 3 кВт по электроэнергии и теплу в топливном режиме**

$\eta_{ДС}$	$N_{эл}$, кВт	$E_{кс}$	$Q_{кс}$, кВт	$Q_{р.т.}$, кВт	$T_{дг}$, °С	$Q_{пот}$, кВт	$Q_{утил}$, кВт	$Q_{от-гв}$, кВт	$E_{от}$	$E_{сум}$
0,15	3000	0,6649	30080	20000	1896	1702	8378	25378	0,84368	0,9434
0,16	3000	0,6649	28200	18750	1896	1596	7854	23604	0,83703	0,9434
0,17	3000	0,6649	26541	17647	1896	1502	7392	22039	0,83038	0,9434
0,18	3000	0,6649	25066	16667	1896	1418	6981	20648	0,82373	0,9434
0,19	3000	0,6649	23747	15789	1896	1344	6614	19403	0,81708	0,9434
0,2	3000	0,6649	22560	15000	1896	1276	6283	18283	0,81043	0,9434
0,21	3000	0,6649	21486	14286	1896	1216	5984	17270	0,80379	0,9434
0,22	3000	0,6649	20509	13636	1896	1160	5712	16348	0,79714	0,9434
0,23	3000	0,6649	19617	13043	1896	1110	5464	15507	0,79049	0,9434
0,24	3000	0,6649	18800	12500	1896	1064	5236	14736	0,78384	0,9434
0,25	3000	0,6649	18048	12000	1896	1021	5027	14027	0,77719	0,9434

Примечание: $\eta_{ДС}$ — КПД двигателя Стирлинга, равный $N_{эл}/Q_{р.т.}$; $N_{эл}$ — электрическая мощность установки; $Q_{р.т.}$ — тепловой поток, переданный рабочему телу двигателя; $E_{кс}$ — КПД камеры сгорания; $Q_{кс}$ — тепловая мощность камеры сгорания; $T_{дг}$ — расчетная температура дымовых газов; $Q_{пот}$ — потери тепла с выхлопными газами после утилизатора; $Q_{утил}$ — теплопроизводительность за счет утилизации выхлопных газов после нагревателя ДС; $Q_{от-гв}$ — тепловая мощность, реализуемая на отопление и горячее водоснабжение; $E_{от}$ — эффективность использования топлива на отопление; $E_{сумм}$ — суммарная эффективность использования подводимого теплового потока.

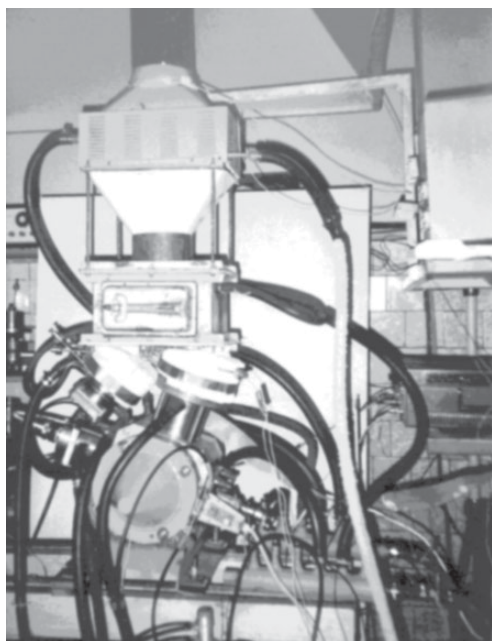


Рис. 3. Установка комбинированного электротеплоснабжения на базе двигателя Стирлинга мощностью 1 кВт



Рис. 4. Установка комбинированного электротеплоснабжения на базе двигателя Стирлинга мощностью 3 кВт

В настоящее время НИР по ДС продолжают выполняться по следующим направлениям:

- фундаментальные исследования рабочего процесса, разработка матмоделей и уточненных расчетных программ солнечных и солнечно-топливных энергоустановок с ДС;

- совершенствование экспериментальной базы, создание автоматизированных систем сбора и обработки экспериментальных данных.

На протяжении ряда лет проводятся также исследования термодинамических преобразователей на основе двигателя Стирлинга с жидкими поршнями — гидпоршневого преобразователя (ГП). Разработана и отлажена в изотермическом приближении программа расчета рабочего процесса гидпоршневого преобразователя (ГП) и выполнена серия расчетов на ПЭВМ с определением объемов рабочих полостей и давления рабочего тела в зависимости от времени, индикаторной работы в полостях и в целом, подводимой тепловой мощности, а также теплопотерь. Сопоставительный анализ показывает хорошее согласование экспериментальных и расчетных результатов и подтверждает работоспособность расчетной модели. По результатам исследований можно сделать вывод о том, что цикл ГП является комбинированным парогазовым циклом и может быть реализован от различных теплоисточников, в том числе солнечных коллекторов с температурой теплоносителя 70–95 °С. Эффективность процессов преобразования энергии в чисто газовом цикле значительно выше, чем в чисто паровом цикле, но при существенно меньшей удельной работе на единицу объема. Поэтому подбором соотношения компонент рабочего тела ГП и его параметров эффективный КПД цикла может быть увеличен [8–13]. Получен ряд патентов на оригинальные технические решения [14–19].

Экспериментальные исследования показали, что прерывистое с частотой ~1 Гц движение теп-

лоносителя в ГП интенсифицирует процессы теплообмена в солнечных коллекторах и повышает их тепловую эффективность в целом. Использование ГП в качестве циркуляционного насоса в солнечных системах горячего водоснабжения повышает их КПД за счет интенсификации процессов теплообмена и избавляет систему от недостатков, присущих системам с естественной

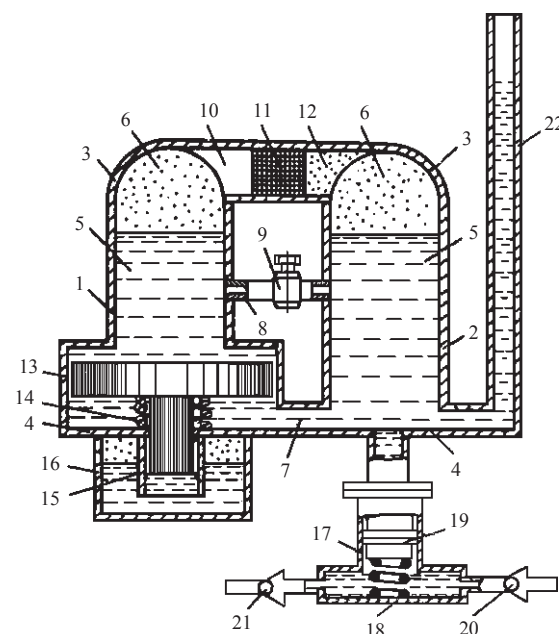


Рис. 5. Принципиальная схема гидпоршневого преобразователя: 1 — горячий цилиндр; 2 — холодный цилиндр; 3 — крышки цилиндров; 4 — днища цилиндров; 5 — жидкостные полости цилиндров; 6 — паровоздушные полости цилиндров; 7 — гидравлическая магистраль, соединяющая цилиндры; 8 — перепускная магистраль; 9 — регулирующий кран; 10 — нагреватель; 11 — регенератор; 12 — охладитель; 13 — поршень; 14 — пружина; 15 — ступень поршня; 16 — ежкость; 17 — гидравлический цилиндр; 18 — пружина; 19 — поршень; 20, 21 — обратные клапана; 22 — компрессионный столб

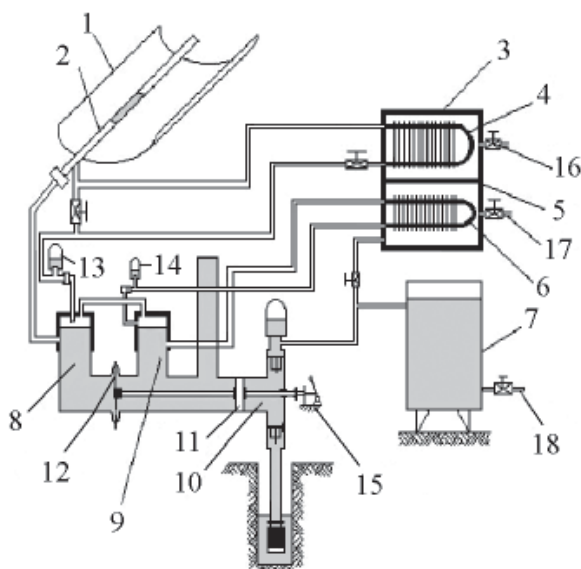


Рис. 6. Принципиальная схема солнечной установки горячего водоснабжения и водоподъема с параболическим концентратором и активным тепловым контуром: 1 — параболический концентратор; 2 — линейный солнечный теплоприемник; 3 — бак горячей воды; 4 — теплообменник; 5 — перегородка; 6 — теплообменник; 7 — бак-аккумулятор холодной воды; 8 — горячий цилиндр; 9 — холодный цилиндр; 10 — насосный блок; 11 — поршень насосного блока; 12 — поршень-мембрана; 13, 14 — циркуляционные насосы с пневмогидравлическими аккумуляторами; 15 — ручное пусковое устройство; 16, 17, 18 — краны расхода горячей, теплой и холодной воды

конвекцией. Принципиальная схема ГП показана на рис. 5.

По результатам выполненных исследований разработана принципиальная схема новой технологии преобразования солнечной энергии для систем солнечного теплоснабжения (рис. 6).

В заключение следует сказать, что комплексный сопоставительный анализ результатов, полученных в лаборатории, позволяет сделать вывод о перспективности разработок комбинированных многофункциональных солнечно-тепловых энергетических установок на основе термодинамических преобразователей, работающих по тепловым циклам Стирлинга.

Список литературы

1. Coleman Gerald C., Raetz J. E. Field performance of dish-Stirling solar electric system // 21st IECEC, San-Diego. 1986. Vol. 1. P. 627–632.
2. William B. Stine Solar Dish/Stirling Technology a world status report and comparison // 7th Int. Symp. on Solar Thermal Concentrating Technologies. Moscow, Sept. 1994. Vol. 1. P. 91–114.
3. Pons R. L., Clark T. A dish Stirling solar-thermal power system // Int. J. of Ambient energy. 1980. Vol. 3. P. 133–148.
4. Trukhov V. S., Toursounbaev I. A., Lezhebokov A. I. Development of the Stirling engine at PTI. Academy of Sciences of Republic of Uzbekistan for the system with the parabolic concentrator // 7th Int. Symp. on Solar Thermal Concentrating Technologies. Moscow, Sept. 1994. Vol. 2. P. 329–340.

5. Трухов В.С., Турсунбаев И.А. Исследование, разработка и опыт применения двигателей Стирлинга в автономных энергетических установках, использующих нетрадиционные источники энергии // НИИ НТИ и ТЭИ Госплана УзССР. Ташкент, 1988.

6. Трухов В. С., Турсунбаев И. А., Умаров Г. Я. Расчет параметров внутреннего теплообменного контура двигателя Стирлинга. Ташкент: ФАН, 1979.

7. Трухов В. С., Турсунбаев И. А. Оценка эффективности солнечно-топливных энергетических установок с двигателем Стирлинга для комбинированного электротеплоснабжения // Гелиотехника. 2000. № 4. С. 43–49.

8. Орда Е. П., Трухов В. С., Турсунбаев И. А. Солнечный гидропоршневой водоподъемник // Гелиотехника. 1991. № 5. С. 11–14.

9. Орда Е. П., Трухов В. С., Турсунбаев И. А. Плоские коллекторы как источник тепла для гидропоршневого водоподъемника // Гелиотехника. 1993. № 5. С. 31–34.

10. Орда Е. П., Трухов В. С., Турсунбаев И. А. Испытания солнечного водоподъемника с плоскими солнечными коллекторами // Гелиотехника. 1995. № 4. С. 41–45.

11. Орда Е. П., Трухов В. С., Турсунбаев И. А. Анализ рабочего процесса солнечного гидропоршневого преобразователя // Там же. № 6. С. 43–49.

12. Орда Е.П., Трухов В. С., Турсунбаев И. А. Прогнозирование производительности солнечного гидропоршневого водоподъемника с учетом климатических условий // Гелиотехника. 1999. № 1. С. 31–38.

13. Орда Е. П., Трухов В. С., Турсунбаев И. А. Исследование зависимости производительности солнечного гидропоршневого водоподъемника от полной высоты подъема воды // Там же. № 3.

14. Пат. РУз № 1272. Силовая установка / В. С. Трухов, И. А. Турсунбаев, Е. П. Орда, В. А. Чувичкин, Н. Ф. Овечкин // Зарег. в Гос. реестре 18.07.94.

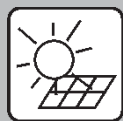
15. Пат. РУз № 1274. Двигатель с внешним подводом теплоты / В. С. Трухов, И. А. Турсунбаев, Е. П. Орда, В. А. Чувичкин, С. А. Бабушкин // Зарег. в Гос. реестре 18.07.94.

16. Пат. РУз № 1276. Двигатель с внешним подводом теплоты / В. С. Трухов, И. А. Турсунбаев, Е. П. Орда, В. А. Чувичкин, С. А. Бабушкин // Зарег. в Гос. реестре 18.07.94.

17. Пат. РУз № 1322. Двигатель с внешним подводом теплоты / В. С. Трухов, И. А. Турсунбаев, Е. П. Орда, В. А. Чувичкин // Зарег. в Гос. реестре 29.09.94.

18. Пат. РУз № 1359. Двигатель с внешним подводом теплоты / С. А. Азимов, В. С. Трухов, И. А. Турсунбаев, Е. П. Орда, В. А. Чувичкин // Зарег. в Гос. реестре 14.10.94.

19. Пат. РУз № 1357. Двигатель с внешним подводом теплоты / С. А. Азимов, В. С. Трухов, И. А. Турсунбаев, Е. П. Орда, В. А. Чувичкин // Зарег. в Гос. реестре 24.10.94.



КОНЦЕРТНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ВОДЫ КЛАСТЕРАМИ КОБАЛЬТА (III)

Т. С. Джабиев, Г. А. Куркина, А. Е. Шилов

Институт проблем химической физики РАН,
г. Черноголовка, Ногинский район, Московская область, Россия, 142432
Тел.: (496) 522-55-40; e-mail: timur@cat.icp.ac.ru, kga@icp.ac.ru, shilov@icp.ac.ru



Джабиев Таймураз
Савельевич

Сведения об авторе: доктор химических наук, ведущий научный сотрудник, руководитель группы Института проблем химической физики РАН.

Премия Совета Министров СССР (1989 г.)

Образование: МФТИ, факультет молекулярной и биологической физики.

Научные интересы: кинетика и механизм кластерных концертных реакций, преобразование световой энергии в химическую.

Публикации: более 80 работ.



Куркина Галина
Александровна

Сведения об авторе: аспирант третьего года обучения Института проблем химической физики РАН.

Образование: Ростовский государственный педагогический университет, факультет естествознания.

Научные интересы: химическое моделирование марганцевого кофактора фермента, окисляющего воду в фотосистеме II природного фотосинтеза.

Публикации: 2 работы.



Шилов Александр
Евгеньевич

Сведения об авторе: академик РАН, академик Европейской академии наук, научный руководитель Института биохимической физики им. Н. М. Эмануэля РАН, член Отделения химии и наук о материалах (секция химических наук), председатель Научного совета по химической физике, председатель комиссии РАН по разработке научного наследия академика Н. Н. Семенова.

Государственная премия СССР (1982 г.), Государственная премия РФ (1998 г.), Золотая медаль РАН им. Н. Н. Семенова (2001 г.), медаль за научное партнерство (2005 г.).

Научные интересы: химия, физическая химия, химическая кинетика и катализ, биомиметика, металлокомплексы, ферменты. Специалист в области кинетики и механизма химических реакций, металлокомплексного катализа, моделирования ферментативных процессов.

Публикации: более 400, автор трех открытий.

The most promising method of the renewable energy obtaining is photocatalytic water decomposition to hydrogen and dioxygen according to photo-stimulated endergonic reaction: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ (so named "artificial photosynthesis"). "Artificial photosynthesis" uses the solar light energy for generation of one-electron reductants and oxidants (for example, electrons and holes in *n*-type semiconductors). One-electron reductants can reduce protons from media to hydrogen, whereas holes should be able oxidize water molecules. Four holes must be accumulated by special catalyst for the aim to obtain one dioxygen molecule. In the coordination sphere of the special catalyst two water molecules should be then oxidized to one dioxygen molecule. The role of such a catalyst can play the polynuclear clusters of Co(III).

In this communication the kinetics and mechanism of water oxidation by Co(III) compounds in solutions of perchloric acid have been investigated. The conclusion has been made that the process is realized in the coordination sphere of the Co_n^{III} clusters with participation of several water molecules. Practically in all cases water is oxidized in two parallel routes. However, sometimes one of these two

routes can significantly exceed the other in activity. In accordance of the experimental conditions one can see different combinations of the two routes of dioxygen formation: $(Ox, Ox_2) \rightarrow O_2 + 2O_2$, $(Ox, Ox_3) \rightarrow O_2 + 3O_2$, $(Ox, Ox_4) \rightarrow O_2 + 4O_2$, $(Ox_2, Ox_4) \rightarrow 2O_2 + 4O_2$. Here, in parentheses, the clusters are showed which take part in the two parallel reaction routes, at that $Ox \equiv Co_4^{III}$. The investigated concerted (sinergetic) processes present the case of multi-substrat reactions with producing of several dioxygen molecules in elementary inter-cluster act. In such processes, the reaction's activation energy is sufficiently lover than in the few-substrat reactions.

Введение

Постоянно увеличивающиеся энергетические потребности человечества и одновременно опасность «глобального потепления» заставляют искать новые пути использования солнечной энергии, имея в виду прежде всего моделирование природного фотосинтеза. Химический метод преобразования солнечной энергии в потенциальную энергию экологически чистого химического топлива — водорода — основан на реакции фотокаталитического разложения воды на кислород и водород под действием квантов солнечного света: $2H_2O \rightarrow O_2 + 2H_2$ [1]. Этот так называемый «искусственный фотосинтез», как и природный фотосинтез, должен включать в себя ряд основных стадий: светоиндуцированное разделение электрических зарядов и их стабилизацию, восстановление протонов среды до молекулярного водорода фотогенерированными электронами (или другими химическими восстановителями), окисление воды до кислорода фотогенерированными окислителями («дырками»). Последний процесс в искусственном фотокаталитическом преобразователе световой энергии в химическую (рис. 1 [2]) потребует применения специального катализатора формирования O_2 под действием фотогенерированных «дырок».

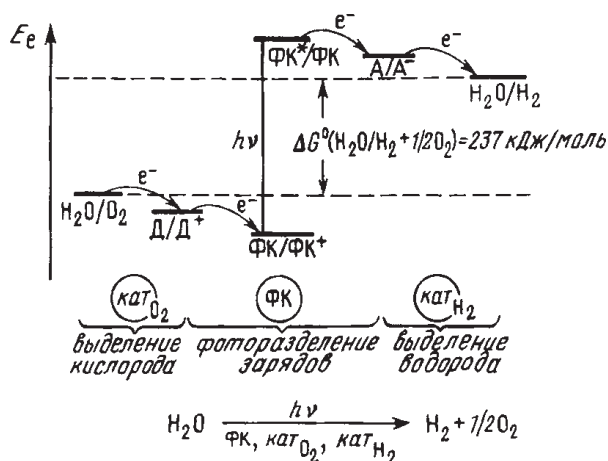


Рис. 1. Принципиальная схема искусственного фотосинтеза
Fig. 1. Scheme of "artificial photosynthesis"

Одними из наиболее перспективных катализаторов формирования молекулярного кислорода при окислении воды одноэлектронными окислителями являются полиядерные комплексы $Co(III)$ [3]. Для создания высокоэффективного катализатора формирования молекулярных продуктов окисления воды необходимо деталь-

ное знание механизма осуществления этого процесса.

В данном сообщении приведены наши результаты по кинетике и механизму окисления воды соединениями кобальта (III) в водных растворах хлорной кислоты.

Методика эксперимента

В работе использовали дистиллированную воду, хлорную кислоту фирмы Aldrich (марки х. ч.) и высокоочищенный трифторид кобальта CoF_3 фирмы Aldrich. Спектрофотометрические измерения проводили на приборе Specord M-40, реакционную смесь термостатировали с точностью $\pm 0,2^\circ C$.

Результаты и их обсуждение

Реакция окисления воды соединениями Co^{III} в кислых растворах изучается уже более 100 лет, однако полной ясности механизма этого процесса до сих пор нет. Почти все исследователи в XX веке предполагали в ходе реакции образование OH -радикалов [4]: $Co^{3+} + H_2O = Co^{2+} + H^+ + OH$, что просто невероятно, если учесть стандартные редокс-потенциалы пар Co^{3+}/Co^{2+} ($E^0 = 1,82 V$) и OH/H_2O ($E^0 = 2,85 V$) [5]. Свободная энергия Гиббса этой реакции равна примерно 24 ккал/моль, поэтому она просто запрещена термодинамически. Только в двух работах предполагали трехэлектронное окисление воды до HO_2 -радикала [6, 7], однако и эти представления включают в себя как внутренние противоречия, так и несогласованность с другими данными [8]. Спектрофотометрическое исследование растворов кобальта (III) показало, что в слабокислых растворах ионы Co^{3+} практически полностью входят в состав полиядерных кластеров, по мнению многих исследователей — в состав биядерных комплексов $(Co-O-Co)^{4+}$ [6].

Изучение кинетики окисления воды в хлорнокислых растворах соединений Co^{III} привело нас к выводу, что этот процесс осуществляется в координационных сферах полиядерных кластеров Co_{4n}^{III} , где $n = 1...6$, с участием одновременно нескольких молекул воды в коллективном процессе.

Английские и израильские исследователи ранее безуспешно пытались описать изучаемую реакцию одним стехиометрическим уравнением. Однако опыт показывает, что практически во всех случаях вода окисляется по двум параллельным маршрутам. На рис. 2 представлена кинетика реакции восстановления CoF_3 в 1,7 молярном водном растворе $HClO_4$, измеренная спектрофотометрически при температуре $12^\circ C$

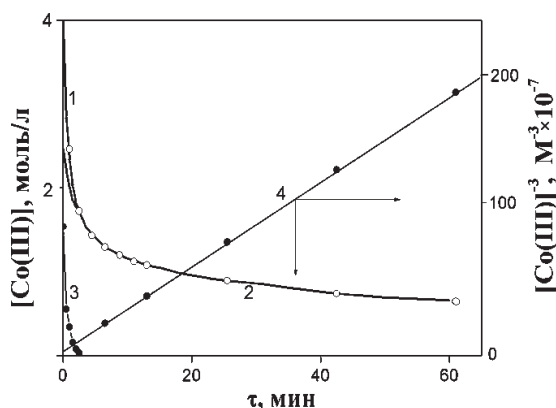


Рис. 2. Кинетика восстановления соединений Co^{III} по двум параллельным реакциям (1), одна из которых (кривая 1 минус кривая 2) является реакцией первого порядка по концентрации окислителя Ox . Условия: $[\text{Co}^{\text{III}}] = 0,004$ моль/л, $[\text{HClO}_4] = 1,7$ моль/л, $T = 12^\circ\text{C}$.

Fig. 2. Kinetics of Co^{III} compounds reduction on two parallel reactions (1), one of which (curve 1 minus curve 2) is monomolecular reaction on oxidant concentration ($[\text{Ox}]$). Conditions: $[\text{Co}^{\text{III}}] = 0,004$ mol/l, $[\text{HClO}_4] = 1,7$ mol/l, $T = 12^\circ\text{C}$.

(кривая 1). Кинетическая кривая 1 представляет собой сумму двух кинетических кривых: кривой 2, описывающей один из каналов восстановления Co^{III} в составе полиядерного кластера Ox_n , и разности кривых 1 и 2, которая описывает кинетику экспоненциального расходования окислителя Ox и вкладом которой в суммарный процесс после четвертой минуты можно пренебречь. Для наглядности кинетическая кривая первого (экспоненциального) канала изображена отдельно кривой 3. При спектрофотометрическом определении концентрации соединений кобальта в ходе реакции по оптической плотности раствора D использовали известные молярные коэффициенты экстинкции соединений Co^{III} $\varepsilon = 39$ л/моль·см на длине волны $\lambda = 401$ нм или $\varepsilon = 32,6$ л/моль·см на длине волны $\lambda = 605$ нм [6], а также $\varepsilon = 5,6$ л/моль при $\lambda = 515$ нм, который был установлен нами для Co^{II} . Экспоненциальная кинетика (кривая 3) восстановления $\text{Co}(\text{III})$ по первому каналу связана, по-видимому, с четырехэлектронным процессом окисления двух молекул воды в координационной сфере тетраядерного кластера Ox_4 (по нашим данным, Ox представляет собой кластер Co^{III}_4 , а не биядерный комплекс $(\text{Co}-\text{O}-\text{Co})^{4+}$, как предполагалось ранее во многих работах [4, 6, 7]): $(\text{H}_2\text{O})_2 \cdot \text{Co}^{\text{III}}_4 = \text{Co}^{\text{II}}_4 + \text{O}_2 + 4\text{H}^+$. В пользу такого объяснения говорит образование в элементарном акте внутрикластерного процесса всего одной молекулы кислорода (число образующихся молекул O_2 определяли с помощью фазовой траектории, которая была построена по кинетической кривой накопления O_2 по этому каналу [9]).

Реакция окисления воды по второму каналу (кинетическая кривая 2) имитирует закон реакции четвертого порядка и спрямляется в координатах $\{[\text{Co}^{\text{III}}]^{-3}, t\}$, (линейная анаморфоза 4 на рис. 2). Состав реакционноспособного кластера Ox_n второго канала легко определить

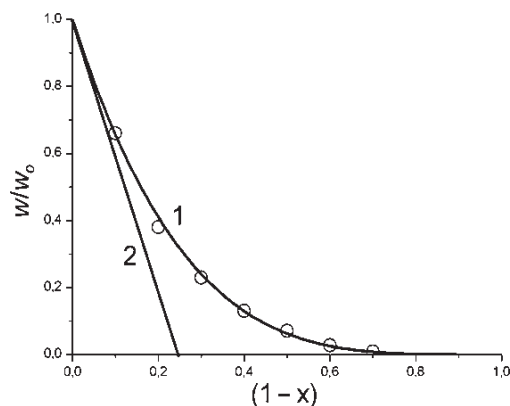


Рис. 3. Фазовая траектория процесса восстановления соединений Co^{III} водой, построенная по кинетической кривой 2 рис. 2

Fig. 3. Phase trajectory of the process of Co^{III} reduction by water (from curve 2 of fig. 2)

из фазовой траектории, построенной по кинетической кривой 2 на рис. 2 [9].

Полученная фазовая траектория показана на рис. 3. Первая производная безразмерной скорости процесса w/w_0 по степени превращения $(1-x)$ в самом начале реакции (прямая 2) равна четырем, что прямо указывает на состав реакционноспособного кластера Ox_4 , собранного из 4-х кинетически независимых окислителей Ox (т. е. из четырех тетраядерных кластеров Co^{III}_4). На рис. 3 по оси абсцисс отложена степень превращения окислителя $(1-x)$, где $x = [\text{Co}^{\text{III}}] / ([\text{Co}^{\text{III}}] + [\text{Co}^{\text{II}}])$ — мольная доля Co^{III} в растворе, содержащем только Co^{III} и Co^{II} . Таким образом, этот процесс (второй маршрут реакции) описывается уравнением: $(\text{H}_2\text{O})_8 \cdot \text{Co}^{\text{III}}_{16} = 4\text{Co}^{\text{II}}_4 + 4\text{O}_2 + 16\text{H}^+$. В этой реакции кластером $\text{Co}^{\text{III}}_{16}$ одновременно активируются 8 молекул H_2O .

В зависимости от условий проведения опытов можно наблюдать различные комбинации двух каналов формирования кислорода: $(\text{Ox}, \text{Ox}_2) \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{O}_2$, $(\text{Ox}, \text{Ox}_3) \rightarrow \text{O}_2 + 3\text{O}_2$, $(\text{Ox}, \text{Ox}_4) \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{O}_2$, $(\text{Ox}_2, \text{Ox}_4) \rightarrow 2\text{O}_2 + 4\text{O}_2$. Здесь в скобках указаны типы кластеров, которые окисляют воду по I и II маршрутам. Справа приведены количества кислорода, образующихся в суммарном процессе по этим двум маршрутам.

Как правило, процесс окисления воды осуществляется по двум каналам, хотя в некоторых случаях один из каналов может значительно превосходить другой по активности. Такой пример приведен на рис. 4. Здесь показана кинетика накопления кислорода при окислении воды в 5,5 мл 0,145 молярного CoF_3 в растворе 4,26 молярной HClO_4 при температуре 43°C . Максимально возможный выход O_2 в этом опыте при полном восстановлении Co^{III} в Co^{II} составляет 5 мл. Из фазовой траектории (кривая 1 на рис. 5), построенной по кинетической кривой образования O_2 (рис. 4), следует, что в этих условиях реакционноспособный кластер представляет собой Ox_3 (первая производная фазовой траектории в начале процесса равна 3, прямая 2 на рис. 5), и первым маршрутом реакции

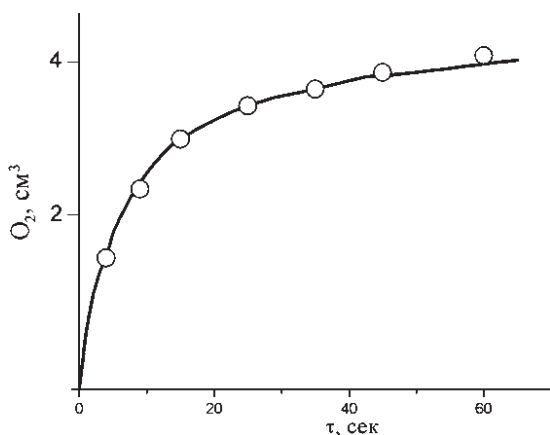


Рис. 4. Кинетика образования кислорода при окислении воды кластерами Co^{III} . Условия: $[\text{Co}^{\text{III}}] = 0,145$ моль/л, $[\text{HClO}_4] = 4,26$ моль/л, температура 43°C

Fig. 4. Kinetics of dioxygen generation by Co^{III} clusters at $[\text{CoIII}] = 0.145$ mol/l, $[\text{HClO}_4] = 4.26$ mol/l, temperature 43°C

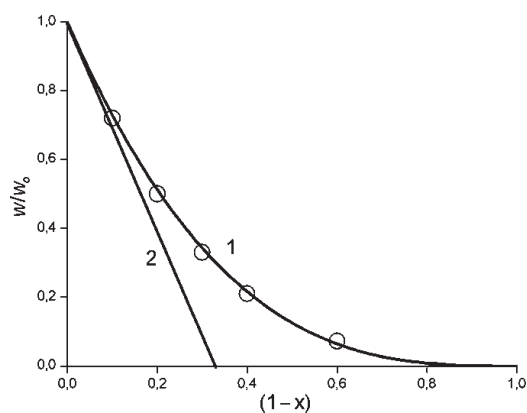


Рис. 5. Фазовая траектория процесса образования кислорода (1), построенная по кинетической кривой рис. 4, и ее производная в начальный момент (2)

Fig. 5. Phase trajectory of dioxygen production (1), made according to kinetic curve from fig. 4 and his first derivative at initial moment (2)

можно полностью пренебречь: $(\text{H}_2\text{O})_6 \cdot \text{Co}^{\text{III}}_{12} = 3\text{Co}^{\text{II}}_4 + 3\text{O}_2 + 12\text{H}^+$.

В литературе имеются противоречивые сведения об ингибирующем влиянии добавок Co^{II} в реакционную смесь. В одних работах утверждается, что Co^{II} не влияет на скорость восстановления Co^{III} [4, 6, 7], тогда как в других указывают, что Co^{II} ингибирует процесс окисления воды [10]. Мы установили, что часть процесса, которая описывается законом реакции первого порядка (первый маршрут реакции), не зависит от присутствия продукта реакции Co^{II} , тогда как окисление воды кластерами $\text{Co}^{\text{III}}_{4n}$, где $n > 1$ (второй маршрут), сильно тормозится соединениями Co^{II} . Если в процессе превалирует первый маршрут, то влияние примесей Co^{II} практически не сказывается; если же вклад первого маршрута незначителен (как в случае, приведенном на рис. 4), то тормозящее влияние соединений Co^{II} на скорость окисления воды велико, что согласуется с данными экспериментов авторов работы [10].

Изученные концертные, или синергетические (от греческого слова «синергасия» — совме-

стное или согласованное действие [11]), процессы представляют собой внутрикластерные многосубстратные реакции. При определенных условиях эти по существу монокластерные процессы могут имитировать классические реакции n -го порядка, по числу n кинетически независимых окислителей Ox (которые сами могут быть многоядерными кластерами, как в наших опытах), собранных в один реакционноспособный кластер Ox_n . Как отмечено выше, один из каналов окисления воды, представленный кривой 2 на рис. 2, имитирует реакцию IV порядка — $d[\text{Ox}]/dt = k[\text{Ox}]^4$. При этом в элементарной стадии синергетического процесса одновременно образуются четыре молекулы кислорода. Отметим, что в наших экспериментах при высоких концентрациях кобальта и низких температурах наблюдались даже еще более многосубстратные коллективные процессы, в результате которых в координационной сфере кластера $\text{Co}^{\text{III}}_{24}$ образовывались одновременно шесть молекул кислорода.

Увеличение числа субстратов, участвующих в синергетическом процессе, должно приводить к снижению энергии активации реакции. Действительно, свободные энергии Гиббса ΔG° отдельных реакций $2\text{H}_2\text{O} + \text{Ox} \rightarrow \text{O}_2$ в синергетическом процессе образования n молекул O_2 складываются в n раз большую величину $n\Delta G^\circ$. Если в координационной сфере кластера образуется всего одна молекула O_2 , то в соответствии с известным уравнением $\Delta G^\circ = -nF(E_2^\circ - E_1^\circ)$ (где n — число переносимых в редокс-процессе электронов, а F — постоянная Фарадея) получаем численное значение $\Delta G^\circ = 4 \cdot 23,06 \cdot (1,23 - 1,82) = -54,4$ ккал/моль, однако при образовании двух молекул O_2 (или одной молекулы оксозона O_4) энергия Гиббса процесса удвоится и станет равной $-108,8$ ккал/моль и т. д. Таким образом, с увеличением числа вовлекаемых в синергетическое взаимодействие молекул субстрата термодинамика процесса становится все более благоприятной.

Следовательно, в полном соответствии с известным качественным правилом для однотипных реакций: «хорошая термодинамика — хорошая кинетика» [12], можно надеяться на повышение эффективности концертного процесса, осуществляемого в координационной сфере полиядерного кластера. Эффективная энергия активации процесса E_a , представленного на рис. 4, равна примерно 7 ккал/моль. Между тем в литературе для реакции окисления воды соединениями Co^{III} приводятся значения E_a , превышающие 30 ккал/моль [13], да и у нас наблюдались такие же эффективные энергии активации E_a при высоких температурах, при которых исключено образование крупных кластеров. Мы видим, что в синергетических процессах в координационных сферах полиядерных кластеров переходных металлов Ox_n с увеличением числа n одновременно реагирующих молекул субстрата может наблюдаться заметное снижение наблюдаемой энергии активации реакции.

Заключение

Таким образом, для разработки высокоэффективных катализаторов формирования кислорода в искусственных преобразователях световой энергии в потенциальную энергию химического топлива — водорода — нам кажется перспективным поиск кластеров переходных металлов, действующих аналогично кофакторам многих полиядерных металлоферментов.

Работа поддержана грантом Отделения химии и наук о материалах РАН.

Список литературы

1. Shilov A. E. Metal Complexes in Biomimetic Chemical Reactions. N. Y.: Boca Raton, CRC Press, 1997.
2. Боресков Г. К. Гетерогенный катализ. М.: Наука. 1986. С. 14–15.
3. Джабиев Т. С., Шилов А. Е. Фотосинтез и его химические модели // ЖВХО им. Д. И. Менделеева. 1980. Т. 25, № 5. С. 503–514.
4. Bhakare H. A., Rao C. V. N. Kinetics of Cobalt (III) Oxidations: Part I: Oxidation of Water // J. Indian Chem. Soc. 1974. Vol. LI. P. 543–544.
5. Справочник химика. Том 3. Л.: Изд-во Химия. 1964.

6. Baxendale J. H., Wells C. F. The reaction of Co(III) with water and with hydrogen peroxide // Trans. Faraday Soc. 1957. Vol. 53, Part 6. P. 800–812.

7. Anbar M., Pecht I. The Oxidation of Water by Cobaltic Aquo Ions // JACS. 1967. Vol. 89, No. 11. P. 2553–2558.

8. Джабиев Т. С. Кинетические закономерности согласованных реакций, осуществляемых в координационной сфере кластеров // Кинетика и катализ. 2001. Т. 42, № 4. С. 512–517.

9. Джабиев Т. С. Катализ некомплементарных реакций кластерами переходных металлов. Кинетическое описание // Изв. АН. 2001. № 10. С. 1750–1755.

10. Noyes A. A., Deahl T. J. Strong Oxidizing Agents in Nitric Acid Solution. III. Oxidation Potential of Cobaltous-Cobaltic Salts, with a Note on the Kinetics of the Reduction of Cobaltic Salts by Water // JACS. 1937. Vol. 59, № 7. P. 1337–1344.

11. Русско-новогреческий словарь. Составила А. А. Иоаннидис. М.: Советская энциклопедия. 1966.

12. Пурмаль А. П. А, Б, В... химической кинетики. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004.

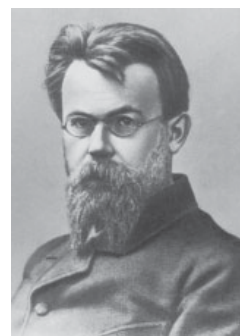
13. Bawn C. E. H., White A. G. Reaction of the cobaltic Ion with Water // J. Chem. Soc. 1951. Part. 1. P. 331–338.

Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» открывает 2 новых тематических направления



ЮВЕНАЛЬНЫЙ ВОДОРОД В ПРОЦЕССАХ ГЕОТЕКТОНИКИ И ГЕОХИМИИ

1. Роль водорода в химическом строении мироздания.
2. Движущие силы развития Земли и планет.
3. Водород в ядре Земли.
4. Геология и геохимия природных газов зон глубинных разломов.
5. Транспорт ювенольного водорода через толщу Земли и формирование электроразряженных зон.
6. Природный синтез углеродистых веществ.
7. Глубинная дегазация Земли, глобальные катастрофы и аномальные явления.



БОРТОВЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ ЭНЕРГИИ

1. тепловые аккумуляторы энергии:
 - а) температура выше 273 К;
 - б) температура ниже 273 К;
 - в) температура ниже 77 К.
2. Маховичные аккумуляторы энергии.
3. Электрические аккумуляторы энергии.
4. Пружинные аккумуляторы энергии.
5. Пневматические аккумуляторы энергии.
6. Химические аккумуляторы энергии.

Приглашаем авторов работ!



ОСНОВНЫЕ УСЛОВИЯ И ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ФОТОЭНЕРГЕТИКИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

А. М. Пенджиев, Б. Д. Мамедсахатов

Туркменский политехнический институт
м. Бикрова, Солнечный, 4/1, Ашхабад-32, 744032, Туркменистан
Тел.: +(495)37-09-50



Пенджиев
Ахмет Мырадович

Сведения об авторе: доктор с/х наук, кандидат техн. наук, доцент кафедры автоматизация производства Туркменского политехнического института.

Образование: Туркменский государственный университет, физический факультет (1978 г.).

Профессиональный опыт: 02.1978–04.1980 гг. — лаборант, инженер Туркменской базовой лаборатории Всесоюзного научно-исследовательского института источников тока; 04.1980–09.1989 гг. — инженер, научный сотрудник НПО «Солнце» Академии наук Туркменистана.

Преподавательская деятельность: 11.1991–09.1992 гг. — старший преподаватель Национального института спорта и туризма Туркменистана; 09.1992–09.2002 гг. — зав. кафедрой «Основы вычислительной техники и биомеханики» Национального института спорта и туризма Туркменистана; 09.2002–09.2003 гг. — зав. кафедрой изучения мирового опыта в спорте и туризме.

Публикации: около 120 научных статей, брошюр, 8 монографий.



In clause the basic conditions and factors of development of photopower in Turkmenistan and opportunity of use of solar photo-electric station in various industries are considered(examined), and also the ecologo-economic accounts are resulted.

Национальным планом действий Президента Туркменистана Сапармурата Туркменбаши по охране окружающей среды (НПДООС) определены направления и задачи природоохранной политики Туркменистана и составлен план долгосрочных мероприятий. Одним из направлений дальнейшего развития Туркменистана является комплексное решение экономических, экологических и социальных задач энергоснабжения в Туркменистане [6].

В шестидесятые годы прошлого столетия впервые была реализована возможность преобразования лучистой энергии Солнца в электрическую с помощью полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей, получивших потом название «солнечных элементов». Сейчас солнечная фотоэнергетика — новая динамично развивающаяся отрасль энергетики, которая в перспективе при объеме выпуска солнечных батарей суммарной мощностью 42 млн. кВт в год будет использоваться для покрытия пиковой на-

грузки электросистем в дневное время и рассматривается как альтернатива традиционным методам получения электроэнергии из органического топлива и ядерной энергии. В 1984 г. выработка электроэнергии от солнечных батарей в мире составила 30 МВт, уже в 1999 г. достигла 200 МВт пиковой мощности с явной тенденцией к дальнейшему росту — 9,2 ГВт к 2010 году [10].

Перспективный объем применения солнечных фотоэлектрических станций в СНГ в соответствии с запасами предприятий различных министерств и ведомств составляет уже сейчас около 500 МВт в год, а в области применения охватывает более 40 различных видов потребителей. Несмотря на ведущиеся в стране интенсивные разработки по фотоэлектричеству, отсутствие у нас специализированных производств по выпуску солнечных элементов создает большие трудности для дальнейшего развития солнечной фотоэнергетики. Объем выпуска солнечных элементов наземного применения в СНГ в 1000 раз

меньше мирового уровня и в 1985 г. составил 30 кВт. Учитывая, что уровень исследований и разработок солнечных элементов и солнечных фотоэлектрических станций у нас соответствует мировому уровню, а по некоторым типам солнечных элементов (матричные, на основе гетероструктур, разработки теории новых моделей) выше мирового уровня; необходимо в ближайшее время решить вопрос о создании национальной научно-исследовательской, технологической, проектно-конструкторской базы по строительству серийных заводов по выпуску солнечных элементов и солнечных фотоэлектрических станций.

Максимальный КПД преобразования солнечного излучения вблизи поверхности Земли составляет ~28 % и соответствует запрещенной зоне арсенида галлия $E = 1,4$ эВ, для кремния $E = 1,1$ эВ.

Преобразование солнечной энергии в электрическую является важнейшим направлением в решении энергетических, экономических, экологических и социальных проблем населения, промышленности и сельского хозяйства. Фотоэлектрический способ преобразования солнечной энергии является не только надежным, долговечным и экологически чистым, но может быть использован для улучшения экологической обстановки на небольшой территории, а в перспективе — для регулирования экологических условий на больших территориях.

В настоящее время в качестве физической основы фотоэлектрического преобразования солнечной энергии принимается фотовольтический эффект в полупроводниках, хотя существуют и развиваются и другие так называемые «прямые» методы преобразования солнечной энергии в электрическую: термоэлектрический, термофотоэлектрический, фотоэлектрохимический и т. д., которые, однако, не получили широкого практического использования [1–3, 10].

Анализ современного состояния фотоэнергетики в Туркменистане

В настоящее время в стране нет ни одной промышленной установки, преобразующей или использующей энергию Солнца. Но большое число экспериментальных и опытно-конструкторских работ проходит испытание на различных полигонах страны.

Так, на колодцах «Инер-чага», «Таза гуи» и Каррыгуль отгонных пастбищ Каракумов испытываются солнечные водоподъемные комплексы, предназначенные для водоснабжения овцеводства республики. За сутки одна такая установка поднимает на высоту 25 м до $3,5 \text{ м}^3$ воды и таким образом способна обслужить отару овец из 600–700 голов. Водоподъемные комплексы работают от солнечных электростанций различных модификаций:

– на колодцах «Инер-чага» и Каррыгуль — от солнечной электростанции (без слежения за Солнцем) мощностью 300 Вт и 360 Вт;

– на колодце «Таза гуи» — от солнечной электростанции с автоматическим слежением за Солнцем мощностью 500 Вт. Часть электростанции питает солнечный водоподъемный комплекс (220 Вт), другая часть (280 Вт) используется для опреснения минерализованных вод колодца (0,5 т в сутки).

На колодце «Инер-чага» солнечная электростанция мощностью 500 Вт используется для электроснабжения чабанских семей. От солнечной электростанции работают 7 лампочек, 2 телевизора, холодильник.

Сотрудники государственной автоинспекции г. Ашхабада испытывают 25 переносных радиостанций 70 РТП-2-ЧМ, переведенных на питание от солнечных батарей. Многолетний опыт их эксплуатации показал улучшение эксплуатационных характеристик и высокую экономическую эффективность перевода радиостанций на питание от солнечных батарей.

На полигоне отделения ВНИИТ г. Ашхабада испытывались:

– солнечная электростанция на основе параболических концентраторов мощностью 1 кВт; сооружается такая же станция мощностью 10 кВт. Эти станции предназначены для электроснабжения отделения и обогрева теплицы;

– солнечная электролизно-водная установка СЭВУ-120, предназначенная для получения тепла на отгонных пастбищах (приготовление пищи), а также газопламенной сварки. Производительность установки 120 л водородно-кислородной смеси в час, тепловая энергия пламени — 300 ккал/ч, 350 Дж/с. Потребителями солнечных электролизно-водных установок на отгонных пастбищах могут быть:

– школы (получение тепла для приготовления пищи);

– медицинские учреждения (получение тепла для стерилизации медицинских инструментов);

– постоянное население отгонных пастбищ (получение тепла для полного или частичного приготовления пищи).

Несмотря на то, что современные солнечные электростанции вырабатывают более дорогую электроэнергию по сравнению с обычными электростанциями (61,5 цента США за 1 кВт·ч), они могут дать ощутимый экономический эффект в ближайшее время. Расчеты показывают, что ожидаемый экономический эффект от внедрения солнечных водоподъемных комплексов на отгонных пастбищах страны для водоснабжения овцеводства достигает 1640 долл. США в год на одну установку. Экономия органического топлива равна 0,2 т у. т.

Перевод радиостанций 70 РТП-2-ЧМ, эксплуатируемых Госавтоинспекцией страны, на питание от солнечных батарей дает экономический эффект в размере 16,4 долл. США в год на одну радиостанцию; позволяет экономить остродефицитные аккумуляторные батареи типа ЦНК-0.45-11-У2 (одну аккумуляторную батарею на радиостанцию в год). Расчеты показывают, что экономически целесообразен перевод всей быто-

вой радиоаппаратуры, работающей от химических источников тока, на питание от солнечных батарей. Экономический эффект по этой группе товаров достигает 98,4 долл. США в год на 1 шт.

Внедрение солнечных электролизно-водных установок СЭВУ-120 на отгонных пастбищах может дать экономический эффект до 139,4 долл. США в год на 1 установку. Экономия органического топлива составит 0,3 т у. т. в год [4–9].

Основные условия и факторы развития фотоэнергетики в Туркменистане на период до 2030 г.

Одним из главных факторов, обуславливающих необходимость развития солнечной фотоэнергетики в Туркменистане, является сравнительно большой годовой приход солнечной суммарной радиации на деятельную поверхность. Для Туркменистана этот показатель составляет 6468 МДж/м² в год. Годовой приход суммарной солнечной радиации на всю площадь Туркменистана равен $3157 \cdot 10^{12}$ МДж (табл. 1) и определяет потенциальные фотоэнергетические ресурсы страны.

Таблица 1

Радиационный режим Туркменистана

Характеристика	Значение
1. Среднегодовой приход суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность	6468 МДж/м ²
2. Средняя многолетняя продолжительность солнечного сияния	2909 ч
3. Площадь страны	488,1 тыс. км ²
4. Среднегодовой приход суммарной солнечной радиации на площадь страны	$3157 \cdot 10^{12}$ МДж

Но из всей этой энергии Солнца, поступающей на территорию страны, солнечные элементы преобразуют в электрическую энергию лишь часть ее, определяемую их КПД, который в настоящее время составляет 7 %. Кроме того, солнечные электростанции используют лишь часть продолжительности солнечного сияния, определяемую их временем работы в сутки (6 ч) или в год (2190 ч). Таким образом, степень использо-

вания продолжительности солнечного сияния составляет:

$$2190 \text{ ч} : 2909 \text{ ч} = 0,75,$$

а КПД солнечных электростанций составит:

$$0,07 \cdot 0,75 = 0,0525.$$

Этой величиной определяется среднегодовой уровень фотоэнергетических ресурсов Туркменистана, технически пригодных к использованию (табл. 1):

$$3157 \cdot 10^{12} \text{ МДж} \cdot 0,525 = 165 \cdot 10^{12} \text{ МДж},$$

или

$$4568,1 \cdot 10^7 \text{ млн. кВт} \cdot \text{ч},$$

что в 5 млн. раз превышает современный уровень производства электроэнергии в СНГ — 1418,1 млрд. кВт·ч/год.

Таким образом, дальнейшее развитие солнечной фотоэнергетики в Туркменистане требует создания производственной базы для выпуска солнечных электростанций и батарей. Программой работ по отрасли должно быть предусмотрено строительство и ввод в действие 1-й очереди завода по производству солнечных батарей в г. Ашхабаде с годовым объемом выпуска продукции на сумму \$41,0 млн. и общей мощностью 1/13500 МВт/м². Необходимо предусмотреть полное развитие завода к началу 2015 г. с годовым объемом выпуска продукции на сумму \$82 млн. и общей мощностью 1/27000 МВт/м². Сметная стоимость строительства завода — \$151,7 млн. (табл. 2), в том числе строительно-монтажные работы — \$106 млн., оборудование — \$45,1 млн. Требуемая численность персонала — 8500 чел., в том числе ИТР — 1500 чел., рабочие — 7000 чел.

Создание завода по производству солнечных батарей позволит:

- ежегодно, начиная с 2020 г., оснащать солнечными водоподъемными комплексами 1667 колодцев из 5200 действующих в настоящее время на отгонных пастбищах страны и таким образом удовлетворить ~32 % потребности в них. К 2020 г. возможно полное удовлетворение собственных потребностей страны в солнечных водоподъемных комплексах;

- улучшить электроснабжение населенных пунктов отгонных пастбищ. Ежегодный выпуск 35 модулей солнечных электростанций мощностью 10000 Вт каждый позволит удовлетворять до 3 % потребности населенных пунктов отгон-

Таблица 2

Сметная стоимость строительства завода по производству солнечных батарей в г. Ашхабаде (млн. долл. США)

Сметная стоимость	Промышленное строительство		Жилищное строительство		Всего (полное развитие)
	1-я очередь	Полное развитие	1-я очередь	Полное развитие	
1. Сметная стоимость	57,4	98,4		53,3	151,7
2. Строительно-монтажные работы	32,8	57,4		49,2	106,6
3. Оборудование	24,6	41		4,1	45,1

ных пастбищ в электроснабжении, а к 2015–2020 гг. — до 30 % перевести на питание от солнечных батарей транзисторную радиоаппаратуру мощностью до 2 Вт в объеме, превышающем среднегодовое поступление товаров в страну;

– перевести на питание от солнечных батарей бытовую радиоаппаратуру мощностью до 40 Вт в объеме, превышающем 20 % среднегодового поступления этих товаров в страну;

– ежегодно переводить на питание от солнечных батарей до 30 % станций катодной защиты подземных сооружений страны;

– полностью удовлетворить собственные потребности страны в переводе речного и морского навигационного оборудования на питание от солнечных батарей.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения продукции завода по производству солнечных батарей в народное хозяйство Туркменистана составит (табл. 3):

– \$1,9 млн. в год от внедрения солнечных водоподъемных комплексов для подъема воды из колодцев отгонных пастбищ страны. Экономия органического топлива составит 333,4 т у. т. в год или сократит выбросы на 806 Мг CO₂ экв. в год;

– \$1,3 млн. в год от внедрения модулей солнечных электростанций мощностью 10000 Вт каждый для энергоснабжения населенных пунктов отгонных пастбищ. Экономия органического топлива составит 230 т у. т. в год или сократит выбросы на 556,6 Мг CO₂ экв. в год;

– \$0,41 млн. в год от перевода транзисторной радиоаппаратуры мощностью до 20 Вт на питание от солнечных батарей. Экономия химических источников тока составит 5 млн. элементов и батарей в год;

– \$0,246 млн. в год от перевода транзисторной радиоаппаратуры мощностью до 40 Вт на питание от солнечных батарей. Экономия химических источников тока составит 63 млн. элементов и батарей в год;

– \$1,9 млн. в год от перевода станций катодной защиты подземных сооружений на питание от солнечных электростанций. Экономия органического топлива составит 358,5 т у. т. в год или сократит выбросы на 867 Мг CO₂ экв. в год;

– \$1,5 млн. в год от перевода речного и морского навигационного оборудования на питание от солнечных электростанций. Экономия органического топлива составит 263 т у. т. в год или сократит выбросы на 741,6 Мг CO₂ экв. в год.

Суммарный экономический эффект от внедрения продукции завода по производству солнечных батарей составит:

1-я очередь строительства завода	\$3,5 млн. в год
Полное развитие	\$7,3 млн. в год
Экономия органического топлива и сокращение выбросов CO₂	
1-я очередь строительства завода	493 т у. т. в год или сокращение выбросов на 1193,1 Мг CO ₂ экв. в год
Полное развитие производства	1184,9 т у. т. в год или сокращение выбросов на 2867 Мг CO ₂ экв. в год

Область использования солнечных электростанций и солнечных батарей может быть значительно расширена за счет их применения для:

– электропитания солнечных электролизно-водных установок СЭСУ-120 потребляемой мощностью 500 Вт и производительностью 120 л водород-кислородной смеси в час;

– электропитания электродиализных опреснительных установок потребляемой мощностью 500 Вт, производительностью 1 т пресной воды в сутки;

– освещения кошар и питания электроизгороди для овец;

– для энергопитания сельскохозяйственных машин и механизмов: электростригального агрегата ЭСА-12Г потребляемой мощностью 4 кВт; транспортера шерсти, потребляемой мощностью

Таблица 3

Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения продукции завода по производству солнечных батарей

Наименование	Экономия органического топлива, т у. т.		Ожидаемый экономический эффект		
			На единицу изделия, \$ США	Суммарный, тыс. \$ США	
	2010–2015 гг.	2015–2020 гг.		2010–2015 гг.	2015–2020 гг.
Батареи солнечные БС-2	—	—	4,1	410	410
Батареи солнечные БС-40	—	—	231,24	289,05	289,05
Солнечные электростанции СЭС-300	—	333,4	1131,6	—	1886,4
Солнечные электростанции СЭС-1000	—	358,5	3772	—	1886
Солнечные электростанции СЭС-2500	263	263	9430	1508,8	1508,8
Модули СЭС-10000 для комплектования станций большой мощности	230	230	377720	1320,2	1320,2
ИТОГО:	493	1184,9	—	3528,05	7300,46

1,7 кВт; чаеочистительной машины ЧП-300 суммарной потребляемой мощностью 3,2 кВт; электромагнитной семяочистительной машины суммарной потребляемой мощностью 3,1 кВт; электромотыги ЭМ-12 потребляемой мощностью 0,27 кВт; электрофрезы ФС-07 потребляемой мощностью 2,8 кВт;

– для питания машин и механизмов животноводческих ферм: укладчика грубых кормов, потребляемой мощностью 1,7 кВт, грузоподъемностью 250 кг, производительностью при скирдовании сена 6,5 т/ч, соломы 2,8 т/ч; раздатчика кормов РКУ-200, РКС-3000М, потребляемой мощностью 3 кВт, обслуживающего до 1200 голов скота; других сельскохозяйственных машин и механизмов [6–9].

Основные требования развития фотоэнергетики к отраслям и сферам народного хозяйства

Требования к науке

1. Разработать дешевую технологию изготовления солнечных элементов, позволяющую снизить их стоимость (41 долл. за 1 Вт) не менее чем в 10 раз. Снижение стоимости солнечных элементов приведет к пропорциональному удешевлению солнечных электростанций и батарей и позволит расширить область их применения.

2. Изучить конъюнктуру рынка сбыта солнечных электростанций и батарей в стране.

Требования к промышленности, транспорту и др.

1. Освоить производство технологического оборудования для создания солнечных батарей, в том числе, автоматизированных линий по производству солнечных элементов, автоматизированных линий по сборке плоских солнечных батарей.

2. Соответствующим отраслям промышленности Туркменистана освоить существующую технологию получения солнечных элементов из местного сырья — песка Каракумов.

Требования к подготовке кадров

Необходимо организовать курсы повышения квалификации по специальностям: технология изготовления солнечных элементов; управление автоматизированной линией по производству солнечных элементов; управление автоматизированной линией по сборке плоских солнечных батарей.

Требования по совершенствованию системы управления фотоэнергетикой

Необходимо создать научно-производственное объединение в г. Ашхабаде в составе научно-исследовательского центра, завода по производству солнечных батарей, специального проектно-конструкторского и технологического бюро.

Заключение

Туркменистан располагает богатейшими солнечными фотоэнергетическими ресурсами, не используемыми в настоящее время. Оценка их среднегодового уровня равна $3157 \cdot 10^{12}$ МДж;

Для использования лишь 0,005 миллиардной доли солнечных фотоэнергетических ресурсов страны необходимо создать завод по производству солнечных батарей с годовой мощностью 1 мВт/2700 м² и годовым объемом выпуска продукции \$82 млн. Объем капитальных вложений на строительство завода — \$151,7 млн.

Создание завода по производству солнечных батарей позволит за 2010–2030 гг. полностью удовлетворить потребности страны в солнечных водоподъемных комплексах для электроснабжения населенных пунктов отгонных пастбищ, в электропитании станций катодной защиты подземных сооружений, в электропитании речного и морского навигационного оборудования и др.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения продукции завода по производству солнечных батарей составит \$74 млн./год, экономия органического топлива — 1200 т у. т./год или сокращение выбросов на 2904 Мг CO₂ экв./год;

Годовая выработка электроэнергии солнечными фотоэлектрическими станциями и батареями, планируемыми к выпуску заводом, составит 4,4 млн. кВт·ч при условии использования 2190 ч солнечной радиации в год. Себестоимость выработки 1 кВт·ч электроэнергии — 61,5 цента.

Список литературы

1. Дурдыев А. М., Пенджиев А. М. Пути сокращения выбросов парниковых газов в атмосферу // Проблемы освоения пустынь. 2003. № 2.
2. Муругов В. П., Мартиросов С. Н. Экономическая оценка возобновляемой энергетики для автономного электроснабжения // Возобновляемая энергия. 1997. № 1. С. 52–55.
3. Пенджиев А. М., Мамедсахатов Б. Д. Расчетная себестоимость возобновляемых источников энергии // Проблемы освоения пустынь. 2006. № 1. С. 46–48.
4. Пенджиев А. М. Эффективность использования ветроэлектроустановок в Туркменистане // Там же. 2004. № 1. С. 20–25.
5. Пенджиев А. М. Ветроэнергетические ресурсы Туркменистана // Стандарт. 2004. № 4. С. 32–34.
6. Пенджиев А. М. Перспективы использования возобновляемых источников энергии в Туркменистане // Проблемы освоения пустынь. 2005. № 2.
7. Стребков Д. С. О развитии солнечной энергии в России // Теплоэнергетика. 1998. № 2. С. 57–60.
8. Стребков Д. С., Кошкин Н. Л. О развитии солнечной энергии в России // Теплоэнергетика. 1996. № 5. С. 381–384.
9. Стребков Д. С., Пинов А. Б. Фотоэлектричество: проблемы в России // Возобновляемая энергия. 1997. № 1. С. 22–51.
10. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. М.: Наука, 2003.



РАБОТА СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА В РЕЖИМЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

А. В. Матвеев, В. М. Пахалухев, С. Е. Щеклеин

ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет» (УГТУ-УПИ)

ул. Мира, 19, г. Екатеринбург, 620002, Россия

Тел.: (343) 375-95-08; факс: (343) 375-47-78; e-mail: aes@mail.ustu.ru



Матвеев Андрей
Валентинович

Сведения об авторе: аспирант кафедры «Атомная энергетика» Уральского государственного технического университета.

Образование: Уральский государственный технический университет (УГТУ-УПИ) (2004 г.).

Область научных интересов: малая и нетрадиционная энергетика, энергетический анализ эффективности установок нетрадиционной энергетике, солнечная и ветровая энергетика. Участник разработок паровых турбин малой мощности, призер всероссийских выставок и конференций, имеет грамоты.

Публикации: 20 научных статей.



Пахалухев Валерий
Максимович

Сведения об авторе: доктор технических наук, профессор.

Образование: Уральский политехнический институт (УГТУ-УПИ) (1961 г.).

Область научных интересов: исследования теплофизических и физико-химических процессов в теплоэнергетике и металлургической теплотехники, разработка физических основ нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Действительный член Международной АН о природе и обществе.

Публикации: более 85 научных трудов, в том числе 1 монография.



Щеклеин
Сергей Евгеньевич

Сведения об авторе: доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Атомная энергетика» УГТУ-УПИ.

Образование: Уральский политехнический институт (УГТУ-УПИ) (1972 г.).

Область научных интересов: термодинамика ядерных энергетических установок, проблемы атомной энергетики и теплофизики двухфазных потоков, продление ресурса и повышение надежности оборудования АЭС, солнечная энергетика, ветровая энергетика, биоэнергетика. Научный руководитель ряда реализованных инновационных проектов, в том числе «Энергоэффективный дом для села», «Системы солнечного энергоснабжения автономных потребителей специального назначения», «Солнечные системы охранной сигнализации» и др. Член редколлегии журнала «Известия вузов. Ядерная энергетика», сборника трудов УГТУ-УПИ «Теплофизика ядерных энергетических установок», научно-технического журнала «Энергоэффективность и анализ». Заслуженный энергетик России, действительный член Международной энергетической академии.

Публикации: более 350 научных трудов, в том числе 2 монографии, 12 изобретений.

The investigation results of flat-plate solar collector operating in a coolant natural circulation mode in the Urals region conditions are presented. A mathematical model describing the unit operation is suggested. The calculation of the coolant flow changes during the day for the natural circulation mode is presented.

Среднесуточный поток солнечной энергии на земную поверхность составляет от 100 до 250 Вт/м², достигая пиковых значений при ясном небе в любом (независимо от широты) месте около 1000 Вт/м². Простейшим и наиболее дешевым способом использования солнечной энергии является нагрев воды для бытовых нужд в плоских солнечных коллекторах (СК), работающих на термосифонном эффекте. Гелиоустановки подобного типа содержат непосредственно сам коллектор солнечной энергии, бак-аккумулятор горячей воды, подъемную и опускную трубы и являются саморегулирующимися системами. Расход циркулирующей жидкости в таких установках определяется интенсивностью падающего излучения, а также теплотехническими и гидравлическими характеристиками всех ее элементов.

При создании солнечных водонагревателей важно оценить оптимальные характеристики системы нагрева в условиях, когда интенсивность солнечного излучения меняется в течение светового дня. Соответственно, меняются температура воды на входе и выходе коллектора, а также температура воды в баке-аккумуляторе. Полагая, что в любой момент времени режим течения теплоносителя в контуре является установившимся, можно приравнять величину движущего напора $\Delta P_{\text{дв}}$, возникающего за счет разности плотностей жидкости в коллекторе, к соответствующему суммарному значению гидравлического сопротивления циркуляционного контура ΔP_{Σ} , включающего сопротивление собственно коллектора $\Delta P_{\text{к}}$ и опускного трубопровода с бак-аккумулятором $\Delta P_{\text{тр}}$:

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_{\text{дв}} &= gH(\rho_2 - \rho_1); \\ H &= L_{\text{к}} \sin \varphi; \\ \Delta P_{\Sigma} &= \Delta P_{\text{к}} + \Delta P_{\text{тр}} = \xi \rho_{\text{т}} \frac{W_{\text{к}}^2}{2} \left[1 + \left(\frac{\lambda L_{\text{тр}}}{\xi d_{\text{тр}}} \right) \frac{W_{\text{тр}}^2}{W_{\text{к}}^2} \right], \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где ρ_1 , ρ_2 и $\rho_{\text{т}}$ — плотности теплоносителя при температурах входа, выхода из коллектора и ее значение при средней температуре в СК; $W_{\text{к}}$ и $L_{\text{к}}$ — скорости движения теплоносителя в каналах коллектора и его длина; $W_{\text{тр}}$ и $L_{\text{тр}}$ — скорость теплоносителя в соединительных трубопроводах и их длина; ξ и λ — коэффициенты сопротивления коллектора и трения трубопроводов; φ — угол наклона коллектора к горизонту; g — ускорение свободного падения.

Если пренебречь гидравлическим сопротивлением опускного трубопровода и бака-аккумулятора, что возможно при $\lambda L_{\text{тр}} / \xi d_{\text{тр}} < 1$ и $W_{\text{тр}} / W_{\text{к}} \approx 1$, потери давления в контуре можно выразить через коэффициент гидравлического сопротивления коллектора в удобной для дальнейшего анализа форме:

$$\ln \xi = \ln C - n \ln \text{Re}, \quad (2)$$

где Re — критерий Рейнольдса, относящийся к течению жидкости в каналах коллектора или через патрубки СК; C и n — безразмерные константы, зависящие от конструкции коллектора.

Для нахождения расхода теплоносителя в любой момент времени воспользуемся уравнением теплового баланса коллектора, а также зависимостью изменения плотности теплоносителя от его температуры:

$$c_p \rho_{\text{т}} G (t_2 - t_1) = q F_{\text{к}} \eta, \quad (3)$$

$$\frac{\rho_{t_2} - \rho_{t_1}}{\rho_{\text{т}}} = \beta_{\text{т}} (t_2 - t_1), \quad (4)$$

где q , $F_{\text{к}}$, G — интенсивность падающего на коллектор излучения, площадь СК и расход теплоносителя; η — КПД солнечного коллектора; $\beta_{\text{т}}$, c_p — коэффициент объемного расширения и теплоемкость теплоносителя; t_1 , t_2 — температуры жидкости на входе и выходе из СК.

Используя полученные соотношения (1)–(4), выразим расход теплоносителя в контуре в зависимости от основных конструктивных, теплофизических и режимных параметров, характеризующих работу солнечного коллектора в режиме естественной циркуляции теплоносителя:

$$G = 0,36 \cdot 10^7 \left[\frac{2 f_{\text{тр}}^{2-n} \left(\frac{d_{\text{экв}}}{v_{\text{т}}} \right) \frac{g H \beta_{\text{т}} F_{\text{к}} q \eta}{c_p \rho_{\text{т}}} \right]^{\frac{1}{3-n}} \text{ л/ч}, \quad (5)$$

где C и n — параметры коэффициента гидравлического сопротивления из формулы (2); $f_{\text{тр}}$ и $d_{\text{экв}}$ — суммарная площадь сечения каналов коллектора и их эквивалентный диаметр; $v_{\text{т}}$ — кинематическая вязкость теплоносителя. Все величины в формуле (5) даны в СИ, а множитель перед скобкой служит для перевода расхода теплоносителя из м³/с в л/ч.

Для проведения расчетов по формуле (5) необходимо иметь зависимость гидравлического сопротивления коллектора в виде соотношения (2), а также значения интенсивности солнечного излучения и КПД коллектора в течение светового дня.

Солнечные коллекторы, изготавливаемые в России и за рубежом, отличаются большим разнообразием конструкций, технологиями изготовления тепловоспринимающих панелей, используемыми материалами. В качестве испытуемого образца использовался коллектор производства ОАО «Каменск-Уральский металлургический завод» (КУМЗ). Поглощающая панель солнечного коллектора изготовлена из коррозионностойкого алюминиевого сплава методом диффузионно-прокатной сварки двух листов толщиной 2,5 мм с последующим раздутием каналов. Габаритная площадь составляет 1,62 м², суммарное сечение каналов овального профиля (10 × 30 мм) для прохода теплоносителя равно 0,002 м². Коллектор имеет одинарное остекление.

Гидравлические испытания, проведенные на специальном стенде, позволили получить зависимость для коэффициента гидравлического сопротивления в виде

$$\ln \xi = 11,99 - 0,94 \ln \text{Re} \quad (6)$$

в диапазоне чисел Re от 24 до 270, причем за определяющий размер принимался внутренний размер каналов солнечного коллектора.

Теплотехнические испытания коллектора проводились в летний период в пос. Растущий (Свердловская область), имеющем координаты $56^{\circ}46'39,5''$ северной широты и $60^{\circ}56'53,8''$ восточной долготы. Ориентация тепловоспринимающей поверхности СК была на юго-восток, угол наклона к горизонту составил 42° , что по данным ряда авторов соответствует оптимальному положению. В процессе испытаний осуществлялось измерение температуры воды на входе и выходе коллектора, температуры окружающей среды, интенсивности солнечной радиации, нормальной к тепловоспринимающей поверхности, а также изменение статического давления воды на входе и выходе из коллектора, что позволяло рассчитывать расход циркулирующего теплоносителя по известной зависимости гидравлического сопротивления.

На рис. 1 приведены экспериментальные данные в виде относительной интенсивности солнечной радиации, полученные с помощью неселективного радиометра «Аргус-03», ориентированного в плоскости коллектора. Здесь же нанесены данные по суммарной солнечной радиации на поверхность коллекторов, наклоненную под углом 45° к горизонту, за август и январь месяцы [2]. В качестве независимой переменной выбраны значения текущего времени светового дня τ по отношению к моменту времени τ_m , соответствующему максимуму солнечной радиации на наклонной поверхности коллектора с учетом декретного времени и летнего сдвига.

Результаты измерений солнечной радиации на нормальную по отношению к лучу поверхность и рассеянной радиации, предоставленные ГУ Свердловский ЦГМС-Р с метеостанции в г. Верхнее Дуброво (местоположение $56,7^{\circ}$ с. ш., $61,1^{\circ}$ в. д.) и обработанные по известным соотношениям [3] с учетом углов склонения, наклона поверхности и широты местности, также при-

ведены на рис. 1, что вместе с предыдущими опытными данными позволило предложить единую аппроксимирующую зависимость изменения относительной интенсивности солнечного излучения на наклонную поверхность в летний период в режиме реального времени в виде:

$$\frac{q}{q_m} = \exp \left[-18,6 \left(\frac{\tau}{T_c} \right)^2 \left(1 - \frac{\tau}{\tau_m} \right)^2 \right], \quad (7)$$

где q_m — максимальное значение солнечной радиации (местный полдень), падающей на наклонную поверхность коллектора; τ , τ_m — значения текущего времени и времени, отвечающего солнечному полудню; T_c — продолжительность светового дня (солнечного сияния) для конкретного числа летнего месяца, определяется по известным зависимостям (например, [4]).

Формула (7) получена для расчетов производительности солнечного коллектора и носит эмпирический характер, связанный с определением интенсивности солнечной радиации в летний период. Погрешность аппроксимации приведенных опытных данных не превышает 12–15 %. С помощью выражения (7) легко находятся суточные и месячные характеристики солнечной радиации, поскольку в этом случае определяются значения интеграла вероятности с помощью таблиц.

Аналогичная зависимость предложена для описания изменения КПД коллектора, значения которого рассчитаны по уравнению теплового баланса (3) с помощью предварительно найденных величин расхода воды в коллекторе КУМЗ по методике, описанной в работе [1]:

$$\frac{\eta}{\eta_m} = \exp \left[-2,2 \left(1,2 - \frac{\tau}{\tau_m} \right)^2 \right]. \quad (8)$$

Следует отметить, что в формуле (7) максимум интенсивности излучения приходится на

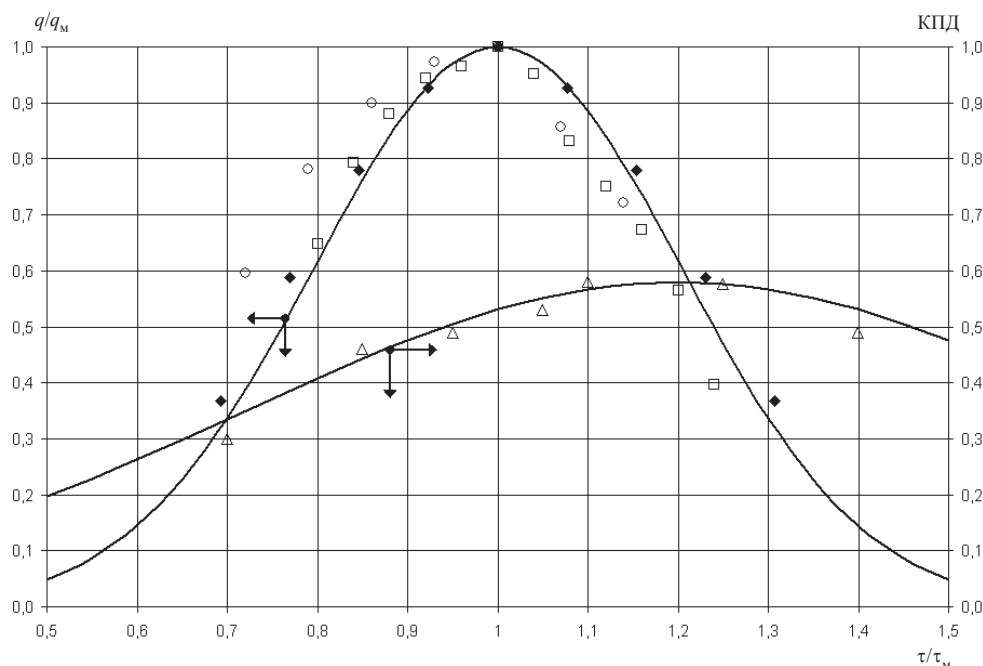


Рис. 1. Изменение относительной интенсивности солнечного излучения и КПД коллектора в течение светового дня: $\square$, $\triangle$ — опытные данные пос. Растущий от 13.07.06 г.; $\blacklozenge$ — данные из работы [2]; $\circ$ — данные ГУ Свердловского ЦГМС-Р от 13.07.06 г.

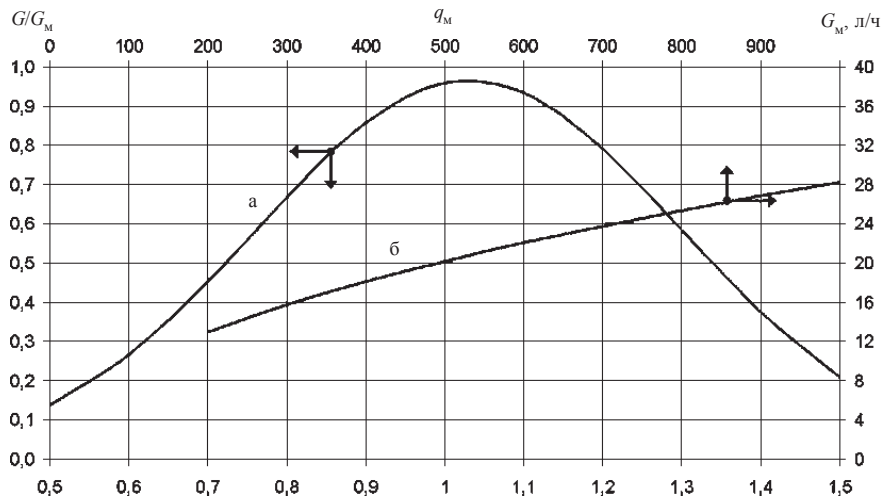


Рис. 2. Расчетные значения изменения расхода воды в коллекторе КУМЗ: а — относительное изменение расхода воды в течение светового дня; б — максимальный расход воды, приходящийся на $\tau/\tau_M = 1$ (14 ч после полудня)

14 ч светового дня ($\tau/\tau_M = 1$), а соответствующий максимум КПД примерно на 16,5 ч ($\tau/\tau_M \approx 1,2$), что связано с аккумуляцией теплоты конструктивными элементами установки и влиянием вторичного излучения окружающей среды на поверхность коллектора.

Для иллюстрации применения предложенной модели работы солнечного коллектора в условиях естественной циркуляции теплоносителя на рис. 2 приведена расчетная зависимость расхода воды в коллекторе КУМЗ для условий максимума интенсивности солнечного излучения от 250 до 1000 Вт/м² и соответствующего КПД, равного $\eta_M = 0,58$. Теплофизические параметры воды выбирались при $\bar{t} = 40^\circ\text{C}$, а соответствующие постоянные коэффициента гидравлического сопротивления составляли $C = 11,99$ и $n = 0,94$. Выражение для расхода воды в контуре циркуляции принимало вид:

$$G_M = 1,29(q_M \cdot \eta_M)^{0,485} \text{ л/ч.} \quad (9)$$

Используя понятие интеграла вероятности:

$$\Phi^*(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-0,5t^2} dt, \quad (10)$$

нетрудно получить выражение для энергетических параметров СК за весь период его работы в течение суток. Для этого достаточно выбрать пределы интегрирования t/t_M от 0,5 до 1,5, что соответствует эффективной работе СК при $q/q_M \geq 0,05$. Значение интенсивности солнечной радиации за этот период (световой день), падающей на поверхность коллектора, имеет вид:

$$Q_{\text{приход}}^{\text{день}} = 0,987 \cdot q_M \sqrt{\frac{\pi}{18,6}} \cdot T_c, \quad (12)$$

а соответствующая тепловая производительность —

$$Q_{\text{СК}}^{\text{день}} = 0,903 \sqrt{\frac{\pi}{18,6}} \cdot q_M \eta_M F_k T_c. \quad (13)$$

Предложенная физическая модель, описывающая работу солнечного коллектора в режиме естественной циркуляции теплоносителя,

была проверена в натурных условиях и показала достаточно хорошее соответствие с результатами лабораторных экспериментов и результатами, полученными другими исследователями. Например, в работе [2] и других работах этих авторов приводятся значения КПД водонагревательной установки с последовательно-параллельным включением коллекторов, меняющиеся от 10 до 45 % с максимумом, приходящимся на $\tau/\tau_M \approx 1,2$. Общий вид зависимости КПД аналогичен кривой, приведенной на рис. 1, что подтверждает адекватность предложенной модели реальному процессу циркуляции. Поэтому разработанная модель может быть использована для оценки эффективности солнечных коллекторов подобной конструкции, а также других конструкций при проведении ряда соответствующих испытаний для различных природно-климатических условий.

Список литературы

1. Матвеев А. В., Пахалуев В. М., Щеклеин С. Е. Анализ работы солнечного коллектора в условиях естественной циркуляции теплоносителя // Перспективные энергетические технологии. Экология, экономика, безопасность и подготовка кадров. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. С. 115–120.
2. Вардияшвили А. В., Ким В. Д., Мурадов М. У. Теплотехнические и гидравлические расчеты и примеры низкопотенциальных тепловых солнечных установок при изучении машиностроительных дисциплин: Учебно-методическое пособие. Ташкент: ТГПИ, 1987. С. 114.
3. Безруких П. П., Арбузов Ю. Д., Борисов Г. А., Виссарионов В. А., Евдокимов В. М., Малинин Н. К., Огородов Н. В., Пузаков В. Н., Сидоренко Г. И., Шпак А. А. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. С.-Петербург: Наука, 2002.
4. Виссарионов В. И., Дерюгина Г. В., Кривенкова С. В., Кузнецова В. А., Малинин Н. Г. Расчет ресурсов солнечной энергетики // Учебное пособие, Москва, издательство МЭИ, 1998.



ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

В. А. Мишин, А. Б. Климовский

Аппарат Правительства Ульяновской области
Департамент инноваций и информационных технологий
ул. Ленина, 1, Ульяновск, 432063, Россия
Тел.: +7(8422) 41-61-65; +7(8422) 41-36-12; факс +7(8422) 41-64-69



Мишин
Валерий Алексеевич

Сведения об авторе: доктор техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, зав. кафедрой Ульяновского технического университета, директор департамента инноваций и информационных технологий аппарата Правительства Ульяновской области.

Образование: Ульяновский государственный технический университет (1972 г.).

Область научных интересов: автоматизация контроля в приборостроении, разработка региональных инновационных систем.

Публикации: более 150 статей, более 100 патентов.

Сведения об авторе: кандидат физ.-мат. наук, профессор кафедры физики Ульяновского технического университета, начальник управления науки и инноваций департамента инноваций и информационных технологий аппарата Правительства Ульяновской области.

Образование: Ленинградский государственный университет (1987 г.).

Область научных интересов: электроника твёрдого тела, математическое и физическое моделирование, коммерциализация инновационных проектов.

Публикации: более 100 статей.



Климовский
Андрей Борисович

It is possible and expedient to solve the problem of preservation of national carbonic raw materials and fuel store and decrease of its share in the total balance of electrical energy production owing to development of use of renewable sources of energy for electrical and heat energy production. Small hydro-power engineering is one of the most independent of external conditions (the Sun, wind, climatic and geographic peculiarities) kind of renewable sources of energy among all kinds of renewable sources of energy used in untraditional power engineering.

In towns situated on high banks of rivers the water of town sewage purification works is discharged after purification to the river by pipes, as a rule, by gravity, from a height of 20-80 metres. At that before discharge potential energy of water is transformed into kinetic energy which is able to do work. If a turbine of a small hydroelectric power station is installed on the bank of the river, purified sewage will produce electrical energy.

This very idea was realized in Ulyanovsk at the sewage purification works of the municipal unitary enterprise "Ulyanovsk water-channel" situated on the high right bank of the river Volga. The innovation project is realized by Ulyanovsk Region Technopark. The built module of the small hydroelectric power station with the power 1.2 megawatts working on sewage of the town purification works with the height of discharge 65 metres and the average daily flow 80 cubic metres per hour will permit to generate 9.6 million K.W.H. of electrical energy per year. It will cover more than half of own needs of the sewage purification works of the municipal unitary enterprise "Ulyanovsk water-channel".

Статья поступила в редакцию 19.02.2007 г.

The article has entered in publishing office 19.01.2007.

The peculiarity of functioning of the module of the small hydroelectric power station installed on the discharge of the header of the town sewage purification works consists in using the automatic control system, created in joint-stock company "UKBP". It will permit to ensure reliable functioning of the vitally important object of the town economy without constant presence of maintenance staff, possibility of remote control.

The experience of the Ulyanovsk region shows that development of such small hydroelectric power stations in Russia will in principle permit to solve energy and social problems — to accelerate creation of autonomous sources of energy in distant regions (separate load, non-attended system), will raise appeal of investments into small hydro-power engineering considerably (the price is two times less than the price of foreign analogues) and serve the growth of new facilities being constructed (owing to broadening of the territory being covered).

Одной из основных проблем современного состояния энергетических систем России является проблема энергодефицита. Это обусловлено теми тенденциями, которые стали формироваться в энергетическом секторе экономики России. Исходя из оценки текущего состояния топливно-энергетического комплекса и динамики мировых цен на углеродные энергоносители, можно говорить о задаче сохранения потенциала национальных запасов углеродного сырья и топлива и снижения их доли в общем балансе выработки электрической энергии как приоритетной. Решать эту задачу возможно и целесообразно не только за счет повышения эффективности производственной деятельности в энергетике, мероприятий по энергосбережению в промышленности, но и за счет использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для целей производства электрической и тепловой энергии.

Необходимость расширения производства энергии на основе ВИЭ обуславливается также задачей улучшения экологии выработки и потребления энергии и обязательствами Российской Федерации по снижению выбросов парниковых газов в связи со вступившим в силу Киотским протоколом и иными международными договорами. По результатам анализа различных сценариев развития мировой экономики и роста энергопотребления, проведенным Международным энергетическим агентством ОЭСР, получается, что при сохранении сложившейся структуры и темпов роста энергопотребления к 2050 г. объем выбросов CO_2 увеличится на 137 % — с 24,5 до 58 гигатонн в год.

Низкая степень использования ВИЭ выделена в качестве одной из основных проблем ТЭК в утвержденной Распоряжением Правительства РФ от 28 августа 2003 г. № 1234-р «Энергетической стратегии России до 2020 года». Также в указанном документе отмечается, что одним из основных результатов реализации государственной энергетической политики должно стать создание базы для существенного увеличения в дальнейшем доли возобновляемых источников энергии и перехода к энергетике будущего, при этом к 2020 году ставится задача получения 20 % энергии с использованием ВИЭ.

Увеличить долю ВИЭ в общем объеме генерации можно только за счет расширения ввода в строй мощностей генерации на основе ВИЭ промышленного масштаба. Именно так и обеспечиваются ускоренные темпы развития возобновляемой энергетики в передовых в этом отно-

шении странах. В то же время источники генерации на основе ВИЭ могут и должны сыграть важную роль в «оздоровлении» автономного производства энергии и снижении затрат на него.

К возобновляемым источникам энергии относятся:

- энергия солнца;
- энергия ветра;
- энергия водных потоков, в том числе промышленных и бытовых потоков и стоков, за исключением случаев использования ее на гидроаккумулирующих электроэнергетических станциях с использованием насосов для заполнения;
- энергия морских приливов;
- волновая энергия водоемов, рек, морей и океанов;
- средне- и высокопотенциальная геотермальная энергия;
- низкопотенциальная тепловая энергия земли, воздуха и воды.
- биомасса, включающая специально выращиваемые для целей получения энергии растения и деревья, а также отходы промышленного производства и бытовые отходы, за исключением отходов, получаемых в процессе использования углеводородного сырья и топлива;
- биогаз, свалочный и шахтный газ.

Среди всех видов возобновляемых источников энергии, используемых в нетрадиционной энергетике, одной из наиболее независимых от внешних условий (солнца, ветра, климатических и географических особенностей) является малая гидроэнергетика.

К малым гидроэлектростанциям относятся станции установленной мощностью от 200 кВт до 10 МВт. Малая гидроэнергетика за последние десятилетия заняла устойчивое положение в электроэнергетике многих стран мира. Лидирующая роль в развитии малой гидроэнергетики



Рис. 1. Пуск малой ГЭС на сточных водах городских очистных сооружений в г. Ульяновске

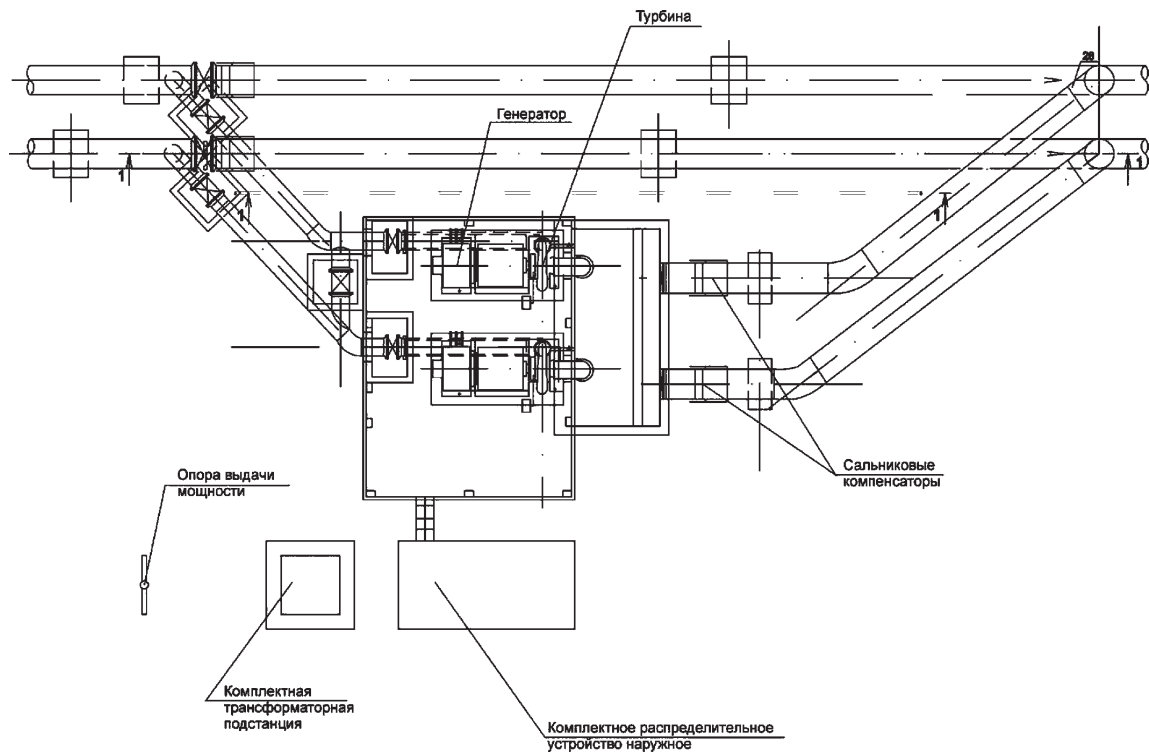


Рис. 2. План компоновки модуля малой ГЭС

принадлежит КНР, где суммарная установленная мощность малых ГЭС превышает 13 млн. кВт. Предполагается, что к 2010 году мощность всех малых ГЭС в Китае достигнет 35 млн. кВт, а к 2020 году возрастет до 50–55 млн. кВт.

Интерес в России к строительству малых ГЭС, начиная с 2000 года, также непрерывно растет. При сравнительно низкой стоимости установленного киловатта (в 5–7 раз, по сравнению с большими ГЭС) и коротком сроке окупаемости (4–5 лет) малые ГЭС становятся привлекательными для внешних инвесторов. Прогнозируемый рост потребности отечественных производителей электрической энергии в новых мощностях, генерируемых малыми ГЭС, в ближайшие 10–15 лет составит около 7 % в год.

Традиционно малые ГЭС возводятся на небольших быстрых речках и требуют для своего функционирования наличия определенного перепада высот, что обуславливает их применение преимущественно в горной местности. В то же время в стороне от рассмотрения остается огромная незанятая ниша использования малых ГЭС.

Из физики известно, что берега всех рек асимметричны. В северном полушарии реки, текущие на юг, имеют более высокий и крутой правый берег и более низкий и пологий левый берег. Реки, текущие на север, дают обратную картину: более высокий и крутой левый берег и более низкий и пологий правый берег. Соответственно, для рек южного полушария ситуация противоположная. Таким образом, вследствие вращения Земли один из берегов рек всегда высокий. В городах, расположенных на высоком берегу, вода городских очистных сооружений канализации после ее очистки сбрасывается в реку, как правило, самотеком по трубам с высоты 20–80 м. При этом потенциальная энергия



Рис. 3. Здание станционного узла и гидроагрегаты с турбиной типа РО 230/791-Г-50

воды перед сбросом превращается в кинетическую энергию, способную совершать работу, и если на берегу реки установить турбину малой ГЭС, то очищенные сточные воды будут производить электроэнергию.

Именно эта идея была реализована в г. Ульяновске на очистных сооружениях канализации муниципального унитарного предприятия «Ульяновскводоканал», расположенных на высоком правом берегу р. Волга (рис. 1). Инновационный проект реализован Ульяновским областным технопарком, МУП «Ульяновскводоканал», ОАО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения» и ОАО «Дагестанская региональная генерирующая компания».



Рис. 4. Стойки системы автоматического управления СУГ-1М

Построенный модуль малой ГЭС (рис. 2) мощностью 1,2 МВт на сточных водах городских очистных сооружений с высотой сброса 65 м и среднесуточным расходом 8000 м³/ч позволит получить 9,6 млн. кВт·ч/год электроэнергии, что покроет более половины собственных нужд очистных сооружений МУП «Ульяновскводоканал».

Основные узлы модуля (гидротурбина, генератор, система управления, система возбуждения и т.п.) прошли полную проверку и наладку на предприятии-изготовителе и были поставлены в собранном виде, что позволило сократить время монтажных и пуско-наладочных работ. Строительство малой ГЭС от «первого колышка» до пробного пуска заняло всего 3 месяца. Оборудование модуля установлено на несущей раме, стены и крыша модуля выполнены из сборных сэндвич-панелей (рис. 3). Модуль малой ГЭС установлен на фундаменте. Система автоматического управления (САУ) обеспечивает управление гидроагрегатом, вспомогательным оборудованием и рациональное управление затворами для перераспределения потока воды между турбинным водоводом и водоводом коллектора очистных сооружений с целью обеспечения надежности функционирования самого коллектора, получения максимальной вырабатываемой мощности и обеспечения гарантий регулирования гидроагрегата.

Особенность функционирования модуля малой ГЭС, установленного на выпуске коллектора городских очистных сооружений, заключается в обеспечении созданной в ОАО «УКБП» системой автоматического управления, синхронного взаимодействия основного и турбинного затворов при открытии и закрытии направляющего аппарата на всех этапах функционирования гидроагрегата малой ГЭС, что позволит обеспечить надежное функционирование жизненно важного объекта городского хозяйства. Применение же в системе управления в качестве сервопривода направляющего аппарата гидротурбины электропривода позволило исключить традиционные для этих целей маслонапорные станции и, соответственно, исключить связанные с их эксплуатацией воз-

можные загрязнения окружающей среды и соответствующее удорожание при обслуживании.

Установленная на малой ГЭС система автоматического управления обеспечивает надежное функционирование гидроагрегата без постоянного присутствия обслуживающего персонала, возможность дистанционного контроля и управления. При возникновении аварийной ситуации САУ обеспечивает остановку гидроагрегата и выдает сигнал на пульт диспетчера. Система управления допускает управление несколькими малыми ГЭС, расположенными в радиусе 20–30 км централизованно от диспетчерского пульта. Вся основная информация о текущем состоянии гидроагрегатов будет также собираться на сервере сбора данных диспетчера. Это позволит существенно сократить затраты на эксплуатацию модуля и повысить его рентабельность, учитывая незначительную мощность малой ГЭС. Экранная индикация всех элементов гидроэлектростанции обеспечивает полную информацию об их состоянии при работе гидроагрегата, а именно: о состоянии регулятора гидротурбины, привода, генератора, основного и турбинного затворов. Сенсорное управление экранном индикатором позволяет оперативно изменять текущие настройки и режимы работы системы управления гидроагрегатом. В эксплуатируемой системе управления использованы патенты на полезную модель № 51680 «Регулятор частоты вращения гидротурбины» и на изобретение № 2292483 «Устройство контроля скорости для регулятора скорости гидротурбины» (патентообладатель — ОАО «УКБП»).

Имеющийся к настоящему моменту опыт разработки, производства и внедрения оборудования систем управления, сигнализации и термомониторинга гидроагрегатов позволил минимизировать технические риски и обеспечить решение всех научно-технических проблем. Созданная ОАО «УКБП» САУ значительно превосходит по своим функциональным показателям отечественный аналог, предлагаемый ООО «МАГИ-Э», и соответствует продукции мирового уровня фирмы ALSTOM (Франция) при более низкой стоимости поставки и проведения пуско-наладочных работ. На VII Московском салоне инноваций и инвестиций в феврале 2007 г. система автоматизированного управления малой ГЭС награждена золотой медалью и удостоена специального приза Корейской ассоциации по поддержке интеллектуальной собственности и диплома Федерального агентства по патентам, товарным знакам и объектам интеллектуальной собственности.

Опыт Ульяновской области показывает, что развитие подобных малых ГЭС в России в принципе позволит решить энергетические и социальные проблемы — ускорить создание автономных источников электроэнергии в удаленных районах (изолированная нагрузка, необслуживаемая система), существенно повысит привлекательность инвестиций в малую гидроэнергетику (цена в два раза ниже зарубежных аналогов) и послужит росту вновь вводимых мощностей (за счет расширения охватываемой территории).

ENVIRONMENT ENGINEERING SYSTEM OF REGIONS
WITH PREDOMINANT UNDERGROUND WATER RESOURCES

*N. Manusova¹, L. Kireycheva², M. Turnopolsky³, P. Zeevy⁴, O. Figovsky⁵ ,
E. Manusov¹, B. Marash¹*



Member of International Editorial Board

¹ R&D Center Center for Ecological Systems and Technologies (ECOST), ISRAEL

² The All-Russian R&D Institute for Hydro-technique and Melioration, RUSSIA

³ R&D MIU-SORB Ltd, RUSSIA

⁴ R&D Center for Wastewater Processing Systems, ISRAEL

⁵ Polymate Ltd, R&D Center, ISRAEL

There exists a wide scope of regions characterized as natural habitat with predominant underground water resources in the form of aquifers. In these regions wastewater management is obviously determined by the underground water quality, which depends on the methods of protection of these underground water resources from pollution caused by subsoil water flows. Pollution of subsoil water flows in its turn depends on their contact with all kinds of waste products including soiled wastes, wastewater (both industrial and municipal) and even air pollution. The protection chain for underground water resources constitutes a peculiar method of wastewater management.

1. Technogenic barriers for environment protection

The notion of protection barriers was introduced as a fundamental notion by A. I. Perelman (Alexeyenko, 2003). This method is being widely used in ecological geochemistry (Alexeyenko, 2000) and practiced to protect underground water resources and soils (Kireycheva et al. 2004, Manusova et al., 2005; Manusov 2002).

We assume that the most efficient means of protecting dumps are anti-filtration screen walls erected according the "wall in soil" technology (Fig. 1).

The issues related to geochemical protection are especially acute in regions where underground water resources are significant. There is an ur-

gent necessity to exclude the impact of technogenic pollution on sweet water resources, i. e. to exclude penetration of pollutants and injurious components from dumps, solid particles coming with waste water and precipitation containing such components. In such regions any concept of socio-economic development must be evaluated in relation to its ecological security, i. e. above all it is necessary to clarify, what are the solid pollutants dumped to the sewage and to the atmosphere, and what are their quantitative values.

In accordance with the findings obtained, the possibilities of developing technological schemes are analyzed, to exterminate or to utilize the sources of pollution. At this stage, the objects to be involved in the technological scheme of socio-economic development are selected. It must be taken into consideration that regardless the structure and the geological features of the landscape, it is dangerous to exterminate solid pollutants in this region by means of waste disposal; it is also inexpedient to remove waste water by means of distant transportation.

Thus, for the purpose of comparison, there is a need to leave objects permitting development of local technological refinement schemes.

There is no version of socio-economic development which provides ultimate extermination of solid

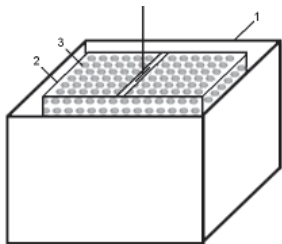


Fig. 1. Protection geo-chemical system "Wall in the ground":
1 — trench; 2 — net container; 3 — sorbent granules

industrial waste. In any case, solid particles of the municipal (domestic) waste and, subsequently, solid waste dumps are unavoidable. This means that the vital necessity of protecting underground water resources from the injurious impact of these dumps keep in force.

The problem of protection of underground water resources from sluicing water caused by watering agricultural crops, as well as from down-pour water flows, keeps in force too.

Besides, another important aspect of the problems above is protection of underground water resources and of agricultural products from pesticides and ions of heavy metals in the soil and in the water used for irrigation.

The ultimate universal method for solving the above problems is establishment of various sorption barriers with one universal sorbent. For the time being, activated coal is used world-wide, and for purification of the soil surface from oil products organic sorbents (such as rice husk, straw etc.) and non-woven fabric are accepted.

Disadvantages of activated coal are production expenses (\$2000-3000 per ton) and complication of its regeneration.

The activated coal tends to premature exhaustion because of formation of organic flakes on its surface, requiring ablution and regeneration, which renders to be impractical under conditions of sorbent intrusion into the soil. Besides, the surface of the activated coal creates ideal conditions for development and growth of bacteria, which can cause a considerable increase in concentration of microflora in wash water.

Proposed herewith is use of special sorbents-meliorants of the SORBEX and SAPROLEN types, their advantages being as follows:

1. Universal character of their use for systems as specified above.

2. Long duration of their functioning after having been inserted into the soil or onto protecting installations (3 to 5 years, depending on the specific quantity of pollution).

3. High capacity of cation exchange (250 mg/equ per 100 g), high specific surface (160 m²/g), fertilizing effect, availability and low cost of the initial raw material.

4. Low price of the sorbent (about \$100-200 per ton).

5. Possibility of utilization of the waste sorbent used in protecting installations for road construction and maintenance.

6. Increase in productivity of agricultural crops and improvement of agricultural products quality.

In the USA, bentonite clay is used as sorbent, in France and in Germany polymeric materials are added to it.

Table 1 below indicates that the sorbent provides the fertilizing effect at the expense of K₂O and micro-elements. This is especially important for specific sorbents-meliorants, which are used not only for protection of water resources, but also for detoxification of soil and agricultural products (Table 2).

Table 1

Raw materials composition in one of the synthetic sorbents

Heavy metals	Initial components		
	Ceolite	Sapropel	Aluminum sulphate
Cu	21	11	—
Ni	24	24	10
Pb	4.8	12	16
Zn	60	28	20
Cd	Traces	—	—
Cr	54	12	Not determined
Hg	Traces	Traces	—
Co	6.9	0.9	—
Mo	0.3	12	—
MnO	500	300	150
K ₂ O	1450	1280	—

Table 2

Reduction of heavy metals content in crops due to the versions of sorbent-meliorant insertion, as related to control tests

Version	Insertion doses, kg/m ²	Percent of reduction as related to control tests				
		Cu	Zn	Ni	Pb	Cd
1	0.5	87.2	62.7	30.2	23.0	+25
2	1.0	81.8	58.8	49.1	92.3	+20
3	1.5	86.5	77.1	58.1	92.03	+5
4	2.0	86.1	77.1	55.8	46.3	0

The data obtained enable to assert that for detoxification of polluted hothouse soil 1–1.5 kg of sorbent per 1 m² is sufficiently enough. High efficiency can be achieved to obtain ecologically pure products on polluted soils, as well as to increase their sorption capacity (or to erect artificial buffer levels) for prophylactic purposes on territories with increased danger of pollution.

The mechanism of the proposed sorbents functioning when inserted into the soil and their interaction with the soil solution is characterized by various physico-chemical features: chemo-sorption (absorption accompanied by formation of almost insoluble compounds of heavy metals), mechanical absorption (volume absorption of large molecules) and ion-exchange processes (substitution of ions of heavy metals for non-toxic ones in the soil-absorbing complex).

The high absorbing capacity of the sorbents is due to the regulated value of the cation exchange capacity, their fine structure (i. e. high specific surface), as well as the stabilizing effect on the hydrogen index pH depending on the character of pollution and on the existing reaction with the purpose of preventing desorption of the most dangerous pollutants.

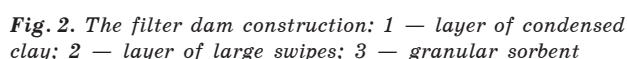
The essence of the technological process of screen walls erection lies in processing of a trench under the protective thixotropic (usually, a loamy one) mortar, with further submersion of a grid container with sorbent. The sorbent (usually granular) is

The universal character of the "Sorbex" sorbetn-meliorant (see Table 2) enables to use it successfully on surrounding fields and other agricultural sights, such as canals and dried-up river-beds.

On using filtration dam, the probing sensor is not installed, but 3 of them are inserted periodically into the piled-up layer of the sorbent upon the dam. The border values of electric conductivity are lower in this case (about 500 cm/m), in order to prevent skipping of considerable quantities of pollution passing with waste water through the filtration dam.

© 2007 Научно-технический центр «ТАТА»

The mass transport modeling of pollution concentration $C_i^{(l)}$ in liquid phase (l) as a function of advection, diffusion, absorption (adsorption), chemical reaction as sources is given by Equation (1) in the 3D formulation ($i, j = 1, 2, 3$).



$$R_i \frac{\delta C_i^{(l)}}{\delta t} + \varepsilon v_i \frac{\delta C_i^{(l)}}{\delta x_j} - \frac{\delta}{\delta x_j} D_{ijk} \frac{\delta C_i^{(l)}}{\delta k} + R_i \varepsilon v_i C_i^{(l)} = Q_i,$$

where $R_i = \varepsilon + (1 - \varepsilon)k_i$ — retardation factor; ε — porosity; k_i — equilibrium coefficient; D_{ijk} — dispersion tensor,

$D_{ijk} = \varepsilon(D_{di} + \beta_{Ti}|v|)d_{ii} + (\beta_{Li} + \beta_{Ti})\varepsilon v_j v_k / |v|$;
 D_{di} — diffusion coefficient; β_{Li} — longitudinal dispersion; β_{Ti} — transversal dispersion; v_i — decay rate; Q_i — source term.

In order to solve Equation (1), the field velocity v_j ($j = 1, 2, 3$) was estimated using the Darcy equation. The main problems when solving Equation (1) are the unknown boundary conditions, for flow and mass transport. 2D vertical modeling provides a suitable model in this respect for studying adsorption and desorption processes taking place in the landscape and their influence on composition of aquifer water.

Specific conditions of the local industrial development encouraged rise of many small metal-working enterprises with periodic operation mode, resulting in a great amount of wastewater con-

taminated with toxic heavy metal ions. Such enterprises cannot use expensive electrochemical wastewater treatment devices, while simple and cheap galvanic coagulation devices (GCD) cannot be used due to their periodic operation mode requiring specific capacities for wastewater accumulation. GCD with continuous operation mode using new patented nonmetallic elements were developed (V. Lambrev & E. Manusov, 1999). These elements provide the necessary conditions for cupric and iron scraps loaded in continuous GCD and forming numerous galvanic couples. In these couples iron scrap particles serve as dissolved anode. After having been reconstructed as proposed (taking into account the necessary period for wastewater precipitation), the perl-mill rotor provides productivity ranging from 0.6 to 1.8 m³ per hour. For pH = 3–4 in the initial wastewater, under preliminary heating up to 40–50 °C, the efficiency of heavy metal ions processing increases to 97–99 %. Wastewater heating can be obtained by means of a tube device supplied with electric inductor. The device can also be used for fresh water processing.



Третья Международная конференция и выставка “Возобновляемые и чистые источники энергии” Ереван, 27–29 июня 2007

ISJAEE

Общественный совет Армении по возобновляемой энергии приглашает Вас принять участие в Третьей международной конференции и выставке по возобновляемым и чистым источникам энергии 27–29 июня 2007 года в г. Ереване.

Задачей предстоящей конференции является освещение современного состояния политики и технологий в области возобновляемых и чистых источников энергии, а также вопросов изменения климата, выявления возможностей международного сотрудничества и многих других аспектов развития возобновляемой энергии в Армении и в мире.

Конференция по возобновляемой энергетике сегодня приобрела значение этапного события и стала главной ареной междисциплинарных обменов для ученых, специалистов, предпринимателей и всех тех, кто причастен к данной сфере экономики, значение которой в последние годы стремительно возрастает.

Со времени проведения Второй конференции в 2005 году заметно ускорились процессы совершенствования стратегии, создания институциональных, финансовых и законодательных инструментов, направленных на более эффективное удовлетворение нужд развивающейся индустрии возобновляемой энергетики. Тем не менее, еще предстоит выполнить большую работу для преодоления существующих трудностей.

В очередной раз нам вместе предстоит ответить на главные вопросы: достаточно ли развит наш рынок, достаточно ли наши навыки в науке и достаточно ли созрела наша решимость в достижении лучших мировых ориентиров в обозримом будущем?

В отсутствие ископаемых энергетических ресурсов Армения в своих усилиях полагается на выявление другого важного «природного» ресурса — талантливых ученых, инженеров-новаторов, целеустремленных предпринимателей, прогрессивных государственных деятелей.

Для ученых, специалистов и предпринимателей Конференция явится уникальным международным форумом, где каждый участник имеет возможность поднимать и обсуждать вопросы, решение которых, возможно, будет во многом предопределять наши шансы на устойчивое развитие.

ПРОГРАММА МЕРОПРИЯТИЙ

27/06	10:00 Открытие 12:00 Технический тур и обед 19:00 Торжественный ужин для гостей
28/06	9:30 Пленарная сессия. 13:30 Обеденный перерыв 14:30 Презентации. Дискуссионная сессия 19:00 Культурная программа
29/06	9:30 Пленарная сессия. Дискуссионная сессия 13:30 Обеденный перерыв 14:30 Презентации. Дискуссионная сессия 17:30 Заключительное заседание 19:00 Банкет
29/06	9:30 Регистрация 9:45 Тендер. Деловые встречи. Консультации 11:30 Закрытие 12:00 Экскурсия и обед

ТЕМЫ КОНФЕРЕНЦИИ

- Политика, стратегия. Финансы. Рынок
- Вопросы энергетической безопасности
- Технологии
- Проблемы интегрирования
- Международное сотрудничество
- Вопросы практического применения: сетевое; коммерческое, промышленное, сельскохозяйственное, коммунальное
- Распределенная генерация
- Вопросы экологии
- Примеры удавшихся (или провалившихся) проектов

Секретариат конференции:

Армения 0025 Ереван, пр. Мясникяна 5/1
Тел.: +374 10 566091
Факс: +374 10 565155
Эл. почта: piuesc@energinst.am

УГРОЗА ГЛОБАЛЬНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ИНТОКСИКАЦИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РОССИИ. УСЛОВИЯ ЕЕ ЛИКВИДАЦИИ

С. А. Гарелина*, И. И. Климовский**

* Академия гражданской защиты МЧС

Тел.: (495) 570-81-98, 485-82-36; факс: (495) 485-79-90; e-mail: rolru@mail.ru

** Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН)

ул. Ижорская, 13/19, Москва, 125412, Россия

Тел.: (495) 485-82-36; факс: 485-79-90; e-mail: klimovskii@ihed.ras.ru



Гарелина Светлана
Александровна

Сведения об авторе: преподаватель Академии гражданской защиты МЧС.
Образование: Московский педагогический государственный университет, физический факультет (1998 г.).

Область научных интересов: физика и химия плазмы, экология галогеносодержащих токсичных органических соединений.

Публикации: 8 публикаций, 3 патента.



Климовский
Иван Иванович

Сведения об авторе: доктор физ.-мат. наук, профессор, глав. научн. сотрудник Объединенного института высоких температур РАН.

Образование: радиотехнический факультет Московского энергетического института (1966 г.).

Область научных интересов: экология галогеносодержащих токсичных органических соединений, электромагнитная экология, фазовые переходы в углероде, пылевая плазма, солнечная энергетика, лазеры на парах металлов.

Публикации: 2 монографии, более 120 статей, 5 патентов.

Now-a-day, several general sources exist of chemical intoxication of the RF environment including chemical weapon (CW) and military toxic agent depositories and recycling plants; the plants generating dioxins and furans in the industrial process; polymer waste depositories; depositories of composed danger class toxic wastes. 3.6 thousands objects exist at the RF territory containing more than 1 million ton of high-toxic chemicals and materials including those environmentally dangerous. All those substances are toxic organic compounds (TOC), primarily, halogen containing TOC. Thus, the RF environmental protection from those TOC should be considered from universal position based primarily on the experience of the CW annihilation summarized in the Proceedings of the two first research-practical conferences on "R&D aspects of safety provision at chemical weapons annihilation, storing, and transportation" (years 2003, 2004). The present paper analyses both organizational and technical actions to be implemented in order to leave out the danger of global chemical intoxication of the RF environment.

Введение

Согласно данным, приведенным в [1], на состоявшейся в январе 2005 г. Всемирной конференции по предотвращению природных катастроф было засвидетельствовано, что «человечество в настоящее время сталкивается со все более возрастающей частотой и интенсивностью проявления как природных (землетрясения, цунами, наводнения, засухи), так и техногенных опасных процессов (глобальное потепление климата, деградация окружающей среды, неконт-

ролируемая урбанизация)... за прошедшее десятилетие природные катастрофы унесли жизни 478100 человек..., а число пострадавших от природных и техногенных катастроф превышает 2,5 млрд. человек».

Отмеченный выше рост числа природных и техногенных катастроф привел к тому, что во многих государствах, в том числе и в России (см., например, [2]), природная и техногенная безопасность приобрели статус важнейших составляющих государственной безопасности.

Статья поступила в редакцию 04.02.2007 г.

The article has entered in publishing office 04.02.2007.

Судя по материалам X Международной научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций [3], из различных типов техногенного воздействия на окружающую среду (ОС) в РФ наиболее контролируемым и управляемым является радиоактивное воздействие. Однако можно предположить, что в РФ не менее опасным воздействием является химическая интоксикация окружающей среды разнообразными токсичными органическими соединениями (ТОС).

Цель данной работы заключается в классификации основных источников химической интоксикации окружающей среды в РФ и анализе условий ее ликвидации.

1. Источники химической интоксикации окружающей среды в России

Различные ТОС можно сгруппировать в три основных группы источников интоксикации: непосредственной (происходящей в настоящее время), отложенной и потенциальной.

К источникам потенциальной (катастрофической) интоксикации ОС в первую очередь относятся химические предприятия и предприятия, на которых осуществляется уничтожение химического оружия. Согласно данным [4], в РФ насчитывается 45 тыс. потенциально опасных промышленных объектов (среди них более 3,6 тыс. объектов, содержащих свыше 1 млн. т высокотоксичных, в том числе экологически опасных химических веществ и материалов).

Как отмечается в [5], техногенные аварии на предприятиях с потенциально опасными технологиями (ППОТ) в химической промышленности могут иметь катастрофические экономические, социальные и политические последствия. От 40 до 80 % всех инцидентов на потенциально опасных производствах происходит по вине персонала.

По данным [6], до 2012 г. Россия должна уничтожить 40 тыс. т боевых отравляющих веществ (ОВ), преимущественно содержащихся в 4,2 млн. штук артиллерийских химических боеприпасов. К настоящему времени уничтожено 419,587 т иприта, 4844 артиллерийских боеприпасов, снаряженных фосгеном, 195 кассетных боеприпасов, снаряженных зоманом, и 117262 единицы химического оружия (ХО) (более 94 т ОВ). В 2007 г. предполагается завершить второй этап по уничтожению 8000 т ОВ, а в 2008 г. — третий этап по уничтожению 18000 т ОВ.

Очевидно, что применительно к химическим предприятиям и предприятиям по уничтожению ХО предотвращение химической интоксикации ОС решается за счет обеспечения условий безопасной работы названных объектов.

Источниками непосредственной интоксикации ОС являются предприятия, вырабатывающие в процессе своей деятельности диоксины и фураны, а также места захоронений (складирования) старого ХО.

Общеизвестно, что при сжигании в мусоросжигательных печах 1 кг поливинилхлорида образуется 50 мкг диоксинов. При производстве 1 млн. т хлорной продукции (ее объем в СССР

составлял 2 млн. т/год) вырабатывается до 1 т диоксинов и фуранов. При отбеливании 1 т целлюлозы (мировое производство не менее 50 млн. т в год) вырабатывается 1 г диоксинов. В настоящее время не существует промышленных технологий уничтожения диоксинов.

По неофициальным данным, во-первых, в России существует 393 точки захоронения старого ХО, изготовленного до 1.01.1946 г. Во-вторых, на территории России количество ОВ с учетом ОВ, захороненных в период с 1918 по 1946 гг., составляет около 160 тыс. т. Кроме того, на территории России хранится около 9 тыс. т ирритантов и захоронено 3,2 тыс. т адасита. Таким образом, после ликвидации 40 тыс. т ОВ на территории России останется около 132 тыс. т ОВ. Очевидно, что какая-то часть снарядов и контейнеров со старым ХО, изготовленным в 1918–1946 гг., находится в аварийном состоянии, вследствие чего ОВ, использовавшиеся для снаряжения ХО, осуществляют непосредственную интоксикацию окружающей среды.

Для предотвращения интоксикации ОС диоксинами, фуранами и ОВ, содержащимися в старом ХО, необходимо разработать эффективные экологически чистые способы их уничтожения.

Источниками отложенной интоксикации ОС являются места хранения полимерных отходов (ПО) и токсичных отходов смешанных классов опасности (ТОСКО) и места захоронений реакционных масс (РМ), образующихся при уничтожении ОВ.

Существует более 400 различных видов ПО, составляющих в РФ 8 % от общего количества вырабатываемых отходов (60 млн. т в год). Основную долю ПО составляют: полиэтилентерефталат (25 %), полиэтилены высокой (15 %) и низкой (15 %) плотностей, полипропилен (13 %), полистирол (6 %), поливинилхлорид (ПВХ) (5 %), другие полимеры (21 %). Оценки показывают, что производство ПВХ фактически приводит к потенциальному накоплению 12,5 т диоксинов в год, которые, в конечном счете, перейдут в ОС либо в результате сжигания ПВХ, либо в результате его естественного разложения.

Согласно данным [4], в России количество ТОСКО достигает 2 млрд. т. Из них под контролем в принадлежащих предприятиям хранилищах, накопителях, складах, могильниках, на полигонах и других подобных объектах находится около 1400 млн. т отходов. Более 15 % учтенных объектов для хранения (захоронения) отходов не соответствует действующим нормативам. По-видимому, только в последнее время ТОСКО стали изучаться на предмет их возможного влияния на ОС в России [7].

Из различных РМ наиболее серьезную отложенную угрозу для ОС представляют РМ, образующиеся при уничтожении фосфорорганических ОВ (ФОВ), к которым относятся зоман, зарин и Vx. По базовым технологиям эти РМ в конечном счете переводятся в подлежащие захоронению битумно-солевые массы, объем которых, согласно [8], в 5–6 раз превосходит объем исход-



ного ОВ и которые нельзя считать полностью экологически безопасными из-за содержащихся в них водорастворимых соединений. Более того, по данным [9], в соответствии с требованиями «Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия» переработка ФОВ в реакционные массы не является уничтожением ХО, в связи с чем в настоящее время предпринимаются попытки разработать методы переработки РМ, альтернативные битумированию.

В таблице представлены брутто-формулы некоторых ТОС, их температуры плавления $T_{пл}$, кипения $T_{кип}$, разложения $T_{разл}$, давления насыщенных паров p , удельной плотности ρ и ПДК. Обращает на себя внимание, что все ТОС образуются ограниченным набором химических элементов (в том числе галогенов), что позволяет с единых позиций разработать методы контроля и способы защиты ОС от воздействия различных ТОС.

Очевидно, что эффективность защиты ОС от интоксикации ТОС будет зависеть не только от эффективности ликвидаций ЧС (техногенных катастроф), связанных с выбросами в ОС больших количеств ТОС, но и от возможности успешного прогноза возникновения и развития таких ЧС. Для этого необходимо создание специализированной подсистемы (структуры) МЧС, которую условно можно назвать информационно-оперативной системой (ИОС) МЧС по предотвращению и ликвидации техногенных химических катастроф (ПЛТХК), объединяющей в себе различные структуры (не только относящиеся к МЧС).

2. Информационная система МЧС ПЛТХК

Очевидно, что ИС МЧС ПЛТХК должна включать в себя базу данных по различным свойствам ТОС и центр прогнозов возникновения и развития ЧС на предприятиях по выработке и хранению ТОС. Одним из условий создания такой информационной системы является выделение в структуре МЧС организации, ответственной за ее создание. В случае, изображенном на рис. 1, предполагается, что такой организацией является Центр стратегических исследований гражданской защиты (ЦСИГЗ) МЧС России.

Возможно, что уже в настоящее время целесообразно поставить вопрос о создании в МЧС собственной научно-технической базы, способной обеспечить решение проблем по ликвидации ТОС и предотвращению ТХК.

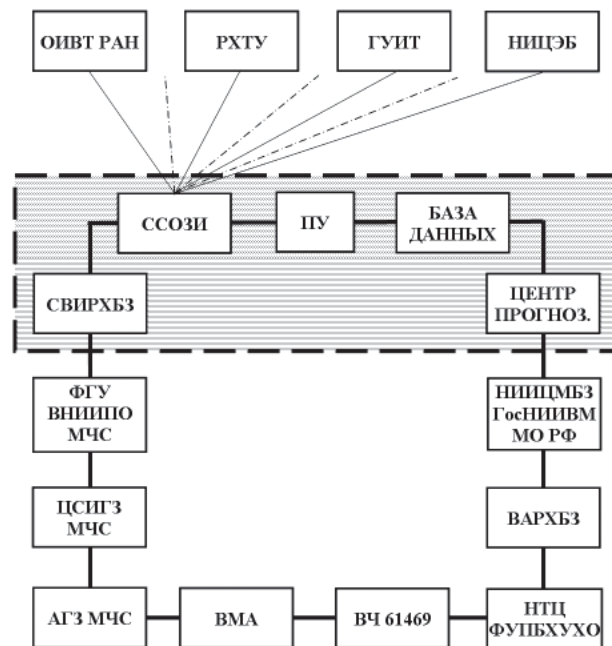


Рис. 1. Информационная система МЧС ПЛТХК с базой данных и центром прогнозов: АГЗ МЧС — Академия гражданской защиты МЧС России; ВАРХБЗ — Военная академия радиационной, химической и биологической защиты; ВМА — Военно-медицинская академия; ВЧ 61469 — войсковая часть 61469; ГУИТ — ГУ Института токсикологии Минздрава России; НИИЦМБЗ ГосНИИВМ МО РФ — Научно-исследовательский испытательный центр медико-биологической защиты ГосНИИИ военной медицины МО РФ; НИЦПЭБ — Научно-исследовательский центр по проблемам экологической безопасности Министерства природных ресурсов Российской Федерации (НИЦ «Экобезопасность»); НТЦ ФУПБХУХО — научно-технический центр Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия; ОИВТ РАН — Объединенный институт высоких температур РАН; ПУ — пункт управления; РХТУ — Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева; СВИРХБЗ — Саратовский военный институт радиационной, химической и биологической защиты; ССОЗИ — система сбора, обработки и защиты информации; ФГУ ВНИИПО МЧС — ФГУ ВНИИ противопожарной обороны МЧС России; ЦСИГЗ МЧС — Центр стратегических исследований гражданской защиты МЧС России

На рис. 1 схематически изображена ИС МЧС ПЛТХК, основанием для построения которой явились различные предприятия и институты, принимавшие участие в Первой и Второй научно-практических конференциях «Научно-технические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке хи-

Некоторые физические и токсические свойства различных ТОС

ТОС	Брутто-формула	$T_{пл}, ^\circ\text{C}$	$T_{кип}, ^\circ\text{C}$	$T_{разл}, ^\circ\text{C}$	$P(t, ^\circ\text{C}),$ мм рт. ст.	$\rho, \text{г/см}^3$	ПДК _{р.з.} , мг/м ³
Зарин	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{FO}_2\text{P}$	-57	147		1,48 (20)	1,09	$2 \cdot 10^{-5}$
Зоман	$\text{C}_7\text{H}_{16}\text{FO}_2\text{P}$	-80	190		0,92 (20)	1,03	$1 \cdot 10^{-5}$
Vx	$\text{C}_{11}\text{H}_{26}\text{O}_2\text{NSP}$	-50	300			1,02	$5 \cdot 10^{-6}$
Люизит	$\text{C}_4\text{H}_8\text{Cl}_2\text{S}$	-45	170	196	1,56 (25)	1,86	$2 \cdot 10^{-4}$
Иприт	$\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_3\text{As}$	14	217		0,12 (20)	1,27	$2 \cdot 10^{-4}$
Диоксины	$\text{C}_{12}\text{H}_4\text{Cl}_4\text{O}_2^*$	200–400		1250			$5 \cdot 10^{-10**}$
Пиридин 2,4-диметил	$(\text{CH}_3)_2\text{C}_5\text{H}_3\text{N}$		159			0,93	0,94***

мического оружия», состоявшихся, соответственно, 3–4 сентября 2003 г. и 6–8 октября 2004 г. в г. Москве. Схема функционирования ИС МЧС ПЛТХК очевидна из самого рисунка и, по-видимому, в каких-либо дополнительных комментариях не нуждается.

В рамках данной статьи невозможно перечислить все мероприятия, которые должны обеспечить создание ИОС МЧС ПЛТХК. Однако некоторые из них представляются более или менее очевидными и заслуживают того, чтобы быть упомянутыми в данной статье.

1. Разработка проекта Федеральной программы «Химическая безопасность РФ».

2. Перевод в МЧС до 2012–2015 гг. какой-то части войск химической защиты, целесообразность существования которых в рамках российской армии после полной ликвидации ХО становится, по меньшей мере, неочевидной.

3. Организация регулярной Всероссийской научно-практической конференции «Химическая безопасность России».

4. Организация центра прогнозов возникновения и развития ЧС на предприятиях по выработке и хранению ТОС.

5. Создание базы комплексных данных по различным ТОС.

6. Организация системы космического мониторинга ТОС в атмосфере Земли.

3. Оперативная система МЧС ПЛТХК

Очевидно, что эффективность защиты ОС от интоксикации ТОС будет зависеть не только от эффективности ликвидаций чрезвычайных ситуаций (ЧС) и техногенных катастроф (ТК), связанных с выбросами в ОС больших количеств ТОС, но и от возможности успешного прогноза возникновения и развития таких ЧС. Для этого необходимо создание единой оперативной системы, объединяющей в себе в той или иной степени все предприятия РФ по выработке или хранению ТОС. Поскольку в РФ выработка и реализация государственной политики в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций возложена на МЧС России [3], то представляется целесообразным именно на основе этого министерства создавать названную оперативную систему. Более того, в этой системе необходимо создать (подобно институту военпредов, существующему в Российской армии) институт «МЧС-предов», осуществляющих контроль химической обстановки на особо опасных предприятиях по хранению и выработке ТОС. Один из возможных вариантов единой оперативной системы (ЕОС) представлен на рис. 2. Смысл этого варианта ясен из самого рисунка и, по-видимому, в дополнительных комментариях не нуждается.

4. Основное условие минимизации воздействия ТОС на ОС

Судя по основным путям воздействия ТОС на ОС (рис. 3), существуют различные способы уменьшения этого воздействия: от традиционной детоксикации зараженной местности до фи-

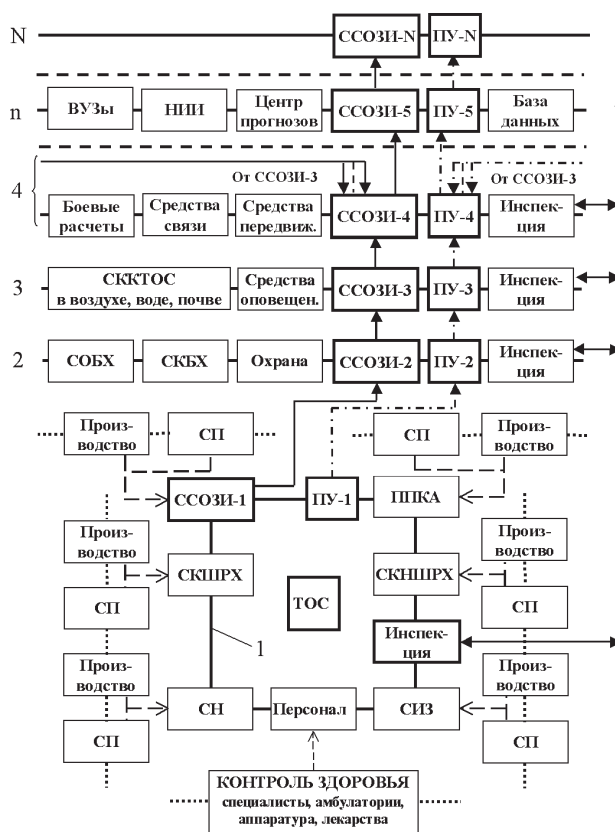


Рис. 2. Один из возможных вариантов единой оперативной системы: 1, 2, 3, 4, N — номер информационного уровня; 1-й уровень соответствует рабочей зоне (РЗ), 2-й — ЗЗМ, 3-й — СЗЗ, 4-й — уровни вспомогательных информационных систем; ППКА — противопожарная контрольная аппаратура, ПУ — пункт управления, СИЗ — средства индивидуальной защиты, СКБХ — средства контроля безопасности хранения (выработки), СККТОС — средства контроля концентраций ТОС, СКНШРХ — средства контроля нештатного режима хранения (выработки) ТОС, СКШРХ — средства контроля штатного режима хранения (выработки), СН — средства наблюдения, СОБХ — средства обеспечения безопасности хранения (выработки), СП — средства проверки различных средств контроля и обеспечения безопасности, ССОЗИ — система сбора, обработки и защиты информации

торемедиации почв и водоемов [10, 11]. Однако очевидно, что максимальный эффект достигается в том случае, когда ТОС либо уничтожаются в местах их образования, либо собираются и в специальных контейнерах доставляются к местам их уничтожения. Для достижения такого эффекта необходимо разработать универсальную технологию уничтожения различных ТОС, а еще лучше — универсальную технологию переработки различных ТОС в ликвидную продукцию. Основы названных технологий могут составить технологии, разрабатываемые для уничтожения РМ, образующихся при уничтожении ФОВ [8], а также универсальная технология переработки ТОС в ликвидную продукцию, разрабатываемая в ИТЭС ОИВТ РАН.

Заключение

В результате проведенного анализа показано, что значительная группа токсичных веществ, вырабатываемых и хранящихся на территории РФ, обладает общим признаком — это токсич-

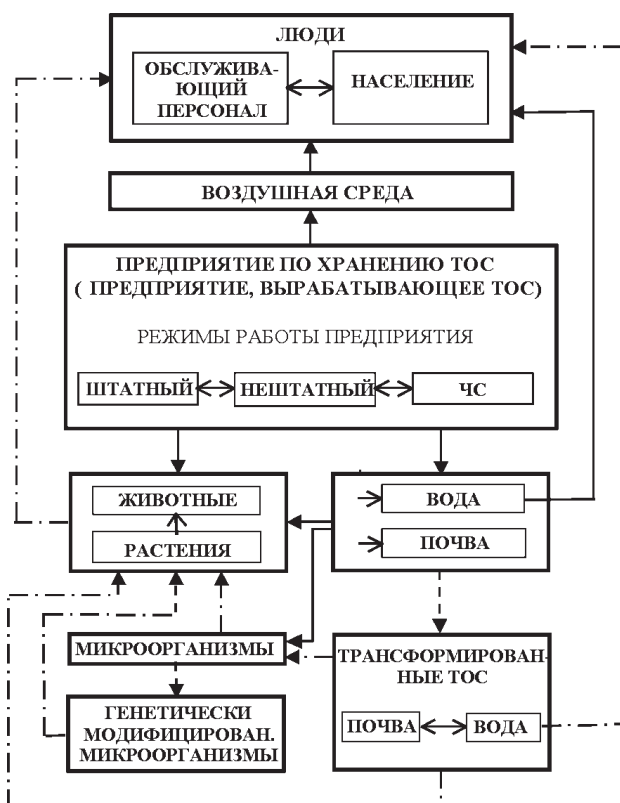


Рис. 3. Основные пути воздействия ТОС на окружающую среду: → — непосредственное воздействие; - - → — трансформация (модификация) поражающего фактора; - - - → — опосредованное воздействие; → — внутрисистемные взаимосвязи

ные органические соединения и прежде всего галогенсодержащие органические соединения. Это обстоятельство позволяет рассматривать защиту окружающей среды в РФ от воздействия на нее различных ТОС с единых позиций, основываясь, в первую очередь, на опыте уничтожения ХО, обобщенном в трудах I-й и II-й научно-практических конференций «Научно-технические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия» (2003, 2004 гг.). Продemonстрировано, что контроль за безопасным функционированием предприятий по производству и хранению различных ТОС целесообразно проводить в рамках единой информационной системы. Кроме того, установлено, что эффективное предотвращение глобальной интоксикации окружающей среды в РФ может быть обеспечено за счет создания универсальной технологии уничтожения ТОС или переработки их в ликвидную продукцию.

Список литературы

- Осипов В. Н., Бражников Ю. В. Проблема рисков и снижение ущерба от природных катастроф // Тез. докл. X Международ. науч.-практ. конф. по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Москва, ЦСИ МЧС России, 19–21 апреля 2005 г. С. 11.
- Соболев В. А. Природная и техногенная безопасность как важнейшие составляющие национальной безопасности России // Там же. С. 10.
- Тез. докл. X Международ. науч.-практ. конф. по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Москва, ЦСИ МЧС России, 19–21 апреля 2005 г.
- Лопатин В. Н. Экологическая безопасность — важнейший элемент национальной безопасности РФ // Экология и промышленность России. 2002. Вторая стр. обложки.
- Гончаров С. Ф., Бобров А. Ф., Щеплянов В. Ю. Оценка и управление рисками нарушения профессиональной надежности персонала потенциально опасных производств // Тез. докл. X Международ. науч.-практ. конф. по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Москва, ЦСИ МЧС России, 19–21 апреля 2005 г. С. 17–18.
- Демьянов А. Л., Симанский А. В. Современное состояние и перспективы уничтожения химического оружия в Российской Федерации // Матер. II Науч.-практ. конф. «Научно-технические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия». Москва, 6–7 октября 2004 г. С. 3–9.
- Лавренченко С. П., Лукьянов А. В., Матросов С. И., Меркулов П. Т. Методический подход к оценке эффективности утилизации жидких токсичных отходов смешанных классов опасности // Матер. I Науч.-практ. конф. «Научно-технические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия». Москва, 3–4 сентября 2003 г. С. 11–17.
- Захарычев В. В., Чимишкян А. Л., Ильиничев А. И., Кулаков И. И. Новый способ уничтожения фосфорорганических отравляющих веществ // Там же. С. 107–109.
- Судаков А. Ю., Голышков Д. В., Никифоров Г. Е., Ринк Л. И., Толстомятенко Е. С. Практические аспекты переработки реакционных масс, образующихся после детоксикации фосфорорганических отравляющих веществ // Тез. докл. II Науч.-практ. конф. «Научно-технические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия». Москва, 6–8 октября 2004 г. С. 22–24.
- Скоробогатова В. И., Щербаков А. А., Сотников Н. В., Щербакова Л. Ф. Фиторемедиация почв, загрязненных продуктами природного и техногенного разложения фосфорорганических отравляющих веществ // Там же. С. 125–126.
- Скоробогатов А. Г., Щербакова Л. Ф., Скоробогатова В. И., Щербаков А. А. Фиторемедиация водоемов, загрязненных мышьяк-содержащими соединениями // Там же. С. 127–128.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОТОВОЙ СВЯЗИ В РОССИИ

Н. Н. Баранов, И. И. Климовский

Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН)
ул. Ижорская, 13/19, Москва, 125412, Россия



Баранов
Николай Николаевич

Сведения об авторе: доктор техн. наук, профессор, глав. науч. сотрудник ОИВТ РАН.

Область научных интересов: специалист в области методов прямого преобразования видов энергии и проблем тепло- и электрофизики.

Публикации: автор более 80 научных трудов и изобретений.

The paper presents technical parameters of different cellular radiotelephone standards. By the example of Moscow, microwave energy flux densities (EFD) are estimated that are generated by the mobile telephones and impact the people who are present within the Moscow City area and don't use their own mobile telephones. The calculated EFD values are compare to the maximum permissible levels of impact by the electromagnetic fields on the population. On the base of the comparison, the maximum permissible duration of using the mobile telephones are determined for adults and children. The conclusion is made that, with account for the cellular telephone standards in Russia as well as for the pace of its development, the action of the microwave radiation from the mobile telephones on the common health can grow up to a serious ecological problem.

The supplement contains several data on possible medico-biologic consequences of that wide expansion of the cellular radiotelephone in the Russian Federation with the account for the fact that GSM-900/1800 is the prevalent standard of the communications.

The measures are discussed of individual protection against the electromagnetic radiation for the users of the mobile telephones.

Введение

В настоящее время число пользователей различных систем сотовой связи (ССС) в РФ достигло около 130 млн. человек. При мощности мобильного телефона (МТ) стандарта GSM-900/1800 (более детально о стандартах сотовой связи будет сказано ниже) — основного стандарта, используемого в РФ, — 0,8, 2 Вт суммарная мощность всех МТ в РФ превышает 130 МВт. То есть даже без учета излучения базовых станций (БС) и других источников электромагнитного излучения интегральная система сотовой связи РФ может рассматриваться как обособленная энергетическая система. Ее главный фактор воздействия на окружающую среду — электромагнитное поле (ЭМП), способное оказать негативное воздействие на здоровье людей. Более того, частоты ЭМП ССС лежат в диапазоне примерно от 0,5 до 2 ГГц, то есть перекрываются с диапазоном частот ЭМП, используемых в радиолокационных станциях. Общеизвестно, что та-

кие электромагнитные поля при плотностях потока энергии (ППЭ), превышающих их предельно допустимые уровни (ПДУ), могут представлять серьезную опасность для здоровья людей.

Поскольку в литературе, посвященной изучению тех или иных проблем (аспектов) ЭМП применительно к диапазону частот 0,3–300 ГГц, используется различная терминология, то прежде чем перейти к дальнейшему рассмотрению проблемы, обсуждаемой в статье, целесообразно четко обозначить термины, которые в дальнейшем будут использоваться применительно к ЭМП МТ. Как уже отмечалось, диапазон частот ЭМП мобильных телефонов составляет примерно 0,5–2 ГГц и входит в диапазон ультравысоких частот УВЧ (0,3–3 ГГц), который с диапазоном сверхвысокочастотного (СВЧ) излучения (3–300 ГГц) объединяется в вышеуказанный диапазон частот 0,3–300 ГГц. В санитарных нормах и правилах [2] ЭМП такой диапазон частот объединяют под общим названием «СВЧ-излучение». Для таких ЭМП в РФ существуют единые ПДУ, измеряе-

мые в интенсивностях (плотностях потока энергии — ППЭ) Вт/см² [2–4], что указывает на сходство влияния на здоровье людей ЭМП, относящихся ко всему диапазону частот 0,3–300 ГГц. За рубежом, а иногда и в отечественной литературе, СВЧ-излучение сантиметрового диапазона и УВЧ-излучение дециметрового диапазона длин волн объединяются под общим термином «микроволновое излучение» (МВИ). Поскольку, согласно приведенному выше диапазону частот, ЭМП МТ относятся к диапазону дециметровых волн, то в дальнейшем эти ЭМП будут называться «микроволновым излучением».

Казалось бы, вопрос о вреде ЭМП мобильных телефонов (МТ) и базовых станций (БС) для здоровья людей является ключевым. Именно от его решения зависит не только выбор технического направления развития ССС, но и, если можно так выразиться, выработка навыков культуры пользования сотовой связью, если не исключая полностью, то хотя бы уменьшающих до допустимого уровня влияние ЭМП ССС на здоровье людей и, в первую очередь, детей.

К сожалению, в настоящее время даже в научной литературе, посвященной изучению вопроса негативного влияния ЭМП ССС на здоровье людей, однозначного ответа на сформулированный вопрос нет. Например, оценивая по первой главе [1] монографии «Электромагнитные поля и здоровье человека», опубликованной в 2002 г., сложившиеся к этому году мнения различных представителей науки на опасность и степень влияния на здоровье населения электромагнитных полей ЭМП ССС, приходится констатировать, что они не только отличаются друг от друга, но и откровенно противоречат друг другу.

Судя по темпам проводимых в настоящее время различных исследований о последствиях влияния ЭМП МТ и учитывая при этом необъяснимую с научной точки зрения противоречивость результатов этих исследований, можно предположить, что изучение вопроса о характере влияния ЭМП конкретных мобильных телефонов на здоровье людей займет еще не одно десятилетие.

Однако, если от поисков ответа на сформулированный вопрос перейти к поиску ответа на вопрос о влиянии МВИ, к которому, как уже отмечалось, относится излучение, используемое в ССС, на здоровье людей, то однозначный ответ на этот вопрос, а следовательно, и на вопрос о характере влияния ЭМП ССС на здоровье людей, получен еще 30–40 лет тому назад в СССР в исследованиях характера влияния СВЧ-излучения радиолокационных станций на здоровье персонала, обслуживающего те или иные источники такого излучения. К сожалению, ни в [1], ни в других подобных публикациях результаты проведенных в СССР в 60–70-х годах XX века долгосрочных наблюдений за большой группой профессионалов, подвергающихся ежедневному воздействию СВЧ-излучения, даже не упоминаются. Эти наблюдения дали чрезвычайно интересные результаты и прежде всего позволили выделить самостоятельную нозологическую едини-

цу болезни — радиоволновую болезнь (РВБ) [2], которая развивалась у части работников, обслуживающих различные источники СВЧ-излучения при интенсивностях ЭМП, не превышающих сотых долей милливатта на квадратный сантиметр. Согласно данным, полученным в результате обследуемых наблюдений, только ЭМП с ППЭ порядка 1 мкВт/см² не оказывали негативного влияния на здоровье людей.

Главным фактором, влияющим на развитие отдаленных последствий воздействия ЭМП УВЧ на людей, является облучение головного мозга. Более тридцати лет тому назад было надежно установлено следующее [3]: «Исследования показывают, что особой чувствительностью к ЭМП обладают органические тела только на макроскопическом уровне... В наибольшей степени эта чувствительность проявляется только в целостном организме... С развитием и усложнением организма, кроме простейших физико-химических механизмов, все большее и большее влияние на организм в целом оказывают эффекты, которые принято связывать с физиологическими и биофизическими механизмами действия, включающими как неразрывное целое информационный аспект радиоволн». По-видимому, ни у кого не может возникнуть сомнения, что человеческий организм (особенно человеческий мозг) является намного более сложным организмом, чем организмы большинства животных, и, следовательно, воздействие МВИ на мозг человека должно быть более значительным, чем на мозг животных.

Цель данной работы заключается, во-первых, в попытке, если можно так выразиться, очертить проблему негативного воздействия ЭМП СС на людей в предельно доступной авторам данной статьи полноте. Во-вторых, в выявлении наиболее серьезных проблем сотовой связи, решение которых сделает такую связь безопасной для ее пользователей и, прежде всего, для детей*.

1. Некоторые данные о динамике развития сотовой связи в России. Основные стандарты

Для России последнее десятилетие характеризуется широким проникновением в быт ее граждан мобильных телефонов. Например, в декабре 2004 г. [4] «...в России было подключено более 8,3 миллионов абонентов — это вдвое больше, чем в ноябре, и втрое больше, чем в декабре 2003 г.». В конце 2004 года общее число пользователей различными системами сотовой связи (ССС) в РФ достигло 73,9 млн. [5], в то время как [4] «...по прогнозам Минсвязи РФ двухлетней давности, к 2010 году в стране должно было набраться 35 млн. пользователей сотовой связью».

Согласно данным, приведенным в [5], в конце 2004 г. из общего числа абонентов ССС на

* Поскольку нам неизвестны научные работы, преследующие аналогичные цели, в данной работе для их достижения пришлось пользоваться не только научными публикациями, но и материалами, опубликованными в СМИ и в Интернете.

долю компании МТС приходилось 35,9 %, а на долю компании «ВымпелКом» — 34,8 %. В Москве и Московской области, где проживают свыше 17 млн. человек, названные компании обслуживали, соответственно, 6,985 и 6,960 млн. пользователей. Используя приведенные данные и полагая, что доли различных фирм в Москве и Московской области такие же, как во всей России, легко сосчитать, что общее число абонентов ССС в названном регионе на конец 2004 г. составляло около 19,7 млн. Получается, что уже в 2004 г. число абонентов ССС в Москве и Московской области примерно на два миллиона превысило число проживающих в них людей. Такому расхождению могут способствовать, по меньшей мере, две причины. Во-первых, доля участия компаний МТС и «ВымпелКома» в Москве и Московской области заметно больше, чем по всей России. Во-вторых, часть абонентов названных компаний имеет по несколько мобильных телефонов. Однако, как бы ни было на самом деле, начиная с 2004 г., число мобильных телефонов (абонентов СС) в Москве с большой степенью надежности можно положить равным 10 млн. Корректность приведенной цифры подтверждается сообщением [4] о том, что в 2004 г. проникновение сотовой связи в столичном регионе достигло 99 %.

Динамика развития основных компаний сотовой связи в России отображена на рис. 1 в виде зависимостей числа абонентов различных компаний сотовой связи от времени. Видно, что общее число абонентов давно превзошло ожидаемое количество.

В табл. 1 приведены некоторые технические характеристики стандартов сотовой связи, используемых в России. Достоверность данных этой таблицы подтверждается данными 1994 г. [6], когда в сотовой связи еще не использовался стандарт CDMA. Согласно этим данным, мощность излучения ручных радиотелефонов, используемых в то время, составляла 0,8–5 Вт.

Мощность P , излучаемая мобильным телефоном во время работы (во время разговора), является практически однозначным признаком совершенства ССС. На основании табл. 1 можно сделать однозначный вывод о том, что в России преимущественно используются наименее совершенные и, по-видимому, наиболее дешевые системы сотовой связи. По непонятным причинам вполне успешная Сотовая компания «Сонет», использовавшая передовой стандарт CDMA, была ликвидирована весной 2005 г.*

Полагая мощность излучения отдельного МТ равной 1 Вт и учитывая ранее приведенное число пользователей ССС в Москве, можно оценить, что в случае одновременной работы всех МТ общая мощность МВИ в городе составит около 10 МВт, а общая мощность всех сотовых телефонов, используемых в России, как уже отмечалось ранее, достигает 130 МВт.

* По неофициальным данным, кроме России, в настоящее время стандарт GSM является основным стандартом сотовой связи только в странах Африки.

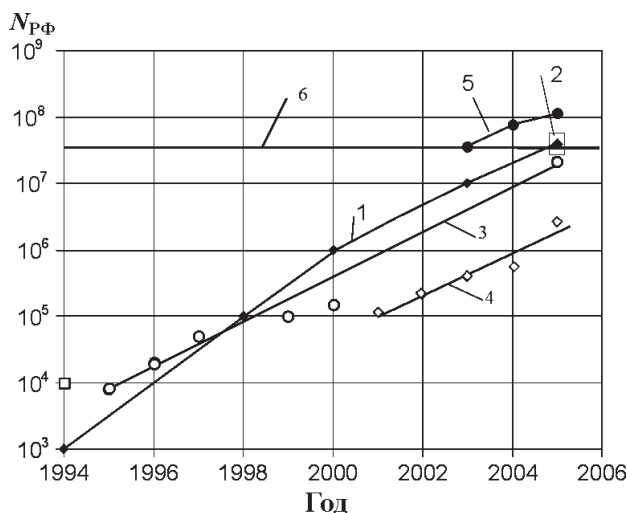


Рис. 1. Динамика развития основных сотовых компаний России: 1 — АО «МТС»; 2 — «ВымпелКом» («Билайн»); 3 — АОЗТ «Северо-Западный GSM-Мегафон»; 4 — ЗАО «Средневожская межрегиональная ассоциация радиотелекоммуникационных систем» (СМАРТС); 5 — общее количество абонентов; 6 — прогноз (2003 г.) Минсвязи РФ на 2010 г.

С учетом приведенных значений суммарных мощностей мобильных телефонов возникает естественный вопрос. Могут ли ЭМП, используемые в ССС России, оказать негативное влияние как на здоровье их пользователей, так и на здоровье не пользующихся мобильными телефонами жителей крупных городов России, в которых общее число пользователей ССС составляет, например, 1 млн. и более? Чтобы ответить на эти и подобные вопросы, необходимо, прежде всего, установить ПДУ воздействия ЭМП на людей.

2. Предельно допустимые уровни воздействия ЭМП на людей. Оценки уровней ППЭ ЭМП в крупных городах (на примере г. Москвы)

Имеются различные нормативные документы, например [6–9], в которых определяются предельно допустимые уровни воздействия МВИ на людей. Представим информацию об этих уровнях в обобщенном виде — так, как это сделано в справочно-информационном издании [10], позаимствовав из этого издания табл. 2 и 3.

Не вдаваясь в детальный анализ данных табл. 2 и 3, ограничимся двумя замечаниями. Во-первых, значение ПДУ для пользователей радиотелефонов, приведенное в табл. 2, нормировано на 1 ч за сутки. Что это означает? Если плотность потока энергии МВИ у головы человека, разговаривающего по мобильному телефону, равна 100 мкВт/см², то он может пользоваться им 1 ч в сутки. Если ППЭ больше 100 мкВт/см² (например, 400 мкВт/см), то мобильным телефоном можно пользоваться 25 мин. в сутки. Если ППЭ меньше 100 мкВт/см² (например, 50 мкВт/см²), то мобильным телефоном можно пользоваться 2 ч в сутки.

Во-вторых, ребенка, даже пользующегося мобильным телефоном, нельзя уподоблять взрослому человеку. По-видимому, ВДУ для ребенка

Таблица 1

Стандарты сотовой связи

Стандарт сотовой связи	Режим работы	Диапазон частот, МГц	Мощность P, Вт	Примечания	Компания	Число абонентов в Москве и Московской обл.
NMT-450/900 (Nordic Mobile Telephone)	Аналоговый	453–468, 900	≤3	Сети охватывают территории практически всех крупных городов и областей России. Слабая помехоустойчивость, незащищенность от подслушивания	—	—
AMPS/NAMPS (Advanced Mobile Phone Service)	Аналоговый	825–890	2	Сети подвижной связи AMPS широко используются в России	Макроком**	—
GSM-900/1800* (Global System for Mobile Communications)	Цифровой	890–960, 1710–1880	0,8–2	Панъевропейский цифровой стандарт. Высокое качество передаваемого звука, высокая защита от подслушивания и нелегального использования номера	МТС Вымпелком (Билайн) Мегафон	9 674 000 8 875 700 8 875 700
DAMPS (Digital Advanced Mobile Phone Service)	Цифровой	825–890	1	Модификация IS-136 применяется в московской сети «Билайн»	Макроком	—
IMT-MS-450 (International Mobile Telecommunications-Multi-Carrier)*	Цифровой	450	0,2	Основными преимуществами IMT-MS по сравнению с другими современными стандартами сотовой связи являются: высокая пропускная способность; информационная безопасность; экологическая безопасность (мощность излучения передатчика терминала существенно ниже, чем в других стандартах)	Скай Линк	55000
CDMA (Code Division Multiple Access)	Цифровой	450	~0,01	Система множественного доступа с кодовым разделением каналов улучшает качество связи в местностях с холмистым рельефом, где возникают помехи от отраженных сигналов**. Отличное качество звука, надежная защита частной информации	Персональные коммуникации (сотовая компания «Сонет»)**	~ 80000 2003–2004 гг.

Таблица 2

Временно допустимые уровни (ВДУ) воздействия электромагнитных излучений (ЭМИ), создаваемых системами сотовой радиосвязи, непрофессиональное воздействие

Категория облучения	ВДУ ЭМИ	Примечание
Облучение населения, проживающего на прилегающей селитебной территории, от антенн базовых станций	10 мкВт/см ²	ГН 2.1.8/2.2.4.019-94 [3]. Измерения ВДУ следует проводить на расстоянии от источника ЭМИ, соответствующего расположению головы человека, подвергающегося облучению
Облучение пользователей радиотелефонов	100 мкВт/см ² *	

* Гигиенические нормативы ГН 2.1.8./2.2.4.019-94 разработаны коллективом сотрудников НИИ медицины труда РАМН и Самарским отраслевым НИИ радио Минсвязи РФ. Утверждены и введены в действие Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 27 декабря 1994 г. № 12 сроком на 3 года. За отсутствием в распоряжении авторов статьи каких-либо других нормативных документов, имеющих конкретное отношение к МВИ мобильных телефонов, в дальнейших оценках, проводимых в статье, используется это значение ВДУ.

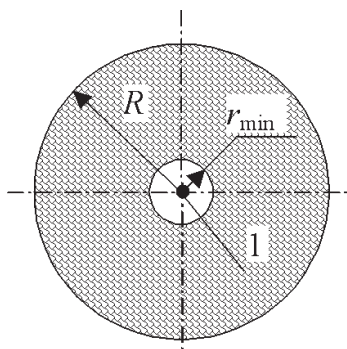


Рис. 2. Схема определения ППЭ в центре круглой территории

должно быть сравнимо со значением ПДУ 2 мкВт/см² (табл. 3).

Полагая для определенности, что мощность P отдельного МТ составляет 1 Вт, а расстояние l от мобильного телефона, прижатого к уху, до центра головы пользователя составляет 10 см, плотность потока энергии I микроволнового излучения в центре головы пользователя, рассчитанная по формуле:

$$I \cong \frac{P}{4\pi l^2}, \quad (1)$$

составляет 800 мкВт/см². Согласно табл. 2, при таком уровне ЭМП пользователь ССС может пользоваться МТ стандарта NMT-450 не более 2,5 мин в сутки, ребенок — не более 3 с. Для ССС стандарта CDMA это время увеличивается, соответственно, до 37,5 мин и 45 с.

Аналогичные оценки показывают, что при мощности излучения 1 Вт на поверхности мозга в области, прилегающей к уху, к которому прикладывается МТ, плотность потока энергии составляет около 600 мкВт/см². При таком уровне ЭМП пользователь ССС может пользоваться МТ стандарта NMT-450 не более 3 с в сутки,

ребенок — не более 0,06 с. Для ССС стандарта CDMA это время увеличивается соответственно до 45 и 0,9 с.

Микроволновое излучение мобильных телефонов действует не только на их обладателей, но и на окружающих людей. При оценке плотности потока энергии МВИ, воздействующего на людей, находящихся в зоне действия ССС, будем исходить из следующих предположений, иллюстрируемых с помощью рисунка и существенно упрощающих проведение такой оценки. Человек, обозначенный на рис. 2 цифрой «1» и подвергающийся воздействию ЭМП различных ССС, находится в центре Москвы, территория которой имеет форму круга радиусом R и площадью $S = 878,7$ км², равной площади Москвы в 1981 г. [11]. Минимальное расстояние $r_{\min}$ между этим человеком и ближайшим к нему мобильным телефоном определим как

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{\pi R^2}{N}}, \quad (2)$$

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}, \quad (3)$$

где, кроме известных обозначений, N — число мобильных аппаратов на территории Москвы.

Предположим также, что МВИ мобильных телефонов равномерно распределено по площади Москвы в пределах кольца, ограниченного окружностями радиусами $r_{\min}$ и R (см. рис. 2). В случае, когда выполняется условие $r_{\min} \ll R$, поверхностную плотность мощности микроволнового излучения p можно рассчитать по формуле:

$$p = NP/S. \quad (4)$$

Кроме того, предположим, что каждый «элементарный» участок dS площади Москвы излучает как «элементарный» вибратор Герца, мощность излучения которого рассчитывается по формуле [12]:

Таблица 3

Предельно допустимые уровни воздействия ЭМП, создаваемых радиотехническими объектами, для основного населения

Источник излучения	Диапазон частот	ПДУ	Примечание
Радиотехнические объекты	30–300 кГц	25,0 В/м	СанПиН 2.2.4/2.1.8. 055-96 [5]. Для всех случаев облучения
	0,3–3 МГц	15,0 В/м	
	3–30 МГц	10,0 В/м	
	30–300 МГц	3,0 В/м	
	0,3–30 ГГц	10 мкВт/см ²	
Радиотехнические объекты г. Москвы	30 кГц–3 МГц	15,0 В/м	СанПиН [6]. Территория города, общественные, служебные, производственные здания
	3–30 МГц	10,0 В/м	
	30–300 МГц	3,0 В/м	
	0,3–300 ГГц	3 мкВт/см ²	
	30 кГц–3 МГц	10,0 В/м	СанПиН [6]. Жилые здания любого вида, детские образовательные и учебно-воспитательные учреждения стационарного типа и их территории, интернаты всех видов и их территории, гостиницы, другие учреждения, предназначенные для круглосуточного пребывания людей
	3–30 МГц	7,0 В/м	
	30–300 МГц	2,0 В/м	
	0,3–300 ГГц	2,0 кВт/см ²	

$$pdS = 80\pi^2 I_A^2 \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2, \text{ Вт}, \quad (5)$$

где I_A — эффективная сила тока в пучности тока, l и λ — соответственно, длина вибратора и длина волны излучения, а амплитуда напряженности электрического поля E_0 , создаваемая таким вибратором, в дальней зоне ($r \gg \lambda$) рассчитывается по формуле [12]:

$$E_0 = 266,4 \frac{I_A l}{r \lambda} \sin \theta, \text{ В/м}, \quad (6)$$

где, кроме известных обозначений, θ — угол между осью диполя и направлением на точку, в которой определяется поле.

В дальнейших выкладках ограничимся рассмотрением случая, когда угол $\theta = 0$, и используем для расчета интенсивности микроволнового излучения, создаваемого каждым «элементарным» вибратором в центре Москвы (см. рис. 2), известную формулу для расчета интенсивности плоской линейно поляризованной монохроматической волны в воздухе:

$$J = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} E_0^2, \text{ В/м}^2, \quad (7)$$

где, кроме известных обозначений, ϵ_0 и μ_0 — соответственно, электрическая и магнитная постоянные.

Определяя плотность потока энергии I микроволнового излучения в центре Москвы как

$$I = \int_{S_1} J dS, \quad (8)$$

где, кроме известных обозначений, S_1 — площадь части круга (см. рис. 2), заключенной между окружностями радиусами R и $r_{\min}$, можно с учетом сделанных предположений получить соотношение, определяющее плотность потока энергии МВИ, воздействующего на человека, находящегося в центре Москвы:

$$I = \frac{0,75PN}{S} \ln \frac{R}{r} = \frac{0,75PN}{S} \ln \sqrt{\frac{N}{\pi}}. \quad (9)$$

Полагая $P = 1$ Вт, $N = 10^7$, $S = 8,787 \cdot 10^{12} \text{ см}^2$, получаем $I \cong 7 \text{ мкВт/см}^2$. То есть в случае непрерывной работы всех мобильных телефонов на территории Москвы плотность потока энергии МВИ больше ее предельно допустимого значения для населения (детей) в 3,5 раза. Эта цифра означает, что в том случае, если каждый из мобильных телефонов работает более 7 ч в сутки, их излучение становится опасным для всех детей, живу-

щих в центре Москвы. И не только в самом центре, но и в пределах центральной части Москвы, радиус которой $R_{\text{ц}}$ удовлетворяет условию $R_{\text{ц}} \ll R$, т. е. практически в пределах всего Садового кольца, диаметр которого составляет около 4 км.

Более того, если учесть, что деловая жизнь преимущественно сосредоточена в центре Москвы, и предположить, что треть мобильных телефонов Москвы сосредоточена на 0,1 части площади этого города, то плотность потока энергии МВИ в центре Москвы при одновременной работе этой третьей части мобильных телефонов будет достигать 20 мкВт/см^2 . А эта цифра означает, что уже при работе каждого МТ более 2,4 ч в сутки их излучение становится опасным для детей, проживающих в центре Москвы.

Необходимо отметить, что сделанные выше оценки, давшие значение $I \cong 7 \text{ мкВт/см}^2$, не распространяются на так называемых деловых людей, профессиональная деятельность которых в основном проходит в местах скопления пользователей ССС. Оценивая по формуле (9) плотность потока энергии МВИ в центре круговой территории площадью 1000 м^2 и предполагая, что на этой площади размещено 500 МТ, получаем плотность потока энергии в центре рассматриваемой площади, составляющую 95 мкВт/см^2 . Среднесуточное значение будет превышать предельно допустимое для служебных зданий (3 мкВт/см^2) уже в том случае, если каждый мобильный телефон (из пятисот) работает в сутки более 45 мин.

В случае многоэтажных деловых центров время допустимой работы МТ легко может существенно уменьшиться. Уподобляя многоэтажные здания сфере, предполагая, что мощность МВИ мобильных телефонов равномерно распределена по сфере радиуса R , переопределяя соответствующим образом формулу для расчета значения $r_{\min}$ и основываясь на ранее сформулированных допущениях, можно получить соотношение, определяющее плотность потока энергии в центре сферы:

$$I = 1,1 \frac{PN}{R^2}. \quad (10)$$

Полагая $P = 1$ Вт, $N = 500$ и $R = 8$ м, из соотношения (10) получаем $I = 8 \cdot 10^2 \text{ мкВт/см}^2$. Несмотря на приблизительность проведенной оценки, она показывает, что в больших зданиях воздействие микроволнового излучения на людей, находящихся вблизи центра этих зданий, может существенно возрастать по сравнению с воздействием на людей, находящихся в центре плоских территорий.

Таким образом, в местах скопления пользователей ССС (общественные и служебные здания) излучение их мобильных телефонов может представлять угрозу не только для них самих, но и для людей, не имеющих мобильных телефонов или не пользующихся ими.

Заключение

Отрицательное воздействие ЭМП частотных диапазонов, используемых в различных системах ССС, было давно установлено. Исследования последних лет подтверждают этот вывод,

сделанный советским учеными более 30 лет тому назад. Люди, уровень воздействия ЭМП на которых превышает ПДУ, приведенные в табл. 2, рискуют приобрести те же выявленные в результате комплексных медико-биологических исследований проблемы со здоровьем, что и обслуживающий персонал различных источников МВИ. Анализ этих проблем, проведенный по литературным данным, представлен в приложении.

Мобильные телефоны, а точнее, их МВИ, действительно вредны для здоровья. Учитывая количество МТ в России, приходится признать, что они могут нанести вред здоровью примерно половины ее граждан, в том числе и людям, не имеющим таких телефонов. Следовательно, проблема негативного воздействия МВИ мобильных телефонов на здоровье людей по своим масштабам перестает быть чисто медицинской проблемой. Учитывая, что число пользователей ССС в России составляет около 130 млн. человек, проблема микроволновых электромагнитных полей, излучаемых не только мобильными телефонами, но и базовыми станциями ССС, передающими антеннами космического телевидения и космической связи и т. д., может со временем перерасти в общероссийскую экологическую проблему — проблему сохранения здоровья российского народа.

Поскольку названная выше экологическая проблема возникла в первую очередь в связи с развитием ССС, приведшим к появлению в природной среде, окружающей человека, нового, ранее отсутствовавшего экологического фактора антропогенного происхождения — микроволнового излучения, приходится констатировать появление на рубеже XX–XXI вв. новой формы экологии, естественным названием для которой служит название «электромагнитная (микроволновая) экология». Очевидно, что эффективное решение этой проблемы возможно только в том случае, если в этом решении примут активное участие не только медики и биофизики, но и специалисты в областях радиотехники и радиофизики.

Особую актуальность приобретает гигиенический контроль микроволновой (радиоволновой) обстановки на территории крупных городов, для эффективного осуществления которого, по-видимому, потребуются разработать новые типы измерительной радиотехнической аппаратуры.

ПРИЛОЖЕНИЕ

1. Некоторые последствия воздействия микроволнового излучения на людей и другие биологические объекты (по литературным данным)

Прежде чем перейти к рассмотрению конкретных результатов воздействия МВИ на людей и другие живые организмы, необходимо отметить, что значениям ПДУ, принятым в 1996 г., предшествовали более жесткие значения. По данным работы [3], эти значения, по-видимому, учтенные при выработке ПДУ 1970 г., установлены на основе клинико-физиологических

исследований функциональных изменений у людей, подвергшихся воздействию ЭМП 3- и 10-сантиметровых диапазонов длин волн. При этом было установлено, что наиболее чувствительными к облучению являются глаза и семенники. Кроме того, установлено, что если рассматривать ЭМП как непосредственно раздражающий фактор центральной нервной системы (ЦНС), то теоретически установленной границей такого воздействия считаются 1000–3000 МГц. То есть ЭМП 10-сантиметрового диапазона соответствуют этой границе и, по-видимому, сильного непосредственного воздействия на ЦНС не оказывают. Однако частоты ЭМП, используемых в различных ССС, ниже указанного предела, поэтому их воздействие на людей может иметь сочетанный характер (одновременно на отдельные органы и на ЦНС) и, следовательно, быть более сильным, чем воздействие ЭМП с частотами 3000 МГц и более. Такое предположение выглядит тем более обоснованным, если учесть, что ЭМП с частотами 0,5–1 ГГц значительно более глубоко проникают в человеческий мозг, чем ЭМП 3- и 10-сантиметрового диапазонов.

Отсылая желающих подробно ознакомиться с результатами исследований воздействия МВИ на людей и животных, проведенными до начала 1970-х годов, к монографии [3], ограничимся в данной работе несколькими цитатами, отражающими наиболее общие последствия названных воздействий.

1. МВИ «является типичным стрессором».

2. При уровнях МВИ, превышающих 5 мВт/см², и «хроническом действии полей меньшей интенсивности наблюдается... повышенная утомляемость, слабость, вялость, разбитость, а также раздражительность, головкружение. Иногда наблюдаются приливы к голове, чувство жара, половая слабость (по типу ослабления влечения), приступы тошноты и даже потемнение в глазах».

3. У людей, подвергающихся воздействию МВИ с плотностями 3 мВт/см² в течение 5–10 лет наблюдаются «некоторые изменения со стороны нервной системы».

4. «В одной из лабораторий США серьезно исследуется вопрос о корреляции между рождением монголоидных детей (болезнь Дауна) с облучением их отцов СВЧ (микроволновой — авторы) энергией. Найдено, что большинство таких детей имеют отцов, облученных во время Второй мировой войны радиополем локаторов».

Судя по некоторым данным, приведенным в работе [3], к началу 1970-х годов была недостаточно изучена роль времени облучения (временных параметров ЭМП) на результаты воздействия МВИ на людей. Некоторые из этих результатов были обратимыми и исчезали на 3–4-й день после облучения. Скорее всего, эти данные относятся к исследованиям непродолжительных воздействий на людей и животных. Вышеуказанная корреляция между рождением монголоидных детей и облучением (скорее всего, многолетним)

их отцов радиополем локаторов свидетельствует о возможности необратимого воздействия ЭМП на людей.

Еще одним подтверждением, во-первых, сказанному, а во-вторых, опасной своими последствиями «уязвимости детей», служат сведения, приведенные в статье [13]: «Венгерские исследователи представили данные о возможности развития опухоли головного мозга у пользователей сотовых телефонов. Ими установлена связь между развитием опухоли головного мозга у людей от 20 до 29 лет, которые использовали сотовые с детского возраста».

Закончив рассмотрение почерпнутых из работ [3] и [13] примеров негативного воздействия МВИ на людей, обратимся к результатам выполненных в начале 1980-х годов исследований воздействия МВИ 7-миллиметрового диапазона длин волн (частота около 40 ГГц) на различные биологические объекты. Эти результаты представляют большой интерес еще и потому, что до настоящего времени, ввиду их трудной доступности, они, по-видимому, не были известны широкой российской общественности.

Судя по результатам некоторых исследований воздействия МВИ миллиметрового диапазона длин волн на биологические объекты с той или иной патологией в строго контролируемых условиях, это воздействие может носить благотворный характер. Например, в работе [14] «на большом экспериментальном материале... показано, что радиоволны миллиметрового диапазона (РМД) обладают специфическим разнонаправленным действием на нормальные и опухолевые клетки, что позволило рекомендовать данный метод в практику лечения онкологических больных. Для получения максимального биологического эффекта (БЭ) необходимо строго соблюдать параметры облучения (подчеркнуто нами — авторы), а именно: частоту колебаний, пороговую интенсивность и время облучения. В основе БЭ лежит острорезонансный характер воздействия мм-волн на биологические структуры.

Установлено, что мм-волны при комбинации с противоопухолевыми препаратами или рентгеновским излучением вызывают торможение роста опухолей на 80–100 % и одновременно защищают кроветворную систему. Методами экзо- и эндогенного клонирования в селезенке показано, что нормализация кроветворения обусловлена интенсификацией процессов пролиферации стволовых клеток костного мозга».

К сожалению, воздействие МВИ, используемого в СССР, на людей происходит в абсолютно неконтролируемых условиях. Согласно материалам V Всесоюзного семинара «Изучение механизмов нетеплового воздействия миллиметрового и субмиллиметрового излучения на биологические объекты» (Москва, 1983 г.), такое воздействие оказывает на здоровые биологические организмы преимущественно негативное влияние.

Например, в работе [15] с учетом того, что «изучение параметров инактивации (частоты доминантных летальных мутаций) у дрозофил

позволяет судить о мутагенном эффекте того или иного воздействия и в то же время демонстрирует состояние сперматогенеза* и его влияние на оогенез**», были проведены исследования «по изучению влияния трехчасового облучения электромагнитными волнами длиной 7,2 мм на сперматогенез дрозофил линии R-86 (плотность 0,5 мВт/см²)...».

Работа показала, что электромагнитное излучение в данной постановке опыта, не индуцируя в сперме дрозофил истинно генетических событий, изменяет ее активность, способность к оплодотворению и влияние на оогенез».

Следует отметить, что выводы работы [15] достаточно хорошо согласуются с ранее приведенной информацией о половой слабости, развивающейся у людей под воздействием МВИ с плотностью потока энергии 5 мВт/см².

Результаты воздействия МВИ на детей и человеческие эмбрионы, по-видимому, никогда не изучались. Однако в работе [16] в связи с широким использованием электроники в народном хозяйстве проведены исследования мутагенных свойств электромагнитного излучения на эмбрионах дрозофил: «Соматический мозаицизм у дрозофил является одной из чувствительных тест-систем, позволяющих оценить мутагенный эффект как химических, так и физических факторов. ...Облучение 16-часовых кладок производилось при длине волны 7,2 мм, при плотности мощности 0,5 мВт/см² в течение трех часов... Работа показала, что при данных условиях облучения наблюдается индукция соматического мозаицизма...».

В статье [17] приведено описание эксперимента, проведенного в Московском институте биофизики Ю. Григорьевым, который «сделал два инкубатора. В каждый положил по 63 куриных яйца. Над одним «птичьим домиком» на высоте 10 см подвесили мобильник стандарта GSM (мощность излучения 1–2 Вт). Телефон работал в таком режиме: 1,5 мин. включен, полминуты выключен. Нарушения эмбрионального развития начались на третий день. Вылупились лишь 16 птичек, которые «слушали» телефон. Но они оказались нежизнеспособны. Для сравнения: в инкубаторе, где яйца не донимали звонками, без проблем появился на свет 51 птенец».

Проецируя приведенные результаты работ [16] и [17] на женщин-пользователей ССС, можно с уверенностью сказать, что беременным женщинам пользование мобильными телефонами противопоказано, и чем меньше минут в день они будут ими пользоваться, тем лучше для их потомства.

В монографии [3] отмечается: «Исследования показывают, что особой чувствительностью к ЭМП обладают органические тела только на макроскопическом уровне... в наибольшей степени эта чувствительность проявляется только

* Сперматогенез — образование мужских половых клеток (сперматозоидов).

** Оогенез — образование женских половых клеток (яйцеклеток).

в целостном организме... С развитием и усложнением организма, кроме простейших физико-химических механизмов, все большее и большее влияние на организм в целом оказывают эффекты, которые принято связывать с физиологическими и биофизическими механизмами действия, включающими как неразрывное целое информационный аспект радиоволн».

Не комментируя отдельные составляющие приведенной цитаты, отметим только, что ее содержание указывает на усиление воздействия ЭМП на биологические объекты по мере их усложнения. На это же указывает сопоставление результатов ранее упомянутых работ [16, 17] и работы [18], в которой «было показано, что облучение электромагнитными волнами в миллиметровом диапазоне при длине волны 7,2; 7,3 мм культур эукариотных микроорганизмов ускоряет рост клеток, сокращает лаг-фазу, сдвигает максимум синтеза протеолитических ферментов... Авторы отмечали, что изменения в развитии микроорганизмов сохранились у опытных культур в течение 6–30 генераций и в то же время не обнаружили мутагенного действия».

Оценивая на основе приведенных выше данных [16–18] негативные последствия воздействия МВИ различных СМС на людей, необходимо отметить, что из-за большей усложненности человеческого организма по сравнению с организмами биологических объектов, исследованных в работах [16–18], эти последствия могут быть многократно усилены.

Микроволновые поля не только обладают собственными мутагенными свойствами, но и значительно усиливают мутагенные действия химических мутагенов. В работе [19] «...приведены данные о влиянии электромагнитного поля с длиной волны 8 мм интегральной мощностью 1 мВт на мутагенное действие N-метил- N'-нитро-N-нитрозогуанидина на клетки штамма *Candida tropicalis* Д-2 с различным количеством внутриклеточных липидов... Установлено, что совместное действие нитрозогуанидина и ЭМП приводит к существенному увеличению мутагенной активности. Особенно это заметно по оценке частоты образования мутантов с недостаточностью по дыханию... Предполагается, что в электромагнитном поле химический мутаген в больших количествах проникает в клетку, изменяется направленность его действия, связанная с опосредованным влиянием на ДНК-репликативный комплекс».

К сказанному в работе [19] можно добавить, что в качестве химических мутагенов могут выступить диоксины, концентрации которых в московской водопроводной воде близки или даже превышают их предельно допустимую концентрацию. По данным работы [20], на конец 1990-х годов количество диоксинов, содержащихся в воде, поступавшей в Москву от Новозападной водопроводной станции, составляло 0,5 предельно допустимой концентрации (ПДК), а в воде, поступавшей от Восточной водопроводной станции, — 1,1–4,0 ПДК.

4 января 2005 г. в газете «Мир новостей» была опубликована статья [21], краткое изложение которой выглядит следующим образом: «Мобильные телефоны способствуют развитию опухолей. Об этом сообщают ученые Каролинского университета (Стокгольм), опубликовавшие результаты своего исследования в “Международном журнале эпидемиологии” (International Journal of Epidemiology)... речь идет не о раке, а о невриноме — доброкачественной опухоли слухового нерва... Невринома поражает... слуховой нерв, выходящий из мозга... Первым симптомом невриномы слухового нерва обычно бывает шум в ухе. Потом развивается самая настоящая тугоухость. По мере роста опухоли могут возникать новые симптомы. Например, начинает неметь лицо или появляются проблемы с поддержанием равновесия... ученые обнаружили невриноме у 150 человек... у тех, кто пользовался мобильником более 10 лет, риск ее развития был вдвое выше. Если же говорить о вероятности развития опухоли именно на той стороне головы, к которой пользователь обычно прикладывает телефон, то риск ее возникновения увеличивается в 4 раза. Ученые делают осторожные заявления, утверждая, что необходимы дальнейшие исследования в этом направлении. Они также уточняют, что ситуация с мобильной связью за время исследований изменилась. Большинство наблюдаемых пользовалось еще аналоговыми телефонами, имеющими более сильное электромагнитное излучение, чем цифровые мобильники, распространенные сегодня».

Ситуация, конечно, изменилась, но, к сожалению, не в России. Наглядным подтверждением низкого качества и в первую очередь низкой помехозащищенности стандартов сотовой связи, преимущественно используемых в России, служат действия Минюста, который, начиная с конца 2004 г., пытается решить профессиональные проблемы, причиняя при этом неудобства московским пользователям ССС [22]: «Устав бороться с переговорами, запрещенными в тюрьмах, Минюст применил устройства, создающие помехи сотовой связи. В их зону действия попали и пользователи, не имеющие никакого отношения к исправительным учреждениям. Глушить переговоры заключенных чиновники начали в конце прошлого года...». Можно предположить, что если бы обитатели московских СИЗО и тюрем пользовались мобильными телефонами стандарта CDMA, то действия Минюста скорее всего были бы бесполезными.

Итак, пользователи (прежде всего дети) наиболее распространенного в России стандарта GSM по-прежнему рискуют приобрести доброкачественную опухоль слухового нерва, именуемую «невриномой».

Завершая рассмотрение различных негативных последствий воздействия МВИ мобильных телефонов на здоровье людей, было бы некорректным не упомянуть ряд исследований, перечисленных, например, в статье [17], которые не подтверждают наличия вредного воздействия



МВИ мобильных телефонов на здоровье людей. Однако, как отмечается в названной статье [17]: «по странному совпадению большинство таких исследований оплачено из фирм-производителей трубок (мобильных телефонов)».

Очевидно, что знание механизмов воздействия МВИ мобильных телефонов на людей могло бы способствовать выработке эффективных средств защиты от него. Однако анализ механизмов нетеплового воздействия МВИ на биологические объекты (в том числе и на человека), некоторые из которых кратко рассмотрены в монографии [3], выходит за рамки данной работы. Желая ознакомиться с этими механизмами лучше всего, по-видимому, обратиться к академику РАН Ю. В. Гуляеву, который еще в 1983 г. на V Всесоюзном семинаре «Изучение механизмов нетеплового воздействия миллиметрового и субмиллиметрового излучения на биологические объекты» выступил с докладом [23], в котором «с точки зрения квантовой механики и термодинамики рассматривается возможность резонансного воздействия миллиметрового излучения на модельные системы со сложным спектром, когда $h\nu \ll kT^*$ ».

2. Возможные меры защиты пользователей ССС от микроволнового излучения мобильных телефонов

Проблема электромагнитной экологии в России требует всестороннего анализа и решения как на уровне отдельных пользователей ССС, так и на уровне российской власти. Однако очевидно, для российских детей мобильные телефоны стандартов NMT-450, AMPS/NAMPS и GSM в ближайшие год-два должны быть заменены на МТ стандарта CDMA или других стандартов, характеризующихся низкой мощностью МВИ. Необходимые предпосылки для такого перехода имеются: сотовая компания «Сонет» использует МТ стандарта CDMA.

Меры по защите от вредного воздействия микроволнового излучения мобильных телефонов подразделяются на две категории. Первая категория — меры индивидуальной защиты, схожие по характеру с мерами защиты каждого отдельного человека от вредного влияния на его организм и на организм его детей табака и алкоголя. Вторая категория — меры государственной защиты.

Для обеспечения хоть какой-то минимальной эффективности мер первой категории целесообразно, чтобы Минздрав помещал на всех поступающих в продажу мобильных телефонах надпись типа: «Для Вашего здоровья и здоровья Ваших детей опасно использовать данный мобильный телефон соответственно более 10 мин в день и более 5 мин в неделю».

Кроме того, для максимального уменьшения риска для себя и своих детей каждому взрос-

лому пользователю ССС, во-первых, необходимо использовать мобильные телефоны с минимальной мощностью излучения и, во-вторых, свести до минимума, определяемого данными табл. 2, суточное пользование мобильным телефоном. Если родители действительно обеспокоены здоровьем своих детей, то им следует самым решительным образом ограничивать для своих детей время пользования мобильными телефонами СМС стандартов NMT-450, AMPS/NAMPS и GSM на уровне 5 мин. в неделю. То есть дети должны пользоваться МТ только в особых, экстренных ситуациях. Беременные женщины также должны сокращать время пользования мобильными телефонами названных систем до нескольких минут в день.

Ответ на вопрос о возможных мерах государственной защиты здоровья всех граждан РФ, в том числе и не пользующихся мобильными телефонами, от микроволнового излучения таких телефонов и об условиях реализации таких мер в РФ требует проведения большой отдельной работы и выходит за рамки данной статьи.

Список литературы

1. Григорьев Ю. Г. ЭМП сотовой связи — влияние на здоровье населения и оценка опасности (состояние проблемы на 2002 год) // Электромагнитные поля и здоровье человека/Под ред. Ю. Г. Григорьева. М.: Изд-во РУДН, 2002.
2. Садчикова М. Н., Глотова К. В. Клиника, патогенез, лечение и исходы радиоволновой болезни // О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот: Тр. лаб. электромагнитных полей радиочастот Института гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР/Под ред. З. В. Гордона. М.: НИИ экономики и информации по радиоэлектронике, 1973. Вып. 4. С. 43–48.
3. Минин Б. А. СВЧ и безопасность человека. М.: Сов. радио, 1974.
4. Таран А. Сотовая связь как зимний вид спорта. Операторы ставят новые рекорды // Комсомольская правда. 22 января 2005 г. С. 6.
5. Витковская С. МТС нашла потерявших абонентов и вернула себе лидерство в Московском регионе // Ведомости. № 3(1284). 13 января 2005 г.
6. Гигиенические нормативы ГН 2.1.8/2.2.4. 019-94 «Временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия электромагнитных излучений, создаваемых системами сотовой радиосвязи». М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1995.
7. Санитарные нормы и правила при работе с источниками электромагнитных полей высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот № 848-70 от 30 марта 1970 г.
8. Санитарные правила и нормы 2.2.4/2.1. 8.055-96 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)» № 9 от 8 мая 1996 г.
9. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических

** $h\nu$ — энергия кванта МВИ, kT — температура биологического объекта, выраженная в энергетических единицах.

объектов: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003.

10. Григорьев Ю. Г., Степанов В. С., Григорьев О. А., Меркулов А. В. Электромагнитная безопасность человека (справочно-информационное издание). М.: Российский национальный комитет по защите от неионизирующего излучения, 1999.

11. Советский энциклопедический словарь / Гл. ред. А. М. Прохоров. 4-е изд. М.: Сов. энциклопедия, 1986.

12. Гинкин Г. Г. Справочник по радиотехнике. М.-Л.: Гос. энерг. изд-во, 1948.

13. Онищенко Г. Алло, снимите мобильник с шеи. Сотовый телефон безопасен только при разумном к нему отношении // Российская газета. 1 февраля 2005 г. № 18. С. 2.

14. Девятков Н. Д., Севастьянова Л. А., Зубенкова Э. С., Бородкина А. Г., Голант М. Б., Реброва Т. П., Зиновьев С. П., Балакирева Л. З., Смирнова Г. Б., Полянская Н. И., Смирнов А. Ю. Индуцирование биологических процессов миллиметровыми радиоволнами нетепловой интенсивности // Тр. V Всесоюз. сем. «Изучение механизмов нетеплового воздействия миллиметрового и субмиллиметрового излучения на биологические объекты». М., 1983. С. 3.

15. Ионова Л. А., Аленичева Н. Б., Гаврилов Г. А., Манойлов С. Е. Изучение влияния электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на частоту доминантных летальных мутаций у дрозофил // Там же. С. 19.

16. Ионова Л. А., Аленичева Н. Б., Гаврилов Г. А., Парр Г. С., Манойлов С. Е. Исследование соматического мозаицизма, индуцированного электромагнитным излучением у дрозофил // Там же. С. 19–20.

17. Смирнова Ю. Опасен ли мобильник? // Комсомольская правда. 18 января 2005 г. С. 14.

18. Конев Ю. Е., Манойлов С. Е., Ионова Л. А. Анализ возможного механизма биологического действия электромагнитного излучения на развитие микроорганизмов // Тр. V Всесоюз. сем. «Изучение механизмов нетеплового воздействия миллиметрового и субмиллиметрового излучения на биологические объекты». М., 1983. С. 20–21.

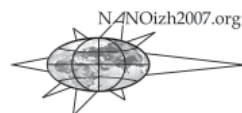
19. Даниленко И. И., Мирутенко В. И. Влияние электромагнитных излучений миллиметрового диапазона на мутагенез // Там же. С. 18.

20. Экологический энциклопедический словарь. М.: «Ноосфера», 1999.

21. Мобильные телефоны способствуют развитию опухолей // Мир новостей. 4 января 2005 г.

22. Борейко А., Белоус Ю., Никольский А. Минюст глушит мобильные. Пытаясь помешать заключенным, чиновники создали помехи свободным абонентам // Ведомости. № 3(1284). 13 января 2005 г.

23. Гуляев Ю. В. К вопросу о механизме нетеплового воздействия миллиметрового излучения на биологические объекты // Тр. V Всесоюз. сем. «Изучение механизмов нетеплового воздействия миллиметрового и субмиллиметрового излучения на биологические объекты». М., 1983. С. 5.



Всероссийская конференция с международным Интернет-участием «От наноструктур, наноматериалов и нанотехнологий к Наноиндустрии» г. Ижевск, 27–29 июня 2007 г.

Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие в работе Всероссийской конференции с международным Интернет-участием «От наноструктур, наноматериалов и нанотехнологий к Наноиндустрии» в г. Ижевске с 27 по 29 июня 2007 г. В программу конференции будут включены доклады российских и зарубежных ученых из крупнейших научных центров. Научная программа конференции охватывает получение и производство наноструктур, наноматериаловедение, исследование наноструктур и наноматериалов, развитие прогностического аппарата при получении и исследовании нанопроductов, а также применение нанопроductов и нанотехнологий в различных отраслях.

Цель конференции — обсуждение последних достижений в наноматериаловедении и нанотехнологии и проблем развития наноиндустрии в России.

Языки конференции

Официальными языками конференции являются русский и английский языки.

Представление тезисов докладов

Тезисы докладов на русском (английском) языке объемом 1 страница представляются в электронном варианте по e-mail: kodol@istu.ru. Текст набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word97 или Word2000 с использованием шрифта Times new Roman, 12. Поля: левое, правое, верхнее и нижнее — 20 мм.

Материалы конференции

Оргкомитет планирует публикацию докладов (устных, стендовых), представленных на конференцию, в журналах «Химическая физика и мезоскопия», «Российские нанотехнологии», «Нанотехника», Журнал структурной химии, Журнал РХО им. Д.И. Менделеева, «Альтернативная энергетика и экология», «Строительные материалы». Текст статьи с актом экспертизы в 2-х экземплярах и электронный вариант, оформленный согласно правилам этих журналов, необходимо представить при регистрации в оргкомитет конференции (ученым секретарям).

Оргвзнос

Оргвзнос для участников 400 руб. (в оргвзнос не входит оплата за проживание и питание). Оргвзнос необходимо перечислить не позднее 11 мая 2007. Банковские реквизиты по оргвзносу на конференцию:

ИНН 1831032740 КПП 183101001 Отделение по г. Ижевску
УФК по Удмуртской Республике (ИжГТУ л/с 06073418640)

р/сч 40503810500001000004 в ГРКЦ НБ УДМУРТСКОЙ РЕСП.

Банка России г. Ижевск

БИК 049401001

Назначение платежа:

Код 073 30201010010000130

за участие в конференции «От наноструктур, наноматериалов и нанотехнологий к Наноиндустрии» (27–29 июня 2007 г.) в т. ч. НДС 18 %.

Фамилия, имя, отчество участника конференции (обязательно указывать).

Основные даты

Представление тезисов	до 15 апреля 2007 года
Перечисление оргвзноса	до 11 мая 2007 года
Окончательная информация	15 мая 2007 года
Открытие конференции	27 июня 2007 года

Контакты

426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7, ИжГТУ

Оргкомитет конференции НАНО-2007

e-mail: kodol@istu.ru; nior@istu.ru; market@istu.ru

сайт конференции: www.nanoizh2007.org

Телефоны:

(3412) 58-24-38 Семкина Надежда Владимировна

(3412) 58-03-99 Федоренко Нина Антоновна



ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СООРУЖЕНИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Г. В. Никитенко, А. Н. Симикин

Ставропольский государственный аграрный университет (СтГАУ)
Тел.: (88652) 34-65-09; e-mail: Simikin_AN@mail.ru, Simikin@gmail.com



Никитенко Геннадий
Владимирович

Сведения об авторе: доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Применение электрической энергии в сельском хозяйстве» (СтГАУ).

Образование: факультет электрификации сельского хозяйства Ставропольского государственного сельскохозяйственного института по специальности «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» (1982 г.).

Область научных интересов: аппараты магнитной обработки вещества, линейные электродвигатели, нетрадиционная энергетика и энергосберегающие технологии.

Публикации: автор более 100 публикаций, в том числе 2 монографий, учебного пособия, 12 авторских свидетельств и патентов на изобретения.



Симикин
Алексей Николаевич

Сведения об авторе: аспирант 2-го года обучения, инженер по эксплуатации электрооборудования кафедры «Применение электрической энергии в сельском хозяйстве».

Образование: факультет электрификации сельского хозяйства Ставропольского государственного аграрного университета, специальность «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» (2005 г.).

Область научных интересов: аппараты магнитной обработки вещества, нетрадиционная энергетика и энергосберегающие технологии.

Публикации: автор более 10 публикаций, в том числе 1 патента на изобретения.

Using solar energy is one of the more perspective directions of energy. The ecological capacity, renewing resources, absence of the expenses on repairing fotomoduls as minimum for the first 30 years using and, in future, reduction of the cost for traditional methods of the producing electric power — all these are positive sides of solar energy. One of the directions of the stimulation growth of the plant is a magnetic processing. After processing water changes such properties as conduction, surface pull, density, viscosity, dissolving ability and others. These changes brighter denominate in water, more saturating dissolved salt, since magnetic field acts not on water, but on mixing particles being in it, which under influence by magnetic fields become as it were catalyst, accelerating chemical and biological processes, raising and energy of the germination, intensify photosynthetic activity, activity ferment and acid-reconstruction reaction in metabolism that brings about reinforcement of the growing vegetable cultures (the tomato, cucumber and others) till 40 %. Increasing of yield is explained that when we use magnetic water occurs the more intensive dissolution of minerals occurs in water.

Radiant energy of the Sun can be used for transformation in electric. For autonomous supply the photoelectric converters approach best of all. The typical particularity of the renewed sources of energy on territory of the Russia is their low density and non-control. This must be taken in consideration at determination of the conditions of the efficient using these types of energy. So, at present time in the world it is impossible to change the traditional power systems by renewed source of energy on more than 10 %. Though the programs offering through 10-30 years to satisfy the need for energy on half to account of the renewed sources of energy exist but by the end of the century they will be dominant.

Согласно научно-обоснованным нормам питания человек должен равномерно в течение всего года потребить 130–150 кг овощей и 120 кг картофеля. Однако климатические условия не позволяют получить овощи из открытого грунта равномерно в течение круглого года. Теплицы, особенно зимние, представляют собой весьма сложные дорогостоящие и энергоемкие технические объекты с разветвленными системами электро-, тепловодоснабжения и канализации.

Теплица — наиболее совершенный и технически оснащенный вид сооружения защищенного грунта. Она позволяет при помощи технических средств выращивать растения в любое время года.

Использование солнечной энергии является одним из весьма перспективных направлений энергетики. Экологичность, возобновляемость ресурсов, отсутствие затрат на капремонт фотомодулей как минимум в течение первых 30 лет эксплуатации и, в перспективе, снижение стоимости относительно традиционных методов получения электроэнергии — все это является положительными сторонами солнечной энергетики [1].

Важнейшие факторы, определяющие рост растений: температура, освещенность, влажность воздуха и газовый состав окружающей среды. Для поддержания данных параметров в сооружениях защищенного грунта требуется существенные расходы электроэнергии. В связи с этим возникает необходимость использования нетрадиционных источников энергии в целях снижения суммарных энергетических затрат [2].

Одним из направлений стимулирования роста растения является магнитная обработка. После обработки вода изменяет свои физико-химические свойства, такие, как электропроводность, поверхностное натяжение, плотность, вязкость, растворяющая способность и другие. Эти изменения ярче выражены у воды, наиболее насыщенной растворенными солями, так как магнитное поле действует не на воду, а на находящиеся в ней примесные частицы, которые под влиянием магнитных полей становятся как бы катализаторами, ускоряющими химические и биологические процессы, повышают всхожесть и энергию прорастания, усиливают фотосинтетическую активность, деятельность ферментов и окислительно-восстановительных реакций в обмене веществ, что приводит к усилению роста огородных культур (томатов, огурцов и других) до 40 %. Повышение урожайности объясняется тем, что при применении омагниченной воды происходит более интенсивное растворение минералов в воде [3].

В настоящее время для полива сельскохозяйственных культур используются установки капельного орошения. Основные недостатки существующих систем полива: установки снабжены аппаратами магнитной обработки воды (АМОВ) с узкощелевыми зазорами, что затрудняет движение жидкости и приводит к быстрому засорению рабочего пространства; подвод электрической энергии осуществляется от удаленного ис-

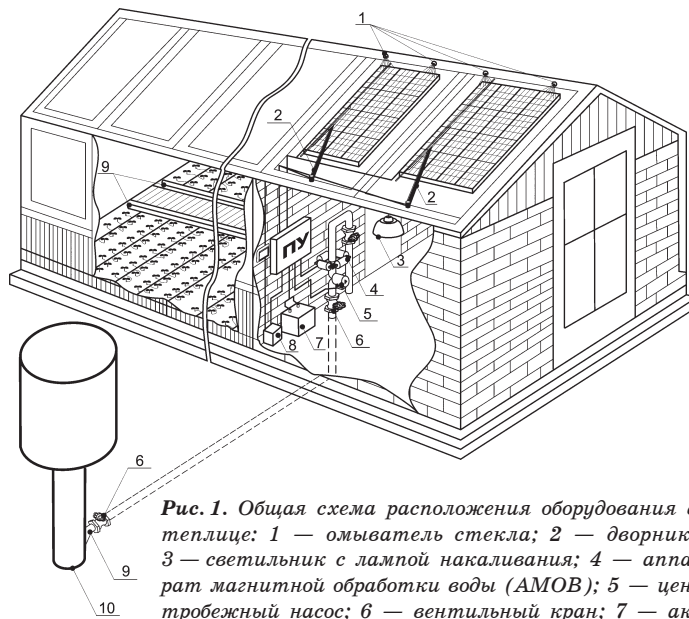


Рис. 1. Общая схема расположения оборудования в теплице: 1 — омыватель стекла; 2 — дворник; 3 — светильник с лампой накаливания; 4 — аппарат магнитной обработки воды (АМОВ); 5 — центробежный насос; 6 — вентильный кран; 7 — аккумуляторная батарея; 8 — инвертор; 9 — трубопровод; 10 — водонапорная башня

точника питания через гибкий кабель; необходимо периодическое прерывание технологического процесса для разборки и очистки АМОВ. Одним из путей решения имеющихся проблем можно считать возможность модернизации существующих систем полива сельскохозяйственных культур. Улучшение конструкции связано с разработкой АМОВ, внутренний диаметр которого соответствует величине проходного сечения основного трубопровода, и применению автономного источника питания, преобразующего солнечную радиацию в электрическую энергию [4].

Система для магнитной обработки воды состоит из: аппарата 4 магнитной обработки вещества, пульта управления 11, источника тока в виде аккумуляторной батареи 7, солнечной батареи 13. При этом аппарат 4 магнитной обработ-

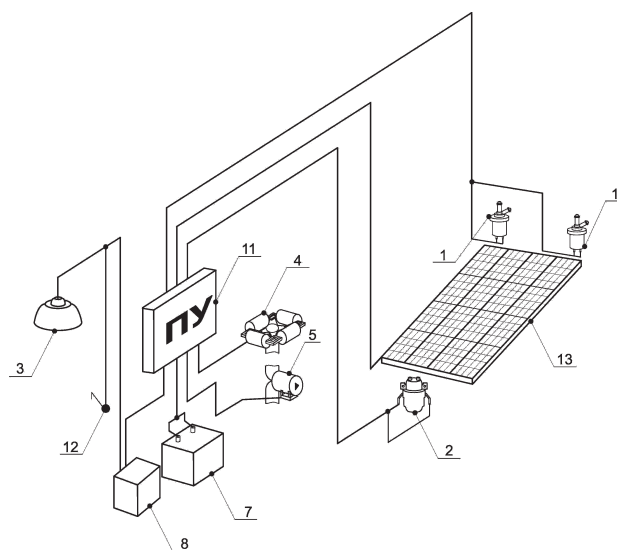


Рис. 2. Технологическая схема: 1 — омыватель стекла; 2 — привод дворника; 3 — светильник с лампой накаливания; 4 — аппарат магнитной обработки воды (АМОВ); 5 — центробежный насос; 7 — аккумуляторная батарея; 8 — инвертор; 11 — пульт управления; 12 — однополюсный выключатель; 13 — солнечная батарея

ки вещества состоит из четырех идентичных модулей, намагничивающей катушки, П-образных разборных магнитопроводов и полюсов, охватывающих внешнюю поверхность стального трубопровода и имеющих обмотки питания, соединенные между собой параллельно и запитанные от источника тока в виде аккумуляторной батареи 7, через пульт управления 11.

Пульт управления 11 имеет фотоэлемент, который реагирует на заданную освещенность и выполняет коммутацию заряда, разряда источника тока в виде аккумуляторной батареи 7. В дневное время суток осуществляется зарядка источника тока от преобразователя напряжения, снимающего потенциал с солнечной батареи 13. Прямое преобразование солнечной энергии в электрическую осуществляется с использованием фотоэлектрического эффекта. Элементы, изготовленные из специального полупроводникового материала, например, кремния, при прямом солнечном облучении обнаруживают разность потенциалов на поверхности, т.е. наличие электрического тока.

При поливе как в дневное, так и в ночное время питание аппарата 4 производится от источника тока в виде аккумуляторной батареи 7. В дневное время осуществляется параллельная подзарядка источника тока. Так как для освещения потребителю необходимо иметь переменное напряжение, то к комплексу добавляется инвертор 8, преобразующий постоянное напряжение в переменное.

Для увеличения выработки электрической энергии солнечной батареей используется принудительная система очистки поверхности в связи с ее загрязнением по истечении времени. В верхней части солнечной панели расположены два разбрызгивателя 1 водной массы, которые смачивают поверхность панели, а механическое очищение происходит при помощи дворника 2, который двигается практически по горизонтали.

Лучистая энергия Солнца может использоваться для преобразования в электрическую. Для автономного электроснабжения наиболее подходят фотоэлектрические преобразователи.

Полезная мощность, отводимая с единицы площади коллектора, определяется как

$$N_K = N_C K_{\text{ОПТ}} K_T - \Delta N,$$

где N_K — удельная полезная мощность, Вт/м²; N_C — интенсивность солнечного излучения, падающего на приемную панель, Вт/м²; $K_{\text{ОПТ}}$ — оптический КПД коллектора; K_T — коэффициент эффективности приемной панели, равный отношению теплоты, переданной теплоносителю, к поглощенной теплоте; ΔN — плотность тепловых потерь солнечного коллектора, Вт/м².

В современных солнечных коллекторах оптический КПД близок к единице. Коэффициент приемной панели в настоящее время превышает 0,9. Таким образом, современные солнечные коллекторы практически достигли совершенства [1].

Характерной особенностью возобновляемых источников энергии на территории России является их низкая плотность и неуправляемость.

Это должно учитываться при определении условий эффективного применения этих видов энергии. В настоящее время в мире невозможно заменить традиционные энергоносители возобновляемыми источниками энергии более, чем на 10 %. Хотя существуют программы, предлагающие через 10–30 лет удовлетворять потребности в энергии на половину за счет возобновляемых источников энергии, а к концу столетия сделать их доминирующими.

Однако учитывая низкую плотность возобновляемых источников энергии, все же было бы слишком оптимистичным ожидать намечаемых перемен в их пользу. Причем причины здесь скорее коммерческие, нежели технические. Энергетические корпорации являются самыми влиятельными корпорациями в мире. Отстаивая свои интересы, они, естественно, препятствуют развитию альтернативных видов энергии или, по крайней мере, притормаживают их развитие, добиваясь получения технических максимальных прибылей в традиционной энергетике.

Тем не менее, глобальное применение возобновляемых источников энергии объективно неизбежно и находит все большее понимание в мире. Возобновляемые источники энергии, совершенно очевидно, не подвержены истощению, следовательно, эта часть энергетической проблемы может быть устранена. Нетрадиционная энергетика практически не оказывает вредоносного влияния на экологию.

Следует отметить, что для некоторых объектов, имеющих небольшую установленную мощность и удаленных от энергосистем на значительные расстояния, возможно применение только автономного электроснабжения, так как подключение их к энергосистемам требует больших капитальных затрат, связанных со строительством и эксплуатацией протяженных электросетей и установкой трансформаторных подстанций повышенной мощности. Для таких объектов стоимость электроэнергии, получаемой от возобновляемых источников энергии, становится соизмеримой со стоимостью электроэнергии, получаемой от энергосистем, и этот фактор перестает быть сдерживающим их применение [1].

Список литературы

1. Воронин С. М., Оськин С. В., Головкин А. Н. Возобновляемые источники энергии и энергосбережение. Краснодар, 2006.
2. Бородин И. Ф. и др. Автоматизация технологических процессов. М.: «КолосС», 2003.
3. Стародубцева Г. П., Бобрышев Ф. И., Крон Р. В. Применение электромагнитных полей для улучшения посевных качеств и повышения устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды // Тез. докл. II Междунар. конф. по электро-механике и электротехнологии. Крым, 1996.
4. Заяв. 2006113081 РФ, МПК⁸ С 02 F 1/48. Система для магнитной обработки оросительной воды/Никитенко Г. В., Симикин А. Н.; заявитель — Ставропольский государственный аграрный университет, № 00493221; заявл. 18.04.06.

КОСМИЧЕСКАЯ ЖИЗНЬ РОССИЙСКОЙ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

«Нанометр» поздравляет главного редактора Международного научного и образовательного портала «Водород» Гусева Александра Леонидовича с награждением одной из высших наград Федерации Космонавтики России — медалью К. Э. Циолковского!



Медаль Циолковского. Награды Федерации космонавтики России являются выражением общественного признания заслуг специалистов и ветеранов отечественной космонавтики в создании ракетно-космической техники, в пропаганде достижений и истории отечественной космонавтики, в воспитании молодежи, ее профессиональной ориентации на космическую промышленность и иных заслуг перед отечественной космонавтикой.



Российский космический челнок «Буря» перед стартом. А. Л. Гусев — инженер-испытатель в области эксплуатации космической и ракетной техники: эксплуатации космических аппаратов, космических стартовых комплексов, систем хранения топлива, транспортировки, заправки криогенными компонентами топлива, испытаний космических станций и их модулей на герметичность, испытаний космических скафандров (бортовых скафандров и для выхода в космос) на герметичность.



Удостоверение участника запуска ракеты-носителя «Энергия»

Развитие водородной энергетики относится к одному из приоритетных и просто привлекательных направлений научно-технического прогресса в силу уникальности химических («энергонасыщенности» процесса горения, формирования гидридов с металлами и интерметаллидами и пр.), физических (молекула H_2 — самая маленькая из всех известных молекул, если не считать инертного газа гелия, который всегда находится в атомарном состоянии) свойств водорода и его экологической безопасности — при сгорании водорода, как известно, образуется обычная (и при том — чистейшая!) вода. Основными проблемами, связанными с развитием водородной энергетики, является создание его экономически и экологически обоснованного производства, а также безопасная транспортировка и удобное хранение. Последнее — проблема водородных аккумуляторов — напрямую связана с разработкой новых и использованием уже известных наноматериалов. До сегодняшнего времени были известны попытки использования металлов и интерметаллидов для обратимого поглощения водорода (к слову, одним из рекорсменов является драгоценный металл палладий из семейства платиноидов — один кубический сантиметр палладия поглощает более семисот кубических сантиметров водорода, при этом прочный металл увеличивается в объеме, вспучивается и даже дает трещины). Химически водород можно хранить в солеподобных гидридных соединениях, например, $LiAlH_4$, которые необратимо реагируют с водой с образованием водорода, $LiAlH_4 + 4H_2O = LiOH + Al(OH)_3 + 4H_2$. В последнее время для этой цели пропагандируют углеродные наноструктуры, металл-органические каркасы и пр. Все эти попытки будут оправданы, если массовое содержание водорода будет выше 4–5 % (а молекула H_2 , к тому же, еще и самая легкая, она имеет относительно небольшую молекулярную массу, равную всего 2!).

Может ли водородная энергетика развиваться в России? Все наверняка слышали о недавнем разделении «Норникеля», часть ресурсов которого сейчас и направлена на решение этой проблемы. Однако мало кто знает (точнее, об этом знают все, но несколько, видимо, подзабыли), что в России уже достаточно давно существует мощная, успешная и конкурентоспособная отрасль водородной энергетики, причем напрямую направленная на достижение мечты романтиков всех времен и народов — на покорение космического пространства. Ведь именно работы с ракетно-космическим комплексом «Энергия» — создание самого мощного носителя космических аппаратов и запуск российского космического челнока «Буря» в полностью автоматическом



На фото 1982 года: в первом ряду слева направо: И. Холоша, А. Петров, С. Кочетов, А. Гусев, Ю. Дианов, В. Овчаренко, М. Дячук, летчик-космонавт А. Попов, летчик-космонавт С. Савицкая, летчик-космонавт А. Серебров, летчик-космонавт Волюнов, А. Софьин, Н. Савин, В. Титов, А. Гачевский, Г. Шоев, А. Малаховский, во втором ряду слева направо: С. Неплюхин, В. Клименко, П. Гуз, В. Безуглый, О. Дмитриев, В. Степанченко, Ю. Лунин, куратор стажировки подполковник Емельянов, командир войсковой части 25741 Ю. И. Лукьянов, начальник политотдела войсковой части 25741 М. Кощенко, В. Порозов, А. Коровин, А. Тарасов, В. Комаров

режиме доказали это. Горючим для «Энергии» служат не токсичные производные гидразинов, не керосин, а чистые водород и кислород, охлажденные до жидкого состояния.

Можно рисовать футуристические картины экологически чистой «водородной» экономики, при этом вполне реально разрабатывая эффективные топливные элементы и даже устанавливая все это на земные транспортные

средства, однако уже никто у нас не отнимет исторического факта — Российская Федерация первая создала свою специальную водородную энергетику для Космоса, «водородную энергию мечты».

... а земные применения водорода есть и будут, и их число будет только множиться.

Е. А. Гудилин (по материалам НТЦ «ТАТА»)

*Глубокоуважаемый
Александр Леонидович!*

Поздравляю Вас с получением одной из высших наград Федерации Космонавтики России — медали К. Э. Циолковского. Желаю Вам крепкого здоровья, благополучия, плодотворной работы и новых крупных достижений в Вашей деятельности. Пусть удача и успех сопутствуют Вам во всех делах, а бодрость духа и хорошее настроение не покидают Вас никогда.

Академик Фортков В. Е.

Александр,

примите мои искренние поздравления! Медаль Циолковского — это серьезная веха в Вашей карьере. Теперь Вы можете освободить себя от многих суетных задач и заняться организацией еще более серьезных дел, чем первый Конгресс по водороду. Хотя, куда уж еще более серьезно? Это мероприятие было организовано Вами на высочайшем уровне, что позволяет ждать от Вас еще более масштабных начинаний. Еще раз поздравляю Вас! Всегда в Вашем распоряжении, с надеждой на плодотворное сотудничество в ближайшем и далеком будущем.

*С уважением,
Игорь Шаманин
Томский политехнический университет*

*Глубокоуважаемый
Александр Леонидович,*

«Объединенный Научный и Координационный Совет по перспективам перехода к Водородной Экономике» (ОНК-Совет) и Международная ассоциация водородной энергетики поздравляют Вас с награждением медалью К. Э. Циолковского.

*Сопредседатель-исполнитель
ОНК-Совета, член Совета
директоров МАВЭ, академик МИА,
профессор В. А. Гольцов*

*Гл. ученый секретарь ОНК-Совета,
вед. научн. сотр., канд. техн. наук
Л. Ф. Гольцова*

Уважаемый Александр Леонидович!

Дирекция по плавучим атомным электростанциям концерна «Росэнергоатом» присоединяется к поздравлениям с высокой наградой.

Желаем дальнейших творческих успехов в Вашей нелегкой и очень нужной работе!

*Всего наилучшего.
Хуснутдинов В. А.*

Уважаемый Александр Леонидович!

Примите мои сердечные поздравления в связи с награждением Вас одной из высших наград Федерации Космонавтики России — медалью К. Э. Циолковского.

Это награждение убедительно свидетельствует о том, что Федерация Космонавтики России по достоинству оценила Ваши выдающиеся заслуги и многолетнюю плодотворную инженерную, рационализаторскую и новаторскую деятельность в области ракетно-космической техники.

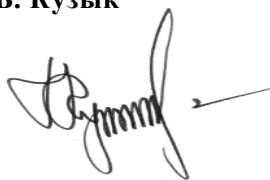
Отрадно, что Ваши открытия и изобретения имеют не только научное, но и важное практическое значение. В решении стоящих перед Вами сложных задач Вы всегда проявляли и проявляете ответственное отношение к порученному делу, глубокое понимание проблем, принципиальность, трудолюбие и целеустремленность.

Убежден, что Ваши знания, огромный научно-исследовательский опыт, а также Ваш значительный вклад в развитие альтернативных источников энергии и популяризацию водородного движения будут и впредь способствовать поддержанию высокого авторитета российской науки на мировой арене.

Вместе с поздравлениями, уважаемый Александр Леонидович, примите пожелания крепкого здоровья, счастья, благополучия, душевного тепла, успехов в Вашей работе, свершения всего задуманного и удачи!

С искренним уважением,

Генеральный директор
Национальной инновационной компании
«Новые энергетические проекты»
Б. Кузык



7 мая 2007 года



АМЕРИКАНСКИЕ ВОДОРОДНЫЕ ЗАПРАВОЧНЫЕ СТАНЦИИ



Рис. 1. Заправочная станция H2Gen

С недавних пор правительство США возвело экономию энергии в ранг национальной политики и призывает американские компании всячески внедрять энергосберегающие технологии и экологически чистые виды топлива.

Если изобретение компании H2Gen получит распространение, заправочные станции станут вырабатывать водород прямо на месте. Достаточно лишь подключить их к газовой трубе.

В городе Александрия (штат Вирджиния) расположена компания H2Gen, занимающаяся разработками в области водородных технологий и пропагандой «водородного» образа жизни.

Последним достижением компании является установка по выработке водорода из природного газа. Сама по себе идея не нова, но авторы утверждают, что им удалось значительно повысить эффективность этого процесса, так что становится возможным вырабатывать водород непосредственно на заправочных станциях. Таким образом, отпадает необходимость транспортировки водорода с промышленных предприятий, что само по себе является не самой простой задачей.

Первое такое устройство уже функционирует около аэропорта Орlando и способно за сутки вырабатывать 113 кг водорода. Этого должно хватить на заправку 20 легковых автомобилей или 3 автобусов. Если опыт окажется удачным, то, скорее всего, сеть водородных заправок в Северной Америке резко вырастет, а значит, водородные автомобили перестанут быть экзотикой.

Источник: <http://www.drive.ru, hydrogenforecast.com>



ГИБРИДНЫЕ ВОДОРОДНЫЕ АВТОБУСЫ В ДЕЛАВЕРЕ И КОННЕКТИКУТЕ



Рис. 1. Водородный E-Bus

Университет Делавера представил гибридный автобус на водородных топливных элементах. В разработке автобуса принимали участие EBus, Ballard Power Systems (NASDAQ: BLDP), Electric Power Research Institute (EPRI), Air Liquide (поставщик водорода), и Delaware Transit Corp.

Автобус создан на базе 22-футового EBus. EBus производит электрические автобусы для аэропортов. Топливные элементы Mark9 SSL производства канадской компании Ballard Power мощностью 19 кВт. Никель-Кадмиевые аккумуляторы 60 кВт·ч. На крыше автобуса хранится 16 кг водорода под давлением 5000 psi, что достаточно для 320 км пробега.

Автобус работает в режиме электромобиля. Топливные элементы включаются, когда емкость аккумуляторов падает ниже 60 %.

В начале автобус будет эксплуатироваться в университетском кампусе. Университет соберет данные о работе топливных элементов: температуре, давлении, влажности, и т. д.

На следующем этапе автобус будет эксплуатироваться за пределами университетского городка. Планируется изготовление второго автобуса.

Федеральное транспортное агентство (FTA) выделило проекту грант \$ 1,7 млн.

Компания СТTRANSIT начала эксплуатацию автобуса на водородных топливных элементах. 40-футовый автобус будет эксплуатироваться в г. Хартфорд.

На автобусе установлены топливные элементы PureMotion производства компании UTC Power (NYSE: UTX) мощностью 120 кВт. На крыше автобуса хранится 50 кг водорода под давлением 5000 psi. Этого достаточно для 400–480 км пробега. Электродвигатель мощностью 170 кВт (300 кВт — пиковая мощность). Автобус разработан совместно с бельгийским производителем автобусов Van Hool, гибридная схема калифорнийской компании ISE Corporation.

Федеральное транспортное агентство выделило грант \$ 2,9 млн. Транспортному Округу Хартфорд на строительство водородной инфраструктуры и демонстрационные проекты. Цель FTA — с 2015 года 10 % закупаемых автобусов должны быть на водородных топливных элементах. В 2005 г. Конгресс США принял Программу развития автобусов на топливных элементах.

UTC Power поставил аналогичные автобусы в Калифорнию и г. Вашингтон.

Источник: <http://oborot.blogspot.com>



ГИБРИДНЫЙ КРОССОВЕР FORD EDGE HYSERIES DRIVE

Транспортное средство Edge HySeries Drive представляет собой кроссовер, оборудованный гибридной силовой установкой. В движение автомобиль приводится мощными электромоторами, питающимися от ионно-литиевого аккумулятора высокой емкости. Заряда батарей будет достаточно примерно на 40 км пробега в городском цикле. После истощения запасов энергии в дело вступает бортовой электрогенератор на водородных топливных элементах. В этом случае одной заправки водородом хватит еще на 320 км пробега.

Впрочем, при ежедневных поездках на работу и обратно заправлять кроссовер водородом придется не чаще двух-трех раз в месяц. Дело в том, что ионно-литиевые аккумуляторы могут подзаряжаться не только от бортового генератора, но и от обычной электрической розетки, например, в гараже.

На разработку гибридного автомобиля Edge HySeries Drive у компании Ford ушли 2 млн. долларов США. Не исключено, что в серийных модификациях вместо электрогенераторов на топливных элементах будут применяться обычные бензиновые или дизельные генераторы. Это позволит уменьшить стоимость и упростить процесс заправки автомобиля. Впрочем, возможные сроки массового производства Edge HySeries Drive пока не уточняются.



Рис. 1. Ford Edge HySeries Drive



Рис. 2. Электрический разъем для зарядки батарей



Рис. 3. Заправка водородом



Рис. 4. Расположение основных узлов в автомобиле

Источники: <http://science.compulenta.ru>, <http://www.h2mobility.org>



ХРАНЕНИЕ ВОДОРОДА В МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИХ КАРКАСНЫХ СТРУКТУРАХ

Для любых систем, которые потенциально могут использоваться для хранения водорода, поглощающая способность должна быть сбалансирована по кинетике и термодинамике поглощения и выпуска.

Металл-органические каркасные структуры представляют собой уникальные системы с большим суммарным объемом пор и площадью поверхности, изменяемым размером пор и настраиваемым взаимодействием «каркасная структура-абсорбат» за счет функционализации лиганда и выбора металла.

Эти необычные материалы могут потенциально заполнить нишу между другими сорбентами физической природы, такими как активированный уголь, которые имеют близкую абсорбирующую способность при низких температурах, но низкое сродство к водороду при комнатной температуре, и химическими сорбентами, такими как гидриды, которые имеют высокие поглощающие способности по отношению к водороду, но нежелательную кинетику и термодинамику выпуска водорода.

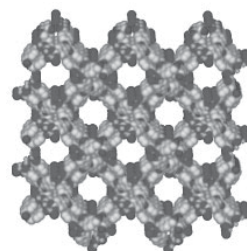


Рис. 1. Металл-органические каркасные структуры

Источник: Journal of Materials Chemistry, <http://www.nanometer.ru>



КИТАЙ ВЫДАЛ ПАТЕНТ КАЛИФОРНИЙСКОМУ ИНСТИТУТУ

Компания Viaspace объявила о том, что Китай выдал Калифорнийскому технологическому институту патент на методики, связанные с производством топливных элементов на органическом топливе.

Фирма Viaspace была сформирована в 1998 году с целью коммерциализации технологий, протестированных Американским аэрокосмическим агентством NASA, а также Министерством обороны США. По словам исполнительного директора Viaspace Карла Кукконена, китайский патент с номером ZL94195212.6 охватывает технологии, используемые в топливных элементах на любых видах органического топлива, в том числе этаноле, метаноле и муравьиной кислоте. Таким образом, Калифорнийский технологический институт владеет почти 60 патентами, связанными с методиками производства топливных элементов. Еще столько же патентных заявок находятся на стадии рассмотрения.

Технологии, описанные в патенте ZL94195212.6, уже были лицензированы компании Direct Methanol Fuel Cell Corporation, подразделению Viaspace. Фирма Direct Methanol Fuel Cell Corporation специализируется на выпуске картриджей для топливных элементов. В настоящее время основные усилия компании сфокусированы на картриджах для метанола, однако в перспективе Direct Methanol Fuel Cell Corporation намерена начать производство аналогичных резервуаров для хранения других видов топлива.

Источник: <http://science.compulenta.ru>



СИНТЕЗ-ГАЗ ИЗ МУСОРА

Новая система для производства синтез-газа может не только уменьшить количество мусора, скапливающегося на городских свалках, но и сэкономить значительное количество органического топлива.

Технология, разработанная исследователями Массачусетского технологического института и Batelle Pacific Northwest National Labs (Ричмонд, штат Вашингтон), основана не на сжигании отходов и, в отличие от более ранних попыток переработки мусора в энергию, не загрязняет атмосферу. Метод заключается в испарении органических соединений с образованием так называемого синтетического газа, или синтез-газа (смеси водорода и угарного газа). Синтез-газ можно использовать для производства топлива и различных химических соединений.

Кроме городского мусора, метод позволяет использовать в качестве сырья сельскохозяйственные отходы, причем с более низкими финансовыми затратами, чем существующие в настоящее время заводы, производящие биотопливо из кукурузы и других сельскохозяйственных культур.

Производство синтез-газа с помощью нового метода происходит в два этапа. Сначала отходы нагреваются до 1200 °C в камере, содержащей небольшое количество кислорода, обеспечивающее частичное окисление углерода и образование свободного водорода. На этой стадии происходит переработка только части органического вещества, оставшаяся часть превращается в углеподобный материал. Этот «уголь» также газифицируется при пропускании через плазму дугового разряда. Оставшийся в итоге неорганический материал, содержащий токсические компоненты, окисляется и помещается в безопасную для окружающей среды стекломассу, которую после застывания можно использовать при строительстве дорог.

Далее синтез-газ с помощью специальных ферментов перерабатывается в этанол и метанол. Этанол в настоящее время широко используется в качестве добавки к топливу либо как альтернатива бензину. Метанол необходим для производства биодизельного топлива и обычно получается из содержащегося в природном газе метана.

На сегодняшний день в мире параллельно ведется большое количество проектов, целью которых является поиск оптимального метода переработки различных отходов в топливо. Победитель пока неизвестен, и успех нового подхода во многом зависит от того, удастся ли его создателям разработать полноценную систему, которая обеспечивала бы полный цикл, начиная от получения сырья и заканчивая сбытом производимого в промышленных масштабах топлива.

Разработку промышленной установки и коммерциализацию описанной технологии будет осуществлять фирма Integrated Environmental Technologies (Ричмонд), специализирующаяся на переработке отходов.

Источник: Интернет-журнал «Коммерческая биотехнология» (<http://www.cbio.ru>)



СТРОИТЕЛЬСТВО САМОЙ БОЛЬШОЙ В МИРЕ ФАБРИКИ ПО СОДАНИЮ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Компания Nanosolar, расположенная в Кремниевой Долине, выиграла инвестиционный конкурс в размере 100 млн. долларов на строительство и обслуживание наибольшей в мире фабрики по созданию дешевых солнечных элементов в районе залива Сан-Франциско. Суммарная мощность



Рис. 1. Производство пленок по технологии Nanosolar

завода около 430 МВт/год, а это втрое превышает суммарный годовой выпуск солнечных элементов в США. Выпускать компания будет в год до 200 млн. солнечных панелей. Как заявляют представители компании и инвесторы, строительство фабрики закончится в 2007 году.

Основанная в 2001 году молодая, но амбициозная компания Nanosolar уже имела ряд патентов в области наноэлектроники и солнечных элементов. После того, как инвестиционные фирмы и частный инвестор Кристиан Рейтбургер обратили внимание на перспективную компанию, владеющую новыми технологиями по изготовлению недорогих и эффективных солнечных панелей, Nanosolar приобрела вес среди производителей «солнечной» микроэлектроники. Тем более, что в США правитель-

ство и частные компании уделяют большое внимание финансированию производства солнечных элементов, что, как полагают аналитики, улучшит позиции страны в периоды энергетического кризиса.

«У нас очень прочная позиция для будущего лидерства на рынке полупроводниковых солнечных элементов, — говорит глава компании Мартин Рошейсен. — Благодаря разработанным нами инновациям в производственном процессе, наши солнечные элементы более производительны, чем остальные, и, что самое главное, отличаются низкой себестоимостью».

Инновация в технологии производства солнечных элементов заключается в использовании пленок медь-индий-диселенид галлия (CIGS-пленки). Этот полупроводник характеризуется на 20 % большим фотоэлектрическим эффектом, чем современные солнечные элементы. Тонкая пленка CIGS толщиной всего 1 мкм производит столько же электричества, сколько 200–300 микронная полупроводниковая кремниевая вафля.

Современный рынок кремниевых полупроводниковых солнечных панелей составляет 90 % от общего мирового потребления солнечных элементов.

Одно из преимуществ новой технологии производства пленок — «самосборка» чернил, состоящих из наночастиц, которые покрывают поверхность CIGS. Благодаря этому, солнечные элементы могут быть нанесены на гибкую основу. А это практически невозможно при использовании кремниевых элементов.

Как только начнется производство солнечных панелей на новом заводе компании, она сможет войти на \$ 11,2-миллиардный рынок (по данным 2005 г.) фотоэлектроники. Как прогнозируют эксперты, к 2007 году его объем вырастет на 55 %. Маркетологические исследования, выполненные фирмой Clean Edge свидетельствуют о том, что к 2015 году рынок вырастет до \$ 51 млрд.

Сегодня руководство компании Nanosolar беспокоится о том, чтобы обеспечить нужный темп производства сразу же после завершения строительства завода.

Ранее венчурная компания EverQ, связывающая воедино три крупнейшие производственные компании солнечных панелей, построила свой первый завод в Талхейме (Германия). Завод стоимостью 70,5 млн. евро вышел на мощность 30 МВт/год. Он поддержан частично грантом правительства Германии в размере 27,5 млн. евро. Естественно, что открытие в 2007 году нового завода Nanosolar с мощностью 430 МВт/год сильно изменит сложившийся рынок солнечных элементов.

Источник: Nanosolar to build world's largest solar cell factory (Nanotechweb.org)



НАНОМАНХЭТТЕН ПОВЫШАЕТ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Джуд Рэди (Jud Ready) и его коллеги из исследовательского института Джорджии (Georgia Tech Research Institute) создали «трехмерные» солнечные батареи (3D Solar Cells), обладающие высокой эффективностью при падении света под острыми углами. Необычность новых фотоэлектрических преобразователей можно увидеть, только если посмотреть на них под сильным микроскопом.

Каждый квадратный сантиметр новой солнечной батареи содержит десятки тысяч микроскопических «башен», составленных, в свою очередь, из миллионов соединенных углеродных нанотрубок каждая. Квадратные «башни», имеют ширину 40 мкм, высоту 100 мкм и разделены расстоянием в 10 мкм. Они изготовлены методом химического осаждения пара.

Поверхность новой батареи, если посмотреть на нее с большим увеличением, напоминает Манхэттен с высоты птичьего полета: в ущельях между мириадами высоких «небоскребов» свет просто теряется и почти не выходит обратно.

Чтобы «башни» превратились в солнечные ячейки, авторы новой батареи покрыли их тончайшими слоями полупроводников: теллуридом кадмия и сульфидом кадмия. В качестве электрода выступает покрытие из оксида индия и олова.

Если обычные солнечные батареи, не обладающие системой поворота вслед за Солнцем, показывают наибольшую эффективность лишь в полдень, когда свет падает на них под углом 90°, а до и после полудня КПД батарей заметно снижается, то 3D Solar Cells ведут себя прямо противоположным образом. При падении света под углом 90° их КПД оказался равным всего 3,5 %, а вот в первой и во второй половинах дня их эффективность была выше (она доходила до 7 % при угле падения лучей в 45°). Таким образом, если нет возможности поворачивать солнечные панели вслед за Солнцем (например — они покрывают крышу здания), общая за день эффективность солнечных батарей, построенных по принципу 3D Solar Cells, будет выше, чем у обычных. Правда, КПД преобразования новинки пока не впечатляет — уже созданы солнечные батареи с КПД 40,7 %. Но Рэди считает созданные им батареи лишь прототипом и работает над оптимизацией как пропорций и геометрии «башен», так и состава их покрытия (в частности, он намерен отказаться от токсичных компонентов).

Исследователь полагает, что в течение нескольких следующих лет новую технологию можно довести до коммерческого применения. Особенно это касается спутников, так как устраняет необходимость в точной ориентации солнечных панелей на нашу родную звезду.

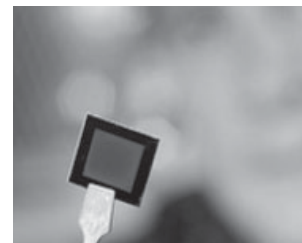


Рис. 1. Опытный образец «Наноманхэттена»

Источник: <http://www.membrana.ru>



СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ПРИ ПОМОЩИ ЭНЕРГИИ СОЛНЦА

Группа ученых Калифорнийского университета в Сан-Диего (США) под руководством Клиффорда Кубиака предложила новый способ конвертирования диоксида углерода в монооксид углерода и кислород. С этой целью они создали устройство, способное переводить солнечное излучение в электроэнергию, которая используется для расщепления CO_2 .

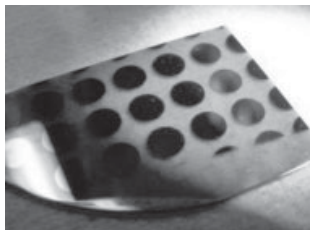


Рис. 1. Устройство для конверсии диоксида углерода

Устройство, предложенное Кубиаком, состоит из полупроводника и двух тонких слоев катализатора. Сначала полупроводник захватывает фотоны из солнечного излучения и, затем, переводит энергию светового излучения в электрическую. На последнем этапе электричество подается к никель-содержащему катализатору, благодаря чему на его поверхности происходит расщепление молекулы диоксида углерода на CO и O_2 .

На первом этапе работы использовали кремниевые полупроводники, которые не обеспечивали достаточного количества электроэнергии для проведения реакции. Недостающая часть энергии подавалась от внешнего источника тока. Теперь ученые намерены опробовать галлий-фосфидный полупроводник, который обладает лучшими характеристиками по поглощению видимого света и вдвое большей шириной запрещенной энергетической зоны в сравнении с кремнием. Исследователи надеются, что вырабатываемой им энергии будет достаточно для проведения реакции без привлечения внешнего источника.

Ранее, в марте 2007 года появлялось сообщение о том, что группа ученых из Германии также предложила способ получения из CO_2 монооксида углерода с использованием азотсодержащих катализаторов. Однако, несмотря на использование механизма, сходного с фотосинтезом, в этой научной работе получение энергии для реакции от солнечного излучения только планируется.

В обоих случаях ученые подчеркивали важность этих работ для переработки парникового газа в пригодный для нефтехимического синтеза реагент. Особое внимание в обоих случаях заострялось на возможности получения из CO жидких углеводородов, с помощью обогащения которых можно получить товарные топлива.

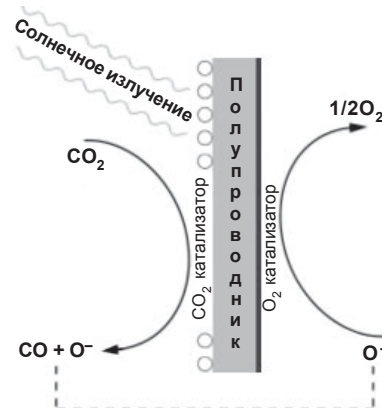


Рис. 2. Механизм конверсии диоксида углерода

Источник: <http://science.compulenta.ru>

ISJAE



ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМЫЙ ДОМ В НЬЮ-ДЖЕРСИ

В США появился первый энергонезависимый дом, который позволяет обитателям пользоваться всеми благами цивилизации и не платить за коммунальные услуги. Отопление, кондиционер и вся бытовая техника работают на электричестве, вырабатываемом солнечными панелями и топливными элементами. Дом был построен в рамках Norwell Project, запущенного в октябре 2006 г. Хозяин дома — Майкл Стризки, который всю жизнь посвятил тому, чтобы сделать нашу планету чище и лучше.

Необычное жилище расположено в городке Хоупвелл (штат Нью-Джерси) и выглядит как традиционный деревянный дом. Рядом с ним находится домашняя электростанция — небольшое строение, крыша которого полностью покрыта солнечными панелями, а внутри здания находится электролизер (установка для расщепления воды). Фотоэлементы преобразуют солнечный свет в электроэнергию, которая применяется для получения водорода из воды. Летом солнечные панели генерируют на 60 % больше электроэнергии, чем требуется дому. Избыток хранится в виде водорода в специальных цистернах и используется зимой для выработки электричества топливными элементами, когда солнечной энергии недостаточно. На водороде и топливных элементах работает и автомобиль Стризки.

Прототип экологически чистого дома обошелся организаторам проекта Norwell Project в полмиллиона долларов США. Однако те домовладельцы, кто захочет сделать свое жилище энергонезависимым, должны будут истратить всего \$ 100 тыс. или \$4 тыс. в год на протяжении 25 лет — именно на такой срок эксплуатации рассчитано оборудование. Для сравнения, в настоящее время средний американец платит за электричество около \$ 1500 в год.

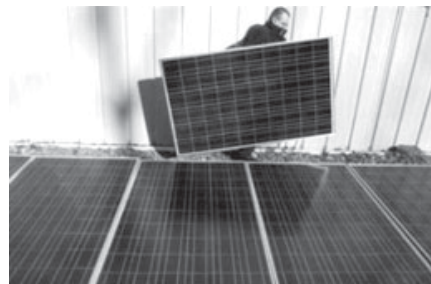


Рис. 1. Майкл Стризки, жилец энергонезависимого дома, с солнечной панелью

Сегодня солнечная энергия обеспечивает лишь 0,1 % электроэнергии, необходимой Соединенным Штатам. Однако получение электричества из возобновляемых источников становится все более популярным — в 2006 году количество установленных фотоэлементов в стране выросло на 20 %, а стоимость производства солнечных панелей снизилась на 7 %. Кроме того, ученые работают над созданием сверхэффективных солнечных батарей. Например, в декабре компания Boeing-Spectrolab представила фотоэлемент, который преобразует 40,7 % получаемого солнечного света в электроэнергию. Мировой рекорд по эффективности солнечной батареи подтвердили в Национальной лаборатории возобновляемых источников энергии Министерства энергетики США. У самых распространенных и доступных сейчас солнечных батарей эффективность составляет лишь 13–22 %.

Источник: <http://science.compulenta.ru>



НОВЫЙ ПУТЬ СОЗДАНИЯ ДЕШЕВЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Профессор Прашант Камат (Prashant Kamat) и его коллеги из американского Университета Нотр-Дама (University of Notre Dame) создали экспериментальную солнечную батарею, используя сравнительно дешевые и распространенные материалы.

Наночастицы диоксида титана хорошо поглощают ультрафиолет, генерируя при этом электроны. Однако сделать из таких частиц эффективную солнечную батарею не так-то просто, поскольку очень немногие выбитые светом электроны преодолевают полосу препятствий в виде множества тех же самых наночастиц и достигают электрода.

Ученые из Нотр-Дама сумели резко повысить КПД такой системы, добавив в нее мириады углеродных нанотрубок, которые выполняют роль разветвленного сборщика электронов, пронизывающего всю толщу покрытия из наночастиц диоксида титана. Таким образом ультрафиолетовая батарея нового типа представляет собой электрод, на котором был выращен густой «ковер» из нанотрубок, поверх которого были нанесены наночастицы диоксида титана.

Данную батарею, реагирующую лишь на ультрафиолет, авторы исследования считают промежуточным этапом. Они продемонстрировали разные пути модификации данного фотоэлектрического преобразователя, позволяющие расширить диапазон его работы на видимый свет. В частности, Камат и коллеги добавили к наночастицам диоксида титана так называемые квантовые точки — нанокристаллы из полупроводников.

Хотя опытным образцам, испытанным в университете, далеко до массового производства, американские исследователи полагают, что солнечные батареи на основе наночастиц диоксида титана — перспективное направление в области солнечной энергетики, вследствие более низкой стоимости по сравнению с кремниевыми.

Добавим, что способность диоксида титана поглощать ультрафиолет, выбрасывая электроны, лежит в основе таких интересных предметов, как лампочка против запахов, самоочищающаяся одежда, самоочищающиеся окна и самоочищающийся бетон.

Источник: <http://www.membrana.ru>

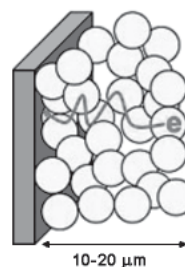


Рис. 1. Батарея на базе диоксида титана (сферы) неэффективна, поскольку электронам трудно попасть на электрод (пластина)

ISJAEЕ



ЛЕТАЮЩАЯ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ



Рис. 1. Модель высотной электростанции мощностью 220 кВт

Американская компания Sky WindPower под руководством австралийского профессора Брайана Робертса разрабатывает высотные ветряные электростанции, парящие на высоте 4,5 км и выше. Пока испытан лишь маловысотный прототип, но в работе находится и высотная электростанция мощностью в 100 кВт. В перспективе могут появиться электростанции мощностью в несколько мегаватт.

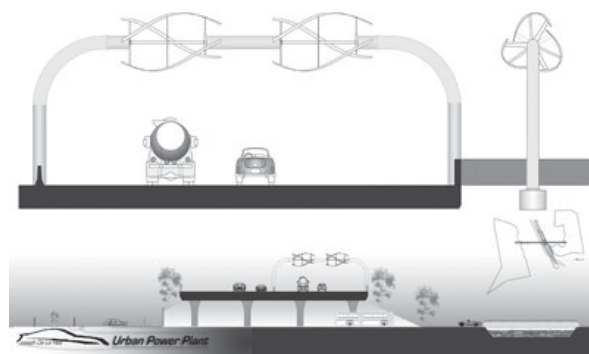
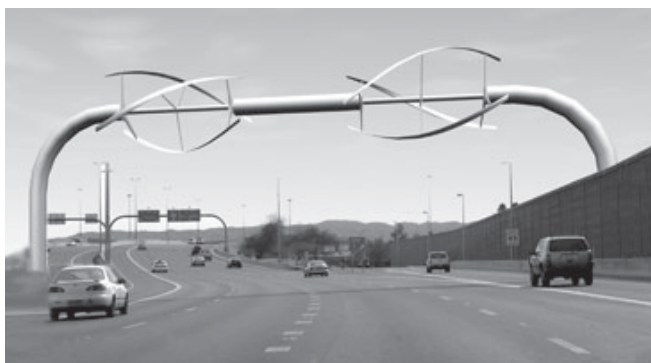
Больше всего электростанции похожи на гибрид воздушного змея и вертолета. С наземными линиями электропередач их соединяет алюминиевый кабель. Электричество вырабатывается при помощи генераторов, вращаемых вертолетными роторами. В нынешнем проекте предусмотрены четыре ротора, часть из них удерживает электростанцию в воздухе (соответствующие генераторы при этом переключаются в режим электродвигателя).

Источник: <http://science.compulenta.ru>



ШОССЕЙНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

Один из студентов Университета штата Аризона в качестве очередного курсового проекта решил разработать новый тип ветряных электростанций. Для получения электричества они долж-



ны использовать энергию воздушных потоков, возникающих при движении транспорта по крупным автомагистралям.

Согласно проекту, электростанции будут использовать горизонтальные генераторы, смонтированные над дорогами. Согласно имеющимся расчетам при средней скорости транспорта в 112 км/ч скорость ветра на уровне генераторов составит не менее 16 км/ч. В год один генератор сможет выдавать около 9600 кВт·ч.

Источник: <http://science.compulenta.ru>



ЭНЕРГИЯ ОКЕАНСКИХ ВОЛН

Бывший австралийский серфингист Джордж Тэйлор разработал установку, с помощью которой движение океанских волн можно перерабатывать в электричество. В 2007 г. частные дома и здания Западного побережья США будут освещены именно этим электричеством. К 2010 г. Тэйлор планирует посредством своих установок извлекать около 500 кВт энергии, которые обойдутся дешевле, чем остальные ее виды. Исследователи государственного университета Орегона считают, что 0,2 % энергии Мирового океана хватит на то, чтобы обеспечить электроэнергией весь мир.

Источник: <http://www.businesspress.ru>



БИОТОПЛИВО ИЗ БИОПЛАСТИКА

Ученые Бруклинского политехнического университета, работающие под руководством профессора Ричарда Гросса (Richard Gross), разработали метод последовательного превращения растительных масел в биопластик, а после — в биотопливо. По словам Гросса, из галлона соевого масла получается одинаковый объем биотоплива, независимо от применяемого метода: непосредственной конверсии или поэтапного процесса с образованием пластика в качестве промежуточного продукта.

Секрет заключается в изменении структуры входящих в состав растительных масел молекул жирных кислот таким образом, чтобы на одном из концов молекулы формировался химический эквивалент «крючка». С помощью подобных структур молекулы жирных кислот можно объединять в длинные цепочки, а добавление при этом поперечных межмолекулярных связей приводит к формированию пластика, который, в зависимости от характера связей, может представлять собой либо эластичную пленку, либо жесткий материал.

Для расщепления соевого масла на жирные кислоты используется фермент, синтезируемый генетически модифицированными дрожжами, выбор которых обусловлен тем, что для поддержания их жизнедеятельности и функционирования не требуется больших финансовых затрат. После этого генетически модифицированные бактерии *E.coli* (кишечные палочки), синтезирующие фермент, позаимствованный у грибка *Candida Antarctica*, конвертируют жирные оксикислоты в полимер или биопластик, который можно использовать для изготовления упаковочного материала.

Измельченный (например, с помощью бумагоуничтожающей машины) использованный упаковочный материал помещают в теплую воду, содержащую небольшое количество фермента кутиназы. Через 3–5 дней готовое биотопливо собирается на поверхности воды.

В природе кутиназа используется питающимися соком растений паразитами для разрушения глянцевого покрытия листьев. Для производства фермента в промышленных масштабах кодирующий его ген также встроили в геном *E.coli*.

Чтобы соответствовать требованиям Управления по охране окружающей среды США, получающееся биотопливо должно пройти дополнительную обработку. Однако ученые планируют усовершенствовать процесс и надеются, что им удастся добиться получения топлива, пригодного для залива в бак без дополнительной обработки.

Специалисты Управления перспективного планирования оборонных научно-исследовательских работ США (DARPA) считают, что разработанный процесс может быть очень востребован вооруженными силами страны. Например, он решает сразу два вопроса обеспечения отдаленных военных баз: упаковку поставляемого провианта и оборудования и снабжение топливом.

Источник: Интернет-журнал «Коммерческая биотехнология» (<http://www.cbio.ru>)



КУКУРУЗНЫЙ МЕТАНОВЫЙ БАК ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ

Тяжелые, громоздкие и дорогие баллоны для сжатого метана можно заменить дешевыми легкими баками, если воспользоваться новым наноматериалом на основе кукурузных кочерыжек. Это доказали ученые из университета Миссури-Колумбии (MU) и исследовательского института Среднего запада (MRI), работающие при поддержке американского национального научного фонда (NSF).

Сжатый природный газ (СПГ) — один из самых совершенных видов автомобильного топлива. Стоит недорого, обеспечивает низкий уровень вредных выбросов, продлевает жизнь мотору. Однако баллоны для СПГ (если речь идет о легковых авто) занимают большую часть багажника. Они также тяжелы, дороги (если металлические), либо легки, но уже очень дороги (если сделаны из углеволокна).

Американские ученые обнаружили, что переработав особым способом кукурузные кочерыжки, можно создать материал, пронизанный мириадами пор нанометрового масштаба, содержащих метан, формирующих фрактальные структуры. Кукурузный брикет оказался способен поглотить 180 единиц объема метана на одну собственную единицу объема. Причем давление для этого потребовалось в семь с лишним раз меньшее, чем в нынешних баллонах для СПГ, то есть примерно 35 атм вместо 250. Это значит, что кукурузные губки можно формовать в виде очень плоских брикетов и наполнять ими сравнительно легкие баки, сходные по форме с обычным бензобаком, что находится под днищем автомобиля. Таким образом освобождается багажник. А неудобство обычных баллонов — одна из причин низкой распространенности автомобилей, потребляющих метан.

Авторы новации уже испытывают метановый пикап, оснащенный экспериментальными емкостями с кукурузным наполнителем. Ученые также работают над следующим поколением своих брикетов с целью повысить их способность впитывать газ и еще больше снизить их стоимость. Также изобретатели намерены исследовать возможность хранения в таких же баках водорода.



Рис. 1. Схема новой технологии и опытный пикап с кукурузным метановым баком

Источник: <http://www.membrana.ru>

ISJAEЕ



БИОТОПЛИВО ИЗ ДЫМА ЗАВОДСКОЙ ТРУБЫ

Концентрат «зеленых» технологий — экономически эффективный способ получения биотоплива и разнообразного химического сырья из загрязняющих атмосферу планеты выбросов тепловых электростанций и других производств — успешно испытывают в США.

«Технология Emissions-to-Biofuels уникальна в своей способности снижать выбросы углекислого газа с пользой в виде выработки нового топлива», — сообщает корпорация GreenFuel Technologies (Массачусетс) и доказывает этот тезис на деле.

В то время как многие передовые заводы и электростанции подумывают о проектах захоронения парникового газа, выбросы которого в современном мире стали предметом торговли и квотирования, американская компания предлагает превращать неудобные отходы в очень даже востребованные доходы, а именно — в топливо.

В декабре 2006 компании GreenFuel Technologies и Arizona Public Service успешно провели испытания биореактора. Испытания проводились на электростанции Redhawk мощностью 1040 МВт

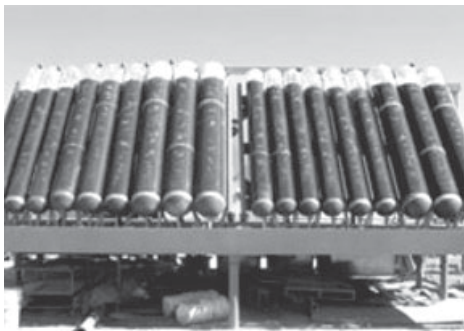


Рис. 1. Экспериментальная батарея больших колб с водорослями, работающая в Аризоне, — пионер в новой системе производства топлива из выхлопа электростанций, питательных веществ и солнечного света



Рис. 2. Биореактор GreenFuel на испытаниях в Мичиганском технологическом институте (2004 год). Мощность электростанции 20 МВт. Высота биореактора 2,5 м. Трубки для выращивания водорослей диаметром 10–20 см. Длинная сторона треугольника ориентируется на солнце. Выхлопные газы электростанции закачиваются в биореактор, создавая циркуляцию воды и водорослей в треугольнике. «Созревшие» водоросли выпадают в осадок на дне треугольника. Захватывается до 86 % оксидов азота.

канолы, а это — подходящее сырье для синтеза горючего.

Недавно южноафриканская компания De Beers Fuel Limited получила от GreenFuel Technologies лицензию на технологию Emissions-to-Biofuels. Специалисты из ЮАР намерены развернуть у себя аналогичное производство. Сейчас они занимаются синтезом горючего из растительных масел.

«Но соя дает 48 галлонов сырья (масла) с одного акра, канولا — 140 галлонов, а водоросли 10 тыс. галлонов», — сообщают специалисты De Beers Fuel.

Три года назад Исаак Берзин организовал эксперимент с морскими водорослями на Международной космической станции и тогда задумался об их удивительной способности к быстрому размножению с минимумом требований к среде (например, им не нужна особо чистая вода). В 2005-м предприимчивый ученый договорился с властями Аризоны и запустил опытную станцию для выращивания водорослей. С тех пор он экспериментирует с необычными зелеными колбами, забирающими часть выбросов местной электростанции.

Прошлой осенью здесь начали получать пригодные для продажи биодизель и этанол. Хотя пока система работает как эксперимент. Кэри Баллок (Cary Bullock), директор GreenFuel Technologies, утверждает, что в случае создания массовой промышленной установки такого типа

в Арлингтоне (ш. Аризона). На этой опытной промышленной установке выброс тепловой станции превращается в биодизельное горючее. Исаак Берзин (Isaac Berzin) — основатель GreenFuel — заявил, что впервые на коммерческой электростанции из водорослей были получены и биодизель и этанол.

Этим превращением занимаются несколько тонн водорослей, которые размножаются в гигантских прозрачных колбах, выставленных на солнце. Через колбы, содержащие, помимо водорослей и воды, постоянно добавляемые питательные вещества (сельскохозяйственные отходы), пропускают дымовой газ — напрямую из станционной трубы. Крошечные зеленые комочки с радостью впитывают CO_2 , бурно размножаясь. Далее этот зеленый состав пропускают через первичную сушилку, которая отделяет воду и направляет ее обратно в биореактор. Полученный высококонцентрированный раствор водорослей (здесь их концентрация в 10–30 раз выше, чем в реакторе) поступает в следующую секцию установки. В данном случае — это система, производящая из биомассы дизельное топливо. Но создатели комплекса говорят, что тут можно смонтировать любое оборудование и, пожалуй, даже несколько типов систем переработки сразу.

Если японцы, недавно начавшие выработку электроэнергии из культивируемых в чанах водорослей, ограничились синтезом метана, то американские ученые заявляют, что их метод позволит получать: спирты, метан, биодизель, водород, синтез-газ, и просто — брикеты твердой биомассы для разнообразного дальнейшего использования. Тут имеются экстракция и переэтерификация, ферментация, анаэробная переработка, газификация и сушка.

Одна из задач текущего опытного производства — выбрать наиболее выгодный их вид: некоторые содержат много липидов, крахмала и белков, сходных с таковыми у сои и

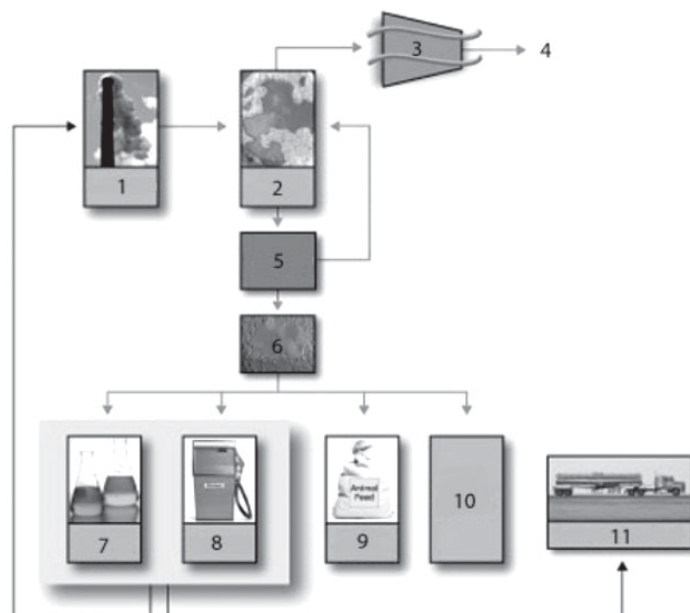


Рис. 3. Схема технологического цикла Emissions-to-Biofuels: 1 — дымовые газы тепловой электростанции, 2 — биореактор с водорослями, 3 — вентилятор, 4 — выход кислорода и азота, 5 — первичная сушка (стрелка, идущая обратно в реактор — рецилинг воды), 6 — биомасса, 7 — этанол, метанол, 8 — биодизель, 9 — протеиновый концентрат, 10 — другие продукты, 11 — автомобильное топливо (вроде E85) (стрелка, идущая от спиртов и биодизеля к изображению тепловой станции, означает, что их можно не только продавать автомобилистам, но использовать для выработки электричества)

можно будет получать по 200 т водорослей с акра свободной площади в год. Баллок добавляет, что коммерческое производство продукции по фирменной технологии начнется в 2008 году: в Аризоне, а также у партнеров компании — в Австралии и Южной Африке.

Проявляют интерес к американской технологии и в Европе. При этом массачусетские экспериментаторы утверждают, что капитальные затраты на создание такой установки низки, потребности оборудования в электричестве также невелики, и установка по выращиванию водорослей никак не влияет на работу тепловой электростанции. Окупаться такая коммерческая система должна быстро. Баллок также говорит, что компании удалось решить ряд проблем, с которыми столкнулись в других лабораториях и институтах при построении сходных по принципу действия систем. У других коллективов затраты энергии на работу оборудования были выше, да и водоросли не хотели расти так, как надо. В GreenFuel Technologies эти проблемы были решены.

Источники: Интернет-журнал «Коммерческая биотехнология» (<http://www.cbio.ru>)

<http://www.membrana.ru>



БИОТОПЛИВО ИЗ ЛЮБОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Ученые университета Миннесоты под руководством профессора Лэнни Шмидта (Lanny Schmidt) разработали процесс пиролиза, позволяющий вырабатывать синтетический газ (синтез-газ) — смесь водорода и угарного газа (CO), использующийся для производства различных химических соединений и топлива, в том числе бензина. Еще одним продуктом реакции является аммиак — сырье для производства азотных удобрений.

Впервые группа Шмидта применила описанный метод в 2004 г. при создании сходного аппарата для получения водорода из этанола. А 3 ноября 2006 в журнале Science опубликована статья о новом достижении: разработан катализатор, позволяющий осуществлять пиролиз любой органики со скоростью, в 100 раз превышающей показатели существующих установок, и при в 10 раз меньшем объеме реактора.

Заводы по производству дизельного биотоплива из растительных масел сейчас открываются каждый день, но на ключевом этапе такого производства требуется добавление метанола. Новый метод позволяет пропустить этот этап и превращать углеводное или углеводородное сырье непосредственно в водород и угарный газ путем нагревания до 800–1000 °С. При этом в угарный газ конвертируется до 70 % содержащегося в сырье углерода.

Сложность переработки растительного сырья в этанол заключается в необходимости разрушения химических связей целлюлозы — материала, обеспечивающего жесткость растительных клеток. Разрушение связей приводит к высвобождению молекул простых сахаров, которые с помощью ферментации перерабатываются в этанол или другие виды топлива. Для этого требуется гидролиз целлюлозы под воздействием высокой температуры и давления и длительная обработка специальными ферментами. Используемая новым методом высокая температура легко разрушает химические связи, что означает возможность использования целлюлозы и других растительных материалов в качестве сырья для производства биотоплива.

Для запуска процесса масло или сахарный сироп распыляются с помощью автомобильного инжектора на пористый керамический диск, покрытый катализатором из родия и церия. Нагревание катализатора необходимо только для запуска процесса, а после начала химической реакции высвобождается достаточно энергии для разложения следующей порции молекул масла или углевода.

Секрет заключается в исключительно быстром испарении исходного материала и смешении его с воздухом до взаимодействия с катализатором, что исключает вероятность его обугливания и загрязнения реакционной поверхности. Пиролиз протекает менее чем за 50 мс; теплоотдача процесса составляет около одного 1 МВт/м².

В первых опытах использовалось соевое масло и густой сахарный сироп, но теоретически в качестве сырья для этой установки можно использовать отработанное масло для жарки, отходы сельскохозяйственного производства, древесные опилки.

Источник: Интернет-журнал «Коммерческая биотехнология» (<http://www.cbio.ru>)



БИОТОПЛИВО ДЛЯ ВВС США

Военно-воздушные силы США планируют до конца 2007 г. сертифицировать все бомбардировщики В-52 для работы с 50 % смесью синтетического топлива из природного газа и стандартного военного топлива JP8. Ранее ВВС США провели наземные и летные испытания двигателей В-52 с новым топливом. ВВС в 2006 г. были третьим крупнейшим в США покупателем чистой электроэнергии — более 990 000 МВт·ч.

37 баз ВВС в США самостоятельно производят энергию из возобновляемых источников. Например, базы в Техасе, Вашингтоне и Северной Дакоте производят из энергии ветра практически

100 % потребляемой электроэнергии. 58 баз потребляют В20 (20 % биодизель + 80 % дизельного топлива), 16 баз — Е85 (85 % этанол + 15 % бензина). На В20 приходится 8 % топлива, потребляемого ВВС США.

ВВС США разработали план сокращения потребления топлива. За 6 лет потребление топлива должно сократиться на 10 %. А 30 % новых автомобилей, покупаемых ВВС, будут низкоскоростными электромобилями.

27 февраля 2007 энергетическая компания Pacific Gas and Electric Company (Калифорния) приобрела для испытаний 4 электромобиля производства Phoenix Motorcars. На электромобилях Phoenix установлены литий-ионные аккумуляторы 35 кВт·ч., произведенные компанией Altairnano с применением нано-технологий. Дальность пробега электромобиля — 200 км., время зарядки аккумуляторов — около 10 мин.

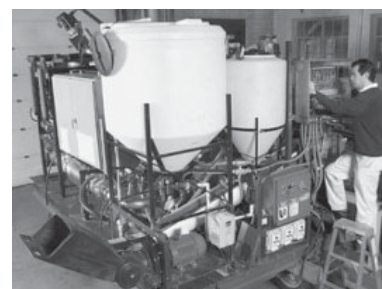
Источник: <http://subscribe.ru>



ПЕРЕДВИЖНОЙ ГЕНЕРАТОР ПРЕВРАЩАЕТ МУСОР В СПИРТ И ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Исследователи из Университета Пердью (Индиана, США) объявили о разработке передвижного электрогенератора, в качестве топлива потребляющего обычный бытовой мусор. Сам по себе мусор не является топливом, а подвергается предварительной переработке. Пищевые отходы бродят под действием дрожжей и превращаются в этиловый спирт. Прочий мусор — бумага, картон, пластик и т. п. — подвергается нагреву в отсутствие кислорода и разлагается, в основном, на метан и пропан.

Спирт и газы, в свою очередь, служат топливом для модифицированного дизельного двигателя, вращающего вал генератора. Установка разрабатывалась по заказу военных, но в перспективе может найти и гражданское применение. Вот только если новинка доберется до России, блок переработки пищевых отходов с нее лучше будет снять.



Источник: <http://science.compulenta.ru>



ЭТАНОЛ ИЗ ОТХОДА ЦИТРУСОВЫХ

Компания Citrus Energy планирует построить завод по производству этанола из отходов цитрусовых. Компания ищет инвестиции в размере \$10 млн. для строительства завода мощностью 4 млн. галлонов (15,1 млн. л) этанола в год.

Технологию получения этанола из отходов цитрусовых разработали ученые Сельскохозяйственной исследовательской службы Департамента сельского хозяйства США. Работы по созданию технологии производства этанола из апельсиновых корок начались в 1992 г., но были задержаны из-за низких цен на бензин. Исследования возобновились в 2004. Была создана экспериментальная установка мощностью 1000 галлонов этанола.

В одном только штате Флорида ежегодно производится около 5 млн. т цитрусовых отходов, т. е. примерно 1,2 млн. т в сухом весе. Отходы используются в качестве кормов для скота. Новая технология позволит ежегодно производить из цитрусовых отходов Флориды 80 млн. галлонов (300 млн. л) этанола. Цитрусовые богаты пектином, целлюлозой и полисахаридами, которые могут быть гидролизированы в сахар и ферментированы в этанол.

23 февраля штат Флорида выделил грант \$0,99 млн. Международному университету Флориды и компании Florida Crystals Corporation. Партнеры исследуют техническую возможность крупного промышленного производства этанола из багассы сахарного тростника.

Сахарная индустрия Флориды ежегодно производит более 1 млн. т багассы (в сухом весе). В настоящее время багасса используется в качестве топлива на тепло/электростанциях.

В 2006 г. штат Флорида принял Энергетический Акт. Всего будет выделено 8 грантов для подобных исследований.

Источник: <http://subscribe.ru>



УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ ОТКРЫВАЮТ ДОРОГУ САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИМСЯ МАТЕРИАЛАМ

Ученые из Университета Дэлавера (США) разработали новый способ мониторинга напряжений в композитных материалах. Как оказалось, внедренные в композиты пучки многослойных углеродных нанотрубок изменяют свою электрическую проводимость при механических повреждениях материала.

Как отметил ученый Тсу-Вей Чу, нанотрубки действуют подобно нервам в живом организме. Микротрещины и деформации материала композита вызывают разрывы одиночных нанотрубок, вот почему электропроводность всей системы изменяется.

Пока учеными создано «умное стекло», в котором нанотрубки-сенсоры занимают около 0,15 % объема. Как утверждает Чу, новая технология позволит ученым приблизиться к созданию «умных материалов», которые смогут самостоятельно ремонтироваться при механических повреждениях.

Источник: <http://old.nanonewsnet.ru>



МАССИВЫ НАНОТРУБОК КАК РЕЦЕПТ УЛУЧШЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Несмотря на то, что электрические и механические свойства углеродных нанотрубок сулят невиданные доселе перспективы истосковавшейся по техническим революциям отрасли интегральной электроники, их интеграция в масштабируемые интегральные схемы пока что идет очень медленно.

Впрочем, последнее достижение исследователей из университетов штата Иллинойс, Lehigh и Purdue может несколько ускорить этот процесс — ученые сообщают о создании плотных массивов линейных нанотрубок в виде тонкой полупроводящей пленки. Эта пленка может быть нанесена на традиционный (или не очень) материал — например, на пластик, из чего можно получить, например, готовый гибкий дисплей.

Для создания массивов нанотрубок исследователи использовали подложку из монокристаллического кварца, на которую наносились полоски железных наночастиц (железо играет роль катализатора при выращивании углеродных нанотрубок CVD-методом).

Как только нанотрубки «перерастают» полоски железа, они присоединяются к кристаллу кварца, направляющему их дальнейший рост. Получающиеся в результате массивы содержат сотни тысяч линейных нанотрубок диаметром около 1 нм и длиной до 300 мкм. Расстояние между нанотрубками составляет 100 нм.

Массивы ведут себя как тонкая пленка полупроводника, в которой заряд переносится вдоль каждой индивидуальной нанотрубки. В этой конфигурации, нанотрубки могут интегрироваться в интегральные микросхемы достаточно простым образом — в результате дополнительного шага напыления.

Используя массивы нанотрубок, исследователи создали и протестировали свойства полевых транзисторов и даже создали на их основе логические элементы. Однако, как подчеркивает Джон Роджерс (John A. Rogers), один из соавторов работы, массивы нанотрубок не совсем должны будут заменить кремний. Их можно будет использовать в некоторых частях полупроводникового чипа, где требуется высокое быстродействие или большой ток.

Источники: iXBT.com, Nature Nanotechnology, University of Illinois at Urbana-Champaign, nanometer.ru

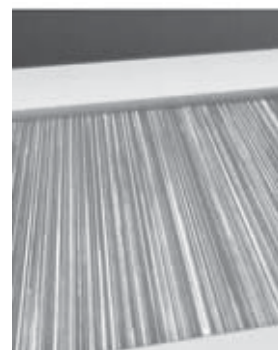


Рис. 1. Одностенные углеродные нанотрубки, полученные CVD методом на кремниевой подложке

ISJAEЕ



УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ: НОВЫЙ РЕКОРД



Рис. 1. Так выглядит новый рекордсмен

В University of Cincinnati был поставлен новый рекорд — получены ориентированные пучки многостенных углеродных нанотрубок длиной 18 мм. Предыдущий рекорд составлял 7 мм.

Пучки нанотрубок вызывают большой интерес у исследователей, т. к. из них можно скрутить волокна. Теоретически такие волокна должны быть прочнее и легче, чем любые ныне существующие.

Вдобавок, такие волокна проводят электрический ток.

Ориентированные пучки нанотрубок получают методом химического осаждения из паровой фазы (CVD) на специальный шаблон. В данном случае шаблон представлял собой многослойную структуру — на окисленную поверхность кремниевой пластины нанесен слой металлического сплава-катализатора. Производство шаблона требует наличия чистой ком-

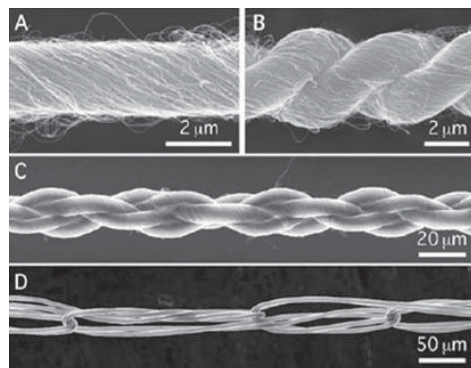


Рис. 2. Фотография из работы «Многофункциональная УНТ пряжа, полученная в микромасштабе по древней технологии», (Mei Zhang, Ken R. Atkinson, Ray H. Baughman. Science, 2004)

наты и аппаратуры для осаждения тонких пленок. Синтез нанотрубок протекает при температуре 750 °С в атмосфере, содержащей водород, углеводороды, воду и аргон. Технология может быть легко масштабирована до промышленных объемов. Стоит отметить, что после роста первой партии восемнадцати миллиметровых нанотрубок, на том же шаблоне можно вырастить нанотрубки длиной 11 мм, а потом еще и 8 мм.

Продемонстрированные достижения дают надежду на то, что возможно получение углеродных нанотрубок метровой длины.

В других работах проводятся «альтернативные» попытки получить длинные нити из углеродных волокон, что отнюдь не приближает гипотетическую идею «космического лифта», однако может дать интересные результаты в области катализа, топливных элементов, НЭМС и пр.

Источники: Nanower, nanometer.ru



МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КРИСТАЛЛЫ ДЛЯ БИОСЕНСОРОВ

Американские ученые из Pacific Northwest National Laboratory, работающие под руководством Грегори Эксархоса (Gregory Exarhos), использовали обработанные кислотой хлопковые волокна в качестве натурального трафарета для быстрого выращивания металлических нанокристаллов золота, серебра, палладия, платины, меди, никеля и других металлов, а также их оксидов. Получаемые кристаллы имели одинаковую форму и проявляли каталитические, электрические и оптические свойства, не присущие более крупным и бесформенным кристаллам.

При обработке кислотой целлюлозное волокно превращается в крупные стабильные кристаллизировавшиеся молекулы, содержащие большое количество гидроксильных групп, располагающихся вдоль длинных молекул целлюлозы. При помещении раствора, содержащего кристаллизованную целлюлозу и соль металла, в герметизированную печь и нагревании ее до 70–200 °С в течение 4–16 ч (в зависимости от металла) на гидроксильных участках молекул целлюлозы формируются идентичные по форме и размеру металлические кристаллы.

Ученые назвали разработанный ими метод «экологически чистым», так как для его осуществления требуются только нагрев, кристаллическая целлюлоза и соль металла. Более ранние попытки синтеза с использованием едких химикатов в качестве восстановителей и стабилизаторов неизменно приводили к формированию металлических нанокристаллов, значительно отличающихся друг от друга по форме и размеру.

Потенциальные возможности использования металлических нанокристаллов, размер которых составляет 15–20 нм, весьма обширны. Авторы утверждают, что, согласно предварительным результатам, они проявляют гораздо более высокую каталитическую активность, чем коммерчески доступные катализаторы. Скорее всего, катализ и станет первой областью практического применения нового материала.

Источник: Интернет-журнал «Коммерческая биотехнология» (<http://www.cbio.ru>)



В США СОЗДАЛИ ПОЛИМЕРНЫЙ ЛЕД

«Американские войска в Ираке получают полимерный состав, имитирующий свойства льда», — сообщает BBC.

Материал, получивший название «Black Ice («черный лед»», позволяет при нанесении на поверхность дороги многократно понизить коэффициент сцепления, имитируя эффект гладкого льда. Применение подобных полимеров позволяет транспортной или военной колонне быстро избавиться от преследования или, наоборот, быстро догнать машину боевиков, обработав дорогу перед ней.

Полимер сохраняет свои свойства в условиях высоких температур и сильной запыленности воздуха, что позволяет использовать его в Афганистане и Ираке. Профилактическая обработка «черным льдом» участков дорог вынуждает водителей снижать скорость движения вплоть до полной остановки, что облегчает контроль движения и защиту блокпостов на важных участках дорог.

Источник: <http://www.rambler.ru>



ХОЛОДНЫЙ ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ МОЖЕТ СТАТЬ РЕАЛЬНОСТЬЮ

Американским ученым, возможно, удалось найти способ осуществления так называемой реакции холодного термоядерного синтеза.

Обычная термоядерная реакция протекает при очень высоких температуре и давлении. В прошлом веке были высказаны предположения о возможности осуществления холодной термоядерной реакции, протекающей при комнатной температуре и обычном атмосферном давлении. Однако, несмотря на многочисленные исследования в данной области, на практике осуществить реакцию

холодного термоядерного синтеза до сих пор не удавалось. Более того, многие исследователи саму идею называют ошибочной.

Тем не менее, недавно в авторитетном журнале «Naturwissenschaften» была опубликована статья, в которой говорится, что американские ученые смогли осуществить ядерную реакцию низкой энергии. Как сообщает DailyTech, исследования проводились под руководством Александра Шпака и Памелы Мозьер-Босс из Центра космических и морских военных систем (Spawar) в Сан-Диего. В ходе экспериментов ученые подвергали воздействию магнитных и электрических полей тонкий провод, покрытый палладием. Для регистрации заряженных частиц, появлявшихся в результате реакции, использовались детекторы из пластиковой пленки CR-39 (на фото).



В ближайшее время результаты исследований ученых должны быть проверены независимыми специалистами. Если сторонним исследователям удастся повторить эксперимент, команда Шпака и Мозьер-Босс может получить грант на дальнейшее развитие предложенной методики.

Источник: <http://science.compulenta.ru>



УСПЕШНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ДИСТАНЦИОННОМУ ПУСКУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КИТАЙСКОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

Американские ученые через специальную компьютерную сеть нажатием «мыши» осуществили дистанционный пуск и эксплуатацию китайского экспериментального реактора термоядерного синтеза EAST, имеющего неофициальное название «искусственное Солнце».

Испытания прошли в Институте физики плазмы Академии наук КНР в Хэфэе — административном центре восточно-китайской провинции Аньхой, где расположено китайское «искусственное Солнце», способное повторять процесс синтеза энергии на Солнце. Как сообщил заместитель директора института У Сунтао, в ходе первой в истории «транснациональной» эксплуатации реактор создал плазму, удерживавшуюся 5 секунд и выработавшую электрический ток силой 250 кА.

«Полученные в ходе эксперимента данные и схема разряда, которые увидели через электронную сеть ученые термоядерной лаборатории DIII-D американской компании «Дженерал Атомикс», идентичны тем, что увидели китайские ученые на пульте управления, — заявил У Сунтао. — Дистанционный контроль над разрядом плазмы создает основу для более широкого международного сотрудничества в этой области». Китайский ученый заявил, что к подобному эксперименту могут присоединиться и европейские ученые. «Таким образом, испытания реактора EAST могут вестись круглосуточно», — продолжил он, выразив надежду, что активные совместные усилия ученых всего мира будут содействовать реализации мечты человечества использовать энергию, выработанную путем термоядерного синтеза.

Институту физики плазмы потребовалось 8 лет и 200 млн. юаней (25 млн. долл. США) на разработку экспериментальной сверхпроводящей установки термоядерного синтеза EAST — модифицированной модели китайской установки типа «Токамак» первого поколения. По сравнению с зарубежными аналогами для создания китайской установки потребовалось гораздо меньше инвестиций и кратчайшие сроки строительства. Первые испытания реактора прошли в сентябре 2006 г. В ходе них реактор создал плазму, удерживавшуюся 5 с и выработавшую электрический ток силой 500 кА.

Управляемый термоядерный синтез является одним из эффективных способов выработки неисчерпаемого количества чистой энергии. По сравнению с единственной современной технологией, основанной на расщеплении ядер урана и плутония, которая приносит человеку, помимо выгоды, множество проблем, термоядерный синтез является более эффективным вариантом обеспечения человечества энергией.

Источник: <http://www.russian.xinhuanet.com>



«ТЕРМОЯД» В СТАКАНЕ

Председатель подкомитета по надзору за исследованиями научно-технического комитета Палаты представителей Конгресса США Брэд Миллер направил письмо руководству Университета Пердью, в котором говорит о необходимости проведения дополнительной проверки результатов экспериментов профессора Руши Талейярхана.

Талейярхан является автором нашумевших работ, якобы доказывающих возможность запуска термоядерной реакции во время сонолюминесценции. Явление сонолюминесценции заключается в возникновении вспышки света при схлопывании кавитационных пузырьков, порожденных в жидкости мощной ультразвуковой волной. По мнению ряда ученых, в процессе сжатия микроскопических пузырьков газ внутри них разогревается до нескольких тысяч и даже миллионов кельвинов. В результате создаются условия для протекания термоядерной реакции.



Рис. 1. Руши Талейярхан

Талейярхан экспериментировал с «тяжелым» ацетоном, в котором все атомы водорода заменены на дейтерий. Сонолюминесцентная кавитация при этом инициировалась с помощью внешнего нейтронного пучка. Проанализировав результаты опыта, исследователь пришел к выводу, что в ходе него протекла реакция термоядерного синтеза фактически в обычной пробирке.

Работы Талейярхана вызвали огромный интерес, однако независимым группам ученых подтвердить правильность выводов Талейярхана не удалось, и они были признаны ошибочными. Тем не менее, в ближайшее время Университет Пердью планирует обнародовать результаты повторного анализа работ Талейярхана.

Не утихают и споры вокруг возможности осуществления так называемой реакции холодного термоядерного синтеза, протекающей при комнатных температуре и давлении. Не так давно в авторитетном журнале «Naturwissenschaften» была опубликована статья, в которой говорится, что американские ученые смогли осуществить ядерную реакцию низкой энергии, подвергнув воздействию магнитных и электрических полей тонкий провод, покрытый палладием. Впрочем, результаты этого эксперимента пока также не подтверждены.

Источник: <http://science.compulenta.ru>



РАЗРАБАТЫВАЕТСЯ ДВС НОВОГО ТИПА

Американские ученые из Университета Пердью разрабатывают новый тип двигателей внутреннего сгорания, которые, как ожидается, будут более экономичными и экологически чистыми по сравнению с современными силовыми агрегатами.

В традиционных двигателях внутреннего сгорания (ДВС) энергия, выделившаяся в результате сгорания топливной смеси в цилиндре, передается на поршень и затем — на коленчатый вал. Коленчатый вал, в свою очередь, приводит в движение распределительный вал, который является одним из основных элементов газораспределительного механизма. Именно кулачки распредвала управляют клапанами цилиндров, регулируя, таким образом, подачу топливной смеси и выброс отработанных газов.

Исследователи из Университета Пердью, проводящие работы под руководством Грегори Шейвера, предлагают исключить из конструкции ДВС механизм, связывающий коленчатый вал с распределительным. При этом управление впускными и выпускными клапанами будет возложено на специальную электронную систему, в режиме реального времени отслеживающую процессы, протекающие в двигателе. Подобная система, как предполагается, позволит очень точно подстраивать время открытия и закрытия клапанов, что должно положительно отразиться на коэффициенте полезного действия силовой установки. Соответственно, сократятся расход топлива и выбросы вредных газов в атмосферу.

Впрочем, в настоящее время новая система управления клапанами двигателя внутреннего сгорания существует лишь в виде экспериментальной компьютерной модели. Ученым еще предстоит создать специализированное программное обеспечение, которое позволит бортовому компьютеру автомобиля быстро и точно реагировать на информацию, поступающую от датчиков двигателя.

Источник: <http://science.compulenta.ru>



Рис. 1. Американские ученые разрабатывают новый тип ДВС



«PACIFIC GAS & ELECTRIC CO.» НАЧАЛА РАЗРАБАТЫВАТЬ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

«Pacific Gas & Electric Co.» — крупнейшая коммунальная компания Калифорнии начала разрабатывать устройство для зарядки электромобилей.

Аккумуляторы электромобилей будут заряжаться ночью и отдавать энергию в сеть днем во время пиковых нагрузок.

Зарядное устройство PG&E будет готово к 2012 г., если автопроизводители начнут к тому времени массовое производство электромобилей.

PG&E продемонстрировала прототип гибридного автомобиля во время выставки в Кремниевой Долине. На «Toyota Prius» были установлены литий-ионные аккумуляторы. Их емкости достаточно для ежедневной эксплуатации электро-



Рис. 1. Зарядное устройство в гараже «Toyota Dream House»

мобиля. Во время стоянки автомобиль отдавал часть энергии дому — от аккумуляторов работали несколько ламп и отопительная система.

Зарядное устройство PG&E автомобиль/сеть может устанавливаться на паркингах и в гаражах. Для широкого применения зарядных устройств потребуется разрешение регулирующих органов.

Аналогичные системы разрабатывает «Toyota» для проекта «Toyota Dream House» и «Tokyo Electric Power Co.» (TEPCO) для электромобилей «Mitsubishi».

Источник: <http://oborot.blogspot.com>



КУХОННОЕ ТЕПЛО РАЗОГРЕВАЕТ ЖИЛЬЕ ПЕРСОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЕЙ



Рис. 1. Бернард Малин (Bernard Malin) одним из первых в США установил в своем доме личную портативную теплоэлектроцентраль. Однако европейцы и японцы в этом деле значительно обогнали Новый Свет

кой энергией группы домов, больницы или небольшие предприятия. А за последние несколько лет децентрализация в этой области достигла своего логического завершения — появления необычайно компактных домашних теплоэлектростанций. Называются они «микро-комбинированные теплоэнергетические устройства» (Micro Combined Heat and Power — MicroCHP). В их основе лежат очень маленькие и исключительно тихие ДВС (в редких моделях — стирлинги), соединенные с небольшим генератором. Работают они на природном газе, благо газовые сети широко распространены, а многие дома оборудованы газовыми плитами.

Главная изюминка MicroCHP — в букве «С», означающей «комбинированные». Вспомните, что КПД двигателя внутреннего сгорания — порядка 30 %, остальная энергия сгоревшего топлива в буквальном смысле улетает в трубу. А в MicroCHP она не теряется зря: нагревает воду в водопроводе или воздух в доме, а во многих моделях — и то и другое сразу. Эти агрегаты производят около пяти фирм из Японии, Новой Зеландии, Европы и, с недавних пор, США.

Выгода очевидна — MicroCHP обеспечивает дом электричеством и теплом при минимальных эксплуатационных затратах (начальная цена установки — другой вопрос, и об этом — ниже).



Рис. 2. На кухне генераторы типа MicroCHP можно спрятать со стиральной или посудомоечной машиной. Иногда генераторы ставят в подвале

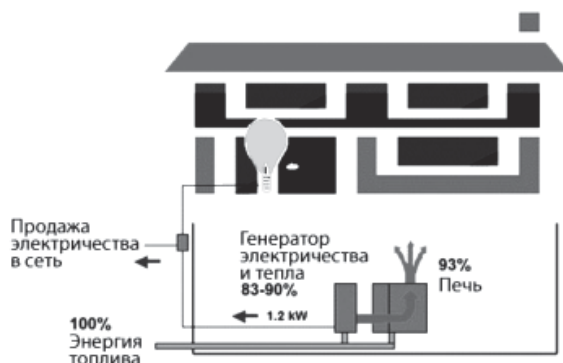


Рис. 3. Схема работы MicroCHP. Печь (указана ее эффективность) потребляет газ лишь при лютном морозе, а обычно нагревает воздух исключительно за счет бросового тепла, которое передается от стоящего рядом ДВС. Топливная эффективность комбинированного генератора показана суммарная — по выработке электричества и тепла для дома

В часы, когда потребляется минимум электроэнергии, домашняя электростанция может поставлять электричество в распределительную сеть города или района. Благо рассчитаны такие устройства чуть не на круглосуточную работу, а их движки сконструированы так, что имеют высокий моторесурс.

Дальше все зависит от разумности местных законов и расторопности энергокомпаний. Современные электронные счетчики позволяют не только регистрировать энергию, забранную домом из сети, но и вычитать из

нее энергию, поставленную в обратном направлении — из дома в сеть. А счета выписывать только за разницу в этих величинах.

Такая схема уже давно работает во многих странах, она была отработана еще на домашних хозяйствах, установивших солнечные батареи или ветряки в качестве дополнительных генераторов электричества. Десятки тысяч домов в Японии и Европе уже оснащены различными моделями портативных комбинированных теплоэлектрогенераторов, а недавно системы MicroCHP начали завоевание Нового Света с установки первых таких машин у нескольких семей. В частности, речь идет о вариации MicroCHP, созданной японской компанией «Honda» совместно с американской «Climate Energy».

Этот MicroCHP соединил в себе японский ДВС-электрогенератор, также работающий на природном газе, с американским газовым нагревателем. Основной режим устройства — работа только ДВС. Он поставляет 1,2 кВт электричества, а его теплообменник обеспечивает обогрев дома. Суммарный КПД этого комбинированного генератора, в зависимости от нагрузки, составляет 83–90 %, т. е. такая доля энергии, содержащейся в метане, превращается в электричество и тепло для дома. А поскольку природный газ — топливо сравнительно недорогое, выгода в сравнении со стопроцентной покупкой электричества в сети очевидна. И газовые компании не в накладе: потребители платят по газовому счетчику.

В самый же пик морозов, когда бросового тепла от ДВС уже не будет хватать для поддержания в доме нормальной температуры, хозяева этого японско-американского агрегата могут включить дополнительно газовый обогреватель, встроенный в систему.

Такая комбинация воздухонагревателя и ДВС-генератора выбрасывает на 30 % меньше углекислого газа на каждый Джоуль выработанной в сумме электрической и тепловой энергии по сравнению с классической схемой с использованием централизованной теплоэлектростанции.

Увы, сами MicroCHP недешевы — модель, генерирующая киловатт электричества плюс тепло, достаточное для коттеджа в три спальни, стоит \$13 тысяч. Система на несколько киловатт электрической мощности стоит уже \$20 тысяч.

С другой стороны, если речь идет о постройке нового дома, для которого и так пришлось бы покупать системы обогрева помещений и нагрева воды в водопроводе, из этой суммы нужно вычесть более половины — ведь MicroCHP заменяет собой эти отдельные устройства.

Нужно учесть, что в ночные часы работающий генератор «продает» электричество местной сетке. В США, к примеру, такая 1-киловаттная установка уменьшает счет за электричество примерно на \$800 в год. То есть комбинированный агрегат окупится лет за семь. Дальше — чистая экономия.

Да и всем прочим от таких аппаратов есть выгода: ведь общие выбросы вредных веществ сокращаются. Уменьшается

нагрузка на большие электростанции, энергосети могут меньше беспокоиться о перегрузках в часы пик.

Круг замкнулся. Разве только «домашний очаг» теперь больше похож на стиральную машину. Разумеется, если не принимать во внимание популярные домашние камины. Но они несут, по большей части, декоративную функцию.

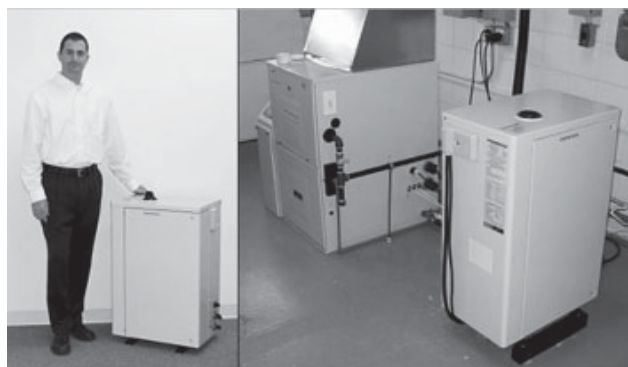


Рис. 4. Слева: комбинированный электротеплогенератор «Honda». Его работу сопровождает низкий шум, сопоставимый с очень тихим разговором. Справа: японско-американский комплект от «Climate Energy»: тот же комбинированный ДВС-генератор и подогреватель воздуха, работающий в тандеме с японским аппаратом

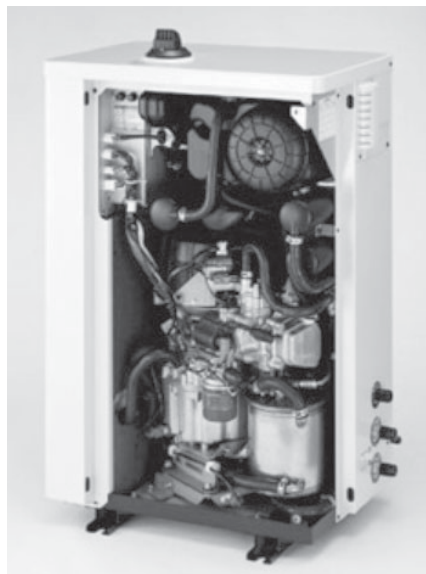


Рис. 5. MicroCHP от Honda со снятой стенкой

<http://www.membrana.ru>



ОБРАЗОВАНИЕ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЦЕНТРЫ В ОБЛАСТИ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH CENTRES IN RENEWABLE ENERGY



Department
Job Title
Location

School of the Built Environment, FireSERT
Early Stage Training Fellowship
Jordanstown

The Hydrogen Safety Group at the University of Ulster led by Prof Vladimir Molkov has been awarded 4 EU Marie Curie Early Stage Training Fellowships to be undertaken under the European Commission grant HySAFEST "EST in Fundamentals of Hydrogen Safety" (contract No. MEST-CT-2005-020245, 2006-2010, EC contribution is 709,573.73 Euro). Funding is for 4 Fellowships of 3 years duration each. Three have been employed since this grant in September 2006. Funding for a fourth fellow due to start 1/9/07. End date of the entire project is 30/8/2010. Under the rules of the scheme the young researchers must be in their first 4 years of research activity (full-time equivalent). They should have a degree or Masters in a relevant discipline. Researchers with a doctoral degree are not eligible. Fellows cannot be a UK national, nor can they have resided in the UK for more than 12 months in the 3 years immediately prior to their appointment. In addition to living allowance, a researcher will receive a monthly mobility allowance.

The aim of this HySAFEST project is to offer a unique opportunity for researchers in the early stages of their professional careers to work in an internationally recognised multi- and interdisciplinary research team of scientists and engineers within the School of the Built Environment of the University of Ulster (UU) pursuing wide national and international research collaboration strategy. Hydrogen Safety Programme at UU totals J1.1M. UU participates in 4 of 10 EC FP6 projects in area of hydrogen safety. HySAFER group is carrying out an extensive joint programme of activities as a partner in the European Network of Excellence HySafe ("Safety of Hydrogen as an Energy Carrier", <http://www.hysafe.org/>) an FP6 STREP HYPER ("Installation permitting guidance for hydrogen and fuel cells stationary applications". <http://www.hyperproject.eu/>). The purpose of HySAFEST is to complement and enhance UU activities in the NoE HySafe and related projects. HySAFEST offers structured scientific and technological training, including the use of contemporary techniques such as large eddy simulation, as well as providing a wide range of complementary skills. The researchers will have access to one of Europe's most advanced research facilities, funded by the UK government in 2001 (8.1M Euro). The principal output from the propose project will be the creation of new European cadres of researchers. The project will add a further dimension and contribute to the main objective, formulated by the HySafe consortium, i. e. to strengthen, integrate and focus fragmented research efforts to provide a basis for the removal of safety-related barriers to the implementation of hydrogen within the market.

Job Description:

The Researcher will undertake doctoral studies in the emerging field of hydrogen safety, build long-term collaboration and make a contribution to overcoming fragmentation of European research in the field. He/she will be trained to handle such diverse outstanding problems in hydrogen safety as the formation and combustion of non-uniform clouds after accidental releases of gaseous or liquefied hydrogen in confined geometries and open atmosphere, hydrogen ignition, conjugate heat transfer from jet fires to construction elements, mitigation of explosions, risk assessment of hydrogen applications, etc. They will contribute to closing the knowledge gaps in hydrogen safety, an important field for efficient introduction and commercialisation of hydrogen as an energy carrier.

Main Responsibilities:

- Undertake a doctoral study in multidisciplinary area of hydrogen safety on a topic agreed with supervisor(s).
- Establish an individually tailored Personal Career Development Plan comprising training needs and scientific objectives, and report upon the success with which these objectives have been met, particularly to the Training Advisory Board. Submit written reports and make progress presentation to the Training Advisory Board every three months.
- Use advanced tools, particularly computational fluid dynamics, for modelling and numerical simulations of physical-chemical phenomena related to hydrogen safety.
- Carry out verification and validation of models and tools against experimental data.
- Contribute to research activities of the European Network of Excellence HySafe as a member of UU hydrogen safety team, in particular to academia/industry cooperation and other hydrogen safety related projects
- Participate in training courses, summer schools, present results of research at conferences and meetings, including those organised under umbrella of the NoE HySafe.
- Foster knowledge and technology transfer.
- Work in a strong collaboration with national and international partners
- Submit and publish research results in relevant peer reviewed journals and proceedings of international conferences.
- Contribute to teaching, including course on in Hydrogen Safety Engineering at UU when relevant.
- Taking on other duties as may reasonably be requested.

ADDRESS: University of Ulster, FireSERT Institute (Block 27), Newtownabbey, BT37 0QB, Northern Ireland, UK
www.engj.ulst.ac.uk/tacg/projects.php?mfm=detail&id=6

Prof. Vladimir Molkov
T: +44(0)2890368731
F: +44(0)2890368726
E: v.molkov@ulster.ac.uk

Dr. Dmitriy Makarov
T: +44(0)2890368750
F: +44(0)2890368726
E: dv.makarov@ulster.ac.uk

Dr. Arief Dahoe
T: +44(0)2890368763
F: +44(0)2890368726
E: ae.dahoe@ulster.ac.uk

Dr. Sile Brennan
T: +44(0)2890368751
F: +44(0)2890368726
E: sl.brennan@ulster.ac.uk

СОСТОЯЛАСЬ ПЯТАЯ ЦЕРЕМОНИЯ НАГРАЖДЕНИЯ ЛАУРЕАТОВ ПРЕМИИ «ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ»



Пятая торжественная церемония награждения лауреатов Международной энергетической премии «Глобальная энергия» состоялась 9 июня 2007 в рамках XI Петербургского Международного Экономического форума. И сразу стала одним из самых ярких событий Форума.

«Вот уже в пятый раз мы проводим церемонию вручения международной премии «Глобальная энергия». И за эти годы она стала не просто традиционной, но и приобрела весомое звучание», — этими словами Президент России Владимир Путин приветствовал лауреатов премии и гостей церемонии.

В этом году почетных наград удостоены:

доктор Торстейнн Инги Сигфуссон, Исландия (лауреат Премии за проект «Исследования и работы по внедрению водородной энергетики Исландии»);

доктор Джеффри Хьюитт, Великобритания (лауреат Премии за проект «Физико-технические основы теплоэнергетических технологий — гидродинамика, теплообмен, нестационарные и волновые процессы в многофазных средах»);

академик Владимир Накоряков, Россия (лауреат Премии за проект «Физико-технические основы теплоэнергетических технологий — гидродинамика, теплообмен, нестационарные и волновые процессы в многофазных средах»).

Председатель Международного комитета по присуждению премии, академик РАН, научный руководитель ОКБ им. И. И. Африкантова Федор Митенков в своей речи отметил, что исследование российских и английских ученых — *«глубокая фундаментальная работа, имеющая практическое применение практически во всех сферах энергетики»*. А работа ученого из Исландии доктора Сигфуссона *«интересна не только своей комплексностью, но и, что бывает нечасто, менеджерской бизнес-составляющей: ведь автору удалось реализовать на территории целого государства то, что казалось невозможным вообще»*!

Владимир Путин поздравил каждого из лауреатов и лично вручил им золотые медали.

Поздравления лауреатам направили руководители Великобритании и Исландии: Чрезвычайный и Полномочный Посол Великобритании Энтони Расселл Брентон зачитал приветствие Премьер-министра своей страны Тони Блэра. Чрезвычайный и Полномочный Посол Исландии в России Бенедикт Асгейрссон поздравил своего соотечественника доктора Сигфуссона от имени Президента Исландии Олавура Рагнара Гримссона.

На сцене также находились руководители компаний-учредителей: Анатолий Чубайс — Председатель Правления ОАО РАО «ЕЭС России» и Владимир Богданов — Генеральный директор ОАО «Сургутнефтегаз». К сожалению, в этом году по состоянию здоровья на церемонии не смог присутствовать Председатель Правления ОАО «Газпром» Алексей Миллер.

Торстейнн Инги Сигфуссон



Президент Icelandic New Energy Ltd. и Председатель of Genery-Varmaraf Ltd., термоэлектрическая компания

Родился 4 июня 1954 года.

1973 г. — Физика и Математика. Университет Копенгагена.

1978 г. — Лаборатория Cavendish. Университет Кембриджа.

1983 г. — Диссертация «Электронная структура и магнитные возбуждения в Ni_3Al ».

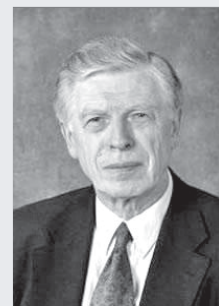
1985 г. — профессор по экспериментальной физике; 1986 г. — профессор по физике твердого тела; 1988 г. — выдвинут вместе с Джоном Халфдарссоном на Скандинавскую премию по технологиям.

1991 г. — Правление Скандинавского Фонда Промышленности; 1994 г. — председатель Исландского Правления Совета исследования промышленности и технологии. Председатель Университета, директор Технического научно-исследовательского института

1997 г. — назначен Правительством председателем Исландского совета исследования «Rannis» до 2000 г.

С 2000 г. — Президент Icelandic New Energy Ltd. и Председатель Genery-Varmaraf Ltd., термоэлектрическая компания.

Джеффри Хьюитт



Член Королевского общества Великобритании, Европейской академии наук и искусств и ряда других международных организаций

Родился в 1934 году г. Уорингтон, Англия.

В 1957 году закончил Манчестерский университет.

С 1957 по 1990 г. работал в Харуэльской лаборатории, руководил отделом теплообмена и гидродинамики. Автор известной монографии «Введение в ядерную энергетику».

С 1990 г. профессор Королевского колледжа в Лондоне, вел преподавательскую и исследовательскую работу в области гидродинамики и теплообмена в двухфазных потоках, с 1999 года — почетный профессор.

Член Королевского общества Великобритании, Европейской академии наук и искусств и ряда других международных организаций.

Был президентом Общества по теплообмену Великобритании.

Владимир Накоряков



Советник РАН.

Родился 26 июля 1935 года.

В 1958 году окончил Томский политехнический университет. С этого же года работает в Сибирском отделении Российской академии наук.

С 1965 года по настоящее время в Институте теплофизики СО РАН (м. н. с., зав. лабораторией, зам. директора, директор Института). Занимается исследованием процессов гидродинамики и тепломассопереноса в области энергетических технологий.

С 1985 по 1990 г. заместитель председателя Сибирского отделения Российской академии наук. Организует работы по практическому использованию результатов научных исследований в современных энергетических технологиях.

В настоящее время академик Владимир Накоряков является советником РАН.

Автор более 400 научных статей и более 30 патентов в области теоретических основ современного энергомашиностроения.

Исполнительный директор Премии Игорь Лобовский сказал: *«Пятая церемония вручения премии явилась самой интересной и красочной. Профессиональный, компетентный и креативный подход партнеров сделал свое дело: стильно украшенные зал и сцена, презентационные ролики о лауреатах как бы сжали время церемонии и позволили гостям лучше понять суть исследований победителей. Однако более важно, что лауреаты 2007 г. — замечательные ученые, сделавшие много для развития энергетики на Земле».*

Церемония награждения лауреатов Международной энергетической премии «Глобальная энергия» подвела итог “Неделе «Энергия будущего»” — череде специальных мероприятий в честь лауреатов Премии.

ПРИВЕТСТВИЕ ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ

«Эта награда присуждается за выдающиеся научные достижения в области энергетики. И особо подчеркну — аналогов такой премии в мире до сих пор не было.

Международная премия «Глобальная энергия» задумывалась и создавалась как награда нового тысячелетия. Считаю глубоко символичным и естественным делом, что она учреждена по инициативе России и в России — одного из признанных лидеров мирового энергетического рынка. Страны, у которой накоплен огромный опыт международного сотрудничества в этой сфере...

Мы живем в эпоху, когда задачи, стоящие перед человечеством, носят всеобщий, глобальный характер. И эффективно решить их можно, только объединив интеллектуальный и технологический потенциалы всего международного сообщества.

Одна из острейших проблем современности — это энергообеспечение мировой экономики и населения нашей планеты. И здесь надо искать более эффективные способы использования энергоресурсов. Эффективные, в том числе — и с экологической точки зрения.

Важная задача — это поиск альтернативных источников энергии. Они играют огромную роль для завтрашнего дня всей нашей цивилизации. Кроме того, глобальный энергетический диалог способен содействовать динамичному экономическому росту, решению острых социальных проблем. И ключевая роль в развитии этого диалога, конечно же, принадлежит людям науки.

Именно на поддержку и стимулирование исследований, имеющих жизненно важное значение для всего человечества, и ориентирована Международная энергетическая премия...

Убежден, что премия «Глобальная энергия» всегда будет на высоком уровне держать свой престиж и авторитет. А ее лауреаты — будут способствовать развитию международного энергетического диалога, будут укреплять сотрудничество ученых во имя прогресса и мирового экономического развития».

Из выступления Президента России В. В. Путина на церемонии вручения премии «Глобальная энергия»



Проф. Т. Зигфуссон разработал и обосновал концепцию построения Водородной экономики в отдельно взятой стране. Решил комплекс организационных и научно-технических проблем по переводу авто- и рыбного флота Исландии на водородное топливо, производимое из воды с помощью чистых энергоисточников.

Руководил созданием кольцевой водородной трассы общественного транспорта в Исландии. Доказал требуемую водородную безопасность и провел оптимизацию системы.

Некоторые научные работы:

- После экспериментов с Nascap открыл новую область в исследовании металлов, связанную с информационным содержанием поверхности расплава металлов.

- С помощью добавки углерода в Fe-Si-C получены химическим путем высокотемпературные стойкие керамические материалы с очень высоким сопротивлением высокой температуре (1600–1700 °C).

- На основе анализа энтропии для dHvA колебаний в сплавах создал технологию анализа для других дисциплин, в частности применяемую теперь для анализа озона Исландским Метеобюро.

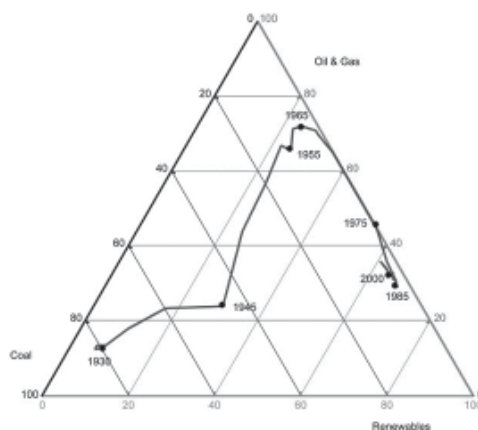
- Используя вакансии в SnO полупроводнике и их обмен на атомы газа и влияние замещения на электропроводимость применил кристалл как газовый датчик («электронный нос»), на основе которого Iceland Element Ltd производит датчики — мировые лидеры в обнаружении аммиака и водородных соединений.

С 1991 в кооперации с гамбургским Водородным Обществом ведет проект перевода на водород транспорта в Исландии. Предложен геотермический пар, как энергоисточник для водородного сжижения в Исландии. Выполнены работы по созданию Исландского рыбацкого флота, работающего на водороде.

Sigfusson разработал концепцию строительства и меры по обеспечению безопасности созданной в Исландии системы заправки автотранспорта водородным топливом и привлек финансирование и партнеров, в первую очередь, Shell.

Исландская New Energy наметила программу на пятьдесят лет развития по замене углеводородного топлива на транспорте и рыбацких сейнерах и плавбазах. Компания оценивает, что приблизительно 4,3 TWh энергии будут необходимы, чтобы провести такое изменение, используя 81000 т водорода.

Уже в первые годы тысячелетия, в развитии технологии Водородной экономики выполнена успешная демонстрация перевода общественного автобусного парка на водород. К концу текущего десятилетия на водород переводятся также и легковой автотранспорт и уже строящиеся суда нового водородного рыбацкого флота.



В результате проводимых успешно работ Исландия первой прекратит выбросы CO₂ и откажется от закупки нефти и природного газа, превратившись в Эколандию — страну Водородной экономики.

Проф.Зигфуссон: *Поскольку эксперимент Исландии успешен, другие нации будут примерять его к себе. Но ключ к копированию — с помощью экологически чистой энергии произвести водородное топливо. При использовании ископаемых топлив не экономят ни деньги, ни эмиссию парникового газа.*

Водородная экономика не будет возможна пока не запрыгут нужным образом солнце или ядерную энергию. Ведь водород — не первичный источник, это — энергоноситель.



Science Institute,
University of Iceland
Dunhaga 3
IS-107 Reykjavik
Tel.: (+354) 525 4690
Tel.: (+354) 553 0900 (priv.)
Mobile: (+354) 896 5692
Fax: (+354) 552 8911
Home: Laugarasvegur 28, 104
Reykjavik
E-mail: this@raunvis.hi.is

Thorsteinn I. Sigfusson

Professor of Physics, University of Iceland

- 1954 Born June 4th at Godasteinn, Vestmannaeyjar.
1973 Studentsprof" Physics Line Menntaskolinn vid Hamrahlid College of Further Education Reykjavik.
1973 Physics and Mathematics towards cand. scient. University of Copenhagen.
1978 Offered by Prof. Sir Brian Pippard (Cavendish Professor) and Prof D. Shoenberg to come The Cavendish Lab. University of Cambridge for Ph. D. work in low temperature magnetism in metals.
1981 Offered the Clerk-Maxwell prize-scholarship for temperature modulation technique development.
1983 Ph. D. Thesis "Electronic Structure and Magnetic Excitations in Ni_3Al ". Supervised by G. G. Lonzarich.
Elected Research Fellow Darwin Collega Cambridge.
1985 Deemed qualified for the position of a professor in experimental physics by an international evaluation committee.
1986 Deemed qualified for a position of a professor in solid state physics by an international evaluation committee.
1987 A new position of a research scientist at the Science Institute.
1988 Nominated together with Jon Halfdanarson for the Nordic technology prize.
1989 Icelandic Alloys Chair (Donated to the University by the Corporation) as a Research Professor at the University of Iceland. Formally offered.
1990 Editorial Board Physica Scripta until 1994
Chairman of University of Iceland Public Relations Committee (Kynningarnefnd) until 1991
1991 Chairman of the Governing Board of the Science Institute until 1995
Board of Nordic Industry Foundation Nordlist Committee
1992 Board member of the Human Capital and Mobility EU and BRITE Euram Comm. Brussels.
1993 Chairman University Library until 1994
1993 Fulbright Commission member of the Board. Member of Strategy group Nordtest on materials.
1994 Vice chairman of the new National Library, Landsbókasafn-Háskólabókasafn.
Chairman of the Icelandic Research Council Board of Industry and Technology.
Chairman of the University of Iceland/Vestmannaeyjar Cooperation Committee.
Board of Hugvisir, Young scientists contest in cooperation with TMR Brussels.
1995 Chairman of Fulbright.
Director of the Engineering Research Institute
Promotion to Professor II. Chairman of RITTS project on Regional Innovation in Iceland.
1996 Chairman of International Physics Olympiad in Iceland 1998 Management Committee.
1997 Vice Board Member of Innovation Fund, Nýsköpunarsjóður atvinnulífsins.
1997 Government appointed Chairman of the Icelandic Research Council "Rannis" until 2000 .
1998 Chairman of Alur alvinnsla Ltd., an aluminium recycling company.
2000 Chairman of Icelandic New Energy Ltd., and Chairman of Genery-Varmaraf Ltd., a thermoelectric company.

RESEARCH WORKS

I. Fe-Si system

I.a. Phase transformations

Fundamental research into the Fe-Si system has been focused on the rate of the transformation between the alpha and the beta phase in $FeSi_2$. The alpha phase is metallic with tetragonal structure. It has Si atoms on iron sites with a very high density of vacancies. The beta phase is orthorhombic and semiconducting.

Very early in my research it was clear that Mossbauer spectroscopy could be very useful for this research. The first measurements were made in cooperation with Prof. Helgason. Carefully prepared samples made with Bridgeman solidification in an Rf furnace were used to obtain standard spectra. The overall results of the study were a time-temperature-transformation diagram for the eutectoid decomposition. On the basis of this work we obtained a relationship between thermal history and properties of $FeSi_2$. It was obvious from these studies that the commercially produced ferrosilicon at the Icelandic Alloys plant is composed of a supercooled alpha phase. Long waiting time of the product in high temperature environment speeds up the decomposition and can result in segregation and fine particle formation which is very much undesirable for the buyers of $FeSi$ from Iceland. On basis of these facts I have emphasized the importance of fast cooling. If the phase dynamics and grain size aspects are combined (longer cooling time leads to larger

grains and relatively weaker binding of grains) the need for fast cooling is of ultimate importance.

As a result of the studies Icelandic Alloys changed its cooling system for the carousel used in the plant and introduced "atomized" water spraying system. The result has been an improved production both in speed and quality. The resulting product was called STRONG-SIL and had much better quality. The project was nominated to represent Iceland for the Nordic Technology Prize 1988. The most recent papers show the combined application of Moessbauer and Eshelby tensorial analysis to stresses and strain in the ferrosilicon matrix.

I.b. Fe-Si-C system.

By mixing carbon into ferrosilicon it is possible to obtain a chemical reaction and the formation of silicon carbide. Mr Leif Steindal at Icelandic Allys had discovered that it was possible to produce high-temperature resistant ceramic materials for insulating crucibles, ladles and linings by using such mixtures. But the nature of the system remained not fully understood. The mixture led to very high resistance to high temperature (1600–1700 °C) but at the same time remaining loosely bonded to the inner wall of the crucible og ladle. After use several times the ladle was filled with metal slag and the insulating layer could be removed rather easily because of the weak bonding.

A project was initiated to understand the above process which is now fully understood. To this end we made use of for example Scanning Electron Microscopy (I led

the purchase of a SEM machine and the establishment of a SEM centre owned by University, Technological Institute and Building Res. Inst.). Furthermore, we used powder X-ray techniques and optical microscopy. The final explanation of silicon carbide formation upon baking was found by incorporating our knowledge of Mössbauer effect of the different phases. The carbon reacts with the free silicon in the off-stoichiometric FeSi (75 %). In some cases the carbon seems to react with the eutectoid phases to leave the ferrosilicon phase in its epsilon phase.

The research led to a definition of an optimum mixture. Coming back to the strong heat resistance and weak bonding it could be said that the optimum mixture had the Shakespearean character of its strength being a result of its weakness!

Fe-Si-C insulation materials are now marketed by an affiliated Icelandic Alloys company called Bresi Ltd. and is marketed as Steindalite.

I.c. Layercasting of ferrosilicon.

Combining all the information gathered in the above mentioned studies it was possible to model the cooling of the metal in a layered form. A large bed of ferrosilicon was cooled with a strong forced convective air blowing vertically onto the 50 square meter bed.

Furthermore, this method could save the cost of wearing out carousel wagons, as the layer casting method uses the next layer below as a bed. By this method and model it was possible to optimize the cooling process as regards area of bed and optimization of materials. The layercasting bed is currently used a reserve facility for cases where the water cooled carousel is being repaired.

References to publication list: 47, 74, 78, 84.

I.d. Ferrosilicon furnace and plasma technology.

I was one of the supervisors of Mr Helgi Thor Ingason's MSc project on furnace operation. This was the first MSc in the Engineering Dept. of University of Iceland. Later, Ingason finished a PhD thesis at Trondheim on the use of hollow electrodes in the production of FeSi, based on experimental work close to my group and at Icelandic Alloys. Closely linked to this work is a project performed at Icelandic Alloys concerning the measurement of electrical current-voltage phase characteristics in the three electrodes of the furnace. Knowledge of the phase relationship is an important parameter in furnace control.

It should also be mentioned that plasma process research has become a field of interest in my group. We have for example studied the use of plasma technology in aluminium dross recovery which is produced in thousands of tonnes annually at Icelandic Aluminium ISAL.

The minister of environment asked me to investigate the possibilities of plasma technology in destroying hazardous waste. A report by myself and Mr. Ingason was delivered to the minister in 1994. At the time of this writing a prefeasibility study has been completed regarding the possibility of such a venture in Iceland and it is expected that a 1 MW plasma furnace will be set up in Iceland to take care of dross, beverages and scrap aluminium.

II. Aluminium.

II.a. Oxidation of the surface of molten Al and the NASCAN system

In 1992 I showed that sodium is the main catalyst for oxidation in an aluminium melt. Sodium is a damaging impurity element in Al and has to be purified out by gassing with for example Chlorine. The sodium content can be traced back to the cryolite electrolysis bath. Presently the sodium content is measured and controlled by classical spectral analysis in a laboratory. This is rather cumbersome and requires too much time.

In 1994 I won a prize in an innovation contest by the Technological Institute and the Ministry of Industry which led to the financing of a new concept for sodium measurement called Nascan. It is based on the use of reflectivity and black-body measurements above the aluminium sur-

face. The oxide layer and its growth rate will be directly linked to Na content and analysis of changes in the reflected as well as black-body radiation is the core of the Nascan idea currently being patented. The basic idea of the technology was first introduced at the opening speech of the Light Metals conference in San Francisco in 1994.

Following my experience with Nascan I am currently opening up a new field in metals research which deals with the information content of a molten metals surface. It will be dealt with more thoroughly in the chapter on proposed research.

II.b. TiB₂ grain refiners and their agglomeration in aluminium.

In 1993 the director of research at Alusuisse, Dr. Frank Boeuf, visited my laboratory. In the wake of the visit he urged us to establish a cooperation between the University of Nottingham in UK and University of Iceland. At Nottingham there is considerable interest in Aluminium. Also involved were the London Scandinavian Metals Ltd. research team; they are world leading producers of grain refiners used to refine grains in the casting of aluminium.

ISAL had for some time had great troubles with a quality problem in their aluminium. Foils made from their metal had had the tendency to be damaged in rolling by TiB₂ particles probably originating from the grain refiner. The problem is a well known one in the world. The physics and chemistry of the agglomeration was not well understood. A Ph. D. project was initiated and applied for by an Icelandic student of materials science from University of Colorado. The project was supervised by myself and Dr. Graham McCartney from Nottingham with myself adjunctly linked to Nottingham.

A model for agglomeration has been developed. By a new approach to sample preparation where we use water free polishing it has been possible to identify the bonding agent as being remains of salts in the grain refiner. An interplay of wetting and salt remains is the subtle cause of agglomeration. The industry is currently moving away from TiB₂ to Titanium carbides which are believed not to suffer from salt remains. Gudmundsson has finished his Ph. D. 1996 and has been offered a position in the Alusuisse headquarters in Switzerland with close links to Iceland. At the time of this writing we have initiated a second Ph. D. project where an Icelandic student, Mr. Einar Asbjornsson examines the problem of grain refiner dispersion in the aluminium bath. the project is supervised by myself and McCartney from Nottingham and is sponsored by Alusuisse and LSM.

II.c. Chlorine-Aluminium interfaces

Because of the new knowledge concerning the influence of salt remains on grain refiners I have been interested in studying in more detail how the chlorination of molten aluminium takes place. An MSc project was completed by Mrs. S'varsdóttir 1996. In this work we have been able to grow NaCl crystals on the inside of a chlorine bubble embedded in molten aluminium saturated with TiB₂ and sodium. The key to this was a rather ingenious new method developed in my laboratory. The focus of the work has been the role of chlorine as a bonding agent in agglomeration. the work has revealed that chlorine can lead to agglomeration.

II.d. Licence to operate an aluminium smelter

When the Ministry of Environment started a negotiation with the Atlantia group of companies for a new aluminium smelter in Iceland I was asked to deal with metals physics and my work became a substantial part of the licence paper. The licence was granted in 1991.

II.e. Aluminium continuing education class

University of Iceland Institute for Continuing Education hosted a course on aluminium and its technology in 1991. It covered about 40 hours and about 400 pages of lecture notes were handed out.

IIf. Aluminium surface treatment

III. Magnesium

In 1993 Icelandic Alloys asked me to investigate the production of magnesium in Iceland using a new method that could be financially viable in Iceland. The main idea was to obtain MgO from seawater by using CaO sand and subsequently smelt with ferrosilicon.

This method had not previously been examined. Our report showed the technical feasibility but we did not undertake the economical feasibility. The Icelandic Alloys management is discussing this now with Northwest Alloys of US.

IV. Manganese

In 1991 large amounts of manganese crust were discovered in submarine benthic layers off Reykjanes Iceland. I participated in a project supervised by the official Benthic Commission. We were able to produce a bench top amount of high quality manganese. As regards feasibility, the cost of mining at submarine levels still outweigh the benefits.

V. Ni₃Al

This peculiar nickel aluminium alloy was the first weak itinerant electron ferromagnet where the Fermi surface was mapped (Sigfusson).

Its studies are difficult because of weak signal and the so-called magnetic breakdown of the Landau orbits in the de Haas van Alphen studies. I had, for a number of years, been dreaming about a more thorough investigation of the dHvA signals using more sophisticated spectral analysis techniques.

I chose to use the method of maximum entropy spectral analysis with a colleague here at the University Prof Johnsen and a student Mr. Emilsson. A powerful tool was developed and introduced at conferences abroad (for Ni₃Al and ZrZn₂) and in a very well received Phys. Rev. Lett. paper.

RESEARCH IN TECHNICAL PHYSICS

I. Ozone

Having used the maximum entropy analysis for dHvA oscillations in alloys I was interested in using the technique for other disciplines, for example the well known ozone data from the Icelandic Weather Bureau which had been collected from 1957 but never properly analysed.

Guðmundur G. Bjarnason a physicist from Boulder Colorado had just come back from his studies and is the main specialist in Iceland in this field. I visited the National Centre for Atmospheric Research in Colorado and made it possible for an Icelandic student to go there for a few weeks visit. The ozone data have now been analysed in detail and have led to a formation of a research laboratory in Iceland called Halo presently in the Technological Centre Tæknigardur. The research continues independently and is one of the most nascent new areas of research in Iceland.

II. Hydrogen

Professor Bragi Arnason asked me 1991 to assist him with some communications with the Hamburg Hydrogen Society, a Society for the promotion of hydrogen as a clean energy carrier. They wanted to study production in Iceland. Our innovation in the wake of this contact was the suggestion of a geothermal steam assisted hydrogen liquefaction in Iceland, and a new concept of the Icelandic fishing fleet operating on hydrogen.

III. Tin oxide sensors

Tin oxide is an interesting semiconductor which responds to gasses surrounding it. Vacancies in the tin oxide lattice can exchange gas atoms with the surrounding gas. Using the influence of this on electrical conductivity it is possible to use the crystal as a gas sensor.

I initiated a Nato workshop here with Prof. J. Gardner in Iceland in 1991 concerning the use of such sensors as an "electronic nose". At that point Dr. Olafsson of our institute and some specialists at the Fisheries Research Institute (E. Martinsdottir and G. Olafsdottir) started measurements using tin oxide sensors for observing the deterio-

ration of fish tissue. At the time of this writing a detector for capelin quality measurement exists in prototype.

Using tin oxide as a sensor I experimented in my spare time with ammonia detection. My idea was to make a sensor system to monitor leaks from refrigerants. Now a new company in northern Iceland Element Ltd. produces such sensors which are marketed on the world market by Sabroe of Denmark. The Element system is a world leader in ammonia detection.

My new idea for CFC detection by optical methods was investigated with Prof. A. Kvaran.

IV. Apatite-ceramic substance in bones

In this project I tried to isolate natural apatite crystals from fish bones. Artificial apatite is used in bone repair but is believed to suffer from too little fluoride content compared to the natural apatite. We were able to isolate apatite and we are currently negotiating with a Japanese producer of artificial apatite for cooperation.

V. Icelandic eiderdown and its materials aspects

The arctic eiderdown is a unique natural material. Total production is about 4000 kg a year and thereof about 3000 kg are collected in Iceland. To properly rinse the down it is important to examine its materials aspects.

Following a call from producers, my laboratory investigated its properties, such as temperature and mechanical as well as enzyme resistance.

SEM work was published at the request of Encyclopaedia Catalonia 1995.

VI. Sea immersion detection sensor

Sigfusson elaborated on the construction and safety measures of the hydrogen fuel plant and its financing and partners, such as Shell Oil.

Background and motivations

Iceland with its 290,000 inhabitants is a large producer and user of electricity and perhaps among the largest per capita on the planet. The Electric potential of Iceland has been estimated to be about 55 TWh of which only 8 TWh have been harnessed so far. The primary sources are hydroelectric and geothermal energy.

On the other hand, as a result of the cool climate and the limited vegetation, the country is naturally deprived of fossil energy sources apart from some peat and limited birchwood which served as an important energy source for hundreds of years since the age of settlement. In this way the transport, fishing and general energy sectors are powered by imported fossil fuels.

In 2003 the anthropogenic emission of CO₂ from Iceland was around 3 million metric tonnes or about 11 tonnes per capita per year. This was caused by three roughly equal factors: transportation, fishing fleet and general industry. It should be noted that the use of electricity from renewable sources for aluminium smelting and ferrosilicon production in Iceland still creates considerable carbon dioxide emissions from the carbon electrodes during the process – but saves appreciable amounts of emissions compared with carbon based metal smelting utilized elsewhere in Europe.

Nevertheless, the carbon dioxide emissions from Iceland had already towards the end of the last century created what has been called a Kyoto dilemma in the energy policy of Iceland. Most of the conversion from carbon sources to a geothermal primary source for space heating in Iceland was finished before the Kyoto reference year of 1990. This situation has caused an active debate in Iceland. Along with the heavy imports of fossil fuels these two factors have been major causes of a movement to produce artificial fuels by the use of domestic renewable energy sources, the main theme of this paper.

In 1997 the Ministry of Energy appointed a committee to investigate the possibility of domestic fuel production. The committee was led by Mr. Hjalmar Arnason MP. The committee recommended that efforts

should be directed towards hydrogen and hydrogen rich artificial fuels, eyeing the resulting savings on imported oil and greater energy independence.

Hydrogen production in Iceland has already been practised for over half a century through the production of fertilizers based on hydroelectric electrolysis of water. Hydrogen research at the University of Iceland goes back over three decades to the work of the pioneers Bragi Arnason, Thorsteinn Sigfusson et al. In 1998 the government of Iceland headed by Prime Minister Oddsson declared its aim for a hydrogen economy in Iceland.

In 1998 a corporation, Icelandic New Energy Ltd. was formed with 51 % of the shares owned by a consortium of the main Icelandic corporations in the energy sector as well as two major institutions, and the Government of Iceland. Three international corporations joined as founding members: Daimler-Chrysler, Norsk Hydro and Shell, rounding up the remaining 49 % of the share capital.

The aim of the company was clear: a joint venture to investigate the potential of eventually replacing fossil fuels usage in Iceland with hydrogen based fuels and ultimately create the world's first "hydrogen economy". The Icelandic group devised a roadmap to reach the hydrogen economy, outlining the guiding goal of the nascent Icelandic New Energy. The strategy was to begin with the introduction of a hydrogen-powered bus test-fleet. The next phase was to promote the integration of fuel cell powered vehicles for passenger use. The final phase consisted of examining the possibility of replacing the fishing fleet with hydrogen based vessels.

Icelandic New Energy anticipates approximately fifty years of development towards the goal of replacing fossil fuels in the transport and fishing sectors. The company estimates that about 4.3 TWh of energy will be needed to complete the change, using 81,000 tonnes of hydrogen. In the first decade of the millennium, demonstrations of the developing hydrogen technology will be performed. In the following decade fleets of hydrogen driven transport and fishing systems will be introduced. At its steepest part, the development will involve the deployment of mass produced vehicles and engines for applications on land and sea. The completed scenario is expected to be reached around 2050. Considering the fact that Iceland has seen two major infrastructure changes in the twentieth century with hydroelectric and geothermal energy, it is not unexpected to assume fifty years as reasonable for the total duration for the hydrogen economy transition.

Projects

Icelandic New Energy under the general management of Mr. Jon Björn Skulason MSc, began preparation for a demonstration project which sought financial support from the Fifth Framework Programme of the European Union. The project was called ECTOS, Ecological City Transport System. Its main objective was to construct a hydrogen fuelling station completely integrated into an urban setting and feed three hydrogen fuel cell busses in the mass transport fleet of Reykjavik for a test period of two years. The project was divided into a first phase covering the first two years involving preparation, establishing infrastructure, a maintenance facility, economic/social research, etc. This was to be followed by the second two years involving the actual demonstration of three H₂ buses and commercial infrastructure. The second phase started in 2003. The total cost of ECTOS is expected to be 7 Meuro.

The ECTOS project has as an additional important ingredient, the analysis of carriers and hurdles for a hydrogen economy in Iceland. The University of Iceland and Ms. Maria Maack are responsible for socioeconomic analysis and a number of polls intended to watch the development of the public acceptance of the new concept. In 2001, shortly after the formation of Icelandic

New Energy (INE) a poll was conducted of group of 1200 people who were surveyed of their knowledge about the newly established company. 23 % of the people said they had heard of INE. When asked their attitude towards hydrogen as an energy carrier, 93 % said they held a positive stance. This figure was unexpectedly high and points towards an unusually positive public opinion which may prove difficult to keep at such a high level. Well to wheel based and LCA, analysis of life cycles, is an important part of ECTOS. This part of the project is done in close cooperation with the University of Stuttgart.

In cooperation with Hamburg Elektrizitäts Werke Iceland is involved in an ongoing project in the area of hydrogen transport to mainland Europe (ex. Hamburg). Three different scenarios are studied: 2000 tonnes annually, 20.000 tonnes and 200.000 tonnes. The project, called Euro-Hyport is supported by the EU and was reported in detail in 2003.

Creating a new infrastructure is of course a immense task for the hydrogen economy. One has to bear in mind that the present oil/gasoline infrastructure has been built over almost a century. It is expected that the infrastructure of hydrogen will have to be based on new concepts as hydrogen fuelling does not require the density of fuelling depots as in the present Reykjavik gasoline infrastructure. The current infrastructure study involves a comparison of distributed electrolyser stations with centralized hydrogen production facilities connected to outlets by pipeline or truck transport. It is hoped that some guiding principles will be founded during the ECTOS project and related projects in Iceland.

The most recent international project in Iceland is "New - H - Ship" an EU project about hydrogen in marine applications and is just about to kick-off at the time of this writing towards the end of January 2004.

As in all EU projects, Icelandic New Energy has very carefully anticipated the role of dissemination. Dissemination takes place at many levels ranging from newspaper articles to public seminars, summer schools and the publication of web materials intended for education.

In the summer of 2003 the University of Iceland held a one week long instructional conference (summer school) on hydrogen technology and infrastructure, attended by some 50 graduate students from 14 countries. The bulk of the conference was supported by NorFA, Nordisk Forskarakademi, a Nordic organization on Graduate training. The conference enjoyed internationally regarded professors from Europe and USA and a number of selected graduate students with differing goals and backgrounds within the area of hydrogen.

The Nordic Council of Ministers and its programme, Nordic Energy Research, has supported graduate projects in the area of hydrogen, especially in storage. In these projects, students from the Nordic countries receive assistance for travelling and studies between universities, research institutions and corporations in the Nordic countries.

Also within the Nordic Energy Research there is an interesting project called "Nordic Technology Foresight" which looks closely into the evolving hydrogen society in the Nordic countries through the critical and innovative eye of the "foresight methodology".

Thorsteinn Sigfusson hopes that once Iceland's experiment is successful, other nations will follow suit. But the key to replicating Iceland's clean energy model, he says, is to produce hydrogen fuel using renewable energy. After all, using fossil fuels in the process saves neither money nor greenhouse gas emissions.

Sigfusson: Hydrogen economy will not be possible until, I think either the sun is harnessed, or nuclear energy is harnessed in a way that, in an acceptable manner. So that hydrogen is not a primary source, it's just a carrier.

О «ЗЕЛЕННОЙ ХИМИИ», НАНОТЕХНОЛОГИЯХ, ОБРАЗОВАНИИ И ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ



Интервью декана химического факультета МГУ, академика В. В. Лунина Международному научному журналу «Альтернативная энергетика и экология» и Интернет-порталу «Нанометр» о «зеленой химии», инновационном образовании и олимпиадах, нанотехнологиях и водородной энергетике.

— Валерий Васильевич, в последнее время все больше внимания уделяется экологии и альтернативным источникам энергии. Мы знаем, что химический факультет МГУ занимается инновационными образовательными программами в этой области и успешно развивает исследовательское направление под названием «зеленая химия». Не могли бы Вы пояснить, что под этим понимается, рассказать о последних достижениях в этой области?

— Действительно, в последние годы во всех ведущих университетах мира и научных химических центрах развивается основанный на принципах «зеленой химии» новый подход к разработке технологий проведения химических процессов. Проходят конференции ИЮПАК: в этом году такая конференция была в Дрездене, а в следующем году конференция по «зеленой химии» пройдет и у нас в России. В рамках программы «Инновационный университет» (национальный проект «Образование») в Московском университете создан центр «Химия для устойчивого развития — зеленая химия». Этот центр очень активно развивается, проводит совместные семинары. Один из последних, например, назывался «Новые химические технологии производства бытовых чистящих средств». С докладами на нем выступали ученые с разных кафедр химического факультета: с кафедры коллоидной химии, высокомолекулярных соединений, физической химии и других. Мы проводим презентацию мировой компании «Рекет», «Бензоин» — мировых лидеров в создании моющих средств.

Основной принцип «зеленой химии» — минимизировать ущерб, который наносит окружающей среде наша деятельность, я имею в виду химиков. И понятно, что создание технологий, которые бы обеспечивали высокую устойчивость химических производств и процессов — это очень своевременный подход к химии в целом, как к материальной части культуры человечества.

Недавно в Сенаторском клубе сенаторы Совета Федерации проводили круглый стол по проблемам воды в России. Мы точно знаем, что весной вода в Москве просто совершенно непригодна к употреблению. Можно открыть кран и увидеть ржавую воду, которая очень сильно пахнет хлором. Понятно, что это вредно. В частности, за этим круглым столом я поставил вопрос о том, что нужен закон о рациональном использовании водных ресурсов, а также закон о питьевой воде. Такие законы есть во всех развитых странах, а у нас его нет. Мы часто видим по телевизору, узнаем из СМИ, что в разных точках нашей

страны люди страдают из-за тех безобразий, которые творятся по отношению к водным богатствам. В Москве это видно особенно наглядно. Зимой, например, у нас используют реактив «антигололед». Но он будто создан для того, чтобы всех выпачкать: и автомобили, и обувь, и одежду. Ни в одном крупном городе мира этого уже нет, только у нас.

Вот другой пример. Мы ежедневно пользуемся продукцией компании «Вим-Биль-Дан». Три года назад компания просила нашей помощи: надо было очистить от железа московскую артезианскую воду, которую она использует на своих заводах. Мы построили небольшую озонаторную станцию в Лианозово, которая выделяет из этой воды 3,5 т железа в год. Затем мы его используем для приготовления катализаторов, то есть решаем задачу согласно принципам «зеленой химии». Химия, как ни одна из областей естествознания, влияет на экономику, быт, всю нашу жизнь, поэтому существует много проблем, которые мы стараемся решать.

Так, мы подготовили специальную магистерскую программу, которую утвердили в нашем центре «зеленой химии». И я думаю, что мы будем и дальше развивать это направление. Мы подготовили при поддержке ИЮПАК и ИНТАС сборник, который называется «Зеленая химия России». Он вышел в 2005 году на русском языке, а в 2006 году — на английском языке и есть во всех западных университетах. Я постарался привлечь к этой деятельности ведущих ученых из разных регионов нашей страны, которые используют принципиально новые подходы к осуществлению химических реакций. В частности, академик Олега Чупахина из Екатеринбурга, развивающего нетрадиционные подходы к осуществлению органических реакций. Мы, в свою очередь, занимаемся использованием сверхкритических сред для реализации химических процессов. Вода и другие вещества в сверхкритических условиях приобретают совершенно другие свойства, например, диоксид углерода превращается в очень активный растворитель. И, скажем, селективность осуществления каталитических реакций в сверхкритическом CO_2 просто сопоставима с традиционным подходом.

Кроме того, мы только что выпустили новый журнал «Сверхкритические флюиды: теория и практика», хотя это было очень непросто. Он включен в авторский перечень, а с 11 по 13 сентября в Казани мы проведем уже Третью международную конференцию, посвященную сверхкритическим флюидам.

Что касается альтернативных источников энергии, то на химическом факультете МГУ ведутся ра-

боты и в этом направлении. Несколько лет назад совместно с Московским институтом радиоэлектроники и автоматики мы создали журнал, который называется «Водородный всеобуч», я участвую в нем как председатель редакционного совета. По этой тематике регулярно проводятся конференции. Надо сказать, что ребят очень интересует все, что происходит в этой области, и я с большой охотой общаюсь с ними.

Проблемами аккумуляирования водорода на химическом факультете занимается профессор Виктор Вербецкий (кафедра химической технологии и новых материалов). Сейчас развиваем оригинальное, на мой взгляд, направление: получение многостенных углеродных нанотрубок и их модификаций с наночастицами металлов, аккумулирующих водород. Это направление, связанное с наноструктурами, действительно перспективное — в нашей лаборатории удалось аккумулировать значительное количество водорода. Надо заметить, что мы этим занимались давно. Например, моя кандидатская диссертация была посвящена бинарным гидридам в катализе, чем никто раньше не занимался. И на защите был вывешен плакат: «И это мнение народа — мертв металл без водорода!». Эту область — новый класс гетерогенных катализаторов на основе интерметаллических соединений и гидридов — мы продолжаем развивать как одно из направлений «зеленой химии».

Наконец, год с небольшим назад на базе наших совместных исследований с «Русским алюминием» была создана лаборатория (профессор Евгений Викторович Антипов является заведующим лабораторией, а я — научным руководителем), которая очень успешно развивается. Она занимается фундаментальными проблемами получения алюминия, поскольку сегодня в мире нет более грязного и опасного производства, чем алюминиевое. У нас уже есть первые успехи. Кроме того, достигнуто соглашение с Олегом Дерипаской о реконструкции дворового корпуса, что позволит нам увеличить примерно на тысячу квадратных метров площадь учебных аудиторий. Мы создадим центр электрохимического материаловедения, который крайне необходим стране, а такого сейчас нет. Мы расширим учебные аудитории, конференц-зал. Сейчас уже устанавливаются уникальные приборы: рентгеновский дифрактометр и японский микроскоп высокого разрешения.

— **А что происходит в институтах Российской Академии наук в области развития водородной энергетики?**

— Мы всегда поддерживали тесные контакты с Курчатовским институтом. Его сотрудники давно занимались проблемами водородной энергетики, например, изучали дейтериды таких металлов, как титан, и других, которые использовались для замедления нейтронов в атомных реакторах. В частности, цирконий входит в состав материалов, из которого изготовлены стенки ядерного реактора, и при его взаимодействии с водородом появляются определенные сложности.

На химическом факультете МГУ перспективными разработками по созданию принципиально нового двигателя автомобиля, где не будет никаких углеводородов, занимается профессор Аркадий Карякин, выходец с кафедры энзимологии. Эта работа поддерживается Правительством Москвы, мы несколько раз

показывали ее Юрию Михайловичу Лужкову и по ней готовили лоты для Федеральной целевой научно-технической программы. В Институте общей и неорганической химии у нас сектор по осуществлению химических реакций в сверхкритических средах, и там же, можно сказать, истоки наших гидридных и переходных металлов. У Ирины Ивановны Михеевой — была такая «бабушка отечественных гидридов» — я брал в свое время первые образцы для исследований. Могу назвать академика Сергея Алдошина, директора Института проблем химической физики в Черноголовке, под руководством которого активно разрабатываются новые составы для аккумуляирования водорода. Новые топливные элементы делаются и у нас на кафедре электрохимии. Это действительно очень перспективная область. Если бы удалось решить эту проблему, в частности с высоким выходом получать водород из воды, то, конечно, можно было бы сильно изменить наши транспортные средства.

— **Сегодня во всем мире активно развиваются нанотехнологии. Какую роль может сыграть государственное финансирование этой области в России?**

— Это очень важное направление в современном материаловедении, в современной химии и физике. Да, речь идет о больших деньгах. Какое место в этой программе по нанотехнологиям может занять химический факультет МГУ? Здесь есть несколько возможностей. Прежде всего, очень важна образовательная составляющая. Мы сейчас договариваемся о совместной работе в этой области с коллегами с физического факультета МГУ, где кафедрой физики наносистем заведует директор российского научного центра «Курчатовский институт», член-корреспондент РАН, руководитель нанотехнологической программы Михаил Ковальчук. С академиком Юрием Третьяковым открываем новую специальность — химия наносистем и материалов. В этой области очень важна четкая терминология. Пока, кроме монографии и учебного пособия Глеба Сергеева (второе издание которого вышло на английском языке во всех странах), у нас не слишком много базовых учебников и учебных пособий в этой области. А они необходимы, прежде всего, для того чтобы мы четко понимали, что же такое наноматериалы, насколько химия наносистем отличается от обычной химии. Ведь существует коллоидная химия, в катализе всегда были планы на нанохимию, так как химии всегда стремились повысить дисперсность активных компонентов катализатора.

Деньги, вложенные в науку, еще ни разу не пропадали. Взять хотя бы ВТСП (высокотемпературные сверхпроводники), холодный термоядерный синтез... Развитие таких областей привело к появлению новых знаний, новых материалов. Если средства будут выделены профессиональным научным коллективам, то я уверен, что будут и серьезные успехи. Важно, чтоб деньги попали только целевым назначением в нужные и умелые группы.

— **На химическом факультете МГУ пройдет Международная олимпиада. Как вы относитесь к тому, что в Международную олимпиаду включили задачи по наноматериалам?**

— Разумеется, положительно. Вот передо мной лежит, на мой взгляд, бесценная книга о Менделеевских олимпиадах «Химии 21 века в задачах Между-

народных Менделеевских олимпиад». Она была выпущена в прошлом году, когда проходила эта олимпиада в Ереване. Мы ее дополнили задачами и решениями прошлого года и перевели на английский язык. Вручим каждому ментору и участнику, потому что более интересных задач вы нигде не найдёте. В ней найдутся вопросы и по наносистемам, специально для нового поколения. Недавно академик Николай Зефирин купил эти книжки, читал три ночи подряд, решал и говорит: «Органику еще решаю, а другие задачи не могу!» В сборник мы включили задачи из тех областей физики и химии, в которых были получены Нобелевские премии в последние годы. Здесь есть сведения об авторах и результаты олимпиад последних лет.

Мне пришлось два года назад выступать на Комиссии ЮНЕСКО по образованию с докладом «Стратегии развития предметных олимпиад школьников». Я сравнил задания Всемирных и наших Менделеевских олимпиад. Надо сказать, что все присутствующие, даже члены Международного комитета по химической олимпиаде, отметили, что в наших Олимпиадах заметен методически уникальный опыт Московского университета, химического факультета. Посмотрите, скажем, задания олимпиад Тайваня и Кореи отличаются сложным алгоритмом с очень сложным решением, но без изюминки, и даже не всегда корректным. Методическая комиссия химического факультета и в этом году постарается подготовить исключительно интересные задания.

Чем еще хороши наши олимпиады? В составлении заданий участвуют студенты, бывшие победители. Руководителем нашей команды является студент третьего курса Алексей Зейфман, который два года подряд показывал лучшие в мире результаты, причем с колоссальным отрывом от других участников. Только что в Минске прошла 41-я Международная Менделеевская олимпиада, и в ней участвовал 91 участник из 16 государств. Из десяти золотых медалей шесть получили российские школьники, среди них — только один москвич. Лучший участник — из Новосибирска, следующий — из Краснодара. Это очень показательный результат, как мне кажется. Поэтому мы ежегодно проводим такую работу, издаем сборники заданий российских олимпиад с решениями. Их непременно получают все педагоги. На мой взгляд, эта уникальная деятельность факультета позволяет обеспечивать ему будущее.

— **Как вы думаете, удастся ли России занять достойное место в развитии нанотехнологий?**

— Безусловно, да. Несмотря на такое не очень уважительное отношение государства к образованию и науке, нам удастся сохранять его уровень, качество и находить решения, которые мало кому доступны, как я считаю, только за счет качества образования. Я считаю, что ЕГЭ — разрушительный элемент в образовании, и мы писали письма Председателю Совета Федерации, Сергею Миронову о том, что нельзя разрушать системное предметное образование, существующее в нашей стране. Версии заданий ЕГЭ по химии вообще не соответствуют никаким требованиям. Московский университет также выражает свое несогласие с этим, равно как и тем, что у нас будет двуху-

ровневое образование. Это — могила для экономики страны. Почему? Я выступал на Ученом совете и просил принять обращение к руководству страны — для того, чтобы обеспечить будущее развитие экономики, образования и науки, необходимо сохранить ступень специалиста. Пусть будут бакалавры, ведь всегда есть случайные люди, которые попадают к нам, к тому же у гуманитариев своя специфика. За четыре года подготовить химика, сколько-нибудь полезного для производства, невозможно в силу специфики науки, требующей экспериментальных навыков, которые человек должен получить. Ученый совет поддержал это обращение, и мы сделаем все возможное, чтобы сохранить ступень специалиста.

То же самое с сокращениями в институтах Академии наук. Планировали сократить десять процентов, а сократили почти все сорок. В ИОНХ работало почти 900 человек, когда директором был академик Юрий Золотов. Сейчас осталось около 450 человек. И это в ведущем институте с мировыми достижениями по многим направлениям химической науки! Эти события вызывают очень серьезную тревогу за будущее. С другой стороны, нельзя не отметить и положительные шаги — создание национального проекта «Образование», инновационных университетов. Дополнительные средства, которые мы получили по инновациям, позволили создать новые программы по технологии материалов, по химическому менеджменту совместно с Германией, что рассматриваю, как бесценный вклад. Появилась возможность ездить на конференции, повысилась академическая мобильность. Хотя она приводит к тому, что ученые уезжают из страны, и тогда это уже называется не «мобильностью», а по-другому...

— **Как может повлиять на развитие образования Интернет-олимпиада МГУ «Нанотехнологии — прорыв в будущее», серия фестивалей наук, которые прошли в этом году? Насколько такие мероприятия развивают интерес к науке у школьников?**

— Очень положительно. В этом случае, как говорится, и лишних слов не надо. Если у молодого человека появляется возможность себя испытать, проявить свои знания, соревнуясь со сверстниками из других стран, то ему это очень интересно. Когда мы готовили первую Интернет-олимпиаду по химии, я рассчитывал только на наших российских студентов. Думал, что примет участие не более двух сотен человек, а их оказалось почти 800 из всех стран мира. Сейчас я предлагаю Гарварду (США) провести совместный Кубок мира знаний по химии в 5 этапов, заключительный — в Москве. Мы обеспечим интеллектуальную составляющую, они — финансовую. Они обдумывают предложение, обещали ответить в ближайшие дни. Или другая идея: мы предлагаем создать образовательный телеканал. Например, в той же Корее работает девять таких каналов. У нас ни одного. Представляете, ведь если у нас заработает такой телеканал, он, несомненно, будет способствовать развитию интереса к естествознанию у ребят.

*Интервью подготовлено научным обозревателем
Международного научного журнала
«Альтернативная энергетика и экология»
Ольгой Баклицкой и М. В. Чернышевой, ФНМ МГУ*

ОЛИМПИАДА «НАНОТЕХНОЛОГИИ — ПРОРЫВ В БУДУЩЕЕ»

Завершилась Первая Всероссийская интернет-олимпиада «Нанотехнологии — прорыв в будущее», организованная и проведенная в МГУ. Целью олимпиады, как отмечает сайт www.nanometr.ru, является поиск и поощрение молодых талантов, желающих участвовать в развитии нанотехнологий в Российской Федерации, в какой бы школе, ВУЗе или другой организации они ни находились. Ее почетный председатель — ректор Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, академик В. А. Садовничий, сопредседатели — проректор, зав. кафедрой общей физики физического ф-та МГУ, профессор А. М. Салецкий и декан факультета наук о материалах, зав. кафедрой неорганической химии химического факультета МГУ, академик Ю. Д. Третьяков. В жюри олимпиады включены видные ученые и специалисты в области наноматериалов и нанотехнологий, члены Российской Академии наук, профессора МГУ, директора инновационных компаний.

Официальная церемония закрытия состоялась 27 июня в Зале заседаний Ученого совета МГУ. С приветственным словом выступил ректор МГУ академик В. А. Садовничий. *«Все чаще и чаще проект «Нанотехнологии» связывают с атомным и космическим проектами в нашей стране. Кстати, в США на такой проект тратят денег в несколько раз меньше, чем в нашей стране. МГУ обязан быть участником и передовым отрядом в этой области. Только фундаментальные исследования позволяют получить научные результаты, которые потом становятся технологическими. Я — член Наносовета при Правительстве России и хочу отметить, что в МГУ создан свой Совет по нанотехнологиям. Академик Юрий Дмитриевич Третьяков предложил провести Всероссийскую интернет-олимпиаду по нанотехнологиям, чтобы привлечь внимание к этому важному направлению».*

Академик Юрий Дмитриевич Третьяков рассказал об участниках олимпиады, ее географии и результатах.

Один из организаторов олимпиады зам. декана ФНМ член.-корр. Евгений Алексеевич Гудилин отметил высокий уровень участников Интернет-олимпиады, рассказал о ее проведении и заданиях: *«Были и хакерские атаки во время проведения Интернет-олимпиады, но слабые, с ними удалось справиться. Все задачи были авторскими и междисциплинарными».* Надо привлечь к проведению наноолимпиады другие вузы, повысить ее статус, создать специальный сайт, считает Гудилин.

Первое место занял Смирнов Евгений Алексеевич, студент 2-го курса ФНМ МГУ, второе место — Савостьянова Анастасия Владимировна, студентка 2-го курса Московского государственного университета приборостроения и информатики, а третье — Дмитриев Алексей Иванович, аспирант Института проблем химической физики РАН из Черноголовки. В Олимпиаде приняло участие более тысячи человек от 14 до 28 лет, она получилась международной, потому что в ней приняли участие ребята из ближнего и дальнего зарубежья.

Спонсоры и партнеры Первой олимпиады по нанотехнологиям вручили свои призы победителям.

От Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» сертификаты на полугодовую подписку получили четыре лауреата: Евтушенко Евгений Геннадиевич, Гордей Мария Евгеньевна, Набиуллин Александр Ринатович и Дирин Дмитрий Николаевич.

Научный обозреватель
Ольга Баклицкая



Глубокоуважаемый Александр Леонидович!

Пользуясь случаем, хотел бы выразить Вам и всему коллективу Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE) искреннюю признательность за оперативную и качественную подготовку материалов о Национальной инновационной компании «Новые энергетические проекты» (НИК НЭП) и статей наших партнеров, которые вошли во второй номер вашего издания. Несколько удачным получился этот номер журнала — судить читателям. Не все из задуманного по разным причинам удалось осуществить, но несомненно одно — данный проект заслуживает внимания, поскольку дает целостное и системное представление о стратегии развития водородных технологий в России. По крайней мере, в той степени, как ее понимает и реализует НИК НЭП.

Говорю об этом не столько как руководитель компании, сколько как читатель вашего журнала. Летом 2005 года, сразу же после создания НИК НЭП, делегация нашей компании посетила РФЯЦ-ВНИИЭФ, где познакомилась с разработками по водородной тематике. После этой командировки мои коллеги стали активными посетителями Международного научного и образовательного портала «Водород» и, особенно, научной электронной библиотеки. А с нынешнего года мы подписались и на печатную версию журнала. Думаю, что эту практику мы продолжим и в будущем.

Журналу всего 7 лет. По историческим меркам издательского дела — возраст «детсадовский». Но Вам как главному редактору и вашему творческому коллективу удалось преодолеть этот стереотип и заявить о себе «по-взрослому». И главный секрет, как мне представляется, заключается в изначально правильно принятой стратегии и умело подобранной профессиональной команде. Рецензирование и экспертиза публикуемых статей, их оформление в соответствии с международными стандартами, юридическая чистота соблюдения авторских прав, актуальная тематика статей и глубина ее раскрытия, хорошо структурированное содержание журнала — все это можно считать фирменным стилем издания.

Без всяких комплиментарных преувеличений могу сказать, что ваш журнал является одним из авторитетных российских изданий по вопросам альтернативной энергетики и уверенно позиционирует себя на международном научно-информационном поле по этой тематике. Международные симпозиумы, организуемые и проводимые журналом совместно с НТИЦ «ТАТА», способствуют научной консолидации водородного сообщества и росту авторитета России как высокотехнологичной державы.

Одно из значимых достижений — признание журнала Высшей аттестационной комиссией как периодического научно-технического издания, рекомендованного для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук. По своему личному опыту знаю, как это важно для ученого, который поднимается на очередную научную ступеньку. Особенно, если речь идет о такой инновационной сфере, как водородные технологии и альтернативная энергетика.

О достоинствах журнала можно было бы сказать еще многое. Главное заключается в том, что у этого издания — большой научно-организационный и творческий потенциал, который ему еще предстоит реализовать. Этого мне и хотелось бы пожелать Вам, уважаемый Александр Леонидович, и всему дружному коллективу журнала «Альтернативная энергетика и экология».



Генеральный директор
Национальной инновационной компании
«Новые энергетические проекты»,
член-корреспондент РАН
Борис Кузык

8 июня 2007 года



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ
(РОСТЕХНАДЗОР)**

МОСКВА

«14» мая 2007 года

Пресс-релиз № 1

Руководитель Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) Константин Пуликовский выступил от имени РФ в штаб-квартире ООН на заседании комиссии ООН по устойчивому развитию.

Он призвал страны к скорейшему переходу от теории к практике, к началу реализации уже принятых в прошлом году на подобной сессии решений.

Руководитель Ростехнадзора отметил важность реализации трансграничных проектов и призвал к возрастанию роли таких международных организаций как Всемирный банк, Программа ООН по окружающей среде и Международное энергетическое агентство.

По словам К. Пуликовского, для устойчивого развития планеты, для решения проблем энергетики и экологии необходимо уделять особое внимание промышленной и экологической безопасности. В этой связи, по его мнению, должна возрасти роль надзорных органов и органов государственного регулирования.

«В широком спектре проблем обеспечения энергетической безопасности важное место занимают вопросы бесперебойности энергоснабжения экологической, технологической, ядерной и радиационной безопасности энергоустановок, путей и способов ограничения негативного воздействия на окружающую среду при нормальной эксплуатации энергетического оборудования, а также снижения уровня аварийности и риска чрезвычайных техногенных ситуаций», — заявил К. Пуликовский.

Пресс-релиз № 2

В ближайшее время в Москве будет расширено представительство ЮНЕП (Программы ООН по окружающей среде). Об этом в Нью-Йорке заявил заместитель генерального секретаря ООН, исполнительный директор ООН по окружающей среде Ахим Штайнер на встрече с руководителем Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) Константином Пуликовским.

По словам Ахима Штайнера, Ростехнадзор может стать стратегическим партнером ЮНЕП по вопросам решения экологических проблем в России.

Заместитель генерального секретаря отметил, что Россия имеет приоритетное значение для ЮНЕП, так как, во-первых, в России имеются нерешенные экологические проблемы, а во-вторых, Россия может оказывать влияние на многие страны Мира.

«Необходимо наладить постоянно действующее сотрудничество для решения вопросов изменения климата, эффективной энергетики и производства «чистой» продукции», — сказал Ахим Штайнер.

Руководитель Ростехнадзора К. Пуликовский заявил, что его ведомство готово сотрудничать с Программой ООН по окружающей среде. «Ростехнадзор окажет содействие в подборе сотрудников для расширяющегося офиса в Москве, окажет методическое содействие».

К. Пуликовский также добавил, что сегодня Ростехнадзор активно занимается решением экологических проблем в России. «Мы сплачиваем вокруг себя общественные экологические организации, а через нашу надзорную деятельность подталкиваем бизнес проводить природоохранные мероприятия. Бизнесу должно быть интереснее внедрять экологические программы у себя на производстве, чем платить штрафы за негативное воздействие на окружающую среду».

Пресс-служба Ростехнадзора

Тел.: 261-06-69, 411-60-54

Факс: 411-60-48

E-mail: inform@gosnadzor.ru

press@gosnadzor.ru

Официальный сайт: www.gosnadzor.ru



ИНФОРМАЦИЯ В ОБЛАСТИ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Научные фонды

INFORMATION ON RENEWABLE ENERGY

Scientific funds



**РОССИЙСКИЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
ОЛИМП**

Экспертно-информационная служба Содружества
Россия, 111250, Москва, ул. Красноказарменная, д. 14
Тел./факс: 782-18-53, 918-12-51, 918-12-71
Internet: www.energyolimp.ru
E-mail: info@energyolimp.ru

Программа «РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОЛИМП» создана в 2006 году. К числу ее организаторов относится ряд научных, учебных и профессиональных объединений.

Экспертный Совет Программы возглавляет проректор Московского энергетического института (ТУ) профессор, д. т. н. Росляков Павел Васильевич.

В Общественный Совет входят руководители профильных институтов, а именно: Ректор Московского энергетического института (ТУ), д. т. н., профессор Серебрянников Сергей Владимирович; д. т. н., профессор, заместитель директора ОАО «Всероссийский теплотехнический научно-исследовательский институт», председатель подкомитета НТС ОАО «РАО ЕЭС России» Тумановский Анатолий Григорьевич, а также руководители ряда СМИ.

Программу поддерживают ряд государственных и общественных организаций, в т.ч. Российский союз промышленников и предпринимателей, Комитет ТПП по предпринимательству в сфере строительства и ЖКХ, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Ассоциация бухгалтеров и аудиторов «Содружество» и другие организации.

Премия «РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОЛИМП» является специальной общественной наградой, свидетельствующей о высшей профессиональной компетентности Лауреатов в области энергетики и являет яркий пример реальной обратной связи между государством и обществом, представленным лучшими учреждениями и специалистами энергетической отрасли Российской Федерации, Содружества Независимых Государств, а также представителями иностранных фирм, работающими на территории России.

Целями Программы «РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОЛИМП» являются:

- награждение высшей профессиональной наградой лучших учреждений и специалистов государственной и негосударственной сферы энергетической отрасли;

- широкое освещение и обеспечение общегосударственного уровня информационной поддержки лучших достижений в области энергетики;

- выявление на основе многофакторного экспертного анализа наиболее динамичных, надежных и эффективно работающих предприятий энергетической отрасли;

- дальнейшая ориентация потребителей услуг энергетики, российских и зарубежных партнеров, общественности, государственных институтов на наиболее активных и надежных, с точки зрения организации и ведения бизнеса, компаний, работающих на российском рынке;

- содействие укреплению новых взаимовыгодных деловых контактов между прогрессивными компаниями и их зарубежными партнерами, обеспечение конструктивного диалога между бизнесом и властными структурами.

К задачам Программы «РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОЛИМП» относятся:

- 1) проведение независимого экспертного анализа организаций-участников;

- 2) имиджевая и рекламно-информационная поддержка компаний, которые:

- успешно реализуют программы по внедрению технологий, руководствуясь принципами деловой этики и сотрудничества;

- способствуют продвижению на российском рынке новых технологий и услуг в области энергетики;

- обеспечивают качественное клиентское обслуживание;

- способствуют развитию потенциала и инфраструктуры топливно-энергетического рынка;

- имеют кадровый резерв высококвалифицированных специалистов;

- активно участвуют в социальных и благотворительных программах, спонсорских проектах;

- 3) реклама деятельности лучших представителей топливно-энергетического комплекса.

В Программу «РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОЛИМП» включены следующие секторы энергетической отрасли:

- Теплоэнергетика
- Гидроэнергетика
- Атомная энергетика
- Энергомашиностроение
- Экология в энергетике
- Малая энергетика
- Промышленная теплоэнергетика
- Добыча и переработка топлива
- Приборы и оборудование для энергетики
- Нетрадиционная (альтернативная) энергетика

Участникам Программы предлагаются следующие номинации:

- внедрение экологически чистых технологий

- повышение эффективности выработки тепловой и электрической энергии
- внедрение информационных технологий в отрасли энергетики
- снижение вредных выбросов и стоков
- вклад в области образования по специальности «энергетика» (подготовки кадров)
- комплексное решение проблем энергетики
- социальное обеспечение работников топливно-энергетического комплекса
- энергосберегающие технологии
- повышение культуры труда
- вклад в развитие экологии (реализацию импортозамещающих проектов)
- вторичную переработку отходов производства
- поставку сырья АЭС
- лучший инновационный проект
- развитие филиальной сети
- разработку и продвижение новых услуг в области энергетики
- лучший проект по развитию международного бизнеса.
- активную поддержку развития регионов Российской Федерации
- разработку лучшего продукта для участников топливно-энергетического рынка
- разработку и реализацию образцовой стратегии развития современной компании
- активное продвижение новых технологий в области энергетики
- вклад в разработку и поддержание высококачественных и общепризнанных стандартов

Предлагаются также Персональные номинации, в том числе «Руководитель компании», «За личный вклад в развитие энергетики» и др.

Методика отбора лауреатов осуществляется по такой схеме: экспертно-информационная служба отправляет запрос профессиональным ассоциациям, а также областной и городской администрации о потенциальных лауреатах Программы «РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОЛИМП», после этого рекомендованным организациям предлагается принять участие в Программе и произвести сбор документов (финансовая отчетность, копии лицензий, публикации в СМИ и т. п.). Далее проводится комплексный многофакторный анализ производственных и финансовых показателей участника. В результате этой работы формируется список компаний-претендентов, который подается на рассмотрение Экспертного Совета. Члены Экспертного Совета дают оценку репутации компании, а также соответствие номинации направлению деятельности компании, и выносят свой вердикт каждому из претендентов.

В состав Экспертного Совета входят независимые специалисты — люди, не связанные с бизнесом или политикой, представители профессиональных и гражданских объединений, научных и учебных заведений.

В настоящее время Экспертно-информационная служба занимается анонсированием Программы «РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОЛИМП» среди организаций энергетического ком-

плекса и сбором заявок на участие в программе. Мы также налаживаем сотрудничество с журналами, занимающимися вопросами энергетики и экологическими проблемами.

Энергетика является сердцем промышленного и сельскохозяйственного производства и обеспечивает комфортное существование человечества. С другой стороны, с энергетикой связаны такие глобальные экологические проблемы, как загрязнение атмосферы, биосферы и гидросферы различными промышленными выбросами, нарушение озонового слоя, радиоактивное загрязнение обширных территорий, выпадение кислотных осадков и пр.

Секретариат Программы «РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОЛИМП» уделяет особое внимание энергосберегающим технологиям, а также альтернативным возобновляемым источникам энергии, к которым относятся солнечная и геотермальная энергия, энергия приливов и отливов, энергия рек и ветров. Эти виды энергии являются неисчерпаемыми, и их производство практически не оказывает вредного воздействия на окружающую среду. Поэтому мы приглашаем к участию в Программе предприятия альтернативных отраслей энергетики.

В настоящее время Экспертно-информационная служба занимается анонсированием Программы «РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОЛИМП» среди организаций энергетического комплекса и сбором заявок на участие в программе. Получены письма от губернаторов многих областей и городов России с рекомендацией об участии в Программе предприятий энергетики. Проводится также работа с изданиями, занимающимися вопросами энергетики и проблемами экологии в энергетике. С рядом журналов заключены соглашения об информационном сотрудничестве.

9 февраля 2007 года на Ученом совете Московского энергетического института (Технического университета) состоялась презентация программы «РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОЛИМП». Программу представил проректор МЭИ, доктор технических наук, профессор П. В. Росляков. Ученый совет был проинформирован об основных направлениях развития Программы, дальнейших перспективах работы.

Были рассмотрены основные положения Программы, ее задачи и цели.

Первую церемонию награждения лауреатов премии «РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОЛИМП» планируется провести в конце июня 2007 года. Торжественная церемония сопровождается вручением Награды «РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОЛИМП», подтвержденной Почетным именованным Дипломом, а также золотым нагрудным знаком Лауреата и проходит в атмосфере праздничного концерта с VIP-банкетом.

В числе **первых Лауреатов** Премии «РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОЛИМП» назовем следующие предприятия энергетической отрасли:

• ООО «ЗГМ», г. Дзержинск (Завод герметизирующих материалов, крупнейший в России производитель самоклеящихся, неотверждаемых герметиков на основе синтетических каучуков, применяемых в том числе в качестве электропроводящих и электроизоляционных материалов), номинация «За разработку и внедрение передовых материалов и технологий».

• ЗАО «Прорыв-Комплект», г. Москва (реализация проектов, связанных с проектированием, разработкой программного обеспечения, изготовлением компонентов и внедрением автоматизированных информационно-измерительных систем учета электроэнергии), номинация «За внедрение передовых информационных технологий в энергетике».

• ООО «Энергонетфть», г. Тюмень (крупное предприятие, обеспечивающее бесперебойное электроснабжение объектов нефтедобычи), номинация на этом этапе не определена.

• ОАО «Чепецкий механический завод», г. Глазов, Удмуртская республика (входит в состав ОАО «ТВЭЛ», которое обеспечивает топливом ядерно-энергетический комплекс России), номинация «За активное продвижение новых технологий в области энергетики».

• ОАО «Омская энергосбытовая компания», управляется ОАО «ТГК-11», г. Новосибирск (занимается реализацией электрической и тепловой энергии юридическим и физическим лицам), номинация на этом этапе не определена.

Всех заинтересованных принять участие в Программе «РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОЛИМП», а также поддержать Программу и способствовать совершенствованию методики отбора Лауреатов и выявлению актуальных проблем энергетической отрасли, экологических проблем в энергетике и их решению, просим обращаться в Секретариат премии.

РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОЛИМП

В Москве состоялась торжественная церемония вручения премий в области энергетики — «Российский энергетический Олимп». Эта специальная общественная награда была учреждена в 2006 году рядом научных, учебных и профессиональных объединений для поощрения ведущих организаций в области энергетики.

По итогам заедания Экспертного и Общественного Советов Премий награды в этом году впервые получают предприятия, которые по праву являются лидерами энергетического комплекса, а также выдающиеся соотечественники, заслужившие безоговорочный авторитет и уважение — около пятидесяти компаний и руководителей.

Открывая церемонию, ректор МЭИ (ТУ), профессор Серебрянников Сергей Владимирович отметил: «Энергетика сегодня взяла большой старт. Она вышла на рынок и у нее сегодня большие перспективы». Его коллега из МЭИ профессор Росляков Павел Васильевич поблагодарил Экспертный Совет (членом которого является главный редактор журнала Александр Леонидович Гусев), который потратил много времени на отбор лауреатов, за кропотливый труд: «Экспертный Совет провел большую работу. Ведь именно от наших лауреатов в немалой степени зависит благосостояние нашей страны».

В торжественной обстановке и под замечательные джазовые импровизации известного музыканта Игоря Бриля состоялось вручение самих премий.

В заключение организаторы высказали благодарность участникам и информационным спонсорам мероприятия, в число которых входит Международный журнал «Альтернативная энергетика и экология».

Научный обозреватель
Ольга Баклицкая



**28 июня 2007 года в Культурном Центре Глав УпДк при МИД РФ
состоялась торжественная Церемония награждения Лауреатов Премий
«РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОЛИМП – 2007»,
«РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП – 2007»,
а также вручение Ревизионных сертификатов Программы
«НАДЕЖНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА – 2007»**

По итогам заседания Экспертного и Общественного Советов Премий лауреатами объявлены достойнейшие организации и профессионалы энергетической и строительной отраслей российской экономики, которые своей эффективной деятельностью заслужили признание общества и государства.

Премия «Российский строительный олимп» (www.stroyolimp.ru) — высоко престижна и давно признана в своей профессиональной сфере, в этом году ей исполняется 11 лет. Ее первая ступень — Программа «Надежные организации строительного комплекса» (www.stroyreestr.ru), которая существует уже 10 лет, — широко известна в среде малого и среднего предпринимательства.

В 2006 году была учреждена новая Премия в области энергетики — «Российский энергетический олимп» (www.energyolimp.ru). Вручение ее наград на прошедшей церемонии проходило впервые. Всю эту масштабную работу по учреждению и успешной реализации вышеперечисленных проектов проводит компания АНО «Экспертно-информационная служба Содружества».

По всем направлениям Программа «Российский олимп» призвана выявлять и поддерживать перспективные и надежные компании, достижения которых являются гарантом цивилизованных рыночных отношений в России. Важным моментом отмечается стремление обеспечить развитие конструктивного диалога между бизнесом и властными структурами и содействовать укреплению новых деловых союзов на российском и зарубежном уровнях.

Программы проводятся при поддержке Правительства Москвы, администраций субъектов Российской Федерации, Торгово-промышленной палаты Российской Федерации, Федерального агентства по строительству и ЖКХ, Российского союза промышленников и предпринимателей, Московской международной бизнес ассоциации, Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, Министерства строительного комплекса Московской области и ряда других организаций.

Подобные программы позволяют повышать социальный статус цивилизованного предпринимательства в глазах общественности и укрепляют позитивные тенденции в развитии российской экономики.

Торжественная церемония награждения лауреатов Премий «РОССИЙСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОЛИМП», «РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОЛИМП» и вручение ревизионных Сертификатов Программы «Надежные органи-

зации строительного комплекса» проводилась в уютном конференц-зале Культурного центра ГлавУпДК при МИД РФ в теплой деловой атмосфере, сопровождалась выступлениями VIP-персон и представителей организаций-победителей и завершилась праздничным банкетом. Большое наслаждение лауреаты и гости торжества получили от выступления на протяжении всего вечера мэтра российского джаза, народного артиста России Игоря Бриля и его группы, а также артистов Большого театра.

Мы уверены, что участие в программах «Российский энергетический олимп», «Российский строительный олимп» и «Надежные организации строительного комплекса» станет новым импульсом для развития Лауреатов, что будет способствовать их успеху, и, как результат, процветанию страны в целом.

Сегодня мы искренне поздравляем лауреатов премий, достигших высот Энергетического и Строительного Олимпов!

Информационные спонсоры Программ:

Телеканалы: ТВ-ЦЕНТР, РБК-ТВ

Интернет-ресурсы: Интернет Портал «Строительный Мир», АК&М

Печатные СМИ: Build Report; Инвестиции в строительство; Жилищное строительство; Квадратный метр; Квартира. Дача. Офис; Новые известия; Профессиональное строительство; Столичный стиль; Строительный мир; Строительная Орбита; Строительство; Строительный эксперт; Строительная газета; Строительный бизнес; Технологии строительства; Формула строительства; Москва и Регионы; Альтернативная энергетика и экология; Вести в электроэнергетике; Новое в российской электроэнергетике; Мировая энергетика; Энерго-info; Энергетик; Атлас страхования; Валютный спекулянт; Бизнес обозрение; БИКИ.

Лауреаты Премии

«Российский энергетический олимп – 2007»

• **ОАО «Вторая генерирующая компания оптового рынка электроэнергии», г. Москва**

Номинация: «Лидер в области производства электроэнергии»

Генеральный директор — Кузичев Михаил Васильевич

• **ОАО «ГЕНЕРИРУЮЩАЯ КОМПАНИЯ» холдинга «Татэнерго», г. Казань**

Номинация: «За снижение вредных выбросов и стоков»

Генеральный директор — Фардиев Ильшат Шаехович

• ООО «ЗГМ» («Завод герметизирующих материалов»), г. Дзержинск, Нижегородской области

Номинация: «За разработку и внедрение передовых материалов и технологий»

Генеральный директор — Савченкова Галина Анатольевна

• ОАО «Красноярскэнерго», г. Красноярск

Номинация: «За повышение энергетической эффективности как региональной сетевой компании»

Исполнительный директор — Шлегель Александр Эдуардович

• ГУП «Оренбургкоммунэлектросеть», г. Оренбург

Номинация: «За активную поддержку в развитии и созидании региона»

Генеральный директор — Лигерман Вилли Аронович («Заслуженный работник ЖКХ РФ»)

• ЗАО «ПРОРЫВ-КОМПЛЕКТ», г. Москва

Номинация: «За внедрение передовых информационных технологий в энергетике»

Генеральный директор — Крючков Андрей Васильевич

• ОАО Филиал «ФСК ЕЭС» МЭС Сибири, г. Красноярск

Номинация: «Лучшее предприятие года» — за вклад в развитие экономики Сибири

Генеральный директор — Зильberman Самуил Моисеевич

• ОАО «ЧЕПЕЦКИЙ МЕХАНИЧЕСКИЙ ЗАВОД», г. Глазов

Номинация: «За активное продвижение новых технологий в теплоэнергетике»

Генеральный директор — Сухарев Сергей Борисович

• ООО «ЭНЕРГОНЕФТЬ», г. Тюмень

Номинация: «За высокую эффективность управления энергетическим комплексом в нефтегазодобыче»

Генеральный директор — Бесараб Василий Николаевич

Персональные номинации

• Паули Виктор Карлович — Член Правления, заместитель технического директора, Главный технический инспектор ОАО РАО «ЕЭС России», д. т. н., к. э. н., профессор (г. Москва).

Номинация: «Внедрение инновационных технологий, направленных на повышение надежности энергетического оборудования»

• Фардиев Ильшат Шаехович (Заслуженный энергетик Республики Татарстан, Лауреат Государственной премии Республики Татарстан, 2003 г.) — Генеральный директор ОАО «Генерирующая компания» холдинга «Татэнерго» (г. Казань)

Номинация: «Руководитель самой динамично развивающейся компании»

• Дроздов Валерий Владимирович (Действительный член Академии военных наук, член-

корр. Российской инженерной академии, д. т. н., к. э. н.) — начальник Управления разработки и испытаний ядерных боеприпасов Федерального агентства ядерной энергии (г. Москва)

Номинация: «За личный вклад в работы по использованию атомной энергии»

• Информационно-аналитический журнал «Энерго-info»

Номинация: «Генеральный информационный спонсор» — за поддержку в продвижении Программы «Российский энергетический олимп»

Лауреаты Премии

«Российский Строительный Олимп – 2007»

• ООО «Атомэнергомонтаж», Московская область, г. Мытищи

Номинация: «Специальное строительство» — За активную поддержку развития производства и социальной сферы в регионах России

Генеральный директор — Селиванов Игорь Алексеевич

• ЗАО «БЭТА Инвест Групп», г. Москва

Номинация: «Генеральный подрядчик» — За активную поддержку в развитии и созидании Ямало-Ненецкого автономного округа

Президент — Сагиров Александр Васильевич

• ООО «МЕКА-РОССИЯ», г. Самара

Номинация: «Лидер по поставкам строительного оборудования для производства бетона и раствора на европейском и азиатском рынках»

Генеральный директор — Лапко Владимир Станиславович

• ЗАО «Мосфундаментстрой-6», г. Москва

Номинация: «Лидер строительной отрасли» в честь 70-летия со дня основания организации и признания заслуг коллектива перед строительной отраслью страны

Генеральный директор — Нестеренко Виктор Иванович

• ЗАО НПВО «НГС-Оргпроектэкономика», г. Москва

Номинация: «Строительное, инженерно-конструкторское и технологическое проектирование»

Генеральный директор — Иванец Виктор Константинович

• ООО «СМП-99» («Строительно-монтажный поезд – 99»), г. Москва

Номинация: «Строительное, инженерно-конструкторское и технологическое проектирование»

Генеральный директор — Иванец Виктор Константинович

• ЗАО «Строительство Монтаж Услуги-333», г. Москва

Номинация: «Капитальное строительство и реконструкция»

Генеральный директор — Осипов Сергей Валентинович

• ОАО «Таганрогстальконструкция», г. Таганрог

Номинация: «Самая динамично развивающаяся подрядная организация Ростовской области»

Директор — Вибе Игорь Геннадьевич

• ООО «ЭЛКОН», г. Самара

Номинация: «Лидер по продажам и сервисному обслуживанию среди поставщиков бетонных заводов в РФ»

Директор — Жуков Леонид Михайлович

Персональные номинации

• **Басин Ефим Владимирович** — Председатель Комитета ТПП по предпринимательству в сфере строительства и ЖКХ, г. Москва

Номинация: «Реализация проекта» — За выдающийся вклад в развитие Программы «Российский Строительный Олимп»

• **Шмаков Алексей Дмитриевич** (имеет награды: медаль «За трудовую доблесть», лауреат Государственной премии СССР, медаль «В память 850-летия Москвы», почетное звание «Заслуженный строитель Российской Федерации», звание «Мастер связи», знак «Почетный строитель России») — генеральный директор ОАО «МОСТЕЛЕФОНСТРОЙ» (г. Москва)

Номинация: «Руководитель года» — За многолетний плодотворный труд, безупречную деловую репутацию и большой вклад в развитие строительной отрасли Российской Федерации

• **Туров Владимир Анатольевич** (Заслуженный строитель Российской Федерации, Почетный железнодорожник, Почетный строитель России, награжден медалью «За строительство Байкало-Амурской магистрали», медалью «Ветеран Труда», медалью «100 лет Транссибирской магистрали», Орденом «Почета») — генеральный директор ООО «Строительно-монтажный поезд – 99» (г. Москва)

Номинация: «Руководитель года» — За эффективное руководство, высокий профессионализм в работе, большой личный вклад в развитие программ железнодорожного строительства

• **Журнал «Строительная Орбита», г. Москва**

Номинация: «Информационный спонсор» — За активную поддержку в реализации Программ «Российский строительный олимп» и «Надежные организации строительного комплекса»

Главный редактор — Макарова Ирина Алексеевна

• **Журнал «Технологии строительства», г. Москва**

Номинация: «Информационный спонсор» — За неоценимую помощь в реализации программ «Российский строительный олимп» и «Надежные организации строительного комплекса»

Главный редактор — Маливанова Лариса Витальевна

Организации – обладатели Ревизионных сертификатов Программы «Надежные Организации Строительного Комплекса»

• ЗАО «47 ТРЕСТ», г. Санкт-Петербург
• ООО «АГРИСОВГАЗ», г. Малоярославец
• ООО «Атомэнергомонтаж», Московская область, г. Мытищи

• ЗАО «Группа компаний “ТеплоЦентрСтрой”», г. Москва

• ООО «Завод герметизирующих материалов», Нижегородская область, г. Дзержинск

• ОАО «Инждорстрой», г. Москва

• ООО «КИРБЕТ», Московская область, г. Раменское

• ООО «Климентина СК», г. Москва

• ЗАО «КомиНефтеЭнергоМонтажАвтоматика» (ЗАО «КНЭМА»), Республика Коми, г. Усинск

• ЗАО «Компания МТА», г. Сургут

• АНО «Научно-исследовательский институт материалов, конструкций и новых технологий», г. Москва

• ЗАО НПВО «НГС-Оргпроектэкономика» — ЕСМОС, г. Москва

• ООО НПФ «Ромб+К4», г. Москва

• ООО «Научно-производственный центр “Смоленский СоюздорНИИ”»

• ООО «ПКФ “СТОР”», г. Нижневартовск

• ОАО «Прокатмонтаж», г. Магнитогорск

• ООО «ПСК “Экостром”», Московская область, г. Сергиев-Посад

• ЗАО ПСФ «Грантстрой», г. Ставрополь

• ООО «Сателлит Гранд», г. Москва

• ЗАО «СТАЛЬМОНТАЖ», г. Красноярск

• ООО «ТюменНИИгипрогаз», г. Тюмень

• ЗАО «Фирма “Петротрест”», г. Санкт-Петербург





ПЯТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«ВОДОРОДНАЯ ЭКОНОМИКА И ВОДОРОДНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ»

(ВОМ-2007, 21-25 мая 2007 г., Донецк, Украина)

Международная ассоциация водородной энергетики (МАВЭ, США), начиная с 1976 г., проводит каждые два года всемирные обобщающие конференции по водородной энергетике, последняя из которых состоялась в Лионе в 2006 г. (WHES-16), а также специализированные международные конференции по актуальным проблемам, определяющим развитие водородной энергетики и водородной экономики на данном этапе развития.

Пятая международная конференция «Водородная экономика и водородная обработка материалов» (ВОМ-2007), входящая в последнюю из упомянутых выше серию мероприятий МАВЭ, была проведена 21–25 мая 2007 г. в Донецке на базе Донецкого национального технического университета.

Соучредителями конференции выступили: Международная ассоциация водородной энергетики; Международный центр по водородным энергетическим технологиям Организации индустриального развития ООН (UNIDO-ICHET, Вена–Стамбул); ФГУП «Научно-производственный комплекс “Суперметалл”» (Россия); Донецкая областная государственная администрация; Министерство образования и науки Украины; Донецкий национальный технический университет (ДонНТУ); Донецкий государственный университет управления (ДонГУУ); Международная инженерная академия (Москва); Инженерная академия Украины (ИАУ) и Донецкий инженерно-физический центр Инженерной академии Украины (ДонИФЦ ИАУ).

Для подготовки и проведения конференции были образованы международные комитеты. Международный почетный комитет возглавили президент МАВЭ проф. Т. Н. Везируглу (США) и ректор ДонНТУ проф. А. А. Минаев (Украина). В международный научно-организационный комитет, возглавляемый профессором В. А. Гольцовым (Украина), вошли представители Украины, России, Индии, Сингапура, Китая, Южной Кореи, Италии, Японии, Норвегии, Швеции. Международный программный комитет возглавили сопредседатели: вед. научн. сотр., канд. техн. наук Л. Ф. Гольцова (Украина), академик МАИ В. В. Васекин (Россия), профессор Я. Хайяши (Япония), также в него вошли представители Украины, Великобритании, Франции, Польши, Италии, Китая.

Международный комитет поддержки возглавили: соучредитель и генеральный спонсор ВОМ-2007 ФГУП «НПК “Суперметалл”» (Россия) и генеральный информационный спонсор НТЦ «Психея», «Нефтяное обозрение: Терминал» (Украина).

В международный комитет поддержки вошли: международный журнал “International Journal of Hydrogen Energy” (США), 10 научно-технических журналов Украины и 10 научно-технических журналов России, а также по одному журналу из Беларуси и Молдовы. Естественно, что настоящая информация публикуется в журналах – членах Международного комитета поддержки ВОМ-2007. В конференции приняли участие более 130 ученых, инженеров, экспертов, производственников из 28 стран.

Открытие конференции было организовано в духе физиков и лириков 70-х годов. Ровно в 10:00 президиум занял свое место: В. В. Кисиль (Донецкая облгосадминистрация), Е. А. Башков (ДонНТУ), В. Л. Пилюшенко (ДонГУУ), А. Ю. Корягин (НТЦ «Психея», Киев), В. В. Васекин (ФГУП «НПК “Суперметалл”» (Москва, Россия), Я. Хаяши (Университет Кюсю, Япония). Председатель Оргкомитета, зав. кафедрой физики профессор В. А. Гольцов сослался на то, что знаменитый ученый Чарльз Дарвин в своих воспоминаниях писал, что если бы он начинал жизнь сначала, то каждый день 20 минут слушал бы музыку или читал стихи, чтобы тренировать соответствующие отделы мозга. Профессор В. А. Гольцов объявил, что традицией ВОМ-конференций стало читать стихи и слушать музыку, прежде чем перейти к обсуждению научных проблем. Далее главный ученый секретарь ВОМ-2007 Р. В. Котельва зачитала стихотворный гимн водороду, написанный доцентом кафедры математики В. В. Малащенко, а доцент В. А. Гаркушева повторила его перевод на английский язык. Здесь уместно сразу подчеркнуть, что открытие ВОМ-2007 было полностью двуязычным (английский и русский). Далее, к большому удивлению всех участвующих в открытии конференции, им был представлен струнный квартет «Нюанс» Донецкой областной филармонии им. С. С. Прокофьева в составе: Марианна Сазонова, Марина Жорняк, Валентина Борищенко и Константин Марунько. Квартет вдохновенно исполнил «Дивертисмент» великого Моцарта и неповторимый «Чардаш» Монти. Зал приветствовал выступление квартета длительными аплодисментами.

Затем члены президиума обратились к участникам конференции с приветствиями. От имени Донецкой облгосадминистрации участников приветствовал В. В. Кисиль, подчеркнувший важность проблемы и значимость того, что конференция посвящена 75-ле-



тию Донецкой области. Далее к присутствующим обратились с приветствиями проректор ДонНТУ профессор Е. А. Башков и проректор ДонГУУ член-корр. НАНУ, профессор В. Л. Пилюшенко. Р. В. Котельва огласила приветствия президента МАВЭ профессора Т. Н. Везироглу, президента МИА академика Б. В. Гусева и президента ИАУ академика А. И. Васильева.

Современный, столь представительный международный форум требует спонсорской поддержки. Организаторы конференции с большим уважением провели презентации спонсоров: в первую очередь, были представлены соучредитель и генеральный спонсор ФГУП НПК «Суперметалл» (Россия) (с показом компьютерной презентации) и генеральный информационный спонсор НТЦ «Психея», «Нефтяное обозрение: Терминал» (Украина). Затем были оглашены все участники Международного комитета поддержки: научно-технические журналы США, России, Украины, Беларуси и Молдовы.

Далее профессор В. А. Гольцов огласил решение МАВЭ о награждении ряда ученых из разных стран, и знаменитый профессор из Японии Ясунори Хаяши вручил им Золотые и Серебряные Дипломы МАВЭ за выдающиеся успехи в развитии водородной энергетики и водородной обработки материалов.

Научная работа конференции была организована по четырем направлениям:

1. Некоторые аспекты мирового и регионального движения человечества по вектору «водородная энергетика → водородная экономика → водородная цивилизация»;
2. Платиновые и редкие металлы в топливных элементах, технологиях хранения, транспортировки и использования водорода;
3. Теория и технология водородной обработки материалов;
4. Водородная деградация материалов и сопутствующие явления.

На аудиторных и пленарных заседаниях участники конференции заслушали и обсудили 65 пленарных, ключевых, аудиторных докладов и 95 стендовых, состоялось заседание международного молодежного водородного клуба.

24 мая прошло выездное заседание и состоялся круглый стол, а 25 мая на заключительном пленарном заседании были подведены итоги работы конференции. Был обсужден и принят Меморандум «Новая концепция МАВЭ о водородной цивилизации будущего: исторические аспекты и новые вызовы настоящего времени», который рекомендован для опубликования в специальном выпуске международного журнала «International Journal of Hydrogen Energy», посвященном данной конференции, а также в национальных научных журналах, вошедших в Международный комитет поддержки ВОМ-2007.

К началу работы конференции были изданы ее труды в 2-х томах (952 с.). Читатели журнала имеют возможность ознакомиться с информацией о ВОМ-2007 и оглавлением трудов ВОМ-2007 в Интернете: <http://donntu.edu.ua/hydrogen-community/>.

В заключение нельзя не отметить, что Пятая международная конференция ВОМ-2007 уделила особое внимание выводам, сделанным 2-й Международной конференцией «Платиновые металлы в современной промышленности, водородной энергетике и в сферах жизнеобеспечения будущего (Берлин-ПМ'2006)» о стратегической важности платиновых металлов для успешного становления и коммерциализации Мировой водородной экономики. Важность этой проблемы особо подчеркнута в выше упомянутом Меморандуме. Обсуждение и поиски путей решения проблемы платиновых металлов будут продолжены на 3-й Международной конференции «Платиновые металлы в современной промышленности, водородной энергетике и в сферах жизнеобеспечения будущего» (Сиань-ПМ'2008)», которая состоится в Китае в мае 2008 г.

Читатели журнала, заинтересованные в получении дополнительной информации о ВОМ-2007 и ее участниках, могут обращаться в Международный научно-организационный комитет ВОМ-2007 г.

Профессор В. А. Гольцов,
председатель МНОК ВОМ-2007,
член Совета директоров МАВЭ

МЕМОРАНДУМ «НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ МАВЭ О ВОДОРОДНОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ БУДУЩЕГО: ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И НОВЫЕ ВЫЗОВЫ НАСТОЯЩЕГО ВРЕМЕНИ»

Мы, участники 5-й Международной конференции МАВЭ «Водородная экономика и водородная обработка материалов. ВОМ-2007» (21–25 мая 2007 г., Донецк, Украина), ученые, инженеры, эксперты, производственники, представители старшего и младшего поколений Мирового водородного движения из 28 стран, принимая во внимание, что:

- глобальные энергетические и экологические проблемы, вызываемые использованием ископаемых топлив, продолжают усугубляться;
 - ресурсы ископаемых топлив ограничены, и пик Хуберта будет достигнут в ближайшем будущем;
 - разделенное на отдельные профессионально и/или политически различно ориентированные части мировое научно-гуманитарно-культурное сообщество видит решение выше означенных проблем с несогласованных (иногда противоположных) позиций,
- будучи активными членами Мирового водородного движения и желая быть полезными Мировому научному и культурному сообществу для успешного разрешения выше сформулированных проблем,
- обсудили и приняли этот полномасштабный Меморандум об исторических инициативах МАВЭ и прогнозах МАВЭ о будущем переходе человечества в эру Водородной цивилизации,
- призываем Мировое сообщество сконцентрировать свое внимание и активность на решении новых вызовов настоящего времени.

1. Исторические аспекты

Водород, будучи эффективным источником энергии, систематически привлекал внимание ученых и инженеров в течение двухсот последних лет: В. Сесил — 1820 г.; В. Гроув — 1839 г.; Х. Тейтман — 1852 г.; Жюль Верн — 1875 г.; Р. Эррен — 20–30-е годы XX столетия; Б. И. Шелищ — 1941–1944 гг. и многие, многие другие. Но, как хорошо известно из истории науки и техники, *даже самые великие, фундаментальные идеи находят общественный отклик и могут быть реализованы на практике только тогда, когда формируются необходимые исторические условия и возникают соответствующие технические и жизненные потребности общества.*

Именно в соответствии с этой исторической тенденцией водородная энергетика зародилась и стала развиваться в 70–80-х годах XX столетия. Действительно, три объективных фактора мирового масштаба изменили научное, техническое и общественное сознание.

Два из них упомянуты выше: экологические проблемы и проблемы ограниченности запасов ископаемых топлив — были впервые осмыслены на глобальном уровне именно в то время. Третий фактор, экстраактивный по своей природе, — это мировой энергетический кризис семидесятых.

18–21 марта 1974 г. во время Водородной энергетической конференции в Майами (THEME) небольшая группа «Водородных романтиков» собралась вместе. Они пришли к согласию и «заявили громко», что «Водородная Энергетическая Система — это идея, чье время пришло». Была основана Международная ассоциация водородной энергетики (МАВЭ), которая начала систематически и ответственно информировать мировое сообщество о сущности водородной энергетической системы. Для достижения этой цели были учреждены (и действуют по настоящее время) несколько серий международных конференций во всех частях света: Всемирная конференция по водородной энергетике (WHECs) и международные специализированные водородные конференции. Следующим делом особой важности было учреждение Международного журнала “International Journal of Hydrogen Energy” (IJHE), который начал выходить в свет с января 1976 г.

В эти же годы концепция водородной энергетики стала широко обсуждаться в СССР и вскоре получила официальное признание: соответственно, СССР вошел в МАВЭ.

В 80–90-х годах уже более чем в 40 странах мира водородная энергетика стала систематически разрабатываться, и научная информация по проблеме стала публиковаться более чем на 20 языках. Соответственно, Мировое водородное движение постоянно росло и укреплялось. Так как мировая экономика основана, прежде всего, на потреблении энергии, в эти годы зародилась и стала развиваться во всех возможных направлениях концепция водородной экономики.

В конце XX века для специалистов стало абсолютно ясно, что в XXI веке произойдет эпохальное событие — смена основного энергоносителя. Ископаемые топлива (прежде всего, нефть и газ) будут шаг за шагом заменяться новым дружелюбным природе энергоносителем — водородом.

Более того, стало абсолютно ясно, что этот исторический процесс вызовет кардинальные изменения всех аспектов человеческой жизни: и индустриальных, и духовных. Систематическое осмысливание этих историко-планетарных процессов небольшой инициативной группой МАВЭ привело к зарождению новой крупномасштабной концепции МАВЭ о Водородной Цивилизации будущего (HySi-концепция).

14–18 мая 2001 г. во время 3-й Международной конференции МАВЭ “ВОМ-2001” (Украина, Донецк) HySi — концепция была впервые доложена представителям Мирового Водородного Движения. В результате активной дискуссии был принят Меморандум о неизбежности перехода от ископаемых топлив к Водородной Экономике, а затем к Водородной Цивилизации. Меморандум был опубликован в специальном выпуске IJNE (2002, Vol. 27, p. 725–726) и во многих других научных изданиях.

Меморандум призвал *«...всех членов водородного и экологического движений, всех, кому дорого экологическое благополучие человечества, сохранение биосферы и экосистемы Земли, консолидировать усилия и способствовать всеми доступными средствами приближению эры водородной цивилизации, единственной экологически чистой и достойной цивилизации будущего»*.

В первые годы XXI века фундамент новой концепции МАВЭ о будущем переходе в эру водородной цивилизации был разработан в полной мере и широко представлен мировому научному сообществу на международных водородных конференциях (Иокогама-2004, Донецк-2004, Стамбул-2005, Москва-2006, Лион-2006) и был опубликован в IJNE (2001, 2006), в «International Journal of Nuclear Hydrogen Production and Application» (2006), а также во многих других научных журналах и трудах конференций.

HySi-концепция носит программный характер. Она утверждает, что **человечество имеет возможность избежать мировой экологической катастрофы и сохранить биосферу пригодной для жизни одним единственным путем, а именно, путем движения по вектору «Водородная энергетика → Водородная экономика → Водородная цивилизация»**. Исторически длительное движение в этом направлении приведет к глобальным переменам всех аспектов человеческого существования, человеческого менталитета, к изменениям политического и интернационального мышления, к успешному совместному индустриальному и экологическому развитию. Соответственно, HySi-концепция включает три взаимозависимые и взаимообусловленные базовые составляющие: индустриально-экологическую; гуманитарно-культурную и геополитическую международно-законодательную.

HySi-концепция раскрывает законодательно-экономический механизм перехода к Водородной цивилизации и формулирует этапы перехода, которые начнут реализоваться в XXI веке. При этом акцентируется внимание на будущей ноосферной роли в этом процессе научно-культурного мирового сообщества, на принципиальной важности формирования водородно-экологического массового сознания, на роли и ответственности международных и региональных политических и законодательных организаций, на роли национальных парламентов и правительств.

Будущее развитие и детализация Нусi-концепции должны быть (и будут) результатом объединенных коллективных усилий мирового водородного движения, а в последующем будут необходимы ноосферные усилия всего мирового научного и культурного сообщества.

В заключение анализа исторической активности МАВЭ и ее прогноза о будущем переходе человечества в эру водородной цивилизации мы — активные участники Мирового водородного движения, выразили согласованное желание призвать всемирные экологические, культурные, политические, индустриальные и общественные сообщества обратить свое пристальное внимание и свою деловую активность на новые цивилизационные вызовы, уже вступающие в «свою игру».

2. Новые вызовы настоящего времени

2.1. Будущий переход к водородной экономике, а затем к водородной цивилизации будет эпохальным историческим процессом. Трансформация таких глобальных масштабов не может быть «безоблачной» в принципе. Вся история науки и техники доказывает эту точку зрения. На этом пути мы, человечество, пройдем через величайшие достижения и величайшие затруднения и даже возможны временные откаты назад.

Важнейшая задача элиты человечества на этом пути состоит в том, чтобы перманентно отслеживать и предупреждать возможные негативные технические и социальные тенденции, имеющие различную природу, однако негативно действующие, например, подобно известному «синдрому Гинденбурга».

2.2. Аналитическая и практическая деятельность по стимулированию процесса перехода к водородной цивилизации требует:

- Консолидации водородного и экологического движений и привлечения научных сообществ иных направлений для решения комплексных задач и системных исследований.
- Формирования массового «водородно-экологического» сознания: привлечение внимания широких кругов общественности через средства массовой информации; образовательные программы в школах, колледжах, университетах и т. д.
- Инициации широкого обсуждения и принятия в международных и региональных организациях рамочных законов об экономико-правовом регулировании процессов перехода к водородной экономике, а затем к водородной цивилизации.
- Инициирования и практической деятельности по экономико-правовому регулированию развития водородной экономики в отдельных странах и группах стран.
- Все более и более широкого международного сотрудничества с целью содействовать переходу к водородной цивилизации всего человечества.

2.3. Безопасность и эффективность водородной индустрии, водородных технологий и водородных энергетических систем обеспечиваются соответствующей деятельностью Мирового водородного движения, состоящего из трех международных сообществ: водородно-энергетического, водородно-материаловедческого и водородно-технологического.

В данный исторический момент одним из важнейших вопросов для международного водородного движения является необходимость системного информационного обмена и практической кооперации трех указанных водородных сообществ. Именно такая кооперация обеспечит предвидение возможных бифуркационных точек на пути к водородной цивилизации. Ярким примером эффективности такого подхода к проблеме является достигнутое осознание возможности близкого кризиса развития и коммерциализации водородной экономики, который будет инициирован дефицитом платины на мировом рынке драгоценных металлов (дефицит на десятки и сотни тонн платины в год).

2.4. Переход к водородной экономике и затем к водородной цивилизации будет, несомненно, сопровождаться возникновением глобальных и/или локальных геополитических и геоэкономических противоречий и противостояний. В частности, произойдут сдвиги в национальных интересах многих стран — «старых» и «новых» поставщиков и потребителей энергоносителей, будут иметь место изменение геополитических интересов транснациональных энергетических компаний и перераспределение их сфер влияния и т. д.

Важнейшая задача политической элиты и всего человечества состоит в том, чтобы систематически и настойчиво работать над международно-законодательными (не силовыми) методами и нормами предупреждения возникновения негативных геополитических и геоэкономических тенденций на пути к водородной цивилизации.

2.5. Настало время основать международную систему планомерной передачи всей совокупности водородных знаний и умений от поколения к поколению. Создание и эффективное функционирование глобальной системы, объединяющей старшее и младшее поколения, есть необходимое условие безопасного, устойчивого, эффективного движения человечества по дружественному природе вектору «Водородная энергетика → Водородная экономика → Водородная цивилизация».

3. Разработка, обсуждение, принятие

Настоящий меморандум разработан инициативной группой Международной ассоциации водородной энергетики в следующем составе: профессор В. А. Гольцов, профессор T. N. Veziroğlu и канд. техн. наук Л. Ф. Гольцова.

Меморандум был обсужден и принят в г. Донецке (Украина) 25 мая 2007 г. на заключительном пленарном заседании 5-й Международной конференции «Водородная экономика и водородная обработка материалов» (ВОМ-2007) и рекомендован для опубликования в специальном выпуске международного журнала «International Journal of Hydrogen Energy», посвященном данной конференции, а также в других международных и национальных научных журналах, в публичных изданиях и в прессе.

4. Призыв к кооперации

Мы, участники 5-й Международной конференции ВОМ-2007 (21–25 мая 2007 г., Донецк, Украина), представители старшего и младшего поколений, активные члены Мирового водородного движения обращаемся с призывом к всемирным научным, экологическим, культурным сообществам, к индустриальной, гуманитарной и политической элитам, к каждому, кто обеспокоен необходимостью достижения экологически достойного существования человечества, кто желает сохранить биосферу и экосистему Земли, объединить свои усилия и возможности для успешного движения человечества в эру водородной цивилизации, способной обеспечить экологически чистую, достойную, устойчиво развивающуюся и человеколюбивую жизнь на планете Земля.

По поручению представителей 28 стран, участников 5-й Международной конференции ВОМ-2007, настоящий меморандум подписали:

Проф. В. А. Гольцов, Украина
Prof. T. N. Veziroğlu, США
В. н. с. Л. Ф. Гольцова, Украина
Prof. E. Türe, Турция
Проф. А. А. Минаев, Украина
Prof. Yasunori Hayashi, Япония
Prof. Bent Sørensen, Дания
Prof. Roger Sierens, Бельгия
Prof. Giovanni Principi, Италия
Prof. Rangan Banerjee, Индия
Проф. Р. А. Андриевский, Россия
Проф. А. А. Евдокимов, Россия

Д-р В. В. Васекин, Россия
Assoc. Prof. Siew Hwa Chan, Сингапур
Доц. М. В. Гольцова, Украина
Manager Philippe Marty, Франция
Проф. В. Н. Свиденко, Кыргызстан
PhD V. M. Skripnyuk, Израиль
Ассист. Г. И. Жиров, Украина
PhD St. Atsushi Unemoto, Япония
PhD St. Meng Ni, Гонконг, Китай
Студент Н. Григорьева, Россия
Студент А. Лозовская, Украина
Студент Я. Маковская, Украина



MANUFACTURE NANO-COMPOSITES MEMBRANES FOR CLEARING CHLORINE

*A. L. Gusev, M. A. Kazaryan**

Scientific and Technical Center "TATA"

P.O.Box 687, Sarov, Nizhniy Novgorod reg. 607183 Russia

Phone/Fax: 8-83130-63107, phone: 8-83130-97472, e-mail: gusev@hydrogen.ru

FIAN Lebedev, Moscow 119991 Russia

Phone/Fax: 8-495-1357880, Phone: 8-495-938 2251, e-mail: KAZAR@sci.lebedev.ru

Introduction. World production of chlorine made in 1975 — 25 million tons (БСЭ), in 1997 — 44 million tons (data Euro Chlor). It is important to receive chlorine of the maximum clearing for various chemical processes.

The project will address both fundamental and applied matters. Fundamental matters include theoretical aspects in developing new materials and combined nanostructures. Applied matters include the development and analysis of selective membranes to produce extra pure chlorine. Chemically chlorine is very active, directly incorporates almost to all metals (with the some only at presence of a moisture or at heating) and with nonmetals (except for carbon, of nitrogen, oxygen, of inert gases).

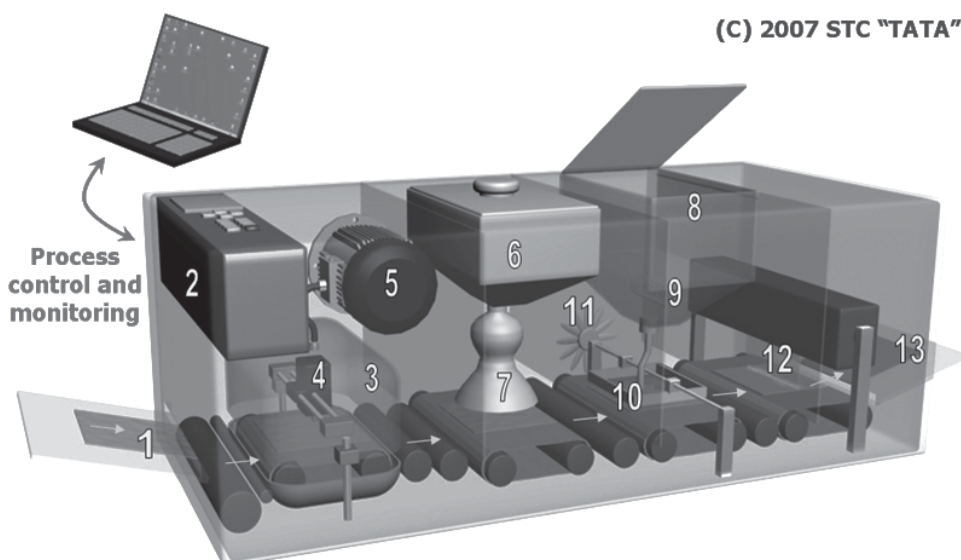
Objective. Develop selective membranes to produce extra pure chlorine based on a fundamentally new approach using profile matrices and nanotubes grown in them.

Fundamental and applied matters. The most essential fundamental and applied matters include the development of theoretical approaches and processes for growing Membranes for clearing Chlorine using profile nanomatrices and nanostructures grown in them. A phenomenological description of an optimal membrane structure to develop nanomembrane synthesis methodology will be proposed.

According to Dubinin's theory, all sorption materials can be divided into three groups: micro-, meso- and macro-sorbents. Sorption in the meso- and macro-sorbents proceeds at lower temperatures. In the micro- and supermicro-sorbents, sorption shows activation behavior and proceeds at elevated sorbate temperatures. At the same time, the theory of hydrogen micro-sorption in nanostructures can be further developed towards the reduction of the diameter of inner supermicro-sorbent channels to the sizes commensurate with the diameter of chlorine molecules (0.37 nm).

As basic nanomatrices, one can consider both single-wall carbon nanotubes (hollow or hollow with partial inner wall coating).

Projects and development

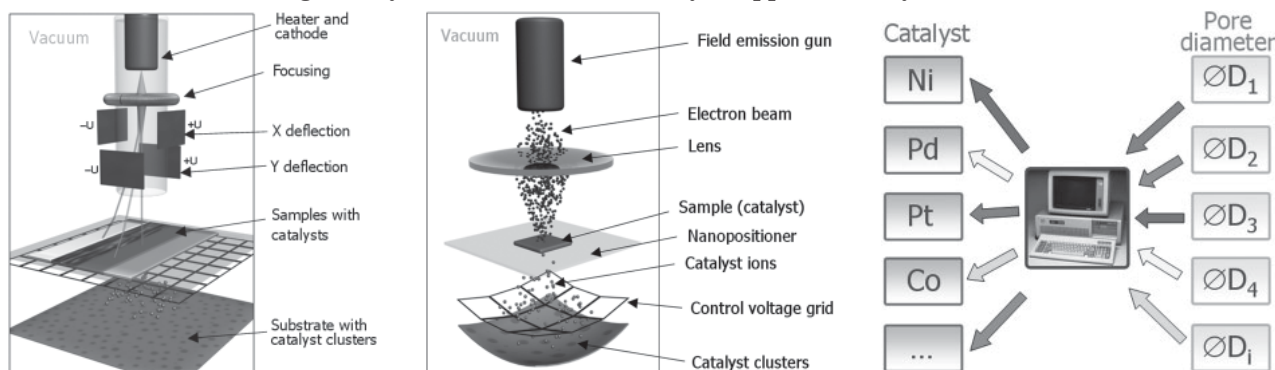


(C) 2007 STC "TATA"

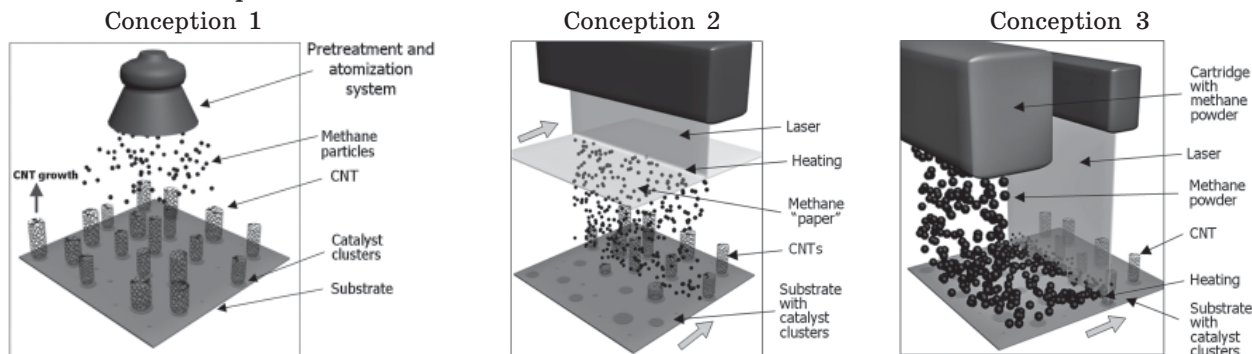
Device for making carbon nanotube-based membranes:

- 1 – substrate,
- 2 – control unit,
- 3 – vacuum chamber,
- 4 – catalyst application,
- 5 – pump,
- 6 – methane tank,
- 7 – atomizer,
- 8 – compound tank,
- 9 – heater,
- 10 – mold,
- 11 – cooling system,
- 12 – laser,
- 13 – membrane

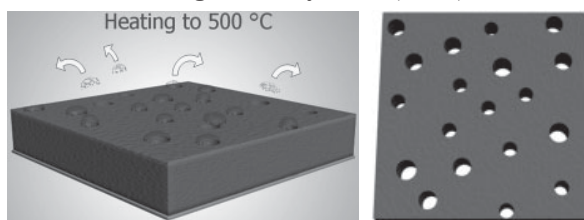
Methods of drawing catalytic nanoclusters. Catalyst application system



Various concepts of cultivation of membranes



Nanotube growth system (CVD)



Instruments and techniques

The nanomembranes produced during the project will be comprehensively studied and analyzed using experimental and instrumental capabilities of STC "TATA" and its partners.

Nanotubes will be synthesized using a graphite arc spray facility, and a CVD facility. Analysis will be carried out using transmission electron and scanning tunnel microscopy, a vacuum system, the BET technique, a plasma analyzer to study the materials' chemical composition, x-ray phase analysis, a potenti-

ate, large and small electron accelerators.

Edelweiss-001 test bench

Synthesized membranes will be studied using a unique test bench, Edelweiss-001, adapted to meet the project objectives and developed by STC "TATA".

Conclusion. As a result of the effort, selective membranes for producing extra pure chlorine will be developed.

References

1. A. L. Gusev. Project Proposal #1580 "Hydrogen Detectors" // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology, 2000, No. 1, P. 222-226.
2. A. L. Gusev, V. M. Belousov, I. V. Bachericova, E. V. Rozhkova. Hydrogen Sensor for Cryogenic vacuum objects // Abstracts book of NATO International Conference Katsiveli, Yalta, Ukraine, September 02-08, 1999. P. 370.
3. A. L. Gusev, M. A. Kazaryan. Nano-composites for Hydrogen Membranes and Fuel Cells. Bayer-MaterialScience (BMS) & The International Science and Technology Center (ISTC). Research Conference, Moscow, Russia, 23-24 January 2007. P. 22-23.
4. A. L. Gusev, E. V. Kudel'kina. Phenomenological thermodynamics of adsorption for justification of synthesis of the optimal hydrogen accumulator based on zeolites, carbon nanotubes and nanospheres // The Proceedings for the 30th ISTC Japan Workshop on Advanced Catalysis Technologies in Russia, April 12-19, 2004, Visits to Companies in Japan, Sponsor: Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan-Russia Business Cooperation Committee; International Science and Technology Center (ISTC). P. 230.
5. A. L. Gusev, M. D. Hampton, I. V. Zolotuchin, J. E. Kalinin, A. T. Ponomarenko, V. S. Travkin, T. N. Veziroglu. SUPERINSULATION: NEW EFFECTS, STRUCTURES, Design PRINCIPLES // Extended Abstracts of the «Eurofillers' 01» Conference, July 9-12, 2001, Lodz (Poland) Technical University of Lodz., C-10, P. 102/C-10/1-103/C-10/2.
6. Yu. S. Nechaev, A. L. Gusev, B. K. Gupta, O. N. Srivastava, T. N. Veziroglu. On using graphite nanofibers for hydrogen on-board storage. // In: Transactions of International conference "Solid State Hydrogen Storage - Materials and Applications", January 31 - February 1, 2005, Hyderabad, India.

DEVELOPMENT OF ADVANCED PRINCIPLES OF HYDROGEN STORAGE AND RATIONAL DESIGN OF NOVEL MATERIALS FOR HYDROGEN ACCUMULATION

A. L. Gusev¹, B. V. Spitsyn², M. A. Kazaryan³

¹ STC TATA (Sarov)

² IPCE RAS (Moscow)

³ FIAN (Moscow)

© 2007 Scientific Technical Centre «TATA»

Introduction: Safe, efficient and reliable accumulation, storage, transportation and utilization of hydrogen are prerequisite to the development of state-of-the-art hydrogen energy. In particular, as applied to vehicles, of interest are devices providing long-term retention and efficient release of hydrogen with hydrogen content of at least 6 wt. % in accordance with recommendations of DOE (as of 2006) and corresponding RF institutions.

Objective: Develop new composites to be used in the devices enabling multiple filling, safe storage and dispensing of gaseous hydrogen both at small stationary storage facilities or filling stations and aboard vehicles. The project also seeks to design a hydrogen cartridge and develop a process for its making, as well as to test hydrogen filling and dispensing parameters.

Examples of realization of new devices

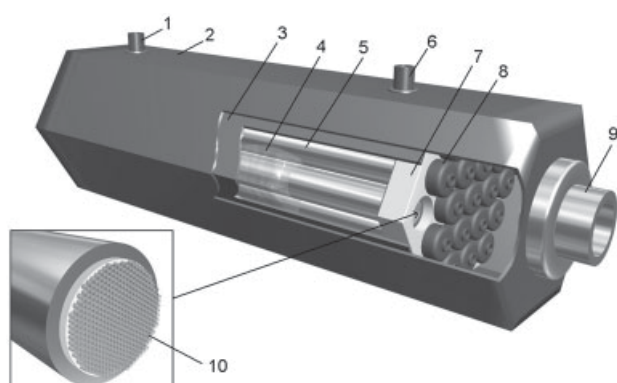


Fig. 1. Design of the accumulator of hydrogen: 1 — an input of liquid nitrogen; 2 — the external case; 3 — the internal case; 4 — liquid nitrogen; 5 — the cylinder with advance material capillaries; 6 — an output of liquid nitrogen; 7 — teflon; 8 — the valve; 9 — an output of hydrogen; 10 — advance material capillaries for storage of gaseous hydrogen

Directions of the planned researches

The following criteria are most important in the development of hydrogen storage and utilization devices:

For filling stations:

- Price of filling systems,
- Operating costs of filling systems
- Usability (energy output, charge time etc.)

For devices being filled:

- Usability (filling time)
- Safety, especially in accidents
- Control of discharge
- Service life (number of charge/discharge cycles)

- Price
- Weight and dimensions
- Weight percentage of retained hydrogen

Technical approach and methodology

Among the simplest hydrogen cartridges is a system of long tanks (LT) with an acceptable inner diameter / wall thickness ratio.

ISJAEE

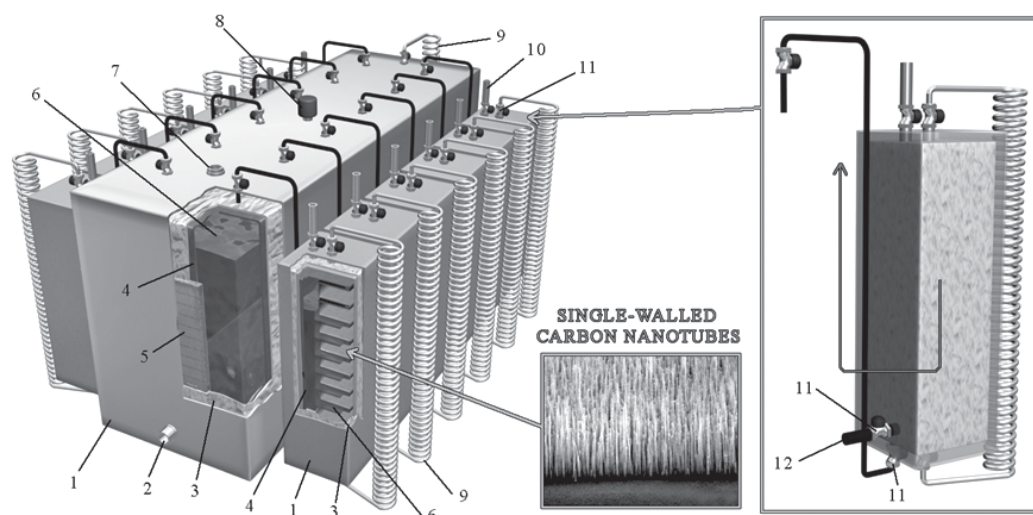


Fig. 2. Transport tank for storage of nitrogen and hydrogen in SWNT at cryogenic temperatures: 1 — the external case; 2 — an output of nitrogen; 3 — screen-vacuum insulation; 4 — the internal case; 5 — cryogenic pump; 6 — liquid nitrogen; 7 — an input for refilling by nitrogen; 8 — a safety valve; 9 — air heat exchanger; 10 — an input/output of hydrogen; 11 — the electrovalve; 12 — a pipe connecting the module of storage of hydrogen with storehouse of nitrogen

© 2007 Научно-технический центр «TATA»

Such tanks can be filled (charged) at a pressure above kbar and room temperature or around (300 K).

After the charge cycle using special solutions representing know-how of project applicants is completed, the LT system is pressurized.

LTs are fabricated from high-tech composites. In particular, as part of composite material one can use polycarbonate, polyurethane etc. or high-module organic and inorganic materials, such as pyrolytic graphite, pyrolytic boron nitride, boron carbonitride, aluminum nitride, silicon carbide and tetrahedral diamond-like carbon, as well as other materials being know-how of project applicants.

The traditional and one of the most straightforward ways of hydrogen storage in pressurized steel tanks has achieved its maximum weight percentage of hydrogen determined by the strength of their cylindrical case. Further increase in hydrogen content will lead to a lower safety level of this hydrogen storage approach.

However, strength properties of spherical or cylindrical cases are known to linearly increase with the decrease in diameter (wall thickness being the same), but this implies additional process, engineering, physical and chemical factors that need to be taken into account in designing, developing and using small-diameter LTs.

Such factors include:

1. Possibility of using compressed hydrogen at up to 200 MPa and higher pressure (special storage conditions — project know-how)

2. Possibility of making a device with 10 to 15 wt. % of accumulated hydrogen (special storage conditions — project know-how)

3. Necessity of reducing hydrogen diffusion through LT walls to acceptable level

4. Possibility of improving the performance of LT walls due to optimal choice of both initial material and special conditions and compositions of outer and inner LT wall coatings

5. Possibility of arranging LT modules into bundles to increase safety, reliability and efficiency of next-generation walls at all operation stages.

Basic design of LTs includes:

1. LT pressurized directly from opposite ends with primary wall material suitable for further application of functional composite coatings

2. Composite coatings to provide protection from different mechanical effects, as well as reinforcing and anti-diffusion multi-layer coatings on the outer and inner surface of primary LT wall

3. Winding and stacking of LTs in outer case (OC), which protects LTs from outer mechanical and other effects and serves as a tank for gas storage at reduced pressure making 0.01-0.1 of maximum pressure in LT

4. LT sectioning system, with the number of LT bundles in OC ranging from several tens to several hundreds

5. Locking and regulating devices enabling parallel charge and discharge of individual LT bundles of special importance for efficient and reliable operation of LTs are multi-layer coatings applied to the primary wall. Their functions are as follows:

- a) Serve as a barrier to reduce hydrogen diffusion due to the difference in inside and ambient pressure;

- b) Employ stress of the coatings to improve mechanical strength of the wall;

- c) Make use of size effect providing higher strength of small-thickness materials compared to large-thickness materials;

- d) Improve resistance of outer LT wall components to mechanical damage.

Success of the project as a whole will rest upon phased accomplishment of the following theoretical and experimental tasks by two participating institutes:

1. Strength analysis of primary wall.

2. Calculation of thermal stress resulting from different thermal expansion coefficient of primary wall and thin multi-layer coatings from high-module and high-strength materials.

3. Calculation of barometric stresses of LTs.

4. Fabrication of a scaled model of the main component – LT matrix.

5. Development of a sealing system in the 'LT-locking/regulating device' system

6. Development of a process for applying multi-layer coatings

7. Testing of the scaled LT model with primary wall to determine:

- max. strength

- gas diffusion through wall

8. Testing of scaled LT model with multi-layer wall to determine:

- max. strength

- gas diffusion through wall

9. Tests of the scaled model and the sealing system at 300–500 K temperatures

10. Analysis of the scaled LT model's service life at pressure cycling between 10 MPa and 200 MPa

11. Development of a task order to scale-up the hydrogen storage and utilization system as an additional source of environmentally clean fuel for vehicles.

12. Filing and support of patent applications for anticipated invention.

ELECTROSORPTION PHENOMENA IN LAYERS OF SHIELD-VACUUM HEAT INSULATION OF HYDROGEN RESERVOIRS

A. L. Gusev

Scientific Technical Centre "TATA"

P.O.Box 687, Sarov, Nizhniy Novgorod reg., 607183 Russia

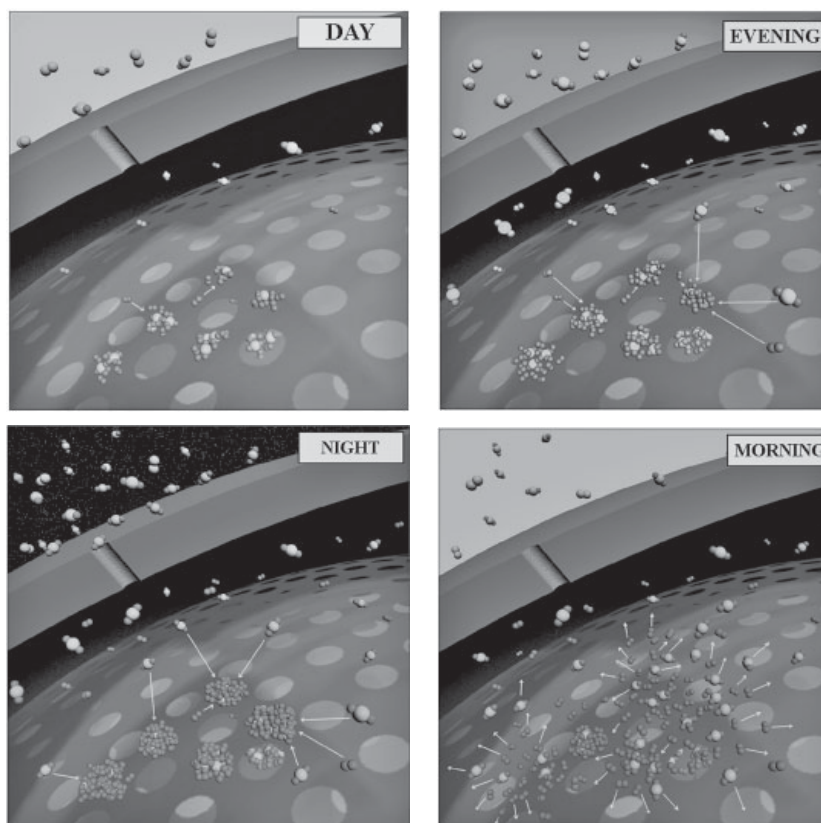
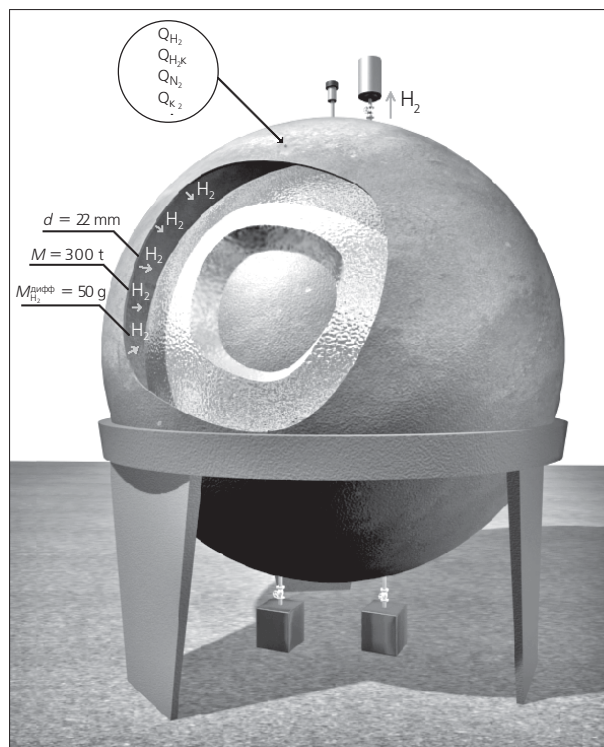
Phone/Fax: +7-83130-63107, phone: +7-83130-97472, e-mail: gusev@hydrogen.ru

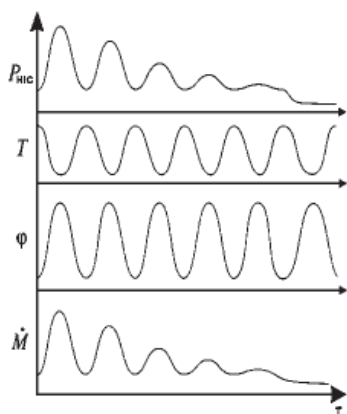
Purpose of the work. Analysis and generalization of effects arising in layers of shield-vacuum heat insulation in emergency operating conditions of cryogenic objects.

Range of application: hydrogen cryogenic reservoirs, hydrogen tanks of transport systems, heat insulation systems of space objects, space-suits, cosmonauts, cryogenic devices for analytical equipment.

Methods. Experimental methods for multiyear observation of the evaporation processes and variations of the residual pressure in heat insulation cavities and analytical justification of their appearance. Theoretical models have been proposed for the appearance of effusion-induced hydrogen and heat-conducting instability of the shield-vacuum heat insulation (super-insulation) in vacuum cavities of big cryogenic reservoirs. The thermodynamic description of these new effects has been carried out by means of analytical thermodynamics tools. On the basis of variational description of heat and mass transfer processes for a heterogeneous system in the continuum approximation and with the account of electrosorption processes according to the hydrogen-water cycle (Bardeen – Brattain – Shockley), a formulation of the mathematical model for molecular heat and mass transfer processes in super-insulation has been obtained.

Approaches. A fundamentally new approach to super-insulation designing and calculation has been demonstrated, which, apart from radiation and convective heat conductivity mechanisms, takes account of the convective component variation mechanism. These variations occur due to changes of the composition and concentration of the residual medium as a result of the electrosorption process. The electrosorption process arises on warm super-insulation shields (each shield has been made from a double-sided aluminized polyethyleneterephthalate film) at the presence of a clearly expressed hydrogen residual atmosphere in the vacuum cavity of a cryogenic reservoir and in a certain range of water concentrations in the ambient atmospheric pressure flowing into the heat insulation cavity through micro-loosenesses. The water ion particles being absorbed by the shield regulate





the birth and destruction of the adsorption centers interacting with hydrogen being between the shields.

Novelties. New technical solutions have been discussed for the design versions of heat insulation elements. New materials have been proposed allowing to avoid the appearance of emergency conditions of heat insulation operation.

Conclusion. The electroosorption phenomena in layers of shield-vacuum heat insulation of hydrogen reservoirs can cause a considerable influence on the safety and economic efficiency of the liquid hydrogen storage in emergency conditions of reservoir operation. As a result of implementation of new technical solutions, one can eliminate preconditions of the appearance of dangerous operating conditions of heat insulation systems.

References

1. Gusev A. L., Hampton M. D., Zolotukhin I. V., Kalinin J. E., Ponomarenko A. T., Travkin V. S., Veziroglu T. N. Superinsulation: new effects, structures and design principles // Abstracts book of the Eurofillers' 01 Conference "Fillers for the New Millenium", Juli 9-12, 2001, Lodz (Poland) Technical University of Lod'z, P. 102-103.

СОЗДАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЭНЕРГОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ ПЛАВУЧИХ АЭС

*Р. И. Илькаев¹, Ю. А. Трутнев¹, С. М. Алдошин², А. Л. Михайлов¹, Ю. Д. Третьяков³, В. А. Гудилин³,
Ю. А. Добровольский², А. Л. Гусев^{1,4}, В. А. Хуснутдинов⁵, В. К. Емельянов⁶, Ю. А. Юдин¹,
М. А. Казарян⁷, И. В. Шаманин⁸, З. Р. Исмагилов⁹, И. Б. Харламов⁵, П. А. Котова⁵*

¹ ФГУП Российский Федеральный Ядерный Центр – ВНИИЭФ
пр. Мира, 37, г. Саров, Нижегородской обл., 607188

² Институт проблем химической физики РАН

³ МГУ им. М. В. Ломоносова, Ленинские горы, Москва, ГСП-1, 119991, Россия
Тел.: (495)-939-47-29, факс: (495)-939-09-98, e-mail: goodilin@inorg.chem.msu.ru

⁴ Научно-технический центр «ТАТА», а/я 687, Саров, Нижегородская область, Россия
Тел./факс: (83130)-63107, e-mail: gusev@hydrogen.ru

⁵ ФГУП концерн «Росэнергоатом»,
«Дирекция строящихся плавучих атомных теплоэлектростанций»
ул. Льва Толстого, 5/1, Москва, 119992. Тел/факс: (495)-660-72-45, (495)-660-72-39

⁶ Международный научно-технический центр
Краснопролетарская 32-34, Москва, 127473, Российская Федерация

⁷ ФИАН им. П. Н. Лебедева Российской академии наук
Ленинский проспект, 53, Москва, ГСП-1, 119991

⁸ Томский политехнический университет, пр. Ленина, 30, г. Томск, 634050

⁹ Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН
пр. ак. Лаврентьева, 5, Новосибирск, 630090, Россия

«Столетний меморандум» Президента Международной ассоциации водородной энергетики профессора Т. Н. Везируглу главам стран Большой восьмерки от 13 ноября 2006 года, подписанный пионерами альтернативной энергетики, обозначил необходимость скорейшего выхода из мирового энергетического и экологического кризиса [1]. Национальный Российский семинар «Получение альтернативных энергоносителей с помощью атомно-водородного цикла», проведенный по инициативе доктора В. К. Емельянова (МНТЦ) и НТЦ «ТАТА» в марте 2007 года в г. Саров, конкретизировал пути выхода из кризиса с помощью атомно-водородной и атомно-азотной энергетики [2]. На Третьей Международной конференции «Возобновляемые и чистые источники энергии» IPSECS'07 председатель оргкомитета Сурен Шатворян планирует обсудить с участниками конференции основные направления развития альтернативной энергетики, в том числе атомной и атомно-водородной энергетики в частности [3].

В апреле 2007 года ПО «Севмаш» (г. Северодвинск) произведена закладка на стапеле первого в мире плавучего атомного энергоблока «Академик Ломоносов», начало эксплуатации которого запланировано на 2011 год — год 300-летия со дня рождения великого русского ученого. В период до 2016 г. планируется

создание флотилии из 7 плавучих атомных теплоэлектростанций (ПАТЭС). Работа этих станций не приводит к выбросу в атмосферу парниковых газов, что является реальным вкладом в решение важнейшей задачи борьбы с глобальными изменениями климата.

Основными достоинствами плавучей атомной электростанции являются мобильность, автономность и безопасность для окружающей среды, поскольку ПАТЭС оснащены двумя реакторными установками КЛТ-40С — одними из самых надежных установок в мире. Именно такой реакторной установкой будет оснащена первая российская ПАЭС «Михаил Ломоносов».

ПАТЭС будет способна выдержать землетрясение силой 7–8 баллов по шкале Рихтера, скорость ветра до 45 м/с и даже падение на станцию самолета типа Як-40.

Создание ПАТЭС создает возможность формирования энергетической инфраструктуры на новых, подлежащих освоению территориях, а также развития перспективных направлений энергетики XXI века.

Основные направления применения ПАТЭС

1. Производство синтетических топлив и вторичных энергоносителей. Необходимость развития экологически чистого транспорта, особенно в заполярных областях, настойчиво требует сосредоточения в этих районах крупных энергетических объектов, генерирующих альтернативные энергоносители в экологически чистом цикле. К числу перспективных энергоносителей можно отнести водород [4], диметиловый эфир, метанол, аммиак, жидкий азот и т. д. При этом необходимо учитывать особую незащищенность северных территорий в отношении экологических и техногенных катастроф, что, несомненно, требует надежного мониторинга производственного цикла с использованием современных сенсорных систем. Кроме того, в условиях Заполярья должны быть реализованы наиболее современные комплексные технологии производства и переработки энергоносителей с использованием наноматериалов.

2. Добыча и переработка полезных ископаемых в прибрежных зонах и на шельфе. Истощение полезных ископаемых в легкодоступных районах целого ряда приморских стран привело к необходимости разработки шельфовой зоны. Возможности ПАТЭС позволяют обеспечить энергоснабжение нескольких горнообогатительных, газо- и нефтедобывающих комплексов, а также связанной с ними коммунальной, транспортной и информационной инфраструктуры.

3. Разработка месторождений газогидратов на океаническом дне. Разработка газогидратов, размещенных на океаническом дне, также потребует больших количеств энергии. Целый ряд государств, и прежде всего Япония, уже ведут проектные работы по добыче газогидратов с получением метана. Себестоимость энергетических ресурсов, производимых ПАТЭС, ниже себестоимости метана (в энергетическом эквиваленте), получаемого переработкой газогидратов. Этим обусловлена возможность использования ПАТЭС для собственного энергоснабжения подобных производств.

4. Обеспечение электроэнергией крупных, в т. ч. искусственных, островных объектов. Освоение новых островных территорий, создание искусственных островов в акватории Мирового океана, а также крупное строительство промышленных и гражданских объектов на этих островах потребует значительного энергообеспечения с возможным использованием ПАТЭС.

5. Опреснение и комплексная переработка морской воды. Создание энергоопреснительных комплексов — одно из наиболее актуальных направлений использования ПАТЭС. Согласно прогнозам ЮНЕСКО, к 2050 году миллиарды человек в десятках стран столкнутся с проблемой нехватки пресной воды. Производимая ПАЭС тепло- и электроэнергия может быть эффективно использована для опреснения морской воды с применением дистилляционных или мембранных технологий с тем, чтобы обеспечить население этих стран питьевой водой, а также обеспечить источник пресной воды для коммунальных, сельскохозяйственных и промышленных нужд. Наличие в морской воде большого количества растворенных химических элементов дает возможность добычи редких металлов в цикле электроосмоса, что также требует больших затрат энергии.

6. Производство экологически чистых топлив путем комплексной переработки отходов сельскохозяйственной продукции и древесины. Производство моторных и бытовых топлив (биодизеля, древесных и тростниковых пеллет) на основе каталитической переработки возобновляемых ресурсов — одно из актуальных направлений энергетики [5]. Для организации производства таких топлив в сколько-нибудь значимых объемах, включая потребляемые растительные биоресурсы, необходимо освоение новых, в т. ч. засушливых, территорий, создание систем экологического водоснабжения и ирригационных сооружений. Здесь уместно использование энергоопреснительных комплексов на основе ПАТЭС.

Создание пилотного энергопромышленного комплекса на основе плавучего энергоблока «Академик Ломоносов» предполагается в г. Северодвинске к 2011 году. Комплекс включает 4–5 энергоемких промышленных производств с общей разрешенной мощностью не менее 55 МВт, а также инновационно-внедренческую зону.

Инновационно-внедренческая зона будет сформирована из модульных опытно-промышленных установок, предназначенных для использования в составе перспективных энергопромышленных комплексов на базе ПАТЭС.

Литература

1. «Столетний меморандум» главам стран Большой восьмерки от 13 ноября 2006 года // Альтернативная энергетика и экология. 2007. №3. С. 11–12.
2. Решение участников Национального Российского семинара «Получение альтернативных энергоносителей с помощью атомно-водородного цикла» (АВЭ-2007). Россия, Саров, 26–27 марта 2007 года // Альтернативная энергетика и экология. 2007. № 3. С. 167–168.
3. Третья Международная конференция «Возобновляемые и чистые источники энергии» IPCEC'07 // Альтернативная энергетика и экология. 2007. № 3. С. 135.
4. Столяревский А. Я., Хуснутдинов В. А., Касаткин М. А. Регулирующие энергетические установки на базе электрохимических генераторов и формирование территориальной водородной инфраструктуры // Альтернативная энергетика и экология. 2007. №4. С. 77–85.
5. Гусев А. Л. Основные экологические проблемы Нижегородской области и пути перехода к водородной экономике // Альтернативная энергетика и экология. 2006. № 1. С. 13–24.



ВОДОРОД- СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

международная специализированная
выставка

13-16 ноября 2007 | Москва, ВВЦ, павильон N70 (Центр "Москва")



Организатор выставки:
Выставочная компания "Мир-Экспо"

При содействии: Международного института холода, Международной академии холода
Института водородной энергетики и плазменных технологий РНЦ «Курчатовский институт»,
Научно-технического центра «ТАТА».

Информационная поддержка: «Альтернативная энергетика и экология», Gas World,
Издательский дом «Холодильное дело», Издательство «Холодильная техника»,
журналы: «Химическое и нефтегазовое машиностроение», «Технические газы»,
«Автогазозаправочный комплекс + АТ», Издательство «Компрессорная и химическая техника» и др.

ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ:

**Демонстрация практических достижений в применении водорода,
технологий его производства, внедрение в повседневную действительность.**

ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ:

- ❶ Водородная энергетика
- ❷ Производство, хранение и распределение водорода
- ❸ Инновационные технологии получения водорода
- ❹ Инфраструктура для транспортировки водорода
- ❺ Технологии производства топливных элементов
- ❻ Электрохимические реакторы для производства и использования водорода
- ❼ Практика применения водорода в различных отраслях промышленности
- ❽ Транспортные средства с использованием энергии водорода
- ❾ Водородное материаловедение

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА:

В рамках выставки проводится научно-практический семинар:
«Водородные технологии. Практика применения».

Организатор: ООО «Выставочная компания «Мир-Экспо»
Россия, 115533, Москва, проспект Андропова, 22
Тел./факс: 8 499 618 05 65, 8 499 618 36 83, 8 499 618 3688
info@mirexpo.ru | www.mirexpo.ru

ВНИМАНИЕ — КОНКУРСЫ!

Уважаемые коллеги и друзья!

Редколлегия Международного научного журнала

«Альтернативная энергетика и экология»

объявляет конкурс на лучшую научную работу по тематике

«ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ТРАНСПОРТ»

ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНКУРСА

Безопасность водородной энергетики

- Рекомбинаторы водорода
- Системы обдува инертными газами
- Безопасность эксплуатации криогенных систем
- Технологии безопасного использования водорода на борту транспортных средств

Газоаналитические системы и сенсоры водорода

- Сенсоры водорода
- Перспективные сенсорные материалы для детектирования водорода
- Стенды для испытаний сенсоров водорода

Хранение водорода

- В углеродных наносистемах
- В инкапсулированном газообразном состоянии в микросферах, пенометаллах, цеолитах
- В газообразном состоянии под давлением
- В криогенном жидком состоянии в стационарных хранилищах, на борту транспортных средств (оборудование для хранения: криогенные емкости, трубопроводы, арматура; криогенно-вакуумные системы, газификаторы. Теплоизоляционные системы: суперизоляция, вакуумно-порошковая теплоизоляция. Вопросы повышения эффективности и надежности теплоизоляции. Контрольно-измерительная аппаратура. Вопросы герметичности криовакуумных объектов).
- В химически связанном состоянии в жидких средах
- В твердофазном связанном состоянии в интерметаллидах
- В адсорбированном состоянии на криоадсорбентах
- В комбинированных системах

Методы получения водорода

- Электролиз
- Термохимическое разложение воды
- Разложение аммиака
- Каталитическая конверсия (риформинг) газообразных и жидких углеводородов
- Неполное окисление углеводородов
- Высокотемпературный метод
- Гидраты

Транспортирование водорода

- Транспортирование жидких криогенных продуктов по трубопроводам. Охлаждение магистралей криогенных систем

- Неустановившиеся процессы в криогенных системах

Конструкционные материалы

- Водород в металлах и сплавах
- Газары
- Новые конструкционные материалы для объектов альтернативной энергетики
- Водородостойкие конструкционные стали
- Электроды для термовакuumных процессов
- Нейтронно-структурный анализ

Транспортные средства на водородном топливе

- Космическая техника (ракеты-носители и ракетные двигатели, электрохимические генераторы), авиация, подводные лодки, автомобили, железнодорожный транспорт, мотоциклы, мотороллеры, водный транспорт, сельскохозяйственная техника, легковые автомобили представительского класса, военная техника, спортивные средства и т. д.

Термодинамический анализ и энергетика получения водорода

- Экономика водородной энергетики
- Технико-экономическая эффективность процессов хранения, транспортировки использования водорода

Топливные элементы

- Топливные элементы с твердополимерным электролитом
- Твердооксидные высокотемпературные топливные элементы
- Расплавные карбонатные топливные элементы
- Топливные элементы с предварительной обработкой водородсодержащего топлива
- Применение топливных элементов в бытовой и компьютерной технике
- Устройства питания на топливных элементах с конверсией метанола в водород
- Мембраны для топливных элементов
- Водородные миниэлектростанции на базе топливных элементов
- Методы получения синтез-газа

Водородные автозаправочные станции

Водород для энергообеспечения зданий, сооружений, жилых домов

ПОРЯДОК И ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОНКУРСА

Редакция принимает статьи с 1 января 2007 г. до 1 сентября 2007 г. Работы принимаются как на русском, так и на английском языках. Для участия в конкурсе автор должен направить рукопись, оформленную в соответствии с правилами, на почтовый адрес редакции: а/я 687, г. Саров, Нижегородская область, Россия, 607183 (с пометкой на конверте: «На конкурс «Водородная энергетика и транспорт»») или по электронному адресу: gusev@hydrogen.ru.

ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ И ВРУЧЕНИЕ ПРИЗОВ

Итоги конкурса будут подведены в октябре 2007 года Международным жюри, которое формируется из членов Редколлегии, опубликованы в Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология» и размещены на главной странице Международного научно-информационного портала «Водород».

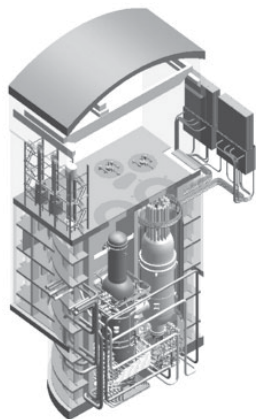
Редколлегия журнала учредила призы:

- ☒ диплом редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;
- ☒ годовая подписка; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за год, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ»;
- ☒ полугодовая подписка; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за полугодие, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ»;
- ☒ номер журнала со статьей автора; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за полугодие, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ».

Уважаемые коллеги и друзья!

Редколлегия Международного научного журнала
«Альтернативная энергетика и экология»
объявляет конкурс на лучшую научную работу по тематике
«АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА»

ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНКУРСА



Атомно-водородная энергетика

- Высокотемпературные газовые реакторы (ВТГР) для производства водорода высокотемпературными ($T = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$) методами
- Быстрые реакторы с натриевым охлаждением (БН) для получения среднетемпературного тепла ($T = 500\text{ }^{\circ}\text{C}$), производства синтетического газа и водорода
- Быстрые реакторы со свинцовым охлаждением (БРЕСТ) как реакторы следующего поколения для получения высокотемпературного тепла ($T > 500\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Атомная энергетика для транспортных средств

- Радионуклидные источники тепла
- Радионуклидные термоэлектрические генераторы

ПОРЯДОК И ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОНКУРСА

Редакция принимает статьи с 1 января 2007 г. до 1 сентября 2007 г. Работы принимаются как на русском, так и на английском языках. Для участия в конкурсе автор должен направить рукопись, оформленную в соответствии с правилами, на почтовый адрес редакции: а/я 687, г. Саров, Нижегородская область, Россия, 607183 (с пометкой на конверте: «На конкурс «Атомная энергетика»») или по электронному адресу: gusev@hydrogen.ru.

ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ И ВРУЧЕНИЕ ПРИЗОВ

Итоги конкурса будут подведены в октябре 2007 года Международным жюри, которое формируется из членов Редколлегии, опубликованы в Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология» и размещены на главной странице Международного научно-информационного портала «Водород».

Редколлегия журнала учредила призы:

- ☒ медаль Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;
- ☒ диплом редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;
- ☒ годовая подписка; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за год, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ»;
- ☒ полугодовая подписка; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за полугодие, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ»;
- ☒ номер журнала со статьей автора; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за полугодие, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ».



Уважаемые коллеги и друзья!

Редколлегия Международного научного журнала

«Альтернативная энергетика и экология»

объявляет конкурс, посвященный 100-летию академика Г. К. Борескова

«КАТАЛИЗ В АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ»

ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНКУРСА

- Каталитические методы синтеза альтернативного топлива (реакции «Фишера-Тропша» и пр.)
- Катализ в совмещенных схемах «производство энергии и получение полезных продуктов из природного газа»
- Катализ в генерации рабочего тела в газотурбинных установках как эффективная альтернатива факельному методу генерации
- Катализ в топливных элементах
- Катализ в процессах получения синтез-газа и водорода
- Каталитические методы очистки водорода
- Катализ в очистке промышленных газовых выбросов от энергетических систем
- Катализ в системах очистки технических вод
- Фотокаталитические и электрокаталитические методы получения водорода
- Разработка и исследование свойств материалов для формирования каталитических слоев в топливных элементах
- О механизмах каталитического действия. Влияние природы металлов и степени их окисления на каталитическую активность

- Наноккомпозиты для применения в качестве катализаторов. Влияние размерного фактора на каталитическую активность
- Альтернативные катализаторы без применения платины
- Проблемы отравления катализаторов
- Носители катализаторов: дизайн, синтез, свойства
- Каталитические слои для топливных элементов в планарном исполнении
- Золь-гель метод для получения катализаторов и носителей катализаторов
- Современные подходы к прогнозированию каталитического действия
- Механизмы гетерогенного и гомогенного катализа на молекулярном уровне
- Квантовая химия и молекулярная динамика в катализе
- Дизайн гомогенных и гетерогенных катализаторов
- Нетрадиционные области применения катализа
- Катализ для защиты окружающей среды
- Разработка каталитических процессов и реакторов

ПОРЯДОК И ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОНКУРСА

Редакция принимает статьи с 1 февраля 2007 г. до 1 сентября 2007 г. Работы принимаются как на русском, так и на английском языках. Для участия в конкурсе автор должен направить рукопись, оформленную в соответствии с правилами, на почтовый адрес редакции: а/я 687, г. Саров, Нижегородская область, Россия, 607183 (с пометкой на конверте: «На конкурс "Катализ в альтернативной энергетике"») или по электронному адресу: gusev@hydrogen.ru.

ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ И ВРУЧЕНИЕ ПРИЗОВ

Итоги конкурса будут подведены в октябре 2007 года Международным жюри, которое формируется из членов Редколлегии, опубликованы в Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология» и размещены на главной странице Международного научно-информационного портала «Водород».

Редколлегия журнала учредила призы:

- ☒ кубок Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;
- ☒ медаль Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;
- ☒ денежная премия (1-я премия – 10 000 рублей, 2-я премия — 7 000 рублей, 3-я премия — 5 000 рублей) и диплом редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;
- ☒ диплом редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;
- ☒ годовая подписка; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за год, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ»;
- ☒ полугодовая подписка; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за полугодие, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ»;
- ☒ номер журнала со статьей автора; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за полугодие, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ».

Уважаемые коллеги и друзья!

Редколлегия Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» объявляет конкурс на лучшую научную работу по тематике

«ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА»

ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНКУРСА

- Фундаментальные исследования в области геотермальной энергетики
- Основные проблемы освоения геотермальной энергии. Проблемы освоения низкопотенциальных, среднепотенциальных, высокопотенциальных источников геотермальной энергии
- Роль моделирования и мониторинга при освоении геотермальной энергии. Оценка геотермального резервуара.
- Роль законодательной базы в развитии геотермальной энергетики
- Роль инвестиций в развитии геотермальной энергетики
- Эффективность и надежность геотермальных тепловых и электрических станций. Основные направления по повышению эффективности геотермальных тепловых и электрических станций
- Геотермальные установки: модульные геотермальные электростанции, сепараторы, расширители и сепараторы-паросборники для геотермальных электростанций, модульные геотермальные тепловые станции, геотермальные турбоустановки

– Геотермальные ресурсы стран мира и перспективы их освоения



ПОРЯДОК И ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОНКУРСА

Редакция принимает статьи с 31 марта 2007 г. до 31 декабря 2007 г. Работы принимаются как на русском, так и на английском языках. Для участия в конкурсе автор должен направить рукопись, оформленную в соответствии с правилами, на почтовый адрес редакции: а/я 687, г. Саров, Нижегородская область, Россия, 607183 (с пометкой на конверте: «На конкурс “Геотермальная энергетика”») или по электронному адресу: gusev@hydrogen.ru.

ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ И ВРУЧЕНИЕ ПРИЗОВ

Итоги конкурса будут подведены в январе 2008 года Международным жюри, которое формируется из членов Редколлегии, опубликованы в Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология» и размещены на главной странице Международного научно-информационного портала «Водород».

Редколлегия журнала учредила призы:

- ✓ диплом редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;
- ✓ годовая подписка; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за год, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ»;
- ✓ полугодовая подписка; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за полугодие, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ»;
- ✓ номер журнала со статьей автора; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за полугодие, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ».

Уважаемые коллеги и друзья!

Редколлегия Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» объявляет конкурс на лучшую научную работу по тематике

«ИСТОРИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ»

ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНКУРСА

I этап (с 1766 до 1800 года). «История открытия водорода и исследования его физико-химических свойств».

1. Открытие водорода английским ученым Г. Кавендишем.
2. Продолжение исследований химических свойств водорода российским ученым М. В. Ломоносовым.
3. Исследования водорода, выполненные Парацельсом, Бойлем, Лемери, Лавуазье и другими учеными.

4. Первый полет пилотируемого воздушного шара, наполненного водородом, в Париже 1 декабря 1783 г., выполненный Жаком Шарлем и его помощником М.-Н. Робером.

II этап (с 1800 до 1974 года). «История внедрения водорода в технических устройствах и дальнейших исследований физико-химических свойств».

1. Первый патент на двигатель, работающий на смеси водорода и кислорода, выданный в Англии в 1841 году.

2. 1860 г. Создание первого двигателя внутреннего сгорания на светильном газе бельгийским инженером Э. Ленуаром.

3. 1866 г. Создание эффективного газового двигателя на светильном газе германскими инженерами Э. Лангеном и Н. Отто.

4. 1876 г. Создание четырехтактного двигателя внутреннего сгорания (прототип современного ДВС) германским инженером Н. Отто.

5. Идея создания первого воздушного шара, заполняемого продуктами горения, русским дьяком Крякутным в 1631 году.

6. Первые аэростаты, дирижабли на водороде. Полеты и катастрофа самого большого водородного дирижабля «Гинденбург». Синдром «Гинденбурга».

7. Первый водородный автомобильный транспорт.

8. Открытие изотопов водорода и исследование их свойств Юри, Брекуэддом и Мэрфи.

9. Массовое применение автомобильных лебедок для изменения высоты аэростатов заграждения в годы Второй мировой войны (воплощение идеи младшего техника-лейтенанта Б. И. Шелища).

10. Создание Международной ассоциации водородной энергетики профессором Т. Н. Везироглу. Проведение первой Международной конференции по водородной энергетике в 1974 году в Майами профессором Т. Н. Везироглу.

III этап (С 1974 года по настоящее время). «История массового внедрения водородной энергетики во все сферы народного хозяйства».

1. Организация цикла семинаров и школы-семинара по получению и применению водорода профессором В. А. Гольцовым, академиком В. А. Легасовым.

2. Разработка концепции атомно-водородной энергетики академиком В. А. Легасовым.

3. Применение синтез-газа в автомобильном транспорте.



4. Первый пассажирский самолет на водороде ТУ-155.

5. Первые водородные ракетно-космические комплексы США и России: ракетоноситель тяжелого класса «Сатурн-5» и ракетоноситель супертяжелого класса «Энергия».

6. Первый после перестройки в России Международный семинар по безопасности и экономике водородного транспорта IFFSENT-2000.

7. Начало единичного и мелко-серийного производства автотранспорта.

8. Применение водорода в качестве топлива в подводном и надводном флоте.

9. Разработки в области создания водородного локомотива.

10. Создание бытовых энергоустановок на топливных элементах.

11. Создание крупных энергоустановок на топливных элементах для промышленного применения.

ПОРЯДОК И ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОНКУРСА

Редакция принимает статьи с 31 марта 2007 г. до 31 декабря 2007 г. Работы принимаются как на русском, так и на английском языках. Для участия в конкурсе автор должен направить рукопись, оформленную в соответствии с правилами, на почтовый адрес редакции: а/я 687, г. Саров, Нижегородская область, Россия, 607183 (с пометкой на конверте: «На конкурс «История водородной энергетики»») или по электронному адресу: gusev@hydrogen.ru.

ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ И ВРУЧЕНИЕ ПРИЗОВ

Итоги конкурса будут подведены в январе 2008 года Международным жюри, которое формируется из членов Редколлегии, опубликованы в Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология» и размещены на главной странице Международного научно-информационного портала «Водород».

Редколлегия журнала учредила призы:

- ☒ кубок Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;
- ☒ медаль Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;
- ☒ денежная премия (1-я премия — 10 000 рублей, 2-я премия — 7 000 рублей, 3-я премия — 5 000 рублей) и диплом редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;
- ☒ диплом редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;
- ☒ годовая подписка; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за год, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ»;
- ☒ полугодовая подписка; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за полугодие, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ»;
- ☒ номер журнала со статьей автора; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за полугодие, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ».

Уважаемые коллеги и друзья!

Редколлегия Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» объявляет конкурс на лучшую научную работу по тематике

«ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МЧС»

ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНКУРСА

1. Транспортные средства на водороде и на альтернативных энергоносителях с водородным конвертером.

2. Специальная одежда с встроенными термохимическими подогревателями на водороде. Специальное снаряжение спасателя с поисковыми приборами, средствами связи, средствами контроля за радиоактивными и химическими источниками, функционирующими на водородных топливных элементах.

3. Устройства для хранения и приготовления пищи с энергоустановками на водороде.

4. Операционные мобильные клиники с энергоснабжением на основе топливных элементов. Оборудование для операционных в самолетах, поездах и пр. транспорте.

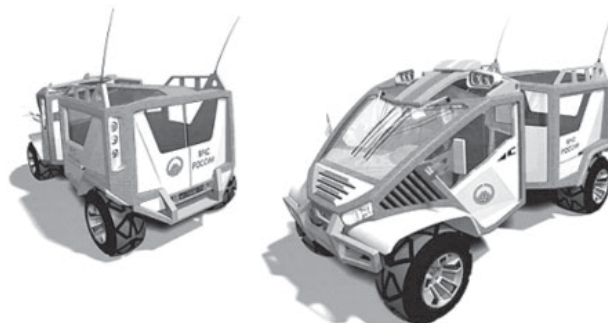
5. Мобильные подводные устройства для вскрытия ледяного панциря подо льдом. Технологии по вскрытию мощных ледовых покрытий.

6. Вопросы надежности и безопасности применения водородных технологий в МЧС.

7. Водородные пожарные автомобили и технологии для тушения пожаров.

8. Сенсорика. Детекторы водорода и детекторы на водород-метановые смеси. Переносные течеискатели для контроля герметичности замкнутых объектов под давлением рабочего газа с контрольным газом — водородом.

9. Водородные рекомбинаторы. Огне-взрывопреградители. Устройство для смещения границ взрывоопасного состояния атмосферы в шахтах, замкнутых объемах, туннелях и каналах.



10. Мобильные энергогенерирующие комплексы на основе альтернативных энергоносителей с водородным конвертером и топливным элементом («всеядные» энергоустановки). Крупные морозильные камеры с гарантированным бесперебойным электроснабжением на основе топливных элементов.

11. Малогабаритные водородные приводы — домкраты для подъема крупных строительных конструкций. Водородные роботизированные приводы — манипуляторы для бережного перемещения пострадавшего с места аварии и во время транспортировки и лечения с персональной системой управления, работающей по команде пострадавшего. Малогабаритные инструменты с электроприводом от водородной энергоустановки. Миниатюрные сварочные аппараты и резаки на кислород-водородной смеси для разделки металлоконструкций.

12. Суперлегкие конструкционные материалы для объектов МЧС на основе газаров — вспененных водородом металлов, обладающих повышенными механическими свойствами.

ПОРЯДОК И ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОНКУРСА

Редакция принимает статьи с 31 марта 2007 г. до 31 декабря 2007 г. Работы принимаются как на русском, так и на английском языках. Для участия в конкурсе автор должен направить рукопись, оформленную в соответствии с правилами, на почтовый адрес редакции: а/я 687, г. Саров, Нижегородская область, Россия, 607183 (с пометкой на конверте: «На конкурс «Водородные технологии для МЧС»») или по электронному адресу: gusev@hydrogen.ru.

ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ И ВРУЧЕНИЕ ПРИЗОВ

Итоги конкурса будут подведены в январе 2008 года Международным жюри, которое формируется из членов Редколлегии, опубликованы в Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология» и размещены на главной странице Международного научно-информационного портала «Водород».

Редколлегия журнала учредила призы:

- ☒ кубок Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;
- ☒ медаль Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;
- ☒ денежная премия (1-я премия — 10 000 рублей, 2-я премия — 7 000 рублей, 3-я премия — 5 000 рублей)

и диплом редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;

- ☒ диплом редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;

☒ годовая подписка; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за год, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ»;

☒ полугодовая подписка; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за полугодие, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ»;

☒ номер журнала со статьей автора; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за полугодие, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ».

Уважаемые коллеги и друзья!

Редколлегия Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» объявляет конкурс на лучшую научную работу по тематике

«ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ»

ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНКУРСА



1. Концепция развития пневматических транспортных средств. Термодинамический и эксергетический анализ концептуальных моделей

2. Пневматические автотранспортные средства для мегаполисов

3. Пневматические энергогенерирующие системы

4. Пневматические автотранспортные средства для экологически чистых районов, заповедников

5. Пневматический железнодорожный транспорт для подземных горных выработок, метрополитенов

6. Пневматические энергосистемы для аварийного гарантированного энергоснабжения в клиниках, авиадиспетчерских пунктах и т. д.

7. Баковые системы для пневматического транспорта. Новые материалы для баковых систем

8. Криогенный автотранспорт на азоте, аргоне с атмосферными испарителями. Криогенные автотранспортные средства с системой дополнительного подогрева

9. Криогенные транспортные средства с приводом на основе двигателя Стирлинга, турбины, поршневого пневматического двигателя. Новые материалы для приводов

10. Централизованные рекуперационные системы и энергоаккумулирующие системы. Атомно-азотная энергетика

11. Пневматический речной транспорт для заповедных водоемов

12. Экологически чистые пневматические и криогенные суда с большим запасом энергии

ПОРЯДОК И ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОНКУРСА

Редакция принимает статьи с 15 мая до 31 декабря 2007 г. Работы принимаются как на русском, так и на английском языках. Для участия в конкурсе автор должен направить рукопись, оформленную в соответствии с правилами, на почтовый адрес редакции: а/я 687, г. Саров, Нижегородская область, Россия, 607183 (с пометкой на конверте: «На конкурс «Пневматические транспортные средства и пневматические энергогенерирующие системы»») или по электронному адресу: gusev@hydrogen.ru.

ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ И ВРУЧЕНИЕ ПРИЗОВ

Итоги конкурса будут подведены в январе 2008 года Международным жюри, которое формируется из членов Редколлегии, опубликованы в Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология» и размещены на главной странице Международного научно-информационного портала «Водород».

Редколлегия журнала учредила призы:

☑ кубок Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;
☑ медаль Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;
☑ денежная премия (1-я премия — 10 000 рублей, 2-я премия — 7 000 рублей, 3-я премия — 5 000 рублей) и диплом редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;

☑ диплом редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;
☑ годовая подписка; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за год, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ»;

☑ полугодовая подписка; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за полугодие, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ»;

☑ номер журнала со статьей автора; сертификат; CD, содержащий электронную версию журнала за полугодие, а также полугодовая подписка на журнал «Письма в АЭЭ».



ПОДПИСКА-2007

Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»

ISJAEE

Уважаемые коллеги! Начинается подписка на второе полугодие 2007 г.

Наименование:

Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»

Индекс издания: ISSN 1608-8298

Периодичность: выходит ежемесячно

Объем издания (страниц): 180–200

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 2007 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 gusev@hydrogen.ru или по факсу (83130) 6-31-07 с указанием реквизитов организации.

ИЗВЕЩЕНИЕ	Извещение	Форма ПД-4
	ООО НТЦ «ТАТА» (наименование получателя платежа) 5254022656 / 525401001 (ИНН получателя платежа) N 40702810900000001679 (номер счета получателя платежа) в ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров (наименование банка и банковские реквизиты) к/с 30101810200000000721 042204721 БИК (*наименование платежа) Дата _____ Сумма платежа: _____ руб. ____ коп. Платательщик (подпись) _____	
КАССИР	Кассир	Форма ПД-4
	ООО НТЦ «ТАТА» (наименование получателя платежа) 5254022656 / 525401001 (ИНН получателя платежа) N 40702810900000001679 (номер счета получателя платежа) в ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров (наименование банка и банковские реквизиты) к/с 30101810200000000721 042204721 БИК (*наименование платежа) Дата _____ Сумма платежа: _____ руб. ____ коп. Платательщик (подпись) _____	
КВИТАНЦИЯ	Квитанция	
	Кассир	

*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.

Внимание!

Начиная с 31 марта 2007 года всем членам Редакционной коллегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» предоставляется скидка на подписку:

- членам Редакционного научного комитета — 50% от базовой стоимости*;
- заместителям главного редактора — 40% от базовой стоимости*;
- членам Международного редакционного комитета — 35% от базовой стоимости*;
- членам Международного научно-консультативного совета редакции — 30% от базовой стоимости*;
- членам Совета экспертов — 30% от базовой стоимости*;
- членам Совета рецензентов — 25% от базовой стоимости*.

При осуществлении подписки на весь год базовая стоимость годовой подписки равна удвоенной базовой стоимости на первое полугодие 2007 г. с дополнительной скидкой 5 %.

Заявка на подписку направляется в Редакцию журнала в произвольной форме по адресу: gusev@hydrogen.ru или по факсу: 8-83130-63107.

* При определении базовой стоимости подписки на первое полугодие 2007 г. необходимо руководствоваться Таблицей 1 или Таблицей 2 для различных категорий подписчиков.

Стоимость подписки для различных категорий подписчиков на второе полугодие 2007 года

Таблица 1 Россия

Категория	Стоимость, руб.
Физические лица	3600
Фирмы-распространители	3000
Научные библиотеки организаций	4200
Научно-исследовательские организации	4800
Научно-производственные организации	5100
Российские научные центры	6000
Российские научные ассоциации	6600
Международные научные ассоциации	7200
Национальные и муниципальные научные библиотеки	7800

Таблица 2 Страны СНГ

Категория	Стоимость, руб.
Физические лица	4200
Фирмы-распространители	3000
Научные библиотеки организаций	4800
Научно-исследовательские организации	5100
Научно-производственные организации	5400
Национальные научные центры	6600
Национальные научные ассоциации	7200
Международные научные ассоциации	7500
Национальные и муниципальные научные библиотеки	8400

Информация о плательщике:

(Ф.И.О., адрес плательщика)

(ИНН налогоплательщика)

N

(номер лицевого счета (код)
плательщика)

Информация о плательщике:

(Ф.И.О., адрес плательщика)

(ИНН налогоплательщика)

N

(номер лицевого счета (код)
плательщика)

ВНИМАНИЕ! По этой квитанции Вы можете оплатить как годовую подписку, так и отдельные номера нашего журнала за 2002–2006 гг.



SUBSCRIPTION-2007

International Scientific Journal for
Alternative Energy and Ecology

ISJAEЕ

Kear Colleagues! Subscription for the year 2007 is still available

Issue: International Scientific Journal for
Alternative Energy and Ecology (ISJAEЕ)

ISSN 1608-8298

Periodicity: monthly

Issue volume (pages): 180–200

Distribution: Address

Official site: <http://isjaee.hydrogen.ru>

Subscription: via editorial board and catalogue

Table 1

Subscription	Physical person	Juridical person	Member of International Association for Hydrogen energy	Member of Editorial board of ISJAEЕ
Quarter	\$170	\$340	\$120	\$110
Half year	\$340	\$680	\$240	\$230
Annual	\$680	\$1440	\$480	\$400

To have an account, juridical persons are to send order by e-mail to gusev@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



Please, send me _____ copy/copies of “International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology”, ISSN 1608-8298 (_____ issues, 200__ year, _____ \$ (please, see Table 1), postage included)

Payments options

I've arranged a bank transfer to:

STC «TATA» Limited

ACC: 40702840200001001681

BEN. BANK: SAROVBUSINESSBANK

SAROV, RUSSIA

CORR. ACC USD: 301098403000000000142

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: «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-2007

International Scientific Journal for
Alternative Energy and Ecology

ISJAEЕ

Kear Colleagues! Subscription for the year 2007 is still available

Issue: International Scientific Journal for
Alternative Energy and Ecology (ISJAEЕ)

ISSN 1608-8298

Periodicity: monthly

Issue volume (pages): 180–200

Distribution: Address

Official site: <http://isjaee.hydrogen.ru>

Subscription: via editorial board and catalogue

Table 1

Subscription	Physical person	Juridical person	Member of International Association for Hydrogen energy	Member of Editorial board of ISJAEЕ
Quarter	€130	€255	€95	€80
Half year	€260	€510	€190	€170
Annual	€520	€1020	€380	€340

To have an account, juridical persons are to send order by e-mail to gusev@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



Please, send me _____ copy/copies of “International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology”, ISSN 1608-8298 (_____ issues, 200__ year, _____ € (please, see Table 1), postage included)

Payments options

I've arranged a bank transfer to:

STC “TATA” Limited

SWIFT: SABRRUMMNA1

SAVINGS BANK OF THE RUSSIAN FEDERATION (VOLGO-VYATSKY OFFICE)

BRANCH 7695, SAROVSKOE

CORR. ACC: 30301840342000604241

TRANSIT ACC: 40702978342410200055

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 _____

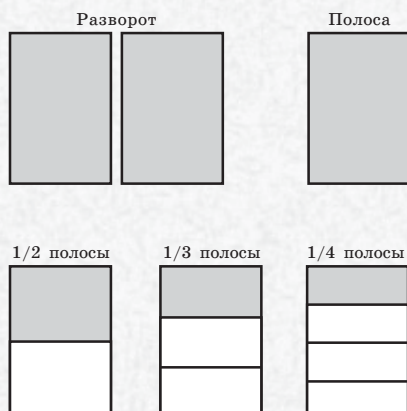
Fax _____

Signed _____ Date _____

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 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 полуторный. 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.

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.

Стоимость размещения рекламных модулей

Объем рекламного модуля	Технические параметры	Цена публикации в одном номере (руб.)
1-я страница обложки (полноцветная)	160×145 мм	35000
Полный разворот на две полосы	257×336 мм	5000
2-я или 3-я страница обложки (полноцветная)	285×205 мм	10000
Полная полоса	257×168 мм	6000
1/2 полосы	128×168 мм	3000
1/3 полосы	85×168 мм	900
1/4 полосы	64×168 мм	600
Система скидок		
При публикации в 2–3 номерах		5 %
При публикации в 4–6 номерах		7 %
При публикации в 7–9 номерах		10 %
При публикации в 10–12 номерах		15 %

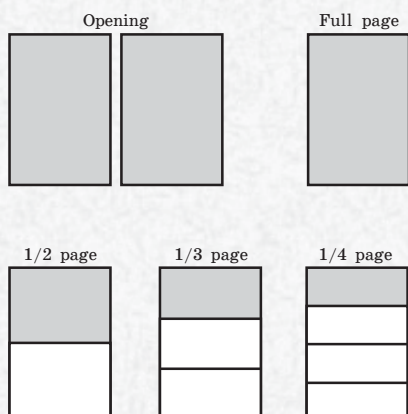
Для заказа рекламной площади и получения счета необходимо заполнить форму заявки и отправить ее по адресу gusev@hydrogen.ru или по факсу (83130) 6-31-07.

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 ITT 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 st page of the cover (full-coloured)	160×145 mm	1500
Full opening in two pages	257×336 mm	200
2 nd or 3 ^d pages of the cover (full-coloured)	285×205 mm	400
Full page	257×168 mm	200
1/2 page	128×168 mm	100
1/3 page	85×168 mm	30
1/4 page	64×168 mm	20
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.

Вниманию авторов!

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 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, выдвинутой в рукописи, последняя передается в Совет экспертов Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология».

Срок публикации каждой рукописи не превышает 5 месяцев. В случае наличия рекомендательного письма одного из членов редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» время рассмотрения рукописи может быть сокращено до 2 месяцев. Срок публикации рукописей, направленных на конкурс, проводимый редколлгией, не превышает 4 месяцев. Срок публикации заказных научных обзоров не превышает 3 месяцев.

В случае необходимости срочной публикации автор (или авторский коллектив) может обратиться в редакцию с мотивированной просьбой опубликовать рукопись в течение трех месяцев.

Редколлегия бескорыстно и оперативно оказывает максимальное содействие всем аспирантам и соискателям ученой степени в качественном представлении их материала в журнале и в Международной научной информационной системе «Водород» в кратчайшие сроки. Все публикации в журнале осуществляются исключительно на бесплатной основе.

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.

1. Для своевременного выхода журнала убедительно просим соблюдать следующие правила оформления рукописей:

1. Рукопись представляется как в машинописном, так и в электронном виде. Рукопись на бумажном носителе предоставляется в 2-х экз., второй экземпляр обязательно подписывается авторами на обороте.

Объем рукописей:

- краткие сообщения — до 5 страниц (1800 печатных знаков);
- объем статей, как правило, не должен превышать 9 страниц;

- письма в редакцию — до 3 страниц;

- объем научных обзоров — не более 30 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 ниже 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. В аннотации текст излагается в индикативной форме, объем — не более

600 знаков. Аннотация также публикуется на сайте международного научного информационного портала «Водород» (на русском и английском языках).

4. Текст резюме (15 строк) печатается шрифтом Times New Roman (10 кегль) на русском и английском языках и содержит: место работы, должность, образование, научное звание, ученая степень, награды и научные премии, профессиональный опыт, основной круг научных интересов, количество публикаций автора(ов).

5. Фотографии авторов для резюме предоставляет- ся в формате TIFF или JPEG.

6. Текст реферата (одна страница) — для опубликования в реферативных журналах (РЖ) ВИНИТИ, «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, автор (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.

II. 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 A4 (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. В случае, если авторы — представители различных организаций, 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 (β , $\sin$, $\exp$, $\lim$), химических элементов (H_2O) и единиц измерения (MBT/cm^2) — прямым (обычным) шрифтом. Символы ($\mathfrak{A}$, ϕ , $\otimes$, ϵ и т. п.) оговариваются на полях рукописи.

Таблицы, рисунки, фотографии (желательно черно-белые) размещаются внутри текста и имеют сквозную нумерацию по статье (не по разделам!) и собственные заголовки. Буквенно-цифровая нумерация (1а, 2б) 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 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 их в формуле.

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 (например, [3]). Литературные ссылки присваиваются порядковый номер по мере их упоминания в тексте.

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 жур-

нала (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 оператора» // 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 МКИ³ В 251 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов / Ваулин В. С., Кенякин 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 авторов должны стоять после фамилий.

III. Правила представления электронной версии материалов для быстрой публикации.

Для максимального ускорения процесса прохождения статьи автор должен направить в адрес главного редактора (e-mail: gusev@hydrogen.ru) **обязательный пакет электронных файлов** (см. ниже).

Перечень обязательного пакета электронных файлов:

Файлы обозначаются следующим образом (пример):

Article#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).doc,

где: **Article** — рукопись, **#1** — обозначает номер рукописи, присвоенный автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе), **Gusev AL** — 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).

1. **Рукопись** — Article#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).doc
2. **Аннотация** — Summary#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).doc
3. **Реферат** — Abstract#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).doc
4. **Резюме** — Resume#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).doc (резюме и фотографии на всех авторов в одном файле)
5. **Фотографии и рисунки** — Pic-1#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).bmp (Pic-1 — номер рисунка)
6. **Разрешение на опубликование в открытой печати** — Sanction#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).pdf
7. **Интернет-сообщение** — Internet#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).doc
8. **Соглашение** — Agreement#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).pdf
9. **Форма передачи рукописи и материалов для публикации** — Form#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).doc (MANUSCRIPT TRANSMITTAL FORM)
10. **Рецензии** — Review-1#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).doc (Review-1 — номер рецензии).
11. **Сопроводительное письмо руководителя организации (или письмо автора, если автор — частное лицо)** — Letter#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).doc

Внимание!!!

Вместе с электронной версией всех перечисленных документов необходимо направить в редакцию оригиналы всех документов обычной почтой заказным письмом.

Редколлегия обращает внимание авторов на то, что несоблюдение приведенных выше правил может задержать публикацию материала! Отклоненные редколлегией рукописи (в бумажном и электронном виде) авторам не возвращаются.

АДРЕС РЕДАКЦИИ

607183, Россия, Нижегородская обл., Саров, а/я 687, НТИЦ «ТАТА»
Тел.: 8 (83130) 63107, 97472 Факс: 8 (83130) 63107
Моб. тел.: +7-961-63-99-126, +7-962-50-77-914
E-mail: gusev@hydrogen.ru
<http://isjaee.hydrogen.ru>, <http://www.hydrogen.ru>

GUIDE TO AUTHORS OF MANUSCRIPTS

To submit manuscripts to be published in the International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology, authors are to follow guides as follows

Each manuscript is compulsory reviewed by 3 referees, two of whom are referees of the International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology, and 1 of those being invited by the Editorial Board. Each article is put through a preliminary and final reviewing. In the event of controversies on scientific problems occur, an article is submitted to the International Reviewers Board of the International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology to be criticized. In the event of controversies on feasible implementation of the idea, presented in the manuscript the latter is submitted to the Experts Board of International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology.

The publication period does not exceed 5 months. Assuming a letter of introduction from a member of the Editorial Board of the International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology, the period for reviewing a manuscript may be kept down to 2 months. The publication period of manuscripts submitted to the competition organized by the Editorial Board does not exceed 4 months. The publication period for registered scientific reviews does not exceed 3 months.

In the event of pressing need for publication, the author or a team of authors may address the Editorial Board to make a justified request to publish a manuscript in the course of 3 months.

The Editorial Board will promptly and without any interest assist all post-graduates and competitors in publishing their materials in the journal and in the International Scientific Information System "Hydrogen" in the shortest possible time. All publications in the journal are issued free of charge.

In any event, all manuscripts submitted to the journal are criticized and abstracted in popular international scientific journals.

Articles are published in Russian and English. Each communication submitted to the Editorial Board is assigned a number and date.

The journal publishes nothing but original articles. The author is responsible for following this guide.

1. For publishing the journal in due time, please follow the guide given below:

1. Manuscript must be submitted either in a typed form or in e-mail: The hard copy of the manuscript must be submitted in 2 copies, the authors must necessarily sign the second copy overleaf.

Manuscripts words:

▪ brief communications are up to 5 pages (1800 symbols);

▪ articles, as a rule, are up to 9 pages;

▪ letters to the Editorial Board are up to 3 pages;

▪ scientific reviews should not in general be longer than 30 pages.

2. Manuscripts should be accompanied by:

▪ a letter of the head of the institution who presents the manuscript with the experts' opinion or other document permitting the publication in the press (1 copy) confirmed and affixed by the head of the institution. Authors must present the experts' permission from Russia.

▪ a CD-disk or diskette containing the essential text of electronic files listed in Section III.

3. Abstract text in Russian and English should be typed in normal font Times New Roman in one file as follows: article title, authors, name of an organization, abstract in Russian, and then in 2 lines in the same sequence — in English. The abstract should be given in indicative, and is up to 600 symbols in length. The abstract is also published

on site of the International Scientific Information Portal "Hydrogen" (in Russian, and English).

4. The abstract text (15 lines) in Russian and English is printed in font Times New Roman (font size 10) and shall contain the place of organization, title, education, scientific degree, rewards and scientific prizes, experience, main range of scientific interests, number of publications.

5. Authors' photos in TIFF or JPEG format to be published in abstract text.

6. Compact text (one page) to be published in Compact journals (CJ) VINITI, «Letters to the "Alternative energy and ecology"» (in English).

Page format:

▪ format A4 (210×297 mm)

▪ print interval: one and a half

▪ font: Times New Roman (font size 12) in one file as follows: article title, authors, name of an institution, abstract in Russian, and then in 2 lines in the same sequence — in English

7. Internet information for announcing an express-information on sites of the International Scientific Information Portal "Hydrogen", and also on sites of the information network devoted to energy and ecology. Information is given in an arbitrary way:

▪ format A4 (210×297 mm)

▪ print interval: one and a half

▪ font: Times New Roman (font size 12)

The information may include photos and diagrams.

II. Information on manuscript writing

▪ the Editorial Board recommends authors writing reviews and articles organize their materials using subtitles (for example: "Introduction", "Theoretical Analysis", "Experimental Methods", "Results And Discussion", "Conclusion", "References");

▪ text for publication must be reviewed carefully by authors; no replica, and one does not need to describe the illustrations in detail;

▪ text must be typed on white paper:

▪ format A4 (210×297 mm)

▪ print interval: one and a half

▪ font: Times New Roman (font size 12)

A manuscript may contain photos and diagrams.

Text section sequence:

▪ **universal decimal classification (UDC or PACS);**

▪ **paper title in Russian and English** (capital letters, font size 14, bold, center-alignment. No division of words is allowed. Do not use quotation marks. Do not use underlining;

▪ **authors** (initials, surname, font size 14, italic bold, center-alignment, no period in the end);

▪ **name of organization, address, city, country, post-code, telephone, fax, e-mail** (font size 12, center-alignment.

If the authors are from different organizations, the method of superscript references shall be used; for example: A. V. Ivanov, Yu. S. Sedov*);

▪ **section title** (font size 14, center-alignment, no period in the end);

▪ **text of the article:** (font size 12, left justification — 1 cm);

▪ **subtitle:** (italic, font size 14, full justification);

▪ **references:** (font normal, size 14, full justification).

When drawing up the article one should use generally accepted terms, units and symbols. All designations being used by the authors shall be determined at their first appearance in the text.

When the article is typed on the computer, all Latin designations of physical quantities (*A*, *I*, *d*, *h*, etc.) shall be typed in italic, Greek designations, names of functions (β ,

sin, exp, lim), chemical elements (H_2O) and units (MW/cm^2) — in upright (normal) font. The symbols ($\Re$, ϕ , $\otimes$, $\in$, etc.) shall be specified in the manuscript margin.

Tables, figures, photos (black-and-white only) shall be placed inside the text and be consecutive over the article and have own titles. Notation numbering in figures shall be given clockwise (counter-clockwise) (for drawings) or from top to bottom (from bottom to top) (in numerical order). No figure or diagram plotting by Microsoft Word tools is allowed. All figures legends shall be given in Russian and English.

Formulae shall be constructed by means of the integrated formula editor (Math Type, Microsoft Equation) and numbered in parentheses (2), centre-aligned; notation (letters) deciphering in formulae is given as they are mentioned therein. References numbering shall be given in square brackets [3].

If is not allowed to denote different notions by a common letter. Indexes for literal signs in the article text are given in Latin or Russian only (for example, in a Russian-written paper one should use T_m — melting point).

References in the reference list shall be placed in the sequence with which they are mentioned in the text and shall be written according to the following rules:

- **for books:** surname and initials of the author(s), title of the book, then the place of publication, publishing house, year (for proceedings of conferences — city, country, year). For example: Landau L. D., Lifshits E. M. Quantum Mechanics. Moscow, "Nauka", 1988. Or: Elton R. C. X-Ray Lasers. Boston: Academic Press, 1990;

- **for articles** in a journal, collection, newspaper: initials of the author(s), title of the article, name of the journal (collection), year, volume, No. (or Issue No.), pages. For example: Polyakova A. L., Vassiliev B. M., Kuppenko I. N. et al. Variation of the zone structure of semiconductors

under pressure // Semiconductor Physics and Technology. 1976. Vol. 9, No. 11. P. 2356–2358. Or: Afanasiev A. M., Optimization of energy release distribution in a reactor by means of "advices of operator" // J. of Nuclear Science and Technology. Physics and Nuclear Reactor Engineering Series. 1986. No. 25. P. 32–36. Or: Mezain I. H. Rolling circuit boards improves soldering // Electronics. 1977. Vol. 34, No. 16. P.193–198;

- **for dissertations and dissertation abstracts**, besides the author's surname and initials, one shall indicate the title of the dissertation, degree, place of defence (city) and year, and for preprints — title of the preprint, place of publication, year and number. For example: Gorshkova T. I. Thermodynamic properties and application of certain cerium alloys: Dissertation Abstract. ... Candidate of Chemical Science. Moscow, 1976;

- **for patent documentation:** type of the patent document (Authors's certificate or Patent), its number, name of the country issuing the document, index of the international classification of inventions, name of publication where the subject of invention was published, year and number of publication. For example: Author's Certificate 100970 USSR Inc³ V 251 15/00. A device for gripping non-oriented shaft-type parts/Vaulin V. S., Kenaikin B. G. // Discoveries. Inventions. 1983. No. 11.

If the title of a bibliographic reference is to contain four and more authors, all the names can be indicated or only three first names shall be indicated plus the words "et al." The initials in the reference list shall be placed after surnames.

III. Guides to authors presenting e-mail version of materials for express-publication

To foster the process of reviewing the article the author should submit a **required packet of electronic files** to the Editor-in-Chief (e-mail: gusev@hydrogen.ru).

List of required electronic files:

A files is described as follows (example):

Article#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).doc,

where: **Article** is the manuscript, **#1** is the number of the manuscript given by the author (there may be several manuscripts on one electronic file), **Gusev AL** is the name of the first author, **Hydrogen detectors** are first two words from the title of the manuscript, **(1300)** is the number of the topics or topics section in the Journal topics (given in the last page of the journal).

1. **Article** — Article#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).doc
2. **Summary** — Summary#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).doc
3. **Abstract** — Abstract#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).doc
4. **Resume** — Resume#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).doc (resumes and photos of all authors in one file)
5. **Photos and figures** — Fig-1#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).bmp (Fig-1 — number of figure)
6. **Internet information** — Internet#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).doc
8. **Agreement** — Agreement#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).pdf
9. Form to submit manuscripts and materials to be published — Form#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).doc (MANUSCRIPT TRANSMITTAL FORM)
10. **Reviews** — Review-1#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).doc (Review-1 — number of review).
11. **Official letter (or author letter if author is the individual person)** — Letter#1_Gusev AL_Hydrogen detectors_(1300).doc

Attention!

The Editorial Board calls the authors' attention to the fact that the ignorance of the recommendations mentioned above may impede the publication of the material!

Manuscripts (in hard copy and e-mail form) declined by the Editorial Board will not be returned.

ADDRESS OF PUBLISHING OFFICE

Scientific Technical Centre «TATA»

P.O.B. 687, Sarov, Nizhni Novgorod region, 607183, Russia

Phone: +7 (83130) 63107, 97472 Fax: +7 (83130) 63107

Cell phones (office): +7-961-63-99-126, +7-962-50-77-914

E-mail: gusev@hydrogen.ru

<http://isjaee.hydrogen.ru>, <http://www.hydrogen.ru>



1. Водородная экономика

С. П. Малышенко (Россия, Москва, Институт физики высоких температур РАН) (МРК)
А. Эчарри (Испания, Хаен, Политехнический университет) (МРК)
Ф. Караосманоглу (Турция, Стамбул, Стамбульский технический университет) (МРК)
З. Сен (Турция, Стамбул, Стамбульский технический университет) (МРК)

1-1-0-0 История водородной энергетики

Т. Н. Везиров (США, Майами, МАВЭ, UNIDO-ICHET) (ПГР)
А. Г. Галеев (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИХиммаш») (МРК)

1-2-0-0 Безопасность водородной энергетики

А. Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА») (РНС)
Ж.-П. Концен (Бельгия, Институт гидрогазодинамики им. вон Кармана) (РНС)
Я. Клеперис (Латвия, Рига, Университет Латвии) (МРК)
Л. Ф. Беловодский (Россия, Саров, РЯЦ-ВНИИЭФ) (МНКСР)

1-2-1-0 Рекомбинаторы водорода

1-2-2-0 Системы обдува инертными газами

1-2-3-0 Безопасность криогенных систем

1-2-4-0 Технологии безопасного использования водорода на борту транспортных средств

1-3-0-0 Газоаналитические системы и сенсоры водорода

Я. Клеперис (Латвия, Рига, Университет Латвии) (МРК)
Ю. Е. Калинин (Россия, Воронеж, ВГТУ) (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)
В. Я. Давыдов (Россия, Москва, МГУ им. М. В. Ломоносова) (МНКСР)
Ю. Шунман (Нидерланды, Делфт, Делфтский технический университет) (МНКСР)
Л. И. Трахтенберг (Россия, Москва, Институт химической физики им. Н. Н. Семенова РАН)

1-4-0-0 Хранение водорода

Я. Клеперис (Латвия, Рига, Университет Латвии) (МРК)
О. Н. Сригастава (Индия, Варанаси, Университет Банарас Хинди) (МРК)
С. М. Алдошин, акад. РАН (Россия, ИПХФ РАН, Черногловка, Россия) (РНС)
Н. Н. Алейников (Россия, Черногловка, ИПХФ РАН) (МРК)
Н. Н. Вершинин (Россия, Черногловка, ИПХФ РАН) (МРК)

1-4-1-0 В углеродных наносистемах

О. Н. Ефимов (Россия, Черногловка, ИПХФ РАН) (МРК)

И. В. Золотухин (Россия, Воронеж, ВГТУ) (МРК)

А. Л. Ивановский (Россия, Екатеринбург, Институт химии твердого тела УрО РАН) (МРК)

Б. К. Гупта (Индия, Варанаси, Университет Банарас Хинди) (МРК)

1-4-2-0 В инкапсулированном газообразном состоянии: в микросферах, пенометаллах, цеолитах и других соединениях

В. С. Коган (Украина, Харьков, ХФТИ) (МРК)

Г. Г. Жунь (Украина, Харьков, ХФТИ) (МНКСР)

1-4-3-0 В газообразном состоянии под давлением

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

1-4-3-1 В газообразном состоянии в крупных хранилищах

1-4-3-2 В газообразном состоянии в баллонах

1-4-4-0 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)

М. М. Пеньков (Россия, С.-Петербург, Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского) (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)

1-4-4-1 В криогенном жидком состоянии в стационарных хранилищах

1-4-4-2 В криогенном жидком состоянии на борту транспортных средств

С. А. Худяков (Россия, Королев, РКК «Энергия») (МНКСР)

Б. А. Соколов (Россия, Королев, РКК «Энергия» им. С. П. Королева) (МРК)

1-4-5-0 В химически связанном состоянии в жидких средах

1-4-6-0 В твердофазном связанном состоянии в металлургических системах

М. Д. Хэмилтон (США, Орlando, Университет Центральной Флориды) (ЗГР)

С. Ю. Загинайченко (Украина, Киев, Институт проблем материаловедения НАН Украины) (МНКСР)

Б. П. Тарасов (Россия, Черногловка, ИПХФ РАН) (МНКСР)

С. П. Габуда (Россия, Новосибирск, ИНХ СО РАН) (МРК)

В. Л. Кожеников (Россия, Екатеринбург, ИХТТ УрО РАН) (МРК)

Р. Н. Плетнев (Россия, Екатеринбург, ИХТТ УрО РАН) (МРК)

1-4-7-0 В адсорбированном состоянии на криоадсорбентах

1-4-8-0 В комбинированных системах

1-4-9-0 Новые способы хранения водорода

1-5-0-0 Методы получения водорода

Г. Г. Шевяков (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)

Р. М. Сантilli (США, Палм Харбор, Институт основных исследований) (МРК)

И. Ф. Кузьменко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МНКСР)

В. В. Лунин, акад. РАН (Россия, Москва, МГУ) (РНС)

Н. А. Бокшицкая (Россия, Москва, ГНЦ РФ ФГУП ГНИИХТЭОС) (МНКСР)

Г. В. Лисичкин (Россия, Москва, ИОНХ им. Н. С. Курнакова) (МРК)

1-5-1-0 Радиоллиз

1-5-2-0 Электролиз

1-5-3-0 Термохимическое разложение воды

1-5-4-0 Разложение аммиака

В. А. Кириллов (Россия, Новосибирск, Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН) (МРК)

1-5-5-0 Каталитическая конверсия (риформинг) газообразных и жидких углеводородов

1-5-6-0 Неполное окисление углеводородов

1-5-7-0 Высокотемпературный метод (солнечная и атомная энергетики)

1-5-8-0 Гидраты

Р. Н. Плетнев (Россия, Екатеринбург, ИХТТ УрО РАН) (МРК)

С. П. Габуда (Россия, Новосибирск, ИНХ СО РАН) (МРК)

1-5-9-0 Бортовые конверторные устройства преобразования органических веществ в водород

1-5-10-0 Новые способы получения водорода

1-6-0-0 Транспортирование водорода

А. Г. Галеев (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИХиммаш») (МРК)

1-6-1-0 Транспортирование жидких криогенных продуктов по трубопроводам

А. М. Домашенко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)

1-6-2-0 Охлаждение магистралей криогенных систем
М. М. Пеньков (Россия, С.-Петербург, Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского) (МРК)

1-6-3-0 Неустановившиеся процессы в криогенных системах

Г. Г. Шевяков (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)

1-7-0-0 Топливные элементы

С. А. Худяков (Россия, Королев, РКК «Энергия») (МНКСР)

Б. А. Соколов (Россия, Королев, РКК «Энергия» им. С. П. Королева) (МРК)

А. В. Кондрашенко (Россия, Саров, РЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

Ю. Н. Шалимов (Россия, Воронеж, ВГТУ) (МРК)

В. П. Пахомов (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)

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

1-7-1-0 Разработка и производство топливных элементов

1-7-1-1 Мембраны для топливных элементов

1-7-1-2 Компьютерное моделирование функционирования топливных элементов

1-7-2-0 Применение топливных элементов

1-7-2-1 Устройства питания на топливных элементах с конверсией метанола на водород для портативных приборов

1-7-3-0 Топливные элементы с предварительной обработкой водородсодержащего топлива

1-8-0-0 Конструкционные материалы

А. Ю. Мэйланд (Норвегия, Келлер, Институт энергетических технологий) (МРК)

П. Г. Бережко (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

А. В. Елютин, акад. РАН (Россия, Москва, ФГУП «Гиредмет») (МРК)

Ю. К. Завалишин (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)

Д. В. Щур (Украина, Киев, Институт проблем материаловедения НАН Украины) (МРК)

П. Сан-Грегарио (Франция, Тулон-Вар, Университет Тулон-Вара) (ЗГР)

Ф. А. Льюис, акад. Королевской академии наук Великобритании (Великобритания, Белфаст, Королевский университет Белфаста) (РНС)

С. Ю. Загайченко (Украина, Киев, Институт проблем материаловедения НАН Украины) (МНКСР)

А. Т. Пономаренко (Россия, Москва, Институт синтетических полимерных материалов им. Н. С. Ениколопова РАН) (МНКСР)

Н. Е. Скрябина (Россия, Пермь, ПГУ) (МНКСР)

Ю. М. Солонин (Украина, Киев, Институт проблем материаловедения НАН Украины) (МНКСР)

Л. В. Спивак (Россия, Пермь, ПГУ) (МНКСР)

А. А. Курдюмов (Россия, С.-Петербург, СПбГУ) (МНКСР)

М. В. Гольцова (Украина, Донецк, ДонНТУ) (МНКСР)

Я. И. Бляшко (Россия, С.-Петербург, АОЗТ «МНТО ИНСЭТ») (МРК)

Н. М. Власов (Россия, Подольск, НИИ НПО «Луч») (МРК)

И. И. Федик (Россия, Подольск, НИИ НПО «Луч») (МРК)

1-8-1-0 Водород в металлах и сплавах

И. П. Чернов (Россия, Томск, Томский политехнический университет) (МРК)

В. А. Гольцов (Украина, Донецк, ДонНТУ) (МРК)

Л. Ф. Гольцова (Украина, Донецк, ДонНТУ) (МРК)

1-8-2-0 Водородная деградация

1-8-3-0 Системы наводороживания конструкционных материалов

1-8-4-0 Статическая и динамическая прочность материалов

Н. Н. Гердюков (Россия, Саров, ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

1-8-5-0 Газары. Применение газаров

В. И. Шаповалов (Украина, Днепродзержинск, Государственная металлургическая академия Украины) (МНКСР)

1-8-6-0 Электропечи для термовакuumных процессов. Вакуумные электропечи сопротивления

Э. Н. Маржер (Россия, Москва, ОАО «ВНИИЭТО») (МРК)

О. Б. Минков (Россия, Москва, Научно-производственная, проектно-конструкторская, технологическая фирма «Вак ЭТО») (МРК)

1-8-7-0 Новые конструкционные материалы для объектов альтернативной энергетики

1-9-0-0 Методы получения синтез-газа

А. Я. Столяревский (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)

1-9-1-0 Адиабатическая конверсия природного газа

1-10-0-0 Транспортные средства и приводы на водородном топливе

Т. Гертиг (Германия, Берлин) (МРК)

А. Сатановский (Россия, Москва, DaimlerChrysler AG Research and Technology Office Moscow) (МРК)

М. В. Ведерников (Россия, С.-Петербург, Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского) (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)

В. Г. Цихисели (Россия, С.-Петербург, Морской регистр судоходства РФ) (МРК)

А. Ю. Раменский (Россия, Москва, «Аудит-Премьер») (МНКСР)

В. С. Соколов (Россия, С.-Петербург) (МНКСР)

В. Ф. Каменев (Россия, Москва, ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ») (МРК)

Н. А. Хрипач (Россия, Москва, ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ») (МРК)
Ф. Н. Пехота (Россия, Москва, Федеральное агентство образования и науки РФ) (МРК)

1-11-0-0 Водородные автозаправочные станции

А. А. Кузьмин (Россия, Мегион, Мэрия) (МРК)

1-12-0-0 Водород для энергообеспечения зданий, сооружений, жилых домов: водородные миниэлектростанции на базе топливных элементов



2. Термодинамический анализ в альтернативной энергетике

И. Динсер (Саудовская Аравия, Дахран, Университет нефти и минералов им. короля Фахда (KFUPM)) (МРК)

О. М. Мартыненко, акад. НАН Белоруссии (Белоруссия, Минск) (МНКСР)

Н. В. Павлюкевич (Белоруссия, Минск, Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова) (МНКСР)

В. А. Павловцев (Белоруссия, Минск, Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова) (МНКСР)

В. А. Хуснутдинов (Россия, Москва, РАО «ЕЭС России») (МРК)

2-1-0-0 Термодинамический анализ основных энергетических процессов в альтернативной энергетике

2-2-0-0 Эксергетический анализ основных энергетических процессов в альтернативной энергетике



3. Атомная энергетика

Ю. А. Трутнев, акад. РАН (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (ПГР)
А. Я. Столяревский (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)

А. В. Ивкин (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МНКСР)

А. Г. Чудин (Россия, Москва, Федеральное Агентство по атомной энергии РФ) (МНКСР)

В. А. Афанасьев (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

М. А. Прелас (США, шт. Колумбия, Университет Миссури) (МРК)

3-1-0-0 Атомно-водородная энергетика

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

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») (МРК)

3-1-1-0 История атомно-водородной энергетики

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

А. Я. Столяревский (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)

Б. Б. Чайванов (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)

А. Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА») (МРК)

3-1-2-0 Высокотемпературные газовые реакторы (ВТГР) для производства водорода высокотемпературными (T = 1000 °C) методами

Н. Н. Пономарев-Степной, акад. РАН (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (РНС)
 для получения среднетемпературного тепла (T = 500 °C), производства синтетического газа и водорода

3-1-3-0 Быстрые реакторы с натриевым охлаждением (БН) для получения среднетемпературного тепла (T = 500 °C), производства синтетического газа и водорода

3-1-4-0 Быстрые реакторы со свинцовым охлаждением (БРЕСТ) как реакторы следующего поколения для получения высокотемпературного тепла (T > 500 °C)

Г. Л. Хорасанов (Россия, Обнинск, ФГУП «ГНЦ РФ – Физико-энергетический институт им. А. И. Лейпунского») (МРК)

3-2-0-0 Атомная энергетика для транспортных средств

Ю. К. Завалишин (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

3-2-1-0 Радионуклидные источники тепла

3-2-2-0 Радионуклидные термоэлектрические генераторы

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



4. 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)

В. Ф. Греженко (Белоруссия, Минск, Институт физики твердого тела и полупроводников) (МНКСР)

С. Геруни (Армения, Ереван, Ереванский государственный университет) (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)

4-1-0-0 История солнечной энергетики

4-2-0-0 Солнечно-водородная энергетика

4-2-1-0 Материалы для солнечно-водородной энергетике

4-3-0-0 Солнечные электростанции

4-3-1-0 Кремниевые солнечные электростанции

4-3-2-0 Космические солнечные станции

4-3-3-0 Фотоэлементы

4-3-4-0 Фотовольтаический эффект в полупроводниковых структурах. Фотоэлектрические модули

4-4-0-0 Наземные солнечные станции

4-4-1-0 Солнечные коллекторы

4-5-0-0 Солнечные города

4-5-1-0 Солнечный дом

4-5-2-0 Солнечные холодильные установки

4-5-3-0 Солнечные водоподъемные системы

4-5-4-0 Гелиоэнергетические установки

4-6-0-0 Солнечный транспорт

4-7-0-0 Концентраторы солнечного излучения



5. Ветроэнергетика

И. З. Богуславский (Россия, Москва, ОЭЭП РАН) (МРК)

Я. Б. Данилевич, акад. РАН (Россия, ОЭЭП РАН, Москва) (РНС)

5-1-0-0 История ветроэнергетики

5-2-0-0 Ветро-водородная энергетика

5-3-0-0 Электрогенераторы для ветроэнергетики

5-4-0-0 Ветроэнергетические установки

5-5-0-0 Тепловые аккумуляторы

А. Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

5-6-0-0 Ветрогелиоэнергетические установки



6. Приливная энергетика и энергетика морских течений

6-1-0-0 История приливной энергетике

6-2-0-0 Энергетика морских волн

6-3-0-0 Энергетика морских течений



7. Геотермальная энергетика

7-1-0-0 История геотермальной энергетике

7-2-0-0 Фундаментальные исследования в области геотермальной энергетике

7-3-0-0 Основные проблемы освоения геотермальной энергии. Проблемы освоения низкопотенциальных, среднепотенциальных, высокопотенциальных источников геотермальной энергии

7-4-0-0 Роль моделирования и мониторинга при освоении геотермальной энергии. Оценка геотермального резерва

7-5-0-0 Геотермальные станции

7-2-1-0 Геотермальные электростанции

7-2-2-0 Геотермальные тепловые станции

7-6-0-0 Эффективность и надежность геотермальных тепловых и электрических станций. Основные направления по повышению эффективности геотермальных тепловых и электрических станций

7-7-0-0 Геотермальные ресурсы стран Мира и перспективы их освоения



8. Взрывная энергетика

В. Е. Фортков, акад. РАН (Россия, Москва, Институт теплофизики экстремальных состояний Объединенного института высоких температур РАН) (РНС)

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)

8-1-0-0 Взрывные технологии

8-2-0-0 Компьютерное моделирование задач взрывной энергетики

8-2-1-0 Постановки задач взрывной энергетики

8-2-2-0 Подвижные лагранжево-эйлеровы сетки

8-3-0-0 Взрывная дейтериевая энергетика

8-4-0-0 Взрывная энергетика для синтеза новых веществ

8-4-1-0 Синтез и спекание материалов взрывом

8-4-2-0 Ударно-волновое спекание материалов.

8-4-3-0 Компьютерное моделирование процессов ударно-волнового спекания материалов

8-5-0-0 Взрывчатые вещества

8-6-0-0 Взрывные камеры

А. А. Штерцер (Россия, Новосибирск, ООО «НПП «МАТЕМ»») (МРК)

8-7-0-0 Экстремальные состояния вещества. Детонация. Ударные волны

8-8-0-0 Энергетические материалы и физика детонации

8-9-0-0 Уравнения состояния и фазовые переходы



9. Энергия биомассы

С. А. Марков (США, Гринкастл, Университет Денау) (МРК)

9-1-0-0 Биогазовые установки

9-2-0-0 Термохимические газогенераторы



10. Малые и микрогидроэлектростанции

С. Шатворян (Армения, Ереван, Энергетический стратегический центр) (МНКСР)

10-1-0-0 Оборудование малых и микрогидроэлектростанций

10-2-0-0 Деривационные микрогидроэлектростанции



11. Углеродные наноструктуры для альтернативной энергетики и экологии

А. Л. Ивановский (Россия, Екатеринбург, Институт химии твердого тела УрО РАН) (МРК)

А. М. Типанов, акад. РАН (Россия, Ижевск, Институт прикладной механики УрО РАН) (МРК)

А. Д. Помогайло (Россия, Черногловка, ИПХФ РАН) (МРК)

Ю. М. Шульга (Россия, Черногловка, ИПХФ РАН) (МРК)

Е. Осава (Япония, Чика, Научно-исследовательский институт углеродных наноматериалов, Центр перспективных разработок корпорации «Футиба») (МРК)

М. В. Воробьева (Россия, Москва, ГИРЕДМЕТ) (МНКСР)

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, Черногловка, ИПХФ РАН) (МНКСР)

Ю. Д. Третьяков, акад. РАН (Россия, Москва, ФНМ МГУ) (РНС)

11-1-0-0 Наносистемы: синтез, свойства, применение

Е. А. Гудилин (Россия, Москва, ФНМ МГУ) (РНС)

11-2-0-0 Фуллереновые структуры и углеродные наноматериалы для теплоизоляции

11-3-0-0 Фуллереновые структуры и углеродные наноматериалы для сенсоров водорода

11-4-0-0 Компьютерное моделирование синтеза углеродных наноматериалов с заданными свойствами

11-5-0-0 Углеродные наноструктуры для автотранспорта



12. Катализ в альтернативной энергетике

З. Р. Исмаилов (Россия, Новосибирск, Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН) (МРК)

С. М. Алдошин, акад. РАН (Россия, ИПХФ РАН, Черногловка, Россия) (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, Черногловка, ИПХФ РАН) (МРК)
 Г. В. Лисичкин (Россия, Москва, ИОНХ им. Н. С. Курнакова) (МРК)
 12-1-0-0 Каталитические методы синтеза альтернативного топлива
 12-2-0-0 Катализ в совмещенных схемах «производство энергии и получение полезных продуктов из природного газа»
 12-3-0-0 Катализ в генерации рабочего тела в газотурбинных установках
 12-4-0-0 Катализ в топливных элементах
 12-5-0-0 Катализ в процессах получения синтез-газов и водорода
 12-6-0-0 Каталитические методы очистки водорода
 12-7-0-0 Катализ в очистке промышленных газовых выбросов от энергетических систем
 12-8-0-0 Катализ в системах очистки технических вод
 12-9-0-0 Фотокаталитические и электрокаталитические методы получения водорода
 12-10-0-0 Разработка и исследование свойств материалов для формирования каталитических слоев в топливных элементах
 12-11-0-0 О механизмах каталитического действия. Влияние природы металлов и степени их окисления на каталитическую активность
 12-12-0-0 Наноконпозиты для применения в качестве катализаторов. Влияние размерного фактора на каталитическую активность
 12-13-0-0 Альтернативные катализаторы без применения платины
 12-14-0-0 Проблемы отравления катализаторов
 12-15-0-0 Носители катализаторов: дизайн, синтез, свойства
 12-16-0-0 Каталитические слои для топливных элементов в планарном исполнении
 12-17-0-0 Золь-гель метод для получения катализаторов и носителей катализаторов



13. Термоградиентная энергетика

В. А. Хуснутдинов (Россия, Москва, РАО «ЕЭС России») (МРК)



14. Ледниковая энергетика

- А. М. Архаров (Россия, Москва, МГТУ им. Н. Э. Баумана) (МРК)
 14-1-0-0 Применение льда в энергетике. Ледяные электростанции
 14-2-0-0 Использование холода вечной мерзлоты для термостатирования бытовых и технических объектов
 14-3-0-0 Физико-химические свойства льда
 Д. М. Селина (Россия, Саратов, ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)
 14-4-0-0 Теплофизические свойства льда
 14-5-0-0 Термодинамические основы получения и применения льда
 14-6-0-0 Оборудование для исследования льда
 14-7-0-0 Установки для получения льда
 С. И. Нефедкин (Россия, Москва, Московский энергетический институт (технический университет)) (МРК)
 14-8-0-0 Способы и механизмы экстренного вскрытия льда для средств спасения под водой
 О. В. Орешков (Россия, Саратов, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)
 14-9-0-0 Бинарный лед и его применение в науке и технике
 А. Л. Гусев (Россия, Саратов, НТЦ «ТАТА»)
 14-10-0-0 Применение льда для создания инженерно-технических и архитектурных сооружений
 14-11-0-0 Динамика и прочность льда. Динамика хрупкого разрушения. Экспериментальные методы динамической механики разрушения льда
 14-12-0-0 Численные и смешанные численно-экспериментальные методы динамической механики разрушения льда
 14-13-0-0 Способы удаления ледяных покрытий на водных объектах

- 14-14-0-0 Аккумулирование холода и применение энергии льда в быту и для промышленных объектов
 14-15-0-0 Транспортировка айсбергов и получение пресной воды для нужд населения и промышленности



15. Термоядерная энергетика

- А. А. Юхимчук (Россия, Саратов, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)
 15-1-0-0 Исследования в области управляемого термоядерного синтеза
 15-2-0-0 Рентгеновский термоядерный синтез
 15-3-0-0 Пучковый термоядерный синтез
 15-4-0-0 Инерциальный термоядерный синтез
 15-5-0-0 Изотопный эффект
 В. Н. Лобанов (Россия, Саратов, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)
 15-6-0-0 Криогенные тритиевые мишени
 15-7-0-0 Мишени высокого давления для исследования процессов мюонного катализа ядерных реакций синтеза
 15-8-0-0 Международный проект термоядерного энергетического реактора ИТЭР
 15-9-0-0 Радиологическая защита и ядерная безопасность
 15-10-0-0 Производство радиоизотопов и их применение
 М. А. Казарян (Россия, Москва, ФИАН им. Лебедева) (МРК)
 15-11-0-0 Топливный цикл и экология
 15-12-0-0 Проектирование, строительство и эксплуатация ядерных исследовательских и энергетических реакторов
 15-13-0-0 Промышленное производство компонентов и материалов, необходимых для использования в ядерных реакторах и их топливных циклах
 15-14-0-0 Снятие с эксплуатации, дезактивация и обработка с отходами энергетических реакторов
 15-15-0-0 Исследования в области технологии производства лазеров и их применения
 15-16-0-0 Системы ТОКАМАК
 15-17-0-0 Промежуточные системы с магнитным удержанием



16. Криогенные и пневматические транспортные средства

- А. Л. Гусев (Россия, Саратов, НТЦ «ТАТА»)
 Г. Г. Жунь (Украина, Харьков, ХФТИ) (МНКСР)
 16-1-0-0 Криогенный азотный транспорт
 И. Н. Кудрявцев (Украина, Харьков, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет) (МРК)
 А. И. Пятак (Украина, Харьков, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет) (МРК)
 16-2-0-0 На инертных газах для опасных объектов (пожарные автомобили, служебные автомобили аэропортов, складов для горючесмазочных материалов, автомобилей для взрывоопасных химических производств и др.)
 16-3-0-0 Пневматические транспортные средства



17. Основные проблемы энергетики и альтернативной энергетики

- 17-1-0-0 Аккумулирование электрической энергии
 17-2-0-0 Сверхпроводящие материалы. Сверхпроводимость. Сверхпроводимость в энергетике
 17-3-0-0 Новые циклы и схемы термотрансформаторов
 17-4-0-0 Проблемы освещения мегаполисов



18. Применение гелия и специальных материалов в транспортных средствах

- Ю. А. Рыжов, акад. РАН (Россия, Москва, Международный инженерный университет) (РНС)
 А. Л. Гусев (Россия, Саратов, НТЦ «ТАТА»)
 18-1-0-0 Дирижабли для перевозки крупногабаритных грузов
 18-2-0-0 Дирижабли для контроля за чрезвычайными ситуациями в мегаполисах: автоинспекция, пожар-

ная безопасность, антитерроризм, наблюдение за техническим и экологическим состоянием промышленных зданий и сооружений. Энергоназор (контроль тепловых утечек зданий в масштабе города)
18-3-0-0 Пожарные, нейтрализационные, полицейские дирижабли



19. Ювентальный водород в процессах геотектоники и геохимии

С. В. Дигонский (Россия, Екатеринбург, ФГУП «Урангеологоразведка») (МРК)

В. Л. Сывороткин (Россия, Москва, МГУ им. М. В. Ломоносова) (МРК)
19-1-0-0 Роль водорода в химическом строении мироздания

19-2-0-0 Движущие силы развития Земли и планет

19-3-0-0 Водород в ядре Земли

19-4-0-0 Геология и геохимия природных газов зон глубинных разломов

19-5-0-0 Транспорт ювентального водорода через толщу Земли и формирование электростатически заряженных зон
19-6-0-0 Природный синтез углеродистых веществ
19-7-0-0 Глубинная дегазация Земли, глобальные катастрофы и аномальные явления



20. Бортовые аккумуляторы энергии

И. В. Гуляй (Россия, Москва, Московский государственный индустриальный университет) (МРК)

20-1-0-0 Тепловые аккумуляторы энергии

20-1-1-0 Температура выше 273 К

20-1-2-0 Температура ниже 273 К

20-1-3-0 Температура ниже 77 К

20-2-0-0 Маховичные аккумуляторы энергии

20-3-0-0 Электрические аккумуляторы энергии

20-4-0-0 Пружинные аккумуляторы энергии

20-5-0-0 Пневматические аккумуляторы энергии

20-6-0-0 Химические аккумуляторы энергии



21. Законодательная база альтернативной энергетики и экологии

П. Б. Шелищ (Россия, Москва, Государственная Дума РФ, президент НАВЭ) (МНКСР)

В. В. Зоря (Россия, Саратов, Администрация г. Саратов) (МНКСР)

21-1-0-0 Законодательная база альтернативной энергетики в России

И. В. Губенко (Россия, Саратов, НТЦ «ТАТА»)

21-2-0-0 Законодательное обеспечение инновационного развития водородной энергетики

21-3-0-0 Законодательная база альтернативной энергетики стран СНГ

21-4-0-0 Законодательная база экологии



22. Экономические аспекты альтернативной энергетики

22-1-0-0 Инвестиционная привлекательность различных стран мира и фирм в области альтернативной энергетики

22-2-0-0 Запасы традиционных энергоресурсов стран экспортеров и мировые запасы

22-3-0-0 Государственные научно-технические программы развития водородной энергетики

22-4-0-0 Экономический анализ в альтернативной энергетике

В. А. Хуснутдинов (Россия, Москва, РАО «ЕЭС России») (МРК)

22-5-0-0 Бизнес-планирование в альтернативной энергетике

А. А. Чугунников (Россия, Саратов, НТЦ «ТАТА»)



23. Альтернативная энергетика и экология

О. Л. Фиговский (Израиль, Мигдал Ха'Емек, Израильский исследовательский центр «Polymate») (МРК)

23-1-0-0 Парниковый эффект. Межправительственная комиссия по изменению климата (IPCC)

И. Л. Лейтес (Россия, Москва, РХТУ им. Д. И. Менделеева) (МРК)

23-2-0-0 Экологические проблемы промышленных мегаполисов

23-3-0-0 Экология воздушной среды и космического пространства

23-4-0-0 Экология водных ресурсов

23-5-0-0 Проблемы вредных выбросов в атмосферу тепловыми электрическими станциями

23-6-0-0 Проблемы загрязнения почвы традиционными энергоносителями при их добыче, транспортировке и употреблении

23-7-0-0 Экологический туризм

С. П. Мальшенко (Россия, Москва, Институт физики высоких температур РАН) (МРК)

23-8-0-0 Проблемы переработки промышленных и бытовых отходов



24. Работы аспирантов и соискателей ученой степени

И. В. Губенко (Россия, Саратов, НТЦ «ТАТА»)

В. В. Манин (Россия, Москва, Федеральное агентство образования и науки РФ) (МРК)



25. Образование и научно-исследовательские центры в области альтернативной энергетики

Ю. И. Реутов (Россия, Ханты-Мансийск, Югорский государственный университет) (МРК)

Н. А. Волкова (Россия, Саратов, РЯЦ-ВНИИЭФ) (МНКСР)

Л. А. Илькаева (Россия, Саратов, РЯЦ-ВНИИЭФ) (МНКСР)

А. А. Евдокимов (Россия, Москва, МИРЭА) (МРК)

В. В. Манин (Россия, Москва, Федеральное агентство образования и науки РФ) (МРК)

А. В. Прокопьев (Россия, Ханты-Мансийск, Югорский государственный университет) (МРК)

Б. Ф. Реутов (Россия, Москва, Федеральное агентство образования и науки РФ) (МРК)

И. И. Смирнов (Россия, Ханты-Мансийск, Департамент науки и инвестиций) (МРК)

А. В. Чувиловский (Россия, Саратов, ИПК РЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

Ю. П. Щербак (Россия, Саратов, СарФТИ) (МНКСР)

25-1-0-0 Образовательные программы в области водородной экономики

25-2-0-0 Водородные технопарки, наукограды

Ж.-П. Концен (Бельгия, Институт гидрогазодинамики им. вон Кармана) (РНС)

25-3-0-0 Молодежь в науке и технике альтернативной энергетики и экологии



26. Философские проблемы альтернативной энергетики и экологии

С. П. Капица (Россия, Москва, Институт физических проблем) (МРК)

Д. В. Мильченко (Россия, Саратов, ИФВ РЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)



27. Информация в области альтернативной энергетики

А. И. Саликов (Россия, Москва, ДОР ЦНИИАтоминформ) (МНКСР)

Е. М. Тарараева (Россия, Москва, ДОР ЦНИИАтоминформ) (МНКСР)

В. В. Шинкаренко (Россия, Москва, МИРЭА) (МРК)

Е. А. Гудилин (Россия, Москва, ФНМ МГУ им. М. В. Ломоносова) (РНС)

Т. Н. Кондырина (Россия, Саратов, НТЦ «ТАТА»)

27-1-0-0 Деятельность ведущих международных ассоциаций

27-2-0-0 Периодические издания

27-3-0-0 Ведущие интернет-ресурсы

27-4-0-0 Научные биографии ведущих ученых мира

27-5-0-0 Научные фонды, научные проекты

27-6-0-0 Информация о Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология»

27-7-0-0 Международные научные конференции

27-8-0-0 Рекламные материалы инвестиционных фирм и фирм производителей

27-9-0-0 Новые научные книги

27-10-0-0 Патенты

27-11-0-0 Энциклопедия альтернативной энергетики. Термины и определения



1. Hydrogen economy

S. P. Malyshenko (Russia, Moscow, Institute for High Temperatures RAS) (IEB)

A. Echarrri (Spain, Jaen, Polytechnic University) (IEB)

F. Karaosmanoglu (Turkey, Istanbul, Istanbul Technical University) (IEB)

Z. Sen (Turkey, Istanbul, Istanbul Technical University) (IEB)

1-1-0-0 History of hydrogen economy

T. N. Veziroglu (USA, Miami, IAHE, UNIDO-ICHET) (HECH)

A. G. Galeev (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIIHIMMASH") (IEB)

1-2-0-0 Safety of hydrogen energy

A. L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

J.-P. Contzen (Belgium, von Karman Institute for Fluid Dynamics) (SEB)

J. Kleperis (Latvia, Riga, University of Latvia) (IEB)

L. F. Belovodskiy (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEAB)

1-2-1-0 Hydrogen recombinators

1-2-2-0 Systems of inert gas blowing off

1-2-3-0 Ensuring of the safe operation of cryogenic systems

1-2-4-0 Safe application of hydrogen on board the vehicle

1-3-0-0 Gas analytical systems and hydrogen sensors

J. Kleperis (Latvia, Riga, University of Latvia) (IEB)

Yu. E. Kalinin (Russia, Voronezh, VSTU) (IEB)

A. M. Polyansky (Russia, S.-Petersburg, OOO "Electronic & Beam Technologies Ltd.") (IEB)

V. M. Aroutiounian, Academician NAS of Armenia (Armenia, Yerevan, Yerevan State University) (SEB)

V. Ya. Davydov (Russia, Moscow, M. V. Lomonosov MSU) (IEB)

J. Schoonman (Netherlands, Delft, Delft University of Technology) (IEAB)

L. I. Trakhtenberg (Russia, Moscow, N. N. Semenov Institute of Chemical Physics RAS) (IEB)

1-4-0-0 Hydrogen storage

J. Kleperis (Latvia, Riga, University of Latvia) (IEB)

O. N. Srivastava (India, Varanasi, Banaras Hindu University) (IEB)

S. M. Aldoshin, Academician RAS (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (SEB)

N. N. Aleinikov (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (IEB)

N. N. Vershinin (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (IEB)

1-4-1-0 Hydrogen storage in carbon nanosystems

O. N. Efimov (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (IEB)

I. V. Zolotukhin (Russia, Voronezh, VSTU) (IEB)

A. L. Ivanovskiy (Russia, Ekaterinburg, Institute of Solid State Chemistry UB RAS) (IEB)

B. K. Gupta (India, Varanasi, Banaras Hindu University) (IEB)

1-4-2-0 Hydrogen storage in an encapsulated 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)

G. G. Zhun' (Ukraine, Khar'kov, Khar'kov Physical Technical Institute) (IEAB)

1-4-3-0 Hydrogen storage in gaseous state under pressure

A. S. Koroteev, Academician RAS (Russia, Moscow, Keldysh Research Center) (IEB)

1-4-3-1 Hydrogen storage in gaseous state in large reservoirs

1-4-3-2 Hydrogen storage in gaseous state in tank

1-4-4-0 Hydrogen storage in liquid state

A. M. Arkharov (Russia, Moscow, Bauman Moscow State Technical University) (IEB)

A. M. Domashenko (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEB)

V. I. Kupriyanov (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEB)

A. A. Makarov (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIIHIMMASH") (IEB)

M. M. Pen'kov (Russia, S.-Petersburg, Mozhaisky Military Space Academy) (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)

1-4-4-1 Hydrogen storage in cryogenic liquid state in large reservoirs

1-4-4-2 Hydrogen storage in cryogenic liquid state on board the vehicles

S. A. Khudyakov (Russia, Korolyov, RSC "Energia") (IEAB)

B. A. Sokolov (Russia, Korolyov, S. P. Korolyov Energia RSC) (IEB)

1-4-5-0 Hydrogen storage in chemically-bonded state in liquid media

1-4-6-0 Hydrogen storage in solid phase state in metal hydride systems

M. D. Hampton (USA, Orlando, University of Central Florida) (DECH)

S. Yu. Zaginaichenko (Ukraine, Kiev, Institute for Problems of Materials Science) (IEAB)

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)

R. N. Pletnev (Russia, Ekaterinburg, ISSC Ural Branch of RAS) (IEB)

1-4-7-0 Hydrogen storage in combined systems

1-4-8-0 Hydrogen storage in adsorbed state in cryogenic adsorbents

1-4-9-0 Novel methods of hydrogen storage

1-5-0-0 Hydrogen production methods

G. G. Shevyakov (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEB)

R. M. Santilli (USA, Palm Harbor, Institute for Basic Research) (IEB)

I. F. Kuz'menko (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEAB)

V. V. Lunin, Academician RAS (Russia, Moscow, M. V. Lomonosov MSU)

N. A. Bokshitchkaya (Russia, Moscow, FGUP GNTS RF GNIITEOS) (IEB)

G. V. Lisichkin (Russia, Moscow, Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry of RAS) (IEB)

1-5-1-0 Radiolysis

1-5-2-0 Electrolysis

1-5-3-0 Hydrogen production via thermochemical dissociation of water

1-5-4-0 Hydrogen production by ammonia decomposition

V. A. Kirillov (Russia, Novosibirsk, Boreskov Institute of Catalysis) (IEB)

1-5-5-0 Method of catalytic conversion (reforming) of gaseous and liquid hydrocarbons

1-5-6-0 Hydrogen production by partial oxidation of hydrocarbons

1-5-7-0 High-temperature process for hydrogen production (solar energy, atomic energy)

1-5-8-0 Hydrates

R. N. Pletnev (Russia, Ekaterinburg, ISSC Ural Branch of RAS) (IEB)

S. P. Gabuda (Russia, Novosibirsk, IIC SO RAS) (IEB)

1-5-9-0 Hydrogen production on board of the vehicle from organic fuels

1-5-10-0 Novel hydrogen production methods

1-6-0-0 Hydrogen transport

A. G. Galeev (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIIHIMMASH") (IEB)

1-6-1-0 Transport of liquid cryogenic products by pipelines

A. M. Domashenko (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEB)

1-6-2-0 Cooling of cryogenic system mains

M. M. Pen'kov (Russia, S.-Petersburg, Mozhaisky Military Space Academy) (IEB)

1-6-3-0 Transient processes in cryogenic systems

G. G. Shevyakov (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEB)

1-7-0-0 Fuel cells

S. A. Khudyakov (Russia, Korolyov, RSC "Energia") (IEAB)

B. A. Sokolov (Russia, Korolyov, S. P. Korolyov Energia RSC) (IEB)

A. V. Kondrashenko (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)

Yu. N. Shalimov (Russia, Voronezh, VSTU) (IEB)

V. P. Pakhomov (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)

G. A. Mesyats, Academician RAS (Physics Institute of them. P. N. Lebedev of RAS, Moscow, Russia) (SEB)

1-7-1-0 Research and production of fuel cells

1-7-1-1 Membranes for fuel cells

1-7-1-2 Computer simulation of fuel cell operation

- 1-7-2-0 Fuel cells application
 1-7-2-1 Power supply on fuel cells with methanol conversion for portable devices
 1-7-3-0 Fuel cells with hydrogenous fuel pre-processing

1-8-0-0 Structural materials

- A. J. Maeland* (Norway, Kjeller, Institute for Energy Technology) (IEB)
P. G. Berezhko (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)
A. V. Elyutin, Academician RAS (Russia, Moscow, "GIREDMET") (SEB)
Yu. K. Zavalishin (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)
A. M. Polyansky (Russia, S.-Petersburg, OOO "Electronic & Beam Technologies Ltd.") (IEB)
V. M. Chertov (Russia, Moscow) (IEB)
Yu. N. Shalimov (Russia, Voronezh, VSTU) (IEB)
D. V. Shchur (Ukraine, Kiev, Institute for Problems of Materials Science of NAS Ukraine) (IEB)
P. Saint-Gregoire (France, Université de Toulon et du Var) (DECH)
F. A. Lewis (Great Britain, Belfast, The Queen's University of Belfast) (SEB)
S. Yu. Zaginachenko (Ukraine, Kiev, Institute for Problems of Materials Science) (IEAB)
A. T. Ponomarenko (Russia, Moscow, Enikolopov Institut of Synthetic Polymer Materials of RAS) (IEAB)
N. E. Skryabina (Russia, Perm', Perm' State University) (IEAB)
Yu. M. Solonin (Ukraine, Kiev, Institute for Problems of Materials Science) (IEAB)
L. V. Spivak (Russia, Perm', Perm' State University) (IEAB)
A. A. Kurdyumov (Russia, S.-Petersburg, S.-Peterburg State University) (IEAB)
M. V. Gol'tsova (Ukraine, Donetsk, Donetsk STU) (IEAB)
Ya. I. Blyashko (Russia, S.-Petersburg, MNTD INSET) (IEB)
N. M. Vlasov (Russia, Podol'sk, SRI SIA "Luch") (IEB)
I. I. Fedik (Russia, Podol'sk, SRI SIA "Luch") (IEB)

1-8-1-0 Hydrogen in metals and alloys

- I. P. Chernov* (Russia, Tomsk, Tomsk Polytechnic University) (IEB)
V. A. Gol'tsov (Ukraine, Donetsk, DonSTU) (IEB)
L. F. Gol'tsova (Ukraine, Donetsk, DonSTU) (IEB)

1-8-2-0 Hydrogen degradation

1-8-3-0 Structural materials hydrogenation systems

- N. N. Gerdyukov* (Russia, Sarov, Institute of Experimental Gasdynamics and Physics of Explosion RFNC-VNIIEF) (IEB)
 1-8-5-0 Gasars. Application of gasars in marine and air fleet, motor-car construction

- V. I. Shapovalov* (Ukraine, Dnepropetrovsk, State Metallurgy Academy of Ukraine) (IEAB)
 1-8-6-0 Electrical furnaces for thermovacuum processes
E. N. Marmer (Moscow, VNIIEITO)

- 1-8-7-0 New structural materials for renewable energy structures
1-9-0-0 Synthesis-gas production methods
A. Ya. Stolyarevskiy (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)

1-9-1-0 Adiabatic conversion of the natural gas

1-10-0-0 Hydrogen fuel vehicles and engines

- T. Gaertig* (Germany, Berlin) (IEB)
A. Satanowsky (Russia, Moscow, DaimlerChrysler AG Research and Technology Office Moscow) (IEB)
M. V. Vedernikov (Russia, S.-Petersburg, Mozhaisky Military Space Academy) (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)
V. G. Tsikhitsely (Russia, S.-Petersburg, Sea Navigation Register of RF) (IEB)
A. Yu. Ramenskiy (Russia, Moscow, Audit-Premier) (IEAB)
V. S. Sokolov (Russia, S.-Petersburg) (IEAB)
V. F. Kamenev (Russia, Moscow, SSC of the RF NAMI) (IEB)
N. A. Khripach (Russia, Moscow, SSC of the RF NAMI) (IEB)
F. N. Pekhota (Russia, Moscow, Federal Agency for Education and Sciences of RF) (IEAB)

1-11-0-0 Hydrogen filling stations

- A. A. Kuzmin* (Russia, Megion, Administration) (IEB)

1-12-0-0 Hydrogen for providing buildings, structures and houses with energy. Micro hydrogen power plants based on fuel cells



2. Thermodynamic analysis in renewable energy

- I. Dincer* (Saudi Arabia, Dhahran, King Fahd University of Petroleum and Minerals (KFUPM)) (IEB)
O. M. Martynenko, Academician NAN of Byelorussia (Byelorussia, Minsk) (IEAB)
V. A. Pavloutsev (Byelorussia, Minsk, Institute of Heat and Mass Transfer by A. V. Lykov) (IEAB)

- N. V. Pavlyukevich* (Byelorussia, Minsk, Institute of Heat and Mass Transfer by A. V. Lykov) (IEAB)
V. A. Khusunutdinov (Russia, Moscow, RAO UES of Russia) (IEB)

2-1-0-0 Thermodynamic analysis of basic energy generation processes in alternative energy

2-2-0-0 Exergetic analysis of basic energy generation processes in alternative energy



3. Atomic energy

- Yu. A. Trutnev*, Academician RAS (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (HECH)
A. Ya. Stolyarevskiy (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)
A. V. Ivkin (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEAB)
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)

3-1-0-0 Atomic-hydrogen energy

- N. N. Ponomaryov-Stepnoy*, Academician 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")
 3-1-1-0 History of atomic-hydrogen energy
N. N. Ponomaryov-Stepnoy, Academician RAS (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (SEB)
A. Ya. Stolyarevskiy (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)
B. B. Chaivanov (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)
A. L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

- 3-1-2-0 High-temperature gas reactors (HTGR) for hydrogen production via high-temperature processes
 3-1-3-0 Fast reactors with sodium cooling (SC) to produce mid-temperature heat, and synthesis gas and hydrogen
 3-1-4-0 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. Leipunsky) (IEB)

3-2-0-0 Atomic energy for vehicles

- Yu. K. Zavalishin* (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)
 3-2-1-0 Radionuclide heat sources
 3-2-2-0 Radionuclide thermoelectric generators
 3-2-3-0 Thermo- and radiation-stimulated phase transformation in alloys incorporated (carbides, nitrides, nitrides-hydrides, carbohydrides and hydrides of transition metals, high-temperature, super-conducting materials, inter-metallic composition)



4. 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)
V. F. Gremenok (Byelorussia, Minsk, Institute of Solid State and Semiconductor Physics) (IEAB)
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)

4-1-0-0 History of solar energy

4-2-0-0 Solar-hydrogen energy

- 4-2-1-0 Materials for solar-hydrogen energy

4-3-0-0 Solar power plants

- 4-3-1-0 Silicone solar thermal electric plants
 4-3-2-0 Space solar stations
 4-3-3-0 Photoelectric cell
 4-3-4-0 Photovoltaic effect in semiconductor structures. Photoelectric modules

4-4-0-0 Ground solar stations

- 4-4-1-0 Solar collectors

4-5-0-0 Solar cities

- 4-5-1-0 Solar buildings
 4-5-2-0 Solar refrigerators
 4-5-3-0 Solar water-lifting systems
 4-5-4-0 Solar energy units

4-6-0-0 Solar transport

4-7-0-0 Solar radiation concentrators



5. Wind energy

Ya. B. Danilevich, Academician RAS (Russia, Moscow, DBREPE RAS) (IEB)

I. Z. Boguslavskiy (Russia, Moscow, DBREPE RAS) (IEB)

5-1-0-0 History of wind energy

5-2-0-0 Hydrogen-wind energy

5-3-0-0 Electric generators for wind energy

5-4-0-0 Wind energy equipment

5-5-0-0 Wind energy plants. Heat collectors

A. L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

5-6-0-0 Wind-solar energy plants



6. Tide energy and sea tide energy

6-1-0-0 History of energy of tides

6-2-0-0 Sea waves energy

6-3-0-0 Sea tide energy



7. Geothermal energy

7-1-0-0 History of geothermal energy

7-2-0-0 Basic research into geothermal energy

7-3-0-0 Major problems of geothermal energy assimilation. Problems in assimilating low-, medium- and high-potential geothermal energy sources

7-4-0-0 Role of modeling and monitoring in geothermal energy assimilation. Appraisal of geothermal resources

7-5-0-0 Geothermal plants

7-5-1-0 Geothermal power plants

7-5-2-0 Geothermal heat plants

7-6-0-0 Efficiency and reliability of geothermal heat and power plants. Major ways to improve the efficiency of geothermal heat and power plants

7-7-0-0 Geothermal resources of world countries and prospects of their development



8. Explosion energy

V. E. Fortov, Academician RAS (Russia, Moscow, Institute of thermal physics of extremal state RAS) (IEB)

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)

8-1-0-0 Explosion technologies

8-2-0-0 Computer simulation of problems for explosion energy

8-1-1-0 Setting up problems for explosion energy

8-1-2-0 Mobile Lagrangian and Euler grids

8-3-0-0 Explosion deuterium energy

8-4-0-0 Explosion energy for syntheses of new materials

8-4-1-0 Materials synthesis and sticking by the explosion

8-4-2-0 Shock-wave sticking

8-4-3-0 Computer modelling of processes of material shock-wave sticking

8-5-0-0 Explosives

8-6-0-0 Blasting chambers

A. A. Sterzer (Russia, Novosibirsk, MATEM Co. Ltd) (IEB)

8-7-0-0 Extremal state of matter. Detonation. Shock waves

8-8-0-0 Energy materials and physics of detonation

8-9-0-0 Equations of the state and phase transition



9. Energy of biomass

S. A. Markov (USA, Greencastle, DePauw University) (IEB)

9-1-0-0 Biogas plants

9-2-0-0 Thermochemical gas generators



10. Small and micro hydro-power plants

S. Shatvoryan (Armenia, Yerevan, Energy Strategy Center) (IEB)

10-1-0-0 Equipment for small and micro hydro-power plants (HPP)

10-2-0-0 Derivation micro hydro-power plants



11. Carbon nanostructures for renewable energy and ecology

A. L. Ivanovskiy (Russia, Ekaterinburg, Institute of Solid State Chemistry UB RAS) (IEB)

A. M. Lipanov, Academician RAS (Russia, Izhevsk, Institute of Applied Mechanics UB RAS) (IEB)

A. D. Pomogailo (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (IEB)

Yu. M. Shul'ga (Russia, Chernogolovka, JSC "Cryogenmash") (IEB)

E. Osawa (Japan, Chiba, Nanocarbon Research Institute, Ltd.) (IEB)

M. V. Vorobyova (Russia, Moscow, "GIREDMET") (IEAB)

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, Academician RAS (Russia, Moscow, FMS MSU) (IEB)

11-1-0-0 Nanosystems: synthesis, properties, and application

E. A. Goodilin, Member Corresponding RAS (Russia, Moscow, FMS MSU) (IEB)

11-2-0-0 Fullerene structures and carbon nanomaterials for heat insulation

11-3-0-0 Fullerene structures and carbon nanomaterials for hydrogen sensors

11-4-0-0 Computer simulation of synthesis of carbon nanomaterials with specified properties

11-5-0-0 Carbon nanostructures for vehicles



12. Catalysis for renewable energy

Z. R. Ismagilov (Russia, Novosibirsk, Boreskov Institute of Catalysis) (IEB)

S. M. Aldoshin, Academician RAS (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (IEB)

V. N. Parmon, Academician RAS (Russia, Novosibirsk, Boreskov Institute of Catalysis of SD RAS) (IEB)

V. A. Kirillov (Russia, Novosibirsk, Boreskov Institute of Catalysis of SD RAS) (IEB)

O. N. Efimov (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (IEB)

G. V. Lisichkin (Russia, Moscow, Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry of RAS) (IEB)

12-1-0-0 Catalytic methods for synthesis of alternative fuel

12-2-0-0 Catalysis in combined schemes «energy generation and production of useful products from natural gas»

12-3-0-0 Catalysis in generation of working fluid in gas turbines as an effective alternative flare generation method

12-4-0-0 Catalysis of fuel cells

12-5-0-0 Catalysis in processes of production of synthesis gas and hydrogen

12-6-0-0 Catalytic methods of hydrogen treatment

12-7-0-0 Catalysis in treating of power reactor waste gases

12-8-0-0 Catalysis in process water treatment systems

12-9-0-0 Photocatalytic and electrocatalytic methods for hydrogen production

12-10-0-0 Development and study of material properties to form catalytic layers in fuel cells

12-11-0-0 On mechanism of catalytic action. Effect of metal nature and degree of oxidation thereof on catalytic activity

12-12-0-0 Nanocomposites for application as catalysts. Effect of dimension factor on catalytic activity

12-13-0-0 Alternative catalysts with no platinum

12-14-0-0 Problems of catalyst poisoning

12-15-0-0 Catalyst carriers: design, synthesis, and properties

12-16-0-0 Catalytic layers for fuel cells in planar design

12-17-0-0 Sol-gel process for production of catalysts and catalyst carriers



13. Thermogradient energy

V. A. Khusnutdinov (Russia, Moscow, RAO UES of Russia) (IEB)



14. Ice energy

A. M. Arkharov (Russia, Moscow, Bauman Moscow State Technical University) (IEB)

14-1-0-0 Application of ice in energy. Glacial power stations

14-2-0-0 Application of cold of permafrost for thermostatic control of domestic and process structures

14-3-0-0 Physical and chemical properties of ice

D. M. Selina (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)

14-4-0-0 Thermal properties of ice

14-5-0-0 Thermodynamic basis for production and application of ice

14-6-0-0 Equipment for ice testing

14-7-0-0 Facilities for ice production

S. I. Nefedkin (Russia, Moscow, Moscow energy institute (Technical university)) (IEB)

14-8-0-0 Methods and machinery for ice emergent break up for safety depth devices and over-land vehicles undergoing disaster

O. V. Oreshkov (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)

14-9-0-0 Binary ice in science and technique

A. L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

14-10-0-0 Application of ice for construction of engineering and technical, and architecture structures

14-11-0-0 Ice dynamics and strength. Embrittlement dynamics. Experimental methods of ice breaking up dynamic mechanics

14-12-0-0 Numerical and combined numerical and experimental methods of ice breaking up dynamic mechanics

14-13-0-0 Techniques for removing ice from water reservoirs

14-14-0-0 Cold storage and application of ice energy in homes and industry

14-15-0-0 Transport of icebergs and production of fresh water for domestic and industry application



15. Thermonuclear energy

A. A. Yukhimchuk (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)

15-1-0-0 Investigations on the controlled thermonuclear fusion

15-2-0-0 X-ray thermonuclear fusion

15-3-0-0 Beam fusion

15-4-0-0 Inertial fusion

15-5-0-0 Isotope effect

V. N. Lobanov (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)

15-6-0-0 Cryogenic tritium targets

15-7-0-0 High-pressure targets designed for research of nuon catalysis processes in nuclear fusion

15-8-0-0 International project of thermonuclear fusion reactor, ITER

15-9-0-0 Radiological protection and nuclear security

15-10-0-0 Production of radioisotopes and application

15-11-0-0 Fuel cycle and ecology

15-12-0-0 Design, construction and maintenance of nuclear research and power reactors

15-13-0-0 Production of components and materials required for application in nuclear reactors and fuel cycles thereof

15-14-0-0 TOKAMAK systems

15-15-0-0 Auxiliary magnetocumulative systems



16. Cryogenic and pneumatic vehicles

A. L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

G. G. Zhun' (Ukraine, Khar'kov, Khar'kov Physical Technical Institute) (IEAB)

16-1-0-0 Cryogenic nitrogen transport

I. N. Kudryavtsev (Ukraine, Khar'kov, Kharkiv State Automobile and Highway Technical University) (IEB)

A. I. Pyatak (Ukraine, Khar'kov, Kharkiv State Automobile and Highway Technical University) (IEB)

16-2-0-0 Inert gas-based cryogenic vehicles for hazardous structures: fire engines, air port auxiliary vehicles, fuel and lubricant storage, vehicles in dangerously explosive chemical production

16-3-0-0 Pneumatic vehicles



17. Basic problems of energy and renewable energy

17-1-0-0 Electric energy storage

17-2-0-0 Superconductive materials. Superconductivity. Superconductivity of energy

17-3-0-0 New cycles and schemes for thermotransformers

17-4-0-0 Problems of megapolise illumination



18. Application of helium and special materials in vehicles

Yu. A. Ryjov, Academician RAS (Russia, Moscow, International University of Engineering) (SEB)

A. L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

18-1-0-0 Airships to transfer large-sized cargoes

18-2-0-0 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)

18-3-0-0 Fire fighting airships, counteracting, and police airships



19. Juvenal hydrogen in geotectonics and geochemistry processes

S. V. Digonskiy (Russia, Ekaterinburg, FGUP "Urangelogorazvedka") (IEB)

V. L. Syvortkin (Russia, Moscow, M. V. Lomonosov Moscow state university) (IEB)

19-1-0-0 Role of hydrogen in chemical composition of the universe

19-2-0-0 Diving forces in the evolution of Earth and planets

19-3-0-0 Hydrogen in the Earth's core

19-4-0-0 Geology and geochemistry of natural gases in deep fault areas

19-5-0-0 Transport of juvenal hydrogen through the Earth stratum and formation of electrically charged zones

19-6-0-0 Natural synthesis of carbon-based substances

19-7-0-0 Deep degasifying of the Earth, global disasters and anomalous phenomena



20. On-board energy accumulators

N. V. Gulia (Russia, Moscow, Moscow State Industrial University) (IEB)

20-1-0-0 Thermal energy accumulators

20-1-1-0 Temperature above 273 K

20-1-2-0 Temperature below 273 K

20-1-3-0 Temperature below 77 K

20-2-0-0 Flywheel energy accumulators

20-3-0-0 Electrical energy accumulators

20-4-0-0 Spring energy accumulators

20-5-0-0 Compressed-air energy accumulators

20-6-0-0 Chemical energy accumulators



21. Legislative basis for renewable energy and ecology

P. B. Shelishch (Russia, Moscow, RF State Duma, President of National Association of Hydrogen Energy) (IEAB)

V. V. Zorya (Russia, Sarov, Administration of Sarov) (IEAB)

21-1-0-0 Legislation basis for renewable energy in Russia

21-2-0-0 Legislation assurance for innovation development of hydrogen energy

21-3-0-0 Legislation basis for renewable energy in CIS

21-4-0-0 Legislation basis for ecology

**22. Economical aspects of renewable energy****22-1-0-0 Investment attractiveness of various countries and companies in renewable energy****22-2-0-0 Resources of conventional energy sources in exporting countries and world resources****22-3-0-0 National scientific and technological programmes of the development of hydrogen economy****22-4-0-0 Economical analysis in renewable energy***V. A. Khusnutdinov (Russia, Moscow, RAO UES of Russia) (IEB)***22-5-0-0 Business-planning in renewable energy***A. A. Chugunnikov (Russia, Sarov, STC "TATA")***23. Alternative energy and ecology***O. L. Figovsky (Israel, Migdal Ha'Emek, Israel Research Center Polymate) (IEB)***23-1-0-0 Greenhouse gas effect. News of Inter-governmental Commission on climate change (IPCC)***I. L. Leites (Russia, Moscow, D. I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia) (IEB)***23-2-0-0 Ecological problems of industrial megapolises****23-3-0-0 Ecology of air atmosphere and space****23-4-0-0 Ecology of water resources****23-5-0-0 Problems of unhealthy atmospheric emissions by heat-electric generating plants****23-6-0-0 Problems of ground pollution by energy carriers****23-7-0-0 Ecological tourism***S. P. Malysenko (Russia, Moscow, Institute for High Temperatures RAS) (IEB)***23-8-0-0 Problems of factory and domestic waste utilization****24. Papers of post-graduate students***I. V. Gubenok (Russia, Sarov, STC "TATA")**V. V. Manin (Russia, Moscow, Federal Agency for Education and Sciences of RF) (IEB)***25. Education and scientific research centres in renewable energy***Yu. I. Reutov (Russia, Khanty-Mansiisk, Yugra State University) (IEB)**N. A. Volkova (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEAB)**L. A. Il'kaeva (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEAB)**A. A. Evdokimov (Russia, Moscow, MIREA) (IEB)**V. V. Manin (Russia, Moscow, Federal Agency for Education and Sciences of RF) (IEB)**A. V. Prokopiev (Russia, Khanty-Mansiisk, Yugra State University) (IEB)**B. F. Reutov (Russia, Moscow, Federal Agency for Education and Sciences of RF) (IEB)**I. I. Smirnov (Russia, Khanty-Mansiisk, Department of Science and Investment) (IEB)**A. V. Chuvikovskiy (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)**Yu. P. Shcherbak (Russia, Sarov, Sarov Physicotechnical Institute) (IEB)***25-1-0-0 Educational programmes in hydrogen economy****25-2-0-0 Hydrogen trading estates and science and research cities***J.-P. Contzen (Belgium, von Karman Institute for Fluid Dynamics) (SEB)***25-3-0-0 Young people in alternative energy and ecology science and technology****26. Philosophy of alternative energy and ecology***S. P. Kapitsa (Russia, Moscow, State Research Institute of Physical Problems) (IEB)**D. V. Mil'chenko (Russia, Sarov, IFV RFNC-VNIIEF) (IEB)***27. Information on renewable energy***A. I. Salikov (Russia, Moscow, CNIIATOMINFORM) (IEAB)**E. M. Tararava (Russia, Moscow, CNIIATOMINFORM) (IEAB)**V. V. Shinkarenko (Russia, Moscow, MIREA) (IEB)**E. A. Goodilin, Member Corresponding RAS (Russia, Moscow, FMS MSU) (SEB)**T. N. Kondirina (Russia, Sarov, STC "TATA")***27-1-0-0 Activities of international associations****27-2-0-0 Review of periodicals****27-3-0-0 Review of leading internet-resources****27-4-0-0 Prominent scientists' biographies****27-5-0-0 Scientific funds and scientific projects****27-6-0-0 Information on the International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology****27-7-0-0 International scientific conferences****27-8-0-0 Advertising matters of investment companies and manufacturers****27-9-0-0 Review of new scientific books****27-10-0-0 Review of new patents****27-11-0-0 Encyclopedia of renewable energy. Terms and definitions****Аббревиатуры**

ПГР — Почетные главные редакторы
 РНС — Редакционный научный совет
 ЗГР — Заместители главного редактора
 МРК — Международный редакционный комитет
 МНКСР — Международный научно-консультативный совет редакции
 ЭС — Экспертный совет
 МСР — Международный совет рецензентов

Abbreviation

HECH — Honorable Editor-in-Chiefs
 SEB — Scientific Editorial Board
 DECH — Deputy Editor-in-Chiefs
 IEB — International Editorial Board
 IEAB — International Editorial Advisory Board
 EB — Experts Board
 IRB — International Reviewers Board

Главному редактору Гусеву Александру Леонидовичу

607183, Россия, Нижегородская обл., Саров, а/я 687, НТЦ «ТАТА»

Тел.: 8 (83130) 63107, 97472; факс: 8 (83130) 63107; моб. тел.: +7-961-63-99-126, +7-962-50-77-914

E-mail: gusev@hydrogen.ru, http://isjaee.hydrogen.ru, http://www.hydrogen.ru

To Alexander L. Gusev, Editor-in-Chief

Scientific Technical Centre "TATA", P.O.B. 687, Sarov, Nizhni Novgorod region, 607183, Russia

Phone: +7 (83130) 63107, 97472; fax: +7 (83130) 63107; cell phones (office): +7-961-63-99-126, +7-962-50-77-914

E-mail: gusev@hydrogen.ru, http://isjaee.hydrogen.ru, http://www.hydrogen.ru

**Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»**

Подписано в печать 12.07.2007 г.

Формат 60×84/8 Усл. печ. л. ~31,1 Уч.-изд. л. ~29,0 Тираж 1500 экз.

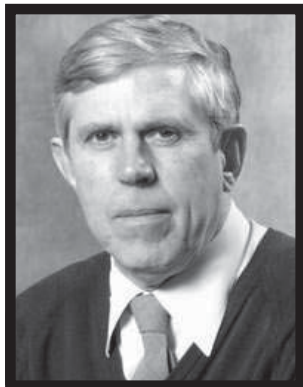
Отпечатано в типографии ООО НТЦ «ТАТА» г. Саров Нижегородской обл.

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»).

LEWIS FREDERICK ALASTAIR PH. D. M.R.I.A.

Died May 22, 2007, at home, loved husband of Eileen (Nee Giff), father of Ann, Rory, Ian, Zoe and loving grandfather. Funeral Service in St. Patrick's Parish Church, Drumbeg on Monday 28th May, 2007 at 11.30 a.m. Interment afterwards in the adjoining churchyard. House private. Family flowers only please. Donations in lieu, if desired, to Macmillan Nurses, c/o Norman McBriar, Funeral Director, 33a Main Street, Saintfield, BT24 7AB. Lovingly remembered by all the family.



Dr. Frederick A. LEWIS

School of Chemistry, The Queen's University of Belfast, Belfast BT9 5AG Northern Ireland, U.K.

Dr. Frederick Alastair Lewis was born in Belfast in 1926. After military service over 1944–1947, Lewis studied at Queen's University Belfast for primary degrees of B.Sc and Ph.D under research direction of Professor A.R.J.P. Ubbelohde F.R.S. over 1950–1954. Over 1954–1956 he accompanied Ubbelohde to Imperial College London. They subsequently collaborated in publication of "Graphite and Its Crystal Compounds", A.R. Ubbelohde and F.A. Lewis, Oxford University Press 1960.

In 1956 Lewis returned to Queen's University as lecturer and then Reader in Inorganic Chemistry. Research continued from 1950 on Metal Hydrogen Systems including publication of "The Palladium-Hydrogen Systems" Academic Press 1969. At present Dr. Lewis holds publications committee membership of "Defect and Diffusion Data" and of the "International Journal of Hydrogen Energy".

Professor F. A. Lewis was the most active member of Editorial scientific committee of the Editorial board of the International scientific journal for Alternative Energy and Ecology — ISJAEЕ since 2000.

He actively participated in many international scientific actions of Journal ISJAEЕ.

He actively developed journal and propagandized its activity all over the world.

He all life conducted a way of life active and useful to the world. All employees of journal ISJAEЕ love his. His life is full of heroism scientific and civil. He was ship's boy of the Navies of the Great Britain and was at war with fascism in structure of escort PQ within the Second World war. He has remained in our memory as the big scientist, the present devoted friend, and the real hero of our time. We transfer the most sincere and kind words to its wife, its children and friends. We transfer the condolence to relatives, friends and relatives of Dr. Frederick Lewis. Light and kind memory of it will for ever be kept in our hearts.

Editor-in-chief ISJAEЕ – A. L. Gusev, Honorable Editor-in-chief – academician Ju. A. Trutnev, associate editors of ISJAEЕ, readers and authors of journal

The Second International Symposium on Safety and Economy of Hydrogen Transport was held in Sarov from August 17 to August 22, 2003.

Dr. Frederick Lewis in Russia (in Sarov, Nizhniy Novgorod region)

