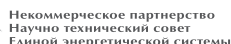
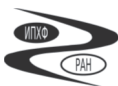
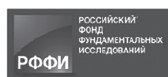


ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ:



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



Материалы
**Международной конференции
«ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА.
ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ
И ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ»**

30 ИЮНЯ – 2 ИЮЛЯ 2014

Черноголовка

REENFOR – 2014

Abstracts

**International conference
"RENEWABLE ENERGY. APPLIED ASPECTS
OF DEVELOPMENTS AND PRACTICAL USE"**

30 JUNE – 2 JULY 2014

Chernogolovka

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ:



Ежемесячный теоретический и научно-практический журнал



УДК 620.92 (075.8)

ББК 31.я73

*При поддержке Российского Фонда
Фундаментальных исследований
Грант 14-08-06050*

*Печатается по решению Организационного и Программного комитетов
Международного форума «Возобновляемая энергетика. Пути повышения
энергетической и экономической эффективности **REENFOR-2014**».*

Редакционно-издательский совет:

д.т.н. Попель О.С., к.ф.-м.н. Дуников Д.О.

Рецензенты:

д.т.н. Попель О.С. – заместитель директора по научной работе Объединенного
института высоких температур РАН

Возобновляемая энергетика. Пути повышения энергетической и экономической эффективности // Материалы Международной конференции «Возобновляемая энергетика. Прикладные аспекты разработки и практического использования» 30 июня – 2 июля 2014 г., г. Черноголовка / Под ред. д.т.н. О.С. Попеля и к.ф.-м.н. Д.О. Дуникова – Москва: ОИВТ РАН. 2014. – 249 с.

В материалах Международного форума «Возобновляемая энергетика. Пути повышения энергетической и экономической эффективности **REENFOR-2014**» опубликованы решения Первого Международного форума REENFOR-2013, презентации, тезисы и аннотации участников Форума **REENFOR-2014** по различным аспектам разработки и практического использования возобновляемых источников энергии

Для научных работников, аспирантов, студентов энергетических специальностей и широкого круга специалистов занимающихся проблемами использования возобновляемых источников энергии

© Объединенный институт высоких температур РАН

© Коллектив авторов

Содержание

Итоги Первого Международного Форума «Возобновляемая энергетика: Пути повышения энергетической и экономической эффективности» REENFOR 2013	7
Решение Дискуссионной сессии REENFOR 2013 «Научно-технические и экономические проблемы ветроэнергетики» <i>Соренсен Е. (Sørensen J.), Окулов В.Л.</i>	8
Решение Дискуссионной сессии REENFOR 2013 «Научно-технические и экономические проблемы малой гидроэнергетики, приливной и волновой энергетики» <i>Елистратов В.В.</i>	11
Решение Дискуссионной сессии REENFOR 2013 «Научно-технические и экономические проблемы геотермальной энергетики и использование тепловых насосов» <i>Томаров Г.В.</i>	13
Решение Дискуссионной сессии REENFOR 2013 «Накопители энергии и интеллектуальные системы управления в возобновляемой энергетике» <i>Хохлов А.Р., Сон Э.Е.</i>	14
Решение Круглого стола REENFOR 2013 Технологической платформы «Экологически чистая тепловая энергетика высокой эффективности» <i>Тумановский А.Г.</i>	16
Решение дискуссионной сессии REENFOR 2013 «Научно-технические и экономические проблемы биоэнергетики» <i>Варфоломеев С.Д.</i>	18
Решение Пленарной сессии REENFOR 2013 «Энергетическое образование и подготовка специалистов для возобновляемой энергетике» <i>Скалет М. (Scalet M.), Бердин В.Х.</i>	20
Солнечные модули на основе аморфного гидрогенизированного кремния на гибкой полимерной подложке <i>Аблаев Г.М., Абрамов А.С., Выграненко Ю.К., Жилина Д.В., Кукин А.В., Левицкий В.В.1,4, Няшаев И.А., Сазонов А.Ю., Семенов А.В., Шварц М.З., Теруков Е.И.</i>	26
Получение тонких пленок гидрогенизированного кремния с нанокристаллическими включениями методом ПХО <i>Афанасьев В.П., Семенов А.В., Теруков Е.И.</i>	28
Подготовка кадров в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» и ООО «НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А.Ф.Иоффе» для солнечной энергетики <i>Афанасьев В.П., Коноплев Г.А., Орехов Д.Л., Теруков Е.И.</i>	32
Программа выявления энергоемких термохимических реакций в многокомпонентных системах для теплового аккумулирования <i>Бабаев Б.Д.</i>	37

Программно-вычислительный комплекс оптимизации комбинированного энергоснабжения <i>Бабаев Б. Д.</i>	42
Металлогидридные технологии водородного аккумулирования энергии для автономных систем энергообеспечения на основе ВИЭ <i>Блинов Д.В., Борзенко В.И., Дуников Д.О.</i>	47
Проведение комплексных геофизических исследований в районах геотермальных аномалий территории Армении с целью выявления геотермальных месторождений <i>Варданын К.С., Карапетян Дж.К.</i>	51
Эколого-экономические аспекты развития возобновляющейся энергетики <i>Волианик В.В., Щенникова Г.Н., Бабаев Б.Д.</i>	53
Новое поколение суперконденсаторов на основе сопряженных полимеров и углеродных материалов с заданными размерами фрагментов сопряжения <i>Горбачев А.А., Кобрянский В.М.</i>	58
Автономная система электроснабжения на базе волнового генератора <i>Гринкруг М.С., Ткачева Н.А., Гордин С.А.</i>	62
Кинетика накопления стирола в полимерной матрице ПВДФ при облучении ионами гелия <i>Дуброва Н.А., Сохорева В.В., Головкин В.М.</i>	63
Разработка методов анализа и оптимизации схем децентрализованного энергоснабжения с использованием возобновляемых источников и накопителей энергии <i>Ермоленко Б.В., Ермоленко Г.В., Балакина Ю.А.</i>	67
Опытно-демонстрационная учебная энергоустановка на основе двусторонних фотоэлектрических модулей <i>Зайцев С.И., Киселева С.В., Шакин В.П., Тарасенко А.Б., Михайлин С.В., Титов В.Ф., Пар И.Т.</i>	78
Фототермические коллекторы на основе углеродных нанотрубок, чувствительных к красителю солнечных батареях и линз Френеля <i>Захидов Р.А., Анарбаев А.И., Клычев Ш.И.</i>	79
Опыт эксплуатации трехфазной гибридной фотоэлектрической энергоустановки в южных регионах РФ <i>Ирха В.А., Чеботарев С.Н., Пащенко А.С.</i>	83
Установки на ВИЭ для решения конкретных местных задач <i>Кабаков В.И.</i>	104
Перспективы использования металлогидридных технологий для очистки водорода, получаемого биологическим путем <i>Казаков А.Н., Блинов Д.В., Дуников Д.О.</i>	105
Перспективы применения мобильных деривационных микроГЭС на малых водотоках России для сезонного энергообеспечения автономных потребителей <i>Кашарин Д.В., Кашарина Т.П., Годин М.А.</i>	109
Реализация пассивного дома на базе ВИЭ с использованием электромобиля и теплового аккумулятора <i>Кашманов И.А.</i>	113

Возобновляемые источники энергии - особая позиция России? <i>Клименко А.В.</i>	126
Ресурсы солнечной и ветровой энергии в климатических условиях Кыргызстана <i>Коломиец Ю.Г., Попель О.С., Фрид С.Е., Обозов А.Д., Ибраев Р.Э.</i>	140
Особенности изготовления и работы гибридных солнечных элементов на основе металлоорганических перовскитов <i>Лопатин Д.С., Баранов О.А., Коржова Е.С.</i>	143
Перспективы создания и использования лазерных космических солнечных электростанций <i>Мельников В.М.</i>	146
Экспериментальные исследования кинетики процессов окисления твердофазных неорганических энергоносителей в водных растворах щелочей в интервале температур от 30°C до 90°C как приложение к созданию генератора водорода <i>Мешков Е.А., Власкин М.С.</i>	151
Достоинства и недостатки отдельных систем и установок энергетики возобновляемых источников энергии <i>Осадчий Г.Б.</i>	153
Составляющие экономической эффективности использования систем и установок энергетики возобновляемых источников энергии <i>Осадчий Г.Б.</i>	164
Высокоэффективные электронно-волновые преобразователи микроволн в системе солнечных космических электростанций <i>Пирогов Ю.А.</i>	182
Проведение сравнительных испытаний фотоэлектрических модулей различных типов <i>Попель О.С., Тарасенко А.Б., Михайлин С.В., Усанов А.Б., Титов В.Ф., Габдерахманова Т.С.</i>	183
Возобновляемые источники энергии в мире и в России <i>Попель О.С.</i>	184
Исследование водородсорбционных свойств сплава $\text{La}_{0.9}\text{Ce}_{0.1}\text{Ni}_5$ <i>Романов И.А., Столяров Д.Е.</i>	195
Формирование каталитического слоя для топливной ячейки с низким содержанием платины <i>Сохорева В.В., Дуброва Н.А.</i>	199
Водородные паротурбинные системы аккумулирования энергии для возобновляемой энергетики <i>Счастливец А.И., <u>Малышенко С.П.</u>, Борзенко В.И.</i>	203
Полимерные нанокompозиты для органических солнечных элементов <i>Тамеев А.Р., Ваников А.В.</i>	208
Состояние и перспективы солнечной энергетики на кремнии <i>Теруков Е.И.</i>	209
Развитие геотермальных энерготехнологий <i>Томаров Г.В.</i>	211

Перспективные технологии переработки растительной биомассы в экологически чистые топлива и электроэнергию <i>Тюрина Э.А.</i>	212
Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» <i>Шашкин А.П.</i>	217
Высокоэффективный активированный уголь для симметричных суперконденсаторов с водным и неводным электролитом <i>Янилкин И.В., Саметов А.А., Вервикишко Д.Е., Атаманюк И.Н., Школьников Е.И.</i>	228
A new generation of supercapacitors based on conjugated polymers and carbon materials with specified dimensions of conjugated fragments <i>Gorbatsevich A.A., Kobryanskii V.M.</i>	232
Experimental investigations of a metal hydride reactor <i>Blinov D.V., Borzenko V.I., Dunikov D.O., Romanov I.A.</i>	235
Comparative tests of different PV modules types <i>Popel O.S., Tarasenko A.B., Mikhaylin S.V., Usanov A.B., Titov V.F., Gabderahmanova T.S.</i>	240
State and prospects of silicon PV Industry <i>Terukov E.I.</i>	241
Development of Geothermal Power Engineering <i>Tomarov G.V.</i>	242
Perspective technologies for processing plant biomass into eco-friendly fuel and electricity <i>Tyurina E.A.</i>	243
Complex geophysical investigations aiming at identification of geothermal deposits in Armenia <i>Vardanyan K.S., Karapetyan J.K.</i>	244
Experimental-training power plant on the basis of bilateral PV modules <i>Zaytsev S.I., Kiseleva S.V., Shakun V.P., Tarasenko A.B., Mihailin S.V., Titov V.F., Par I.T.</i>	246
Алфавитный указатель авторов	247

Итоги Первого Международного Форума «Возобновляемая энергетика: Пути повышения энергетической и экономической эффективности» REENFOR 2013

22-23 октября 2013 года по инициативе Российской академии наук при поддержке ОАО «РусГидро», Российского фонда фундаментальных исследований, Регионального бюро по науке и культуре ЮНЕСКО, Международной финансовой корпорации, Российской венчурной компании, Комитета по энергетике Государственной Думы и других организаций состоялся Первый Международный Форум «Возобновляемая энергетика. Пути повышения энергетической и экономической эффективности» REENFOR–2013.

В Форуме приняли участие более 400 представителей организаций науки, образования, бизнеса, федеральных и региональных органов управления, международных организаций. В Форуме участвовали более 50 экспертов из 20 зарубежных стран, более 150 российских и зарубежных молодых специалистов, студентов и аспирантов.

Форум проведен в тесном сотрудничестве с Российскими технологическими платформами «Перспективные технологии возобновляемой энергетики», «Малая распределенная энергетика» и «Экологически чистая тепловая энергетика высокой эффективности», с непосредственным участием которых формируется отечественная государственная политика в развитии энергетики, в том числе с вовлечением в нее экологически чистых возобновляемых источников энергии.

В рамках Форума заключено 8 соглашений об установлении научно-технического и коммерческого сотрудничества между участниками Форума, в том числе международного. Проведено активное обсуждение проектов, предлагаемых к реализации в рамках Федеральных целевых программ Министерства образования и науки Российской Федерации «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» и «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2014-2020 годы.

Успешное проведение Форума показало, что в стране создана эффективная площадка для квалифицированного обсуждения научно-технических проблем, обмена опытом и разработки научно обоснованных рекомендаций для органов исполнительной и законодательной власти, энергетических компаний и бизнеса по приоритетным направлениям развития возобновляемой энергетики в России с учетом результатов российских и зарубежных исследований и разработок в данной области, лучших практик практического применения ВИЭ в стране и в мире.

Решение Дискуссионной сессии REENFOR 2013 «Научно-технические и экономические проблемы ветроэнергетики»

Соренсен Е. (Sørensen J.), Окулов В.Л.

Модераторы Дискуссионной сессии

Ключевые обсуждавшиеся вопросы:

1. Состояние и тенденции развития ветроэнергетики в мире и Европе.
2. Решения для повышения мощности ветряных электростанций.
3. Состояние и проблемы развития ветроэнергетики в России.
4. Проблемы и решения по интеграции ветряных электростанций в электрическую сеть.
5. Автономные электростанции: ветро-дизельные и ветро-дизельно-солнечные и использование систем хранения энергии.

Состояние дел в отрасли и перспективы развития:

Индустриальная (сетевая) ветровая энергетика является сейчас важной составляющей мирового энергетического потенциала. Ее развитие в начале XXI века сопоставимо с развитием атомной энергетики во второй половине прошлого века и даже наверно превзойдет его. В России традиционно ветроэнергетика была только *автономной*. Для интенсификации развития автономных ВИЭ имеются предпосылки и возможности полной или частичной замены ими дизельных электростанций с целью снижения себестоимости электроэнергии в отдаленных районах Сибири и Дальнего Востока. В тоже время сетевая ветроэнергетика в России делает первые шаги, связанные с развитием первого пилотного проекта сетевой ветроэлектростанции «ВЭС Мирный». Это направление требует более эффективной государственной поддержки в рамках общих мер поддержки энергетики на основе ВИЭ согласно принятому Правительством РФ для возобновляемой энергетики курсу на локализацию производства оборудования (создание предприятий на территории России). Однако в отличие от ВЭИ, с частично налаженным производством в России, принятые в постановлении одинаковые темпы уровня локализации производства оказались завышены для нового производства ветроэнергетического оборудования (к 2015 г. - 55%, а к 2016 - 65%). Действительно, мировая практика компаний Vestas, Gamesa, General Electric, ABB и др., говорит, что для развития местного производства в странах развивающегося рынка требуется от 2 до 5 лет. Даже ускоренный режим развития (отбор российских предприятий; определение соответствия параметров их оборудования; согласование технических, организационных, сертификационных мероприятий; разработка технологической и иной документации; создание испытательных стендов) займет не менее 2-2,5 лет, что позволит организовать производство и испытания первого набора компонентов, произведенных на территории Российской Федерации, только к 2016. Данную проблему локализации производства ветроэнергетического оборудования можно решить на основе изменений темпов локализации производства.

При дальнейшей активной поддержке государства и путем организации тесного международного научно-технического сотрудничества следует увеличивать трансфер

и адаптацию передовых решений и технологий для автономной и сетевой ветроэнергетики.

Достигнуты договоренности и подготовлены к подписанию проекты международных соглашений о сотрудничестве:

- Основное рамочное соглашение, регулирующее направление культурного и научного взаимодействия между Институтом ветроэнергетики Датского технического университета и Объединенным институтом высоких температур Российской Академии Наук (Проф. П.Мадсен и академик РАН В.Е.Фортов)
- Основное рамочное соглашение, регулирующее направление культурного и научного взаимодействия между факультетом механики и индустриальной инженерии университета Калгари (Канада) и Объединенным институтом высоких температур Российской Академии Наук (Др. Рон Хуго и академик РАН В.Е.Фортов)
- Основное рамочное соглашение, регулирующее направление культурного и научного взаимодействия между Институтом ветроэнергетики Датского технического университета и Институтом теплофизики Сибирского Отделения Российской Академии Наук (Проф. П.Мадсен и чл.корр РАН С.В.Алексеев)
- Основное рамочное соглашение, регулирующее направление культурного и научного взаимодействия между Институтом ветроэнергетики Датского технического университета и Институтом теоретической и прикладной механики Сибирского Отделения Российской Академии Наук (Проф. П.Мадсен и академик РАН В.М.Фомин)
- Основное рамочное соглашение, регулирующее направление культурного и научного взаимодействия между Институтом ветроэнергетики Датского технического университета и Инженерной академией Дальневосточного федерального университета (Проф. П.Мадсен и Проф А.Т.Беккер)

Предложения к перечню приоритетных направлений исследований и разработок и тем конкретным проектам, рекомендуемых для формирования тематик:

1) в Федеральную целевую программу «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы»

- Проект «Разработка и создание гибридной автономной энергоустановки оптимально сочетающей использование ветровой, солнечной энергии и традиционного топлива для использования в отдаленных районах Севера совместно с университетами стран со схожими климатическими условиями Канадой и Данией (Гренландия)». Мероприятие 2.1. (Попель О.С., ОИВТ РАН)
- Проект «Исследования гидродинамической неустойчивости роторных машин для обеспечения техногенной и экологической безопасности в ветро- и гидроэнергетике, проводимые совместно с научно-исследовательскими и образовательными организациями Дании». Мероприятие 2.2. (Наумов И.В., ИТ СО РАН)
- Проект «Выполнение работ по диагностике и оптимизации ветроэнергетических установок в научно технической кооперации с ведущими техническими университетами Скандинавии». Мероприятие 2.2. (Козлов В.В., ИТПМ СО РАН)

2) в Федеральную целевую программу «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2014-2020 годы».

-
- Проект*) «Создание международного научно-исследовательского и образовательного центра по развитию возобновляемых источников энергии на базе интеграции со скандинавскими научно-образовательными центрами COMWIND и The Nordic Consortium» (Алексеев С.В., ИТ СО РАН и НГУ; Беккер А.Т., ДФУ; Козлов В.В., ИТПМ СО РАН)

*) Проект подходит для рассмотрения и по мероприятию 2.2 из пункта 1).

Рекомендации:

- Подготовить обращение в Правительство РФ с обоснованием необходимости и предложением по изменению сроков, порядка и уровня требований по локализации производства оборудования для ветроэнергетики с реалистичными темпами: 2014 - 20%, 2015 г. - 20%, с 2016 по 2018 г.г. - 35 %, с 2019 по 2020 г.г. - 50% (А.Е.Копылов и Г.В.Ермоленко)
- Организация в 2014г. в Копенгагене Круглого Стола по энергетической кооперации – Диалог Дании с Россией по развитию малой энергетики для отдаленных территорий Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера (Сергей Моргунов – Российский центр Науки и Культуры в Дании и Леон Мишнаевский – DTU WindEnergy)
- Поддержать пилотный проект «Создание международного научно-исследовательского и образовательного центра по развитию возобновляемых источников энергии на базе интеграции со скандинавскими научно-образовательными центрами COMWIND и The Nordic Consortium» и рассмотреть вопрос участия и со-финансирования (Калинко О.А., РусГидро)
- Развить сотрудничество по ветроэнергетике между учеными Датского технического университета (преемник RISØ) и НИМК ФГУП «ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского» (Грибков С.В. и Окулов В.Л.)
- Разработать и издать новый «Атлас ветров России», адаптированный под условия современных сетевых ветро-электростанций с использованием методик WASP и предприятия АТМОГРАФ, взамен «Атласа ветров России»**), изданного в 2000г Российско-Датским институтом энергоэффективности и Национальной датской лабораторией RISØ (В.Г. Николаев, ЦАГИ и АТМОГРАФ и С.Е. Ларсен – факультет WindEnergy Датского технического университета - преемник RISØ)

**) Атлас ветров России = Russian Wind Atlas / А.Н.Старков, Л.Ландберг, П.П.Безруких, М.М.Борисенко; М-во топлива и энергетики России, Нац. лаб. Рисо (Дания), Рос.-Дат. ин-т энергоэффективности. - М.: Можайск-Терра, 2000. - 551 с.: ил. + дискета. - ISBN 5-7542-0067-6© The Russian-Danish Institute for Energy Efficiency, 2000 ©RISØ National Laboratory, 2000 ©Российско-Датский институт энергоэффективности, 2000 ©Рисо, 2000

Решение Дискуссионной сессии REENFOR 2013

«Научно-технические и экономические проблемы малой гидроэнергетики, приливной и волновой энергетики»

Елистратов В.В.

Модератор Дискуссионной сессии

Заслушав и обсудив доклады участников сессии, отмечая актуальность и целесообразность развития малой и морской гидроэнергетики сессия предлагает следующие решения:

- Новым прорывным технологическим направлением является создание систем автономного распределенного энергоснабжения (САРЭ) прибрежных акваторий и открытого океана (предложение ИОРАН) от комбинации различных возобновляемых источников энергии океана, использующих прежде всего волновую энергию, энергию течений, перепад температуры, а также солнечную и ветровую энергию на его поверхности.

- Для создания основных элементов АСОИ ЭО и САРЭ дать предложения в ТП «ПТВЭ», в ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» и ФЦП «Развитие гражданской морской техники» на 2009-2016 годы по формированию тематики лотов с учетом имеющегося технологического задела ИОРАН, НИИЭС, НПО «Гидроэнергоспецстрой», ЦКБ «Рубин», ЦНИИ им. А.Н. Крылова и др. при поддержке заинтересованных ведомств и организаций.

- Учитывая опыт ряда зарубежных стран (Великобритания, США, Канада, Франция и др.) где созданы и активно развиваются Морские испытательные Центры, позволяющие ускоренно доводить демонстрационные установки морских ВИЭ до коммерческих образцов, считать целесообразным создание такого центра в России и дать предложения в ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» по проработке технических заданий по созданию и программе научных исследований Морского испытательного Центра на юге (например, на базе южного отделения ИОРАН в Геленджике и / или на базе отделения ОИВТ РАН в Махачкале).

- Продолжить исследования на научной морской базе НИИЭС на Кислогубской ПЭС с типовым наплавным энергоблоком ПЭС и с типовым многоярусным отечественным гидроагрегатом, а также продолжить натурные испытания волновой энергетической станции ОАО НИИЭС с целью оптимизации ее эксплуатации и конструкции;

- Учитывая поставленные в Распоряжении Правительства РФ №861 до 2020 году и Генсхемы размещения объектов генерации до 2030 году планы в части развития малой гидроэнергетики для автономного и децентрализованного энергоснабжения небольших потребителей, необходимо разработать новую методологию оценки и провести инвентаризацию экономически эффективного потенциала малой гидроэнергетики и конкретным определением первоочередных объектов внедрения на основе проведения гидрологических и инженерно-картографических изысканий.

- Подтвердить, что в РФ имеется технологическая и производственная база, позволяющая обеспечить требуемую в соответствии с Постановлением Правительства

РФ №449 локализацию при производстве оборудования для малых ГЭС и обеспечить научно-технологическую и финансовую поддержку для развития этих производств.

- для возможности использования новых схем использования водной энергии с помощью малых ГЭС (неэнергетических водотоков, водосбросов сточных и оборотных вод, реконструируемых гидроузлов и др.) дать предложения в ТП «ПТВЭ», в ФЦП « Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» по разработке новой номенклатуры и инновационного оборудования малой гидроэнергетики, обеспечивающего более высокие энергетические и технико-экономические показатели.

Решение Дискуссионной сессии REENFOR 2013 «Научно-технические и экономические проблемы геотермальной энергетики и использование тепловых насосов»

Томаров Г.В.

Модератор Дискуссионной сессии

-
1. Признать высокую эффективность регионального энергообеспечения на основе комплексного использования геотермальных ресурсов.
 2. Считать приоритетным направление по развитию бинарных энерготехнологий на основе использования низкопотенциальных геотермальных ресурсов.
 3. Считать приоритетными российскими площадками для реализации геотермальных энергетических проектов:
 - Камчатский край и Курильские острова;
 - Республика Дагестан;
 - Краснодарский и Ставропольский края;
 - Калининградская область.
 4. Отметить положительный опыт России и Исландии в развитии геотермальной энергетики.
 5. Считать целесообразным реализовать международный проект по обмену опытом между Россией и Исландией в области геотермальной энергетики с целью обоснования повышения надежности и эффективности создания и эксплуатации геотермальных электростанций в сложных климатических условиях.
 6. Признать необходимость проведения конференций REENFOR на регулярной основе.

Решение Дискуссионной сессии REENFOR 2013 «Накопители энергии и интеллектуальные системы управления в возобновляемой энергетике»

Хохлов А.Р., Сон Э.Е.

Модераторы Дискуссионной сессии

Ключевые обсуждавшиеся вопросы:

1. Накопители для длительного хранения энергии – состояние работ в РФ и в мире, технические и экономические барьеры;
2. Накопители энергии в автономных установках на основе ВИЭ –насколько оправданно увеличение капитальных затрат? Перспективы улучшения технико-экономических параметров, альтернативные решения.
3. Сетевая возобновляемая энергетика – нужны ли накопители для стабилизации отдельных станций и региональных энергосистем? Уровни мощности и технологические решения.
4. Приоритетные направления исследований и разработок и проекты в области создания и практического применения накопителей энергии и интеллектуальных систем управления в возобновляемой энергетике.

Предложения к перечню приоритетных направлений исследований и разработок и тем конкретных проектов, рекомендуемых для формирования тематики Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы»

- Проект «Разработка технических решений для применения суперконденсаторов в фотоэлектрических водоподъемниках для компенсации пусковых токов насосов».
- Проект «Исследования современных материалов для нового поколения ЛИА: разработка методов синтеза, технологий ЛИА для изделий ВВСТ, использование ЛИА в энергоустановки специального назначения».
- Проект «Разработка технических решений, направленных на создание комплекса из накопителя энергии для электротранспортного средства и инфраструктуры для его обслуживания, включая использование ВИЭ».
- Проект «Исследования технических решений для создания эффективного термодинамического накопителя».
- Проект «Исследования новых материалов и технологий для создания накопителей электрической энергии с отдельным изменением мощности и емкости».

Рекомендации:

1. Развитие опытно-демонстрационной площадки по применению ВИЭ на территории МГУ (НИЛ ВИЭ МГУ, Киселева С.В.);
2. Создание полигона для комплексных сравнительных испытаний накопителей электрической энергии (ОИВТ РАН, Сон Э.Е.).
3. Рассмотрение вопроса о необходимости и целесообразности локализации производства в России солнечных и автономных интеллектуальных инверторов SMA Solar Technology GmbH (ТВЭЛ – В.Я.Лихтерман, SMA Solar Technology GmbH, Jan Stottko).

Решение Круглого стола REENFOR 2013 Технологической платформы «Экологически чистая тепловая энергетика высокой эффективности»

Тумановский А.Г.

Модератор Дискуссионной сессии

Ключевые обсуждавшиеся вопросы:

1. Обоснование возможности и целесообразности использования твердых бытовых отходов в качестве возобновляемого топлива на ТЭС. Выбор приоритетного варианта интегрирования установок для сжигания ТБО в схему комбинированного производства тепловой и электрической энергии.
2. Выбор приоритетных технологий энергетического использования биомассы на ТЭС.
3. Обоснование возможности и целесообразности использования теплонасосной техники в установках генерации энергии различных видов.
4. Исследования и разработки, предлагаемые в Федеральные целевые программы.

Констатирующая часть:

- Технология кипящего слоя и циркулирующего кипящего слоя широко используется в промышленной и электроэнергетике для эффективного и экологически чистого сжигания различных видов биомассы.
- Одним из наиболее перспективных направлений для резкого увеличения использования биомассы для производства тепла и электроэнергии является совместное сжигание биомассы с торфом и углем.
- Другим перспективным направлением является применение полигенерирующих систем с получением тепла, электроэнергии и полезных продуктов.
- Имеется большой потенциал для использования твердых бытовых отходов как возобновляемого топлива для получения тепла и электроэнергии.
- За рубежом значительная часть предприятий для сжигания ТБО принадлежит энергетическим компаниям, и интерес энергетиков к этому источнику энергии продолжает возрастать. Например, в состав немецкой компании E.ON входят 18 заводов для термической утилизации ТБО общей электрической мощностью более 300 МВт. В США суммарная электрическая мощность предприятий, утилизирующих ТБО, составляет примерно 2,7 ГВт.
- В России этому возобновляемому источнику энергии внимание практически не уделяется. Общая установленная электрическая мощность всех заводов, сжигающих ТБО, чуть более 26 МВт.

Решение:

1. С целью увеличения доли биомассы в производстве тепла и электроэнергии необходимо проведение комплексных исследований эффектов при совместном сжигании биомассы и ископаемых топлив на экспериментальных установках и действующих котлах. Особое внимание следует уделить исследованиям и разработкам в области сжигания и газификации различных видов биомассы в кипящем и циркулирующем кипящем слое.

2. В рамках платформы «Экологически чистая тепловая энергетика высокой эффективности» рассмотреть вопрос о строительстве пилотного проекта отечественной типовой ТЭС на ТБО производительностью 360 тыс. тонн ТБО в год, установленной мощностью 24 МВт.

3. Предложения к перечню приоритетных направлений исследований и разработок, рекомендуемых для формирования тематики Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы»:

- Разработка тригенерационных систем высокой энергетической эффективности для одновременного производства электроэнергии, теплоты и холода с применением установок различных принципов действия для крупных электростанций различных типов и объектов распределенной энергетики.

- Развитие бестопливных установок генерации электроэнергии и теплоты различных температурных уровней на базе детандер-генераторной технологии с использованием тепловых насосов и возобновляемых источников энергии.

- Проведение исследований и разработок в области сжигания и газификации различных видов биомассы в кипящем и циркулирующем кипящем слое.

- Использование биомассы для производства тепла и электроэнергии при совместном сжигании биомассы с торфом и углем.

- Исследования процесса плазменной газификации энергетических углей для получения высокопотенциального газа-восстановителя взамен металлургического кокса.

- Исследование процессов электротермохимической подготовки энергетических углей к сжиганию на тепловых электростанциях.

- Исследование экологически чистой безотходной технологии термической переработки твердых бытовых отходов с получением тепловой и электрической энергии и строительных материалов.

- Разработка информационно-аналитического интерактивного интернет-портала по энергетике.

Решение дискуссионной сессии REENFOR 2013 «Научно-технические и экономические проблемы биоэнергетики»

Варфоломеев С.Д.

Модератор Дискуссионной сессии

Последнее десятилетие характеризуется экспоненциальным ростом в мире энергетических технологий, основанных на возобновляемых источниках энергии. Наиболее ёмкими технологиями являются получение электроэнергии с использованием фотовольтаических полупроводниковых преобразователей и получение топлив путем глубокой конверсии биомассы. Биотопливо – широкий набор продуктов, включая биометан, биобутанол, биодизель, биоглицерин, биоводород, биокетали, бионефть и синтезнефть. Производство фотоэлектричества и биотоплив в мире растёт экспоненциально с временами удвоения 2,5 – 3,5 года. Уже в настоящее время биотоплива вносят заметный вклад в энергообеспеченность общества, и этот вклад будет достаточно быстро увеличиваться. В настоящее время производство биотоплив для автомобильного транспорта составляет около 5% от общего глобального объёма добычи нефти. Это означает, что при сохранении темпов роста биотопливной индустрии, производство биотоплив приблизится к уровню современной добычи углеводородов через 25 – 30 лет.

Стратегические ресурсные возможности России для производства биоэнергии очень велики. Обладая самой большой территорией, 10% сельскохозяйственных угодий мира, уникальными лесными ресурсами, относительно благоприятным климатом, Россия может стать базой глобального производства биоэнергии.

Одним из стимулов глобального развития энергетики, основанной на использовании биомассы, является решение проблемы избыточной эмиссии CO₂. Биомасса – продукт фотосинтетического восстановления двуокиси углерода и при производстве энергии из биомассы общий баланс роста CO₂ приближается к нулю.

Основной сырьевой базой для производства энергоносителей из биомассы являются лигно-целлюлозные материалы. Лимитирующим фактором развития энергетики, основанной на многостадийных процессах конверсии лигно-целлюлозного сырья, являются необходимость развития высокоэффективных, безотходных и экономически приемлемых технологических процессов нового типа. Значительные не реализованные ресурсы развития лежат в области высокоэффективного химического катализа многообразных химических процессов в сочетании с биокаталитическими (биотехнологическими) процессами нового типа.

В общем плане создание новейших конкурентоспособных процессов для биотопливной промышленности включает в себя решение ряда взаимосвязанных задач:

1. Разработка эффективных каталитических процессов деполимеризации биомакромолекул, создание химических и биологических катализаторов нового типа.
2. Развитие высокоинтенсивных процессов получения биометана (биогаза) из отходов пищевой промышленности, с/х производства, санитарно-коммунальных хозяйств, разработка методов когенерации электрической и тепловой энергии.

3. Разработка каталитических процессов получения автомобильных топлив, биомолекулярных спец-добавок к топливу, повышающих их эксплуатационные характеристики, развитие процессов получения «биобензина» и «биодизеля»

4. Разработка каталитических процессов получения авиационных топлив из возобновляемого сырья.

5. Создание каталитических методов конверсии биомассы и органических отходов в жидкое топливо.

6. Разработка методов конверсии лигнина с получением сырьевых продуктов для крупнотоннажной органической химии, топливной индустрии и индустрии строительных материалов.

7. Развитие технологий термохимической конверсии растительного сырья в топливо и химические продукты методом быстрого пиролиза.

Основные ресурсные технологии производства биотоплив лежат в области использования органических отходов различной природы (отходы с/х производства, лесной и пищевой промышленности, коммунального хозяйства, засоряющие среду продукты полимерной химии, отходы нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности). Ежегодные объёмы органических отходов для России оцениваются в 350 – 400 млн. тонн в год. Востребованные технологии получения биотоплив для России, Европы и других стран лежат в развитии методов конверсии отходов в газообразное, жидкое и твёрдое топливо. Создание качественно новой индустрии конверсии отходов в топливо и масштабирование существующих методов (биогаз, пиролизная бионефть и синтезнефть, пеллеты) позволяет решить две взаимосвязанные проблемы – очистку окружающей среды и получение новых энергоносителей.

Форум приветствует развитие международного сотрудничества в области возобновляемой энергетики и биоэнергетики.

Участники форума считают необходимым обратиться в Министерство науки и образования Российской Федерации с предложением о включении ряда проектов в формирующуюся в настоящее время Федеральную целевую программу «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы»:

- 1) Исследование процесса комплексной термохимической переработки биомассы растительного происхождения в топливо и органические продукты
- 2) Биокаталитическое получение органических кислот из непищевого возобновляемого сырья как мономеров для органического синтеза биопластиков
- 3) Конверсия углеродсодержащих отходов в жирные кислоты с последующей их этерификацией в суперкритических жидкостях
- 4) Исследование процесса комплексной термической переработки твердых коммунальных и промышленных отходов с получением тепловой и электрической энергии, строительных материалов и металлических сплавов
- 5) Исследование процесса электроплазменной переработки органической массы для получения синтез-газа и золы, пригодной для использования в качестве удобрения.

Решение Пленарной сессии REENFOR 2013 «Энергетическое образование и подготовка специалистов для возобновляемой энергетики»

Скалет М. (Scalet M.), Бердин В.Х.

Модераторы Пленарной сессии

Организаторы Форума включили в программу этой международной конференции вопросы энергетического образования и подготовки кадров для возобновляемой энергетики.

Возобновляемая энергетика является самой быстро развивающейся энергетической отраслью, с которой связываются надежды по обеспечению устойчивого энергетического развития и устойчивого развития в целом современного общества. Развитие возобновляемой энергетики имеет исключительную важность для достижения Целей Развития Тысячелетия (Millennium Development Goals (MDG)).

В то же время проблемы образования и подготовки кадров для возобновляемой энергетики, к сожалению, не признаются в полной мере ни на национальном ни на международном уровнях. В следствие этого они не находят своего должного отражения в программах и планах энергетического развития, что является несомненно сдерживающим фактором для своевременного и эффективного реагирования на потребности постоянно растущих производительных и инфраструктурных рынков, а также рынка труда, связанных с возобновляемой энергетикой. Эти вопросы представляют интерес практически для всех стран, независимо от уровня развития в них этой отрасли и безусловно они важны для тех стран, которые находятся только в начале пути расширенного использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Важность подготовки кадров для возобновляемой энергетики признаётся также международными организациями, а в их лице и международным сообществом. Поэтому не случайно эта сессия получила моральную и материальную поддержку ЮНЕСКО, а именно Регионального бюро ЮНЕСКО по науке и культуре в Европе, которое таким образом выразило не только свою поддержку Форуму, но и уверенность, что Форум и его сессия по вопросам образования будут являться важными факторами укрепления международного и регионального сотрудничества в области энергетического образования в целом и подготовке квалифицированных кадров для возобновляемой энергетики в частности.

Европейский Союз (ЕС) в настоящее время разрабатывает Дорожную карту по образованию и подготовке специалистов для возобновляемой энергетики, которая тесно связана с Европейским стратегическим планом развития энергетических технологии (-SET Plan). Основной задачей этой инициативы является удовлетворение потребностей этой энергетической отрасли в трудовых ресурсах. Ключевым элементом Дорожной карты будет являться осуществление структурных изменений в Европейской системе образования и подготовке специалистов путем усиления координации и интеграции национальных образовательных институтов через их вовлечения в специализированные кооперативные сети. Предусматривается также создание благоприятных условий для участия в этом процессе промышленности с помощью принятия для этого специальных мер и развития партнёрства в рамках ЕС.

Учитывая жёсткие временные ограничения данной сессии и с целью её рационализации Программный Комитет при содействии этого Регионального бюро ЮНЕСКО, а также Международного центра устойчивого энергетического развития по эгидой ЮНЕСКО (МЦУЭР), сформулировал ряд вопросов, ответы на которые или на некоторые из них он ожидал получить в результате выступлений участников Форума и их обсуждений. Они были сведены в две ниже приведённые группы:

1. Образование и подготовка специалистов для возобновляемой энергетики

- Могут ли существующие программы подготовки специалистов-энергетиков обеспечить потребности в квалифицированной рабочей силе быстро развивающейся возобновляемой энергетики? Положение дел в мире и в России.
- Какие специалисты должны готовиться и работать в возобновляемой энергетике?
- Что является более эффективным: готовить специалистов-энергетиков широкого профиля или «узких» специалистов для использования определённых ВИЭ?
- Удовлетворяет ли потребности новой энергетической отрасли переподготовка специалистов на современном этапе развития возобновляемой энергетики и будет ли удовлетворять в ближайшем будущем? Ситуация в данной области в передовых «ВИЭ» странах и в России.
- Должна ли подготовка специалистов различного уровня для возобновляемой энергетики развиваться вместе с ней, идти вслед или с опережением?
- Существуют ли в России и в других странах рынки труда, прямо связанные с возобновляемой энергетикой?
- Должны ли существовать программы финансирования подготовки специалистов для возобновляемой энергетики? Если да, то кто должен организовывать и поддерживать эти программы?

2. Энергетическое просвещение для широких слоёв населения или «энергетическое образование для всех»

- Какие средства и методы могут быть эффективно использованы для энергетического образования широких слоёв населения, в частности касающегося возобновляемой энергетики? Роль СМИ, интернета и др.
- Нужно ли общее энергетическое образование для всех членов современного общества, без различия в социальном положении, образовательном уровне и возрасте?
- Нужно ли развивать международное или региональное сотрудничество в области энергетического образования широких кругов населения и подготовки специалистов различного уровня для возобновляемой энергетики? Возможно ли осуществление крупномасштабной международной программы «Энергетическое образование для всех»?
- Какова должна быть роль международных организаций в данной области?
- Какова должна быть роль правительств стран в данной области?

Сессия была проведена в соответствии с программой, подготовленной в сотрудничестве с научно-учебными заведениями, включая кафедры ЮНЕСКО, имеющими значительный опыт в подготовке специалистов различного уровня для возобновляемой энергетики.

За короткое время, отведённое организаторами Первой пленарной сессии и, в частности, её части, посвящённой вопросам энергетического образования и

подготовке специалистов для возобновляемой энергетики, не позволил провести достаточно глубокое обсуждение представленных докладов, которые, однако, позволяют сделать следующие основные выводы, касающиеся положению дел в данной области:

- в области подготовки специалистов, в основном инженерно-технического и научного профилей, для возобновляемой энергетики накоплен определённый опыт, который должен быть эффективно использован для дальнейшего развития этой области образования;
- до недавнего времени обучение специалистов осуществлялось на основе исторически сложившихся в Европейских странах, включая Россию, инженерных школ и систем образования, которые довольно успешно удовлетворяли потребности национальных топливно-энергетических комплексов, включая их новую и довольно быстро развивающуюся отрасль, основанную на расширенном и эффективном использовании возобновляемых источников энергии, получившей название «возобновляемая энергетика». Однако, как это подчёркивалось докладчиками на сессии, данные системы подготовки специалистов подверглись серьёзной модификации, связанной с повсеместным в Европе переходом на трёхступенчатое, а в России, например, на двухступенчатое («бакалавр»-«магистр») университетское инженерное образование, которое в настоящее время не удовлетворяют ни по качеству, ни по количеству потребностей быстро развивающейся возобновляемой энергетики;
- системы профессионально-технического (vocational), средне-технического и высшего профессионального образования должны удовлетворять потребности рынка труда, связанного с возобновляемой энергетикой и с сопутствующими отраслями экономики. Одной из основных задач данных систем является своевременное реагирование на появляющиеся и быстро прогрессирующие тенденции технологического и энергетического промышленного развития. Подчёркивается исключительная важность постоянно действующей связи и тесного сотрудничества систем образования со всеми структурами-потребителями рабочей силы различной квалификации, которые и определяют, как правило, потребности рынка труда;
- важным фактором успешного функционирования системы подготовки специалистов для возобновляемой энергетики является её признание неотъемлемой частью перспективных планов технологического развития энергетики;
- успешное и расширенное использование ВИЭ будет напрямую зависеть от уровня подготовки специалистов и поэтому особое внимание должно быть уделено качеству их подготовки. При этом подчеркивается, что возобновляемая энергетика нуждается в первую очередь в высококвалифицированных специалистах-инженерах, а не только в бакалаврах, с основательной подготовкой в области фундаментальных наук;
- качество подготовки инженерных кадров в значительной степени зависит от интеграции научных исследований в учебный процесс, что позволяет в большей мере развить творческие способности студентов и полностью подготовить выпускников учебных заведений к эффективной работе в возобновляемой энергетике. Подчёркивается также необходимость проведения послеуниверситетского обучения на основе выполнения кафедрами и факультетами реальных научно-исследовательских работ, что значительно повысит качество этого обучения и послужит более успешному развитию возобновляемой энергетики;

-
- подготовка высококвалифицированных специалистов должна соответствовать или опережать уровень технического развития возобновляемой энергетики, для чего следует привлекать к разработке учебных программ, подготовке учебников и учебных пособий ведущих учёных и инженеров, работающих в данной области;
 - возобновляемая энергетика характеризуется своим разнообразием и значительно отличающимися друг от друга источниками и принципами преобразования энергии, каждый из которых требует своих специальных знаний и, следовательно, обучения «своим» научным и инженерным дисциплинам. Поэтому практически невозможно подготовить универсального специалиста, способного одинаково успешно работать во всех сферах возобновляемой энергетики. Значит необходимо быть готовыми обеспечивать отдельно, практически для каждого ВИЭ, подготовку инженеров различных уровней и техников в рамках специальных курсов и программ;
 - специалисты, занимающиеся вопросами управления энергетикой и связанными с ней отраслями должны обладать определённым запасом знаний по возобновляемой энергетике, что позволит им принимать правильные решения, касающиеся этой отрасли;
 - отмечая важность интеграции учебного и научного процессов, подчеркивалась необходимость создания учебных лабораторий на кафедрах и факультетах, ведущих обучение специалистов, что не является простой задачей вследствие дороговизны оборудования, имеющегося на рынках, в частности, стран СНГ. В этой связи прозвучало предложение о создании Европейской базы данных о наличии учебных лабораторий по ВИЭ, и изучении возможности использования лабораторий теми учебными заведениями, которые по тем или иным причинам таких лабораторий не имеют;
 - большую пользу принесёт обмен опытом в обучении путём создания национальных и региональных сетей университетов, тесно связанных с промышленными (частными и государственными) организациями и исследовательскими учреждениями;
 - учитывая, что возобновляемая энергетика нуждается и будет нуждаться в специалистах различной квалификации, представляется целесообразным создание таких же сетей по сотрудничеству в области профессионально-технического образования;
 - должны приветствоваться все формы сотрудничества между учебными заведениями, исследовательскими институтами и предпринимательскими кругами;
 - высказывалось также мнение о полезности использования заочных методов обучения с использованием современных коммуникационных технологий;
 - подчёркивалась исключительно важная роль ведущих международных и региональных организаций в деле обеспечения сотрудничества в данной области, а также необходимость использования для этой цели крупных международных программ, связанных с устойчивым энергетическим развитием, например таких как «Устойчивая энергетика для всех»- глобальная и долгосрочная программа ООН. В этой связи высказывалась надежда на поддержку этими организациями инициатив Форума в области энергетического образования и подготовки специалистов для возобновляемой энергетики;
 - к сожалению, из-за недостатка времени, отведённого Сессии, проблемы энергетического просвещения не были подвергнуты обсуждению. Вместе с тем некоторые участники подчеркнули важность начала изучения возможностей использования ВИЭ в рамках школьных программ, что улучшит подготовленность выпускников средних школ для выбора профиля дальнейшего

обучения, включая возобновляемую энергетику, и последующего обучения. Выражалась также надежда, что на следующих встречах Форума, проблемам общего энергетического образования широких кругов населения будет уделено должное внимание.

Рекомендации Сессии:

1. Отметить важность поднимавшихся на сессии вопросов, связанным с энергетическим образованием, подготовкой и переподготовкой кадров, а также просветительской работой среди широких слоев населения в области возобновляемой энергетики. Подчеркнуть необходимость дальнейшего углубления и расширения работы в этих направлениях.
2. Призвать участников настоящего Международного форума консолидировать свои усилия на проблемах развития возобновляемой энергетики, в том числе в области образования, подготовки и переподготовки специалистов-энергетиков и просвещения широких слоев населения.
3. Рекомендовать продолжить на будущих встречах Форума обсуждение насущных проблем энергетического образования и просвещения. В этой связи, предлагается выделить данной тематики в специальную секцию Форума. Для организации работы данной секции предлагается создать рабочую группу для обеспечения эффективной работы Форума в данной области.
4. Призвать учёных и преподавателей ВУЗов стран-участниц Форума консолидировать свои усилия в области развития возобновляемой энергетики и, в частности, в области энергетического образования и просвещения. В этой связи рекомендуется включение вопросов образования и подготовки кадров для возобновляемой энергетики в национальные научно-технического развития энергетики. В случае Российской Федерации такими программами должны явиться федеральные целевые программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям научно-технологического комплекса России» и «Научно-педагогические кадры инновационной России» на 2014-2020 годы.
5. Учитывая существенные изменения, произошедшие за последние годы в методологии подготовки специалистов по ВИЭ в РФ, введение двух уровневой («бакалавр»-«магистр») системы инженерного образования, усиления специализированной подготовки на уровне магистратуры, считать необходимым создать в РФ координационный учёный совет из представителей ВУЗов, где реализуются программы по ВИЭ, и заинтересованных организаций для обмена опытом и согласования программ подготовки специалистов для возобновляемой энергетики.
6. Признать необходимым обращение к правительствам и к предпринимательским кругам о поддержке развития возобновляемой энергетики и, в частности, о проблемах повышения качества образования, подготовки и переподготовки кадров для возобновляемой энергетики.
7. Считать необходимым формирование национальных, региональных и международных сетей университетов и других учебных и научных учреждений, занимающихся подготовкой специалистов различного уровня для возобновляемой энергетики, которые должны служить механизмом обмена информацией и практическим опытом в данной области, способствовать выработке наиболее эффективных методов образования и

-
- подготовки специалистов, разработке взаимоприемлемых учебных программ, подготовке учебников и учебных пособий.
8. Представляется целесообразным рассмотреть вопросы новых методов обучения, подготовки и переподготовки специалистов для возобновляемой энергетики с использованием современных информационных технологий обучения в ВУЗе, а также более широким применением лабораторной и демонстрационной базы.
 9. Выразить признательность поддержке данной сессии со стороны ЮНЕСКО, а также рекомендовать этой авторитетной международной организации системы ООН продолжить своё участие в работе Форума. При этом выражается надежда, что в дальнейшем другие международные организации также будут вносить свой вклад в развитие международного сотрудничества в области энергетического образования и подготовки специалистов для возобновляемой энергетики.
 10. Отметить, что объявленное системой ООН на 2014-2024 годы Международное десятилетие «Устойчивая энергетика для всех» является важным стимулом для решения глобальных проблем искоренения энергетической бедности, повышения энергоэффективности и развития возобновляемой энергетики. Рекомендовать включить вопросы образования и подготовки специалистов для возобновляемой энергетики в систему приоритетов данной инициативы ООН.

Солнечные модули на основе аморфного гидрогенизированного кремния на гибкой полимерной подложке

**Аблаев Г.М.^{1,3}, Абрамов А.С.^{1,2}, Выграненко Ю.К.⁵, Жилина Д.В.^{1,4},
Кукин А.В.^{2,4}, Левицкий В.В.^{1,4}, Няпшаев И.А.¹, Сазонов А.Ю.⁵,
Семенов А.В.^{2,4}, Шварц М.З.^{1,2}, Теруков Е.И.^{1,2}**

¹Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург

²ООО «НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе», Санкт-Петербург

³Санкт-Петербургский академический университет – научно-образовательный центр нанотехнологий Российской академии наук, Санкт-Петербург

⁴Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург

⁵Университет Уотерлу, Уотерлу, Канада.

Изготовление солнечных модулей на полимерных гибких подложках имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционной технологией производства модулей на жестких кремниевых или на стеклянных подложках. Подобные солнечные батареи могут быть закреплены на предметах, имеющих сложную, не гладкую поверхность, в том числе и на одежде [1, 2]. Кроме того, лёгкие гибкие солнечные модули на полимерных подложках очень привлекательны для аэрокосмических применений благодаря более высокому отношению вырабатываемой мощности к весу по сравнению с традиционными фотовольтаическими элементами на основе GaAs [3].

Цель работы: получение солнечных модулей на гибкой полимерной подложке и оценка их характеристик.

В данной работе представлено подробное описание структуры и формирования солнечных модулей на основе a-Si:H на гибкой полиэтиленнафталатовой (PEN) подложке толщиной 100 микрон [4]. Основными достоинствами PEN подложек являются:

- существенно меньшая стоимость производства по сравнению с производством стекла, используемого в качестве подложек для солнечных модулей;
- возможность использования технологии roll-to-roll, что позволяет производить сотни метров солнечных элементов в течение одного процесса;
- малый вес;
- меньшая подверженность механическим повреждениям;
- простота и дешевизна установки, транспортировки модулей.

Однако использование PEN подложек накладывает ограничение на температурный режим до 150 °C [5], [6]. В этом случае производительность модуля будет ниже, поскольку оптимальный температурный режим для формирования тонкопленочных структур a-Si:H находится в диапазоне 220 - 300 оC [7]. Несмотря на это, в работе [8] представлены солнечные однопереходные элементы на основе a-Si:H на текстурированной PEN подложке с начальной эффективностью 8.8%.

На рисунке 1 представлен изготовленный солнечный модуль на гибкой PEN подложке 10x10 см². Модуль состоит из четырёх параллельно соединённых секций, по 18 ячеек в каждой.

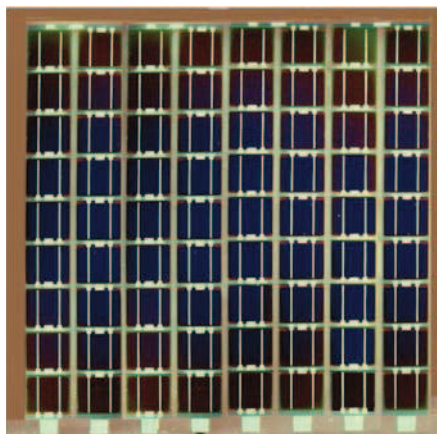


Рис. 1. Солнечный модуль на PEN подложке.

Ячейки состоят из нижнего алюминиевого контактного слоя толщиной 150 нм, *n-i-p* структуры из *a-Si:H* (50 нм *n*-слой, 300 нм *i*-слой и 20 нм *p*-слой), и верхнего контактного слоя *ZnO:Al* толщиной около 90 нм. Для уменьшения сопротивления эмиттера на *ZnO:Al* симметрично нанесены два алюминиевых полосковых контакта шириной 0.3 мм. Фотоактивная площадь ячейки 0.8 см². КПД одной ячейки составил 3.8%. Все слои фотопреобразующего каскада осаждаются методом PECVD с применением масочной технологии.

Заключение

Были изготовлены тонкопленочные солнечные модули из *a-Si:H* площадью 10х10 см² на PEN подложках толщиной 100 микрон. Представлены вольт-амперные характеристики изготовленных модулей при стандартном освещении AM1.5G от имитатора солнечного излучения. Методами ИК-термометрии были выявлены токи утечки и дефекты полученных структур, которые значительно повлияли на производительность модулей.

Необходимо дальнейшее улучшение параметров модулей, которое можно достичь уменьшением токов утечки и повышением эффективности токосъема.

Список литературы

1. Y. Ichikawa, T. Yoshida, T. Hama, H. Sakai, and K. Harashima. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, **66**, 107 (2001).
2. M.B. Schubert and R. Merz. *Philosophical Magazine*, **89**, 2623 (2009).
3. K. Beernink, S. Guha, et al. *NASA/CP – 214494*, 54 (2007).
4. Y. Vygranenko, A. Khosropour, R. Yang, A. Sazonov, A. Kosarev, A. Abramov, E. Terukov. *Can. Journal of Phys.*, doi 10.1139/cjp-2013-0566
5. T. Söderström, F.-J. Haug, V. Terrazzoni-Daudrix, and C. Ballif. *J. Appl. Phys.*, **103**, 114509 (2008).
6. J.K. Rath, M.Brinza, Y.Liu, A.Borreman, and R.E.I.Schropp. *Sol. Energ. Mater. Sol. Cell.*, **94**, 1534 (2010).
7. J. Poortmans and V. Arkhipov. *Thin Film Solar Cells Fabrication, Characterization and Applications*. John Wiley & Sons Ltd, 2006. Ch. 5.
8. F.-J. Haug, T. Söderström, M. Python, V. Terrazzoni-Daudrix, X. Niquille and C. Ballif. *Development of micromorph tandem solar cells on flexible low-cost plastic substrates*, *Sol. Energ. Mater. Sol. Cell.*, **93**, 884 (2009).

Получение тонких пленок гидрогенизированного кремния с нанокристаллическими включениями методом ПХО

Афанасьев В.П.¹, Семенов А.В.^{1, 2}, Теруков Е.И.²

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ", Санкт-Петербург, Россия

²ООО «НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А. Ф. Иоффе», Санкт-Петербург, Россия

В последние годы пленки аморфного гидрогенизированного кремния нашли широкое применение в тонкопленочных солнечных модулях (СМ) большой площади на дешевых стеклянных и полимерных подложках [1]. Для эффективной работы такого модуля первостепенную роль играют такие свойства собственного аморфного i-слоя, как стабильность параметров при воздействии солнечного излучения и высокая фоточувствительность. Как было показано ранее [2], качество пленок аморфного гидрогенизированного кремния может быть повышено за счет введения в аморфную матрицу нанокристаллических включений. Авторами было показано, что использование метода циклического осаждения тонких пленок аморфного гидрогенизированного кремния с нанокристаллическими включениями позволяет получить слои не только с высокой фоточувствительностью, но и более высокой стабильностью пленок при воздействии освещения. Нанокристаллические включения частично снимают механические напряжения в аморфной матрице и, тем самым, создается возможность для роста менее напряженной сетки с меньшей концентрацией слабых связей.

Дальнейшее развитие технологии позволяет сегодня получить различные модификации пленок гидрогенизированного кремния с различным фазовым составом: аморфный, микрокристаллический, нанокристаллический, протокремний и другие. Среди относительно новых модификаций пленок активно исследуется гидрогенизированный полиморфный кремний (pm-Si:H), который представляет собой кремниевую аморфную матрицу с небольшой долей нанокристаллических включений [3]. Для получения пленок a-Si:H и pm-Si:H используется метод плазмохимического осаждения, реализуемый в результате разложения смеси газов моносила (SiH₄) и водорода (H₂) в плазме тлеющего разряда (PECVD). Формирование того или иного материала при использовании данного метода определяется выбором таких технологических условий, как соотношение давлений газов, давление при осаждении, мощность разряда и других.

Целью работы являлась разработка технологии и исследование оптических и фотоэлектрических свойств пленок pm-Si:H с малой долей (4-6 %) нанокристаллических включений.

Образцы пленок аморфного гидрогенизированного кремния формировались методом плазмохимического осаждения (ПХО) в газовых смесях моносила на технологическом оборудовании KAI-1-1200 фирмы Oerlikon. Температура осаждения для всех пленок была одинаковой и равнялась 200 °С. Для получения пленок a-Si:H с нанокристаллическими включениями процесс ПХО проводился на кремниевые и стеклянные подложки в газовой смеси с различной степенью разбавлением водородом

$R = [H_2]/[SiH_4]$, равной 1, 10 и 31,4. В первом случае на подложки осаждались пленки a-Si:H с пренебрежимо малой нанокристаллических включений.

В результате проведенных комплексных исследований серии образцов, осажденных при разном разбавлении и суммарном давлении газовой смеси, получены следующие данные.

Измерения ИК-спектров проводились на ИК-Фурье спектрометре Nicolet 8700 с программным обеспечением OMNIC, с помощью которого осуществлялось для управления спектрометром, регистрация спектров и их обработки (рис.1). По данным спектроскопии рассчитана концентрация водорода в пленках и их микроструктурный фактор R_{str} . Установлено, что суммарное давление слабо влияет на концентрацию водорода в пленках и микроструктурный фактор ($R_{str} = 0,1$). Этот результат хорошо коррелирует с данными обработки спектров пропускания и отражения, снятых в диапазоне от 300 до 2000 нм. Ширина запрещенной зоны для всех образцов, рассчитанная по спектральной зависимости коэффициента поглощения, оставалась примерно постоянной и составляла 1,78 – 1,8 эВ.

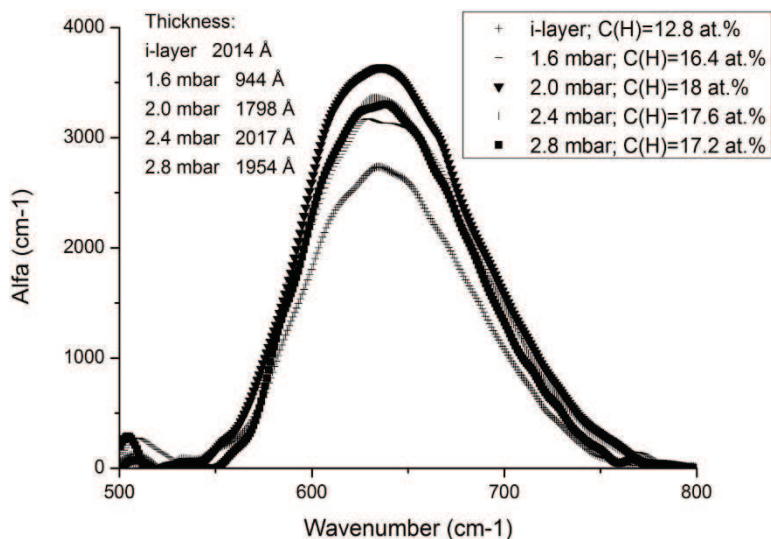


Рис. 1. Спектр ИК-поглощения пленок a-Si:H и pm-Si:H ($R = [H_2]/[SiH_4] = 31,4$) на кремниевых подложках.

При разбавлении $R = [H_2]/[SiH_4] = 10$ по мере увеличения суммарного давления наблюдается незначительное уменьшение оптической ширины запрещенной зоны, что может быть обусловлено увеличением плотности состояний в хвостах запрещенной зоны.

Использование метода просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения позволило выявить особенности формирования нанокристаллитов в пленках pm-Si:H. Структура pm-Si:H пленки, сформированной при давлении 2,4 мбар (рис. 2, 3), представляет собой слой аморфного кремния толщиной около 210 нм, выращенный на подложке Si(001), покрытой буферным слоем оксида кремния толщиной 2 нм. В нижней части слоя pm-Si:H, в пределах 20-30 нм от интерфейса, присутствуют кристаллические включения кремния. Кристаллическая природа включений подтверждается картиной электронной дифракции от нижней части слоя (рис. 4, вставка 1), на которой присутствуют множественные рефлексы соответствующие структуре кремния. Предпочтительной ориентации кристаллитов

относительно кремниевой подложки обнаружено не было. На картине электронной дифракции, полученной от верхней части слоя pm-Si:H (рис. 2, вставка 2) присутствуют только диффузные кольца, соответствующие аморфному кремнию. На рис. 2 вблизи интерфейса с подложкой видны частицы кристаллического кремния. Увеличение масштаба на рис. 3 позволяет получить изображение нанокристаллитов кремния на границе с подложкой.

Таким образом, пленка pm-Si:H характеризуется слоистой структурой, причем толщина слоя нанокристаллического кремния зависит от суммарного давления. Так при давлении 1,6 мбар толщина нанокристаллического слоя увеличивается до 40-50 нм. Результаты рамановской спектроскопии также показали, что изменение суммарного давления и мощности позволяют управлять долей кристаллической фазы в пленках.

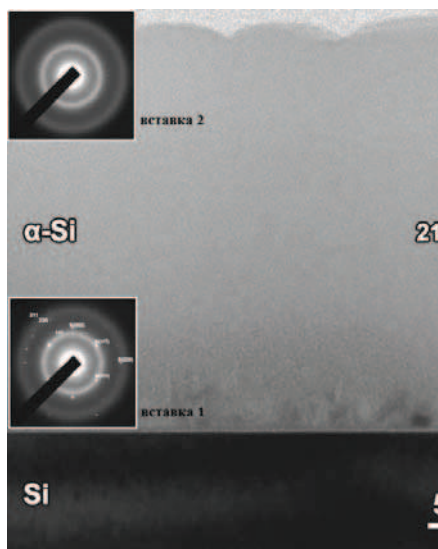


Рис. 2. Изображение поперечного сечения пленки pm-Si:H на кремниевой подложке. На вставке 1 - картина электронной дифракции от нижней части слоя $\alpha\text{-Si}$. На вставке 2 - картина дифракции от верхней части: видны только диффузные кольца.

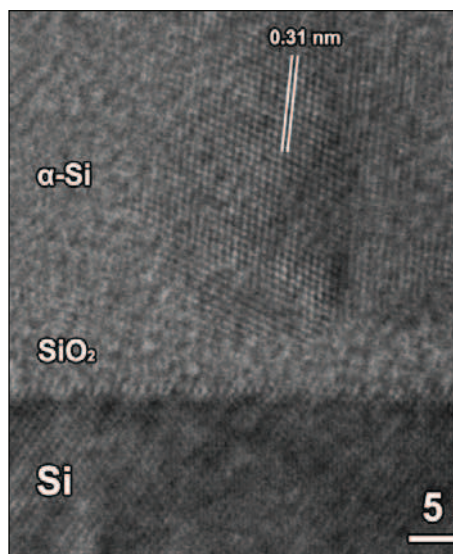


Рис. 3. Изображение нанокристаллитов кремния в нижней части слоя вблизи интерфейса с подложкой. Межплоскостные расстояния в нанокристаллите соответствуют межплоскостным расстояниям кристаллического кремния

Следует констатировать, что на данном этапе работы не удалось найти технологический режим, позволяющий получить равномерное распределение нанокристаллитов по толщине пленки. Наличие гетерофазной слоистой структуры наглядно проявилось и на спектрах фотопроводимости пленок pm-Si:H , сформированных при давлении 2,0 и 2,8 мбар с разбавлением $R = 31$ (рис. 4). Видно, что произошло существенное расширение спектров в сторону больших длин волн. По-видимому, это связано с проявлением фотопроводимости в слое нанокристаллического кремния.

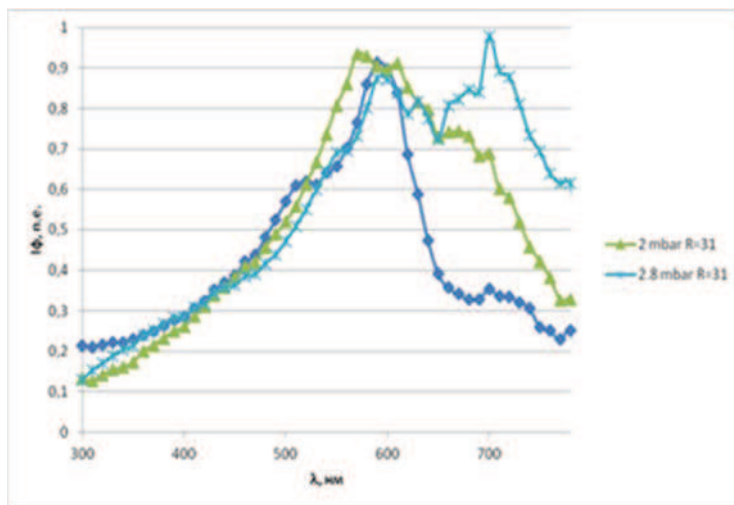


Рис. 4. Спектры фотопроводимости для пленок pm-Si:H толщиной 200 нм, полученных при суммарном давлении 2,0 и 2,8 мбар, соответственно. Спектр (четыреугольные точки) получен при исследовании гомофазной пленки a-Si:H.

Таким образом, пленка pm-Si:H характеризуется слоистой структурой, причем толщина слоя нанокристаллического кремния зависит от суммарного давления. Так при давлении 1,6 мбар толщина нанокристаллического слоя увеличивается до 40-50 нм. Результаты рамановской спектроскопии также показали, что изменение суммарного давления и мощности позволяют управлять долей кристаллической фазы в пленках.

Следует констатировать, что на данном этапе работы не удалось найти технологический режим, позволяющий получить равномерное распределение нанокристаллитов по толщине пленки. Наличие гетерофазной слоистой структуры наглядно проявилось и на спектрах фотопроводимости пленок pm-Si:H, сформированных при давлении 2,0 и 2,8 мбар с разбавлением $R = 31$ (рис. 4). Видно, что произошло существенное расширение спектров в сторону больших длин волн. По-видимому, это связано с проявлением фотопроводимости в слое нанокристаллического кремния.

Только более детальные дальнейшие исследования пленок полиморфного кремния помогут определить перспективы их использования в тонкопленочной солнечной энергетике, как с точки зрения большей стабильностью электрофизических параметров при длительном освещении, так и более высокой фоточувствительности.

Литература:

1. Thin-film silicon solar cells. Editor: Arvind Shah. - EPFL Press, 2010.
2. A.S. Gudovskikh, J.P. Kleider, V.P. Afanasjev, A.Z. Kazak-Kazakevich, A.P. Sazanov. Investigation of nc-Si inclusions in multilayer a-Si:H films obtained using the layer by layer technique. // Journal of Non-Crystalline Solids. – 2004. -Vol. 338-340. - P. 135-138.
3. Хенкен М.В., Емельянов А.В., Казанский А.Г. и др. Влияние условий получения пленок полиморфного кремния на их структурные, электрические и оптические свойства. // ФТП, 2013. – Т.47, №9. – С1283-1287.

Подготовка кадров в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» и ООО «НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А.Ф.Иоффе» для солнечной энергетики

Афанасьев В.П.¹, Коноплев Г.А.¹, Орехов Д.Л.², Теруков Е.И.²

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия

²ООО «НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А.Ф.Иоффе», Санкт-Петербург, Россия

Энергетический кризис 70-х годов подтолкнул многие страны к пересмотру своих энергетических стратегий. Стало очевидным, что ставка на нефть, как основу развития мировой энергетики, не является надежной в долговременной перспективе, поэтому необходимо диверсифицировать используемые традиционные источники энергии [1]. В относительно короткие сроки были достигнуты значительные успехи в улучшении технико-экономических показателей технологий преобразования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в востребованную человеком электрическую энергию. В результате освоения промышленных технологий стоимость энергии, производимой с помощью ветроустановок, фотоэлектрических преобразователей, геотермальных и биоэнергетических установок снизилась в разы. Это позволяет рассматривать ВИЭ как один из ключевых трендов развития мировой энергетики, продвигающих решение глобальных энергетических и экологических проблем человечества [2].

Одним из привлекательных и перспективных видов ВИЭ всегда считалась фотовольтаика, т. е. прямое преобразование солнечной энергии в электрическую. Солнце может обеспечить растущие потребности в энергии в течение многих сотен лет. Общее количество солнечной энергии, поступающей на Землю в течение часа, превышает количество потребляемой человечеством энергии в течение года. За последние 20–30 лет темпы роста солнечной энергетики составляли в среднем примерно 25 %. Согласно прогнозам в XXI веке солнечная энергетика будет оставаться основной среди всех альтернативных источников. По оценкам к 2050 г. солнечная энергия может обеспечить 20–25 % мирового производства энергии, а к концу XXI века она должна стать доминирующим источником энергии с долей, достигающей 60 % [3].

Эволюция технологических принципов производства тонкопленочных кремниевых модулей (экономичные технологические процессы, дешевые подложки, простой дизайн и т. д.) уже сегодня обеспечивает в лабораторных условиях эффективность сравнимую с модулями на основе поликристаллического кремния, а темпы снижения их себестоимости значительно выше, чем модулей на основе кристаллического кремния [4,5].

Последние годы в России запущен ряд крупных проектов по развитию солнечной энергетики. Так группы компаний «РЕНОВА», приняла решение наладить в Чувашии (г. Новочебоксарск) производство 1 млн. тонкопленочных солнечных модулей в год. Кроме того, для научного сопровождения производства в Новочебоксарске в Санкт-Петербурге образовано ООО «НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А.Ф.Иоффе» (далее - НТЦ), которое в настоящее время введено в строй и полностью оснащено современным высокотехнологичным оборудованием (рис.1).

Еще в 2010 году, когда ГК «РоснаноТех» объявила конкурс на оказание услуг по разработке и апробации программы опережающей профессиональной переподготовки и учебно-методического комплекса, ориентированных на инвестиционные проекты по производству солнечных модулей, СПбГЭТУ совместно с ФТИ им. А.Ф.Иоффе подготовил заявку на участие в этом конкурсе и стал его победителем. Основной целью образовательной программы являлась переподготовка специалистов для обеспечения нужд ООО «Хевел» с производством в г. Новочебоксарске и ООО «НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А.Ф.Иоффе» в г. Санкт-Петербурге, осуществляющих разработку и производство солнечных модулей на базе технологии «тонких пленок» Oerlikon Solar. Поэтому при формировании образовательной программы главная роль отводилась представителям ООО «Хевел» и НТЦ, которые формулировали заказ на подготовку кадров.



Рис. 1. Технологическое оборудование ООО «НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А.Ф.Иоффе» в г. Санкт-Петербурге

В июле 2011 года СПбГЭТУ совместно с НТЦ успешно завершил выполнение этого проекта, итогом которого явилась апробация образовательной программы профессиональной переподготовки и учебно-методического комплекса в группе слушателей из 25 человек. Был подготовлен комплект документов, включающий учебный план переподготовки и календарный учебный график, утвержденные проектными организациями, а также методические материалы разного уровня (рабочие программы дисциплин, учебно-методические материалы для слушателей; цифровые образовательные ресурсы, средства текущего контроля и т.д.). Суммарная трудоемкость программы составила 510 часов. Все слушатели подготовили и успешно защитили выпускные квалификационные работы.

Как показал анализ кадровых потребностей ООО «Хевел» на площадке в г. Новочебоксарске и НТЦ в г. Санкт-Петербурге, сохраняется необходимость дальнейшей не только переподготовки, но и подготовки кадров для предприятий, желательно с привлечением жителей соответствующих регионов. Для решения этой задачи в СПбГЭТУ была открыта магистерская программа «Солнечная гетероструктурная фотоэнергетика» (код: 210144.68) в рамках направления

Электроника и нанoeлектроника. Учебный план программы в существенной мере базировался на тех дисциплинах, которые были подготовлены и апробированы в ходе выполнения проекта с Роснано. В 2011 году была сформирована первая группа численностью 10 человек, среди которых 6 человек – представители Чувашии, выпускники Чувашского государственного университета, в 2012 году – вторая группа численностью 13 человек, из которых восемь - были представителями Чувашии, а в 2013 году – третья группа численностью 15 человек из Чебоксар и других городов России.

Учитывая возросший объем работ в образовательной сфере, СПбГЭТУ и НТЦ в 2013 году подписали соглашение о сотрудничестве, целью которого является обеспечение высокого качества профессиональной подготовки и переподготовки специалистов в области тонкопленочной солнечной энергетики и проведение совместных научных исследований. Соглашение существенно расширяет рамки взаимодействия вуза и НТЦ в образовательной, научно-исследовательской деятельности и в развитии инфраструктуры. Например, планируется организация Центра подготовки и переподготовки специалистов по направлению «Тонкопленочная солнечная энергетика» в СПбГЭТУ с развитой лабораторной базой. С этой целью в СПбГЭТУ запущена солнечная электростанция, на базе которой проводится цикл лабораторных работ по исследованию эффективности работы тонкопленочных солнечных модулей в условиях г. Санкт-Петербурга.

В области образовательной деятельности соглашение предполагает целевую профессиональную подготовку магистров по заказу НТЦ, ООО «Хевел» и других организаций родственного профиля по согласованным образовательным программам, которые имеют доступ к современному технологическому и метрологическому оборудованию, размещенному в НТЦ (рис.2). Следует отметить высокую заинтересованность студентов в усвоении теоретических и практических знаний, их хорошую успеваемость.



Рис 2. Магистры группы 7294 проводят исследования в НТЦ

В 2013 году состоялся первый выпуск магистров по магистерской программе 210144.68 «Солнечная гетероструктурная фотоэнергетика». Из 10 выпускников группы 7294 восемь человек защитили диссертации на «отлично», из них четыре человека получают по итогам обучения в магистратуре дипломы с отличием (рис.3). Студент этой группы Иванов Алексей, отлично защитивший магистерскую диссертацию на тему «Спектроскопические исследования тонких пленок a-Si:H, полученных методом плазмохимического осаждения в различных режимах», признан лучшим выпускником магистратуры факультета электроники в 2013 году.

Кроме целевой подготовки к образовательному блоку относятся:

- переподготовка и повышение квалификации специалистов профильных организаций и профессорско-преподавательского состава с учетом перспектив развития солнечной энергетики и перспективных технологий тонких пленок для энергетики, например, по программе повышения квалификации «Тонкопленочная солнечная фотоэнергетика»;
- стажировки молодых ученых, аспирантов и преподавателей в СПбГЭТУ и НТЦ в рамках программ академической мобильности;
- привлечение специалистов НТЦ к преподавательской деятельности для разработки и чтения новых курсов лекций;
- организация и проведение практик и дипломного проектирования студентов с использованием высокотехнологического оборудования в НТЦ;
- экспертная оценка качества образовательных программ, подготовки и переподготовки специалистов по направлению «Тонкопленочная солнечная энергетика».

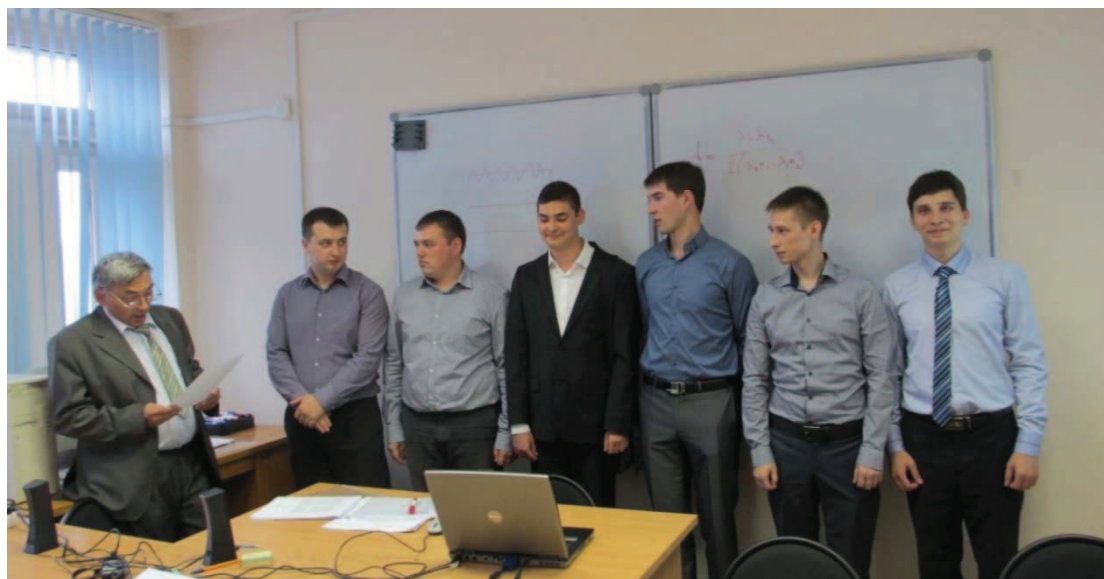


Рис. 3. Первый выпуск магистров по магистерской программе 210144.68 «Солнечная гетероструктурная фотоэнергетика».

Наряду с программой повышения квалификации специалистов СПбГЭТУ и НТЦ подготовлена программа повышения квалификации профессорско-преподавательского состава вузов с учетом перспектив введения солнечной энергетики. В 2011 году была реализована программа повышения квалификации для преподавателей ЧГУ им. И.Н.Ульянова по «Тонкопленочной солнечной фотоэнергетике», на которой обучалось 12 человек. Сегодня эти преподаватели

активно участвуют в реализации бакалаврского профиля по фотопреобразовательной технике в ЧГУ. В 2013 году повышение квалификации по этой программе проходили уже 19 преподавателей, представлявших более 10 регионов России, включая Чувашию.

Активное привлечение студентов и аспирантов к выполнению конкретных научных исследований подтверждается их участием в научных конференциях и совместных с сотрудниками НТЦ и СПбГЭТУ публикациях. Например, в работе Российской конференции «Физико-химические проблемы возобновляемой энергетики» в 2013 году участвовали 7 студентов и 4 аспиранта кафедры КЭОП, которые выступили со стендовыми докладами.

Таким образом, сотрудничество СПбГЭТУ «ЛЭТИ» и ООО «НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А.Ф.Иоффе» обеспечивает реализацию и развитие образовательных программ подготовки и переподготовки специалистов для высокотехнологичного производства тонкопленочных солнечных модулей.

Список литературы

1. Попель О.С. Состояние и перспективы развития возобновляемых источников энергии // Региональная энергетика и энергосбережение. – 2013. - №4. – С. 42-48.
2. Фортов В.Е., Попель О.С. Энергетика в современном мире. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. – 168 с.
3. Перспективы энергетических технологий 2008. Сценарии и стратегии до 2050 г. Международное энергетическое агентство. OECD/IEA, 2008.
4. Thin-film silicon solar cells. Editor: Arvind Shah // EPFL Press, 2010. 430 p
5. Афанасьев В. П., Теруков Е. И., Шерченков А. А. Тонкопленочные солнечные элементы на основе кремния. 2-е изд. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. 168 с.

Программа выявления энергоемких термохимических реакций в многокомпонентных системах для теплового аккумулирования

Бабаев Б.Д.

Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Тепловое аккумулирование (ТА) является важной и неотъемлемой составной частью стабилизации рабочего режима тепловых сетей, позволяющей регулировать в оптимальных пределах неравномерность, как поступления энергии, так и её потребления.

Одним из перспективных способов аккумулирования энергии является ТА с использованием скрытой теплоты фазового перехода «твердое тело - жидкость» неорганических, органических соединений, эвтектических композиций и термохимических реакций. Несмотря на важное прикладное значение таких тепловых аккумуляторов, многие проблемы в области их разработки остаются нерешенными.

Остаётся актуальной проблема поиска эффективных фазопереходных теплоаккумулирующих материалов на основе физико-химического анализа многокомпонентных систем (МКС).

Одним из методов поиска теплоаккумулирующих материалов является метод исследования химического взаимодействия веществ.

Вследствие сложности и трудоемкости описания химического взаимодействия приоритетной является разработка методологии, допускающей использование ЭВМ.

В основу описания реакций обмена в многокомпонентных взаимных системах положено учение В.П. Радищева [1] о стабильном и нестабильном комплексах диаграммы состояния изучаемой системы.

В химии расплавленных солей взаимных систем важное значение в последние годы уделяется описанию химического взаимодействия конверсионным методом [2, 3], являющимся основой синтеза неорганических соединений.

Кроме этого предложены ряд методов описания химического взаимодействия в МКС с использованием аппарата комбинаторной матричной алгебры [4 – 10].

Не один из приведенных алгоритмов не учитывает температурное влияние на направленность протекания реакций в МКС, не предусмотрены автоматизированные расчеты тепловых эффектов реакций в зависимости от температуры.

В связи с вышеизложенным возникла необходимость в разработке нового алгоритма описания химических и термохимических реакций в многокомпонентных взаимных системах с учетом перечисленных недостатков, и составления по нему программы, которая позволила бы оперативно выявлять возможные химические и термохимические реакции, протекающие во взаимных многокомпонентных системах с любым числом соединений и в зависимости от температуры.

Для определения тепловых эффектов реакций в зависимости от температуры воспользуемся функцией от температуры приведенной энергии Гиббса $\Phi(T)$. Как известно, из [11]

$$\Phi(T) = - \frac{G(T) - H(0)}{T}, \quad (1)$$

где $\Phi(T)$ – приведенная энергия Гиббса в зависимости от температуры; $H(0)$ – энтальпия образования соединения при 0 K из элементов в стандартных состояниях.

Из (1) следует

$$\Phi(T) \cdot T = -G(T) + H(0).$$

Тогда можем писать для продуктов реакции (правых частей уравнений)

$$G(T)^{prod} = H(0)^{prod} - \Phi(T)^{prod} \cdot T, \quad (2)$$

А для исходных соединений (левых частей уравнений) энергия Гиббса равна

$$G(T)^{исх} = H(0)^{исх} - \Phi(T)^{исх} \cdot T, \quad (3)$$

Изменение энергии Гиббса в ходе реакции в зависимости от температуры можно определить по формуле:

$$\Delta G(T)_{реакц} = G(T)^{prod} - G(T)^{исх} = H(0)^{prod} - H(0)^{исх} - \Phi(T)^{prod} \cdot T + \Phi(T)^{исх} \cdot T, \quad (4)$$

Если в реакцию или процесс входят несколько соединений, то (1.4) можно преобразовать в следующий вид

$$\Delta G_{реакц} = \left[\sum_{i=1}^k X_i H(0)^{prod} + \frac{T}{1000} \sum_{i=1}^k X_i \Phi(T)^{исх} \right] - \left[\sum_{j=1}^n X_j H(0)^{исх} + \frac{T}{1000} \sum_{j=1}^n X_j \Phi(T)^{prod} \right], \quad (5)$$

где X_i и X_j – стехиометрические коэффициенты уравнения для исходных соединений и продуктов реакции, соответственно; $1/1000$ – коэффициент преобразования, который вводится из-за того, что в справочнике [11] $H(0)$ дано в кДж/моль, а $\Phi(T)$ в Дж/(К моль).

Объемные изменения при химических реакциях определяются вводом информации по относительным молярным изменениям компонентов МКС $\Delta V/V$, в % по формуле:

$$\Delta V_{реакц}^{отн} = \sum_{i=1}^k X_i \Delta V_{prod.}^{отн.} - \sum_{j=1}^n X_j \Delta V_{исх.}^{отн.}, \quad (6)$$

На основе исходной информации по дифференциации, числу соединений, катионов, анионов и формул соединений программа на ЭВМ [12] выдает весь набор термохимических реакций полного обмена, протекающих в ограничивающих элементах системы и в самой МКС в зависимости от температуры.

Осуществляется преобразование матрицы смежности с индексами «1» в стабильных и «0» в метастабильных диагоналях в вектор с группировкой «0» и «1», $M(i,j) \rightarrow V(k)$, $k = i \cdot (N-1) + j$.

Левые части уравнений химических реакций в n -компонентных взаимных системах моделируются в соответствии с правилом выявления левых частей уравнения. Перебор можно осуществить по маскам «01», «001», «011» и т. д., которых можно генерировать или задавать в программе [12]. В задаваемых масках должна быть хотя бы одна «0» [13].

Правые части уравнений химических реакций в n -компонентных взаимных системах выявляются в соответствии с правилом выявления правых частей уравнения [13].

Выявление уравнений химических реакций осуществляется сопоставлением выявленных наборов левых и правых частей. При этом должны соблюдаться следующие условия: наличие в обеих сопоставляемых частях одних и тех же ионов; отсутствие в сопоставляемых частях одинаковых фаз; возможность уравнивания смоделированных реакций.

Возможность уравнивания смоделированных реакций проверяется расстановкой стехиометрических коэффициентов уравнений химических реакций [13].

Программа «ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТ реакций в МКС в зависимости от температуры» [12] описания химических и термохимических реакций, протекающих

в МКС в зависимости от температуры, объемных изменений при плавлении позволяет получать термохимические реакции, протекающие во взаимных МКС независимо от компонентности при разных значениях температуры, прогнозировать направления их протекания при данной температуре, определяет температуру, при которой реакция обладает максимальным тепловым эффектом, кроме этого программа позволяет осуществить поиск наиболее энергоемких уравнений реакций для термохимического аккумулирования тепловой энергии.

При открытии программного файла «Project.exe» появляется на экране окно (см. рис. 1).

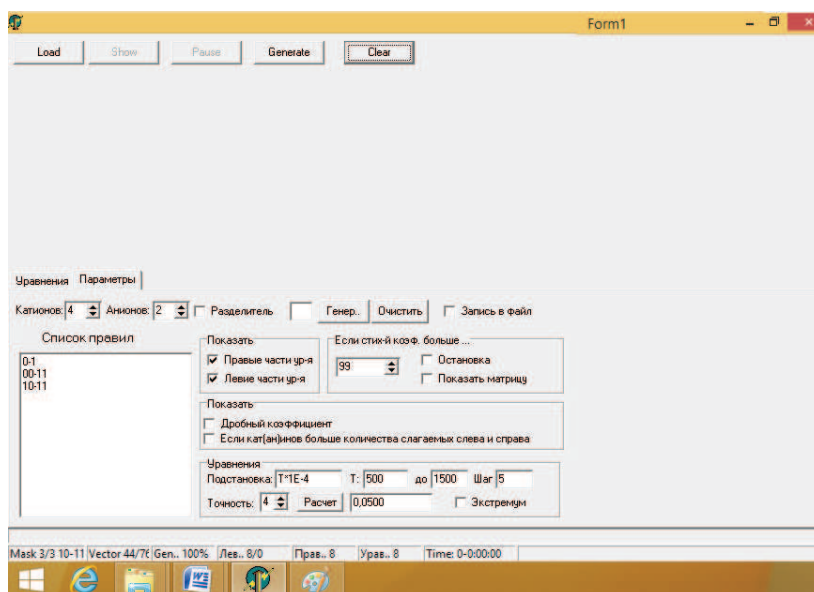


Рис. 1. Экран программы «Тепловой эффект в зависимости от температуры» при загрузке входной информации и задании условий выявления уравнений реакций.

Нажав на «Load», программа просит загрузить исходную информацию. При этом необходимо указать на файл, где хранится информация.

Входной информацией является матрица смежности, теплоты образования и функции $\Phi(T)$ компонентов системы.

На основе входной информации программа выдают термохимические реакции при любой температуре, которую можно задать, в тройных, четверных, пятерных и т. д. взаимных системах (количество компонентов не ограничивается). Для этого необходимо установить числа катионов и анионов, увеличивая или уменьшая их количество в окне «Параметры».

Например, при установке данных: катионов – 4, анионов – 2, $T = 500\text{ K}$, для которой надо рассчитать тепловые эффекты реакции экран будет выглядеть так, как на рис. 1.

Для определения температуры, при которых тепловые эффекты реакций достигают максимальных значений, то необходимо установить верхний предел температуры, до которой программа будет рассчитывать и искать тепловые эффекты в окне «до». Необходимо также установить шаг, с которым программа будет искать максимальное значение теплового эффекта, в окне «шаг» (на рис. 1 установлены 1500 и 5, соответственно).

После загрузки исходной информации и задания масок необходимо нажать на кнопку «Generate». При этом программа выдает химические и термохимические реакции (см. рис. 2).

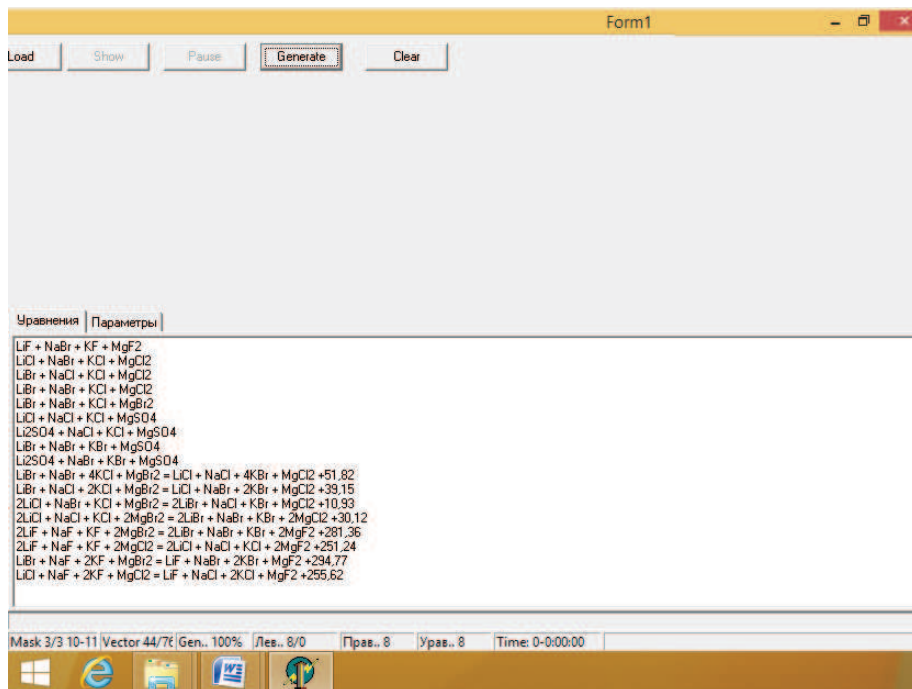


Рис. 2. Экран программы после выявления термохимических уравнений реакций в МКС при $T = 500\text{ K}$.

Таким образом, разработанную программу [12] можно использовать для выявления с минимальными трудозатратами химических и термохимических реакций в МКС, не зависимо от компонентности при разных температурах, а также энергоемких химических реакций для термохимического аккумулирования тепловой энергии.

Список литературы

1. Радищев В.П. Многокомпонентные системы. М.: Деп. в ВИНТИ, NT-15616-63. 1963. – 502 с.
2. Краева А.Г., Посыпайко В.И. Применение ЭВМ при выявлении термохимической зависимости реакций в многокомпонентных системах. Докл. АН СССР. 1975.- Т.221.№2.-С357-360.
3. Посыпайко В.И., Васина Н.А., Грызлова Е.С. Конверсионный метод исследования многокомпонентных взаимных солевых систем//Докл. АН СССР, 1975. – Т. 223. – № 5. – С.1191-1194.
4. Вердиев Н.Н., Трунин А.С., Штер Г.Е., Султанов Ю.И., Гасаналиев А.М. Алгоритм описания химизма в многокомпонентных взаимных солевых системах с развитым комплексобразованием. -М.: 1988.-45с. Деп. В ОНИИ ТЭХИМ. 26.06.88.№834-88.
5. Трунин А.С., Штер Г.Е., Космынин А.С. Алгоритм описания химизма во взаимных солевых системах// Журн. прикл. химии.-1983.-Т.56.-№6.-С.965.-Деп. В ВИНТИ №584-83.-С.40.
6. Сечной А.И., Гаркушин Н.К., Трунин А.С. Описание химического взаимодействия в многокомпонентных взаимных системах на основе их дифференциации.//Журн. неорган. химии.- 1988.-Т.33.-№4.-С.1014-1018

-
7. Гаркушин Н.К., Темирбулатова О.В., Сечной А.И., Трунин А.С. Химическое взаимодействие в пятикомпонентной взаимной системе из хлоридов и вольфраматов натрия, калия, кальция и бария //Журн. неорганической химии.-1994.-Т.39.-№10.-С.1734-1737.
 8. Посыпайко В.И., Васина Н.А. Изучение многокомпонентных взаимных систем из девяти солей на основе элементарных матриц.// Журн. неорганической химии.-1972.-Т.17.-В.17.-С.2780.
 9. Трунин А.С. Принципы формирования, разработка и реализация общего алгоритма исследования многокомпонентных систем. Дис. ... докт. хим. наук. –Куйбышев, 1984. –Ч 1-2. –650 с.
 10. Сечной А. И. Моделирование равновесного состояния смесей фаз в многокомпонентных физико-химических системах. Дис. ... докт. хим. наук. – Новосибирск, 2003. – 291 с.
 11. Термодинамические свойства индивидуальных веществ // Под. ред. Глушко В. П.. – М.: Наука, 1978. –Т. 1. - Кн. 1, - изд. 3^е, 1978. – 495 с.
 12. Бабаев Б. Д., Г. М. Халиллуллаев. А.с. № 2005610201 от 21.01. 2005 г.
 13. Бабаев Б. Д. Блок-схема описания химических реакций в многокомпонентных взаимных системах. Журн. неорганической химии РАН. 2005. - Т. 50, № 5. - С. 815 – 818.

Программно-вычислительный комплекс оптимизации комбинированного энергоснабжения

Бабаев Б. Д.

Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Повышение качественного и стабильного энергоснабжения потребителей является актуальной задачей. Эта задача, особенно при использовании наряду с традиционными органическими топливами возобновляемых источников энергии (ВИЭ), может быть решена комбинированным энергоснабжением потребителя от разных энергоисточников [1 - 5].

Поиск оптимального варианта, соответствующего минимальным приведенным затратам, трудоемкая работа и использование для этого программно-вычислительного комплекса (ПВК) имеет большое значение.

В общем случае для любого потребителя может быть составлено огромное количество вариантов комбинированного энергоснабжения, состоящих из разных сочетаний энергосистем и аккумуляторов тепла. При использовании, например, i разных традиционных топлив или энергоресурсов ВИЭ количество вариантов комбинированных энергосистем n по j видов определяется по формуле

$$n = C_j^i = \frac{i!}{j \cdot (j-1)!} \quad (1)$$

В работе предлагается ПВК выбора оптимального варианта комбинированного энергоснабжения с аккумулярованием путем сравнения огромного количества вариантов комплексных технических систем с использованием ВИЭ по многим взаимосвязанным технико-экономическим, энергетическим, экологическим и социальным критериям [6].

Формирование вариантов сравнения с использованием ВИЭ осуществляется матричным методом, который позволяет более обоснованно выбрать оптимальную энергосистему путем автоматизированного сравнения большого количества возможных вариантов по многим показателям [7].

По исходным характеристикам потребителя и имеющихся местных ресурсов ВИЭ программа вычисляет годовое потребное количество тепловой и электрической энергии и возможность его удовлетворения местными возобновляемыми энергоресурсами [8].

При использовании одного или нескольких видов ресурсов (комбинированная система) в сравниваемых вариантах должно выполняться условие:

$$\sum Qp(ij) \cdot a_{ij} = Q, \quad (2)$$

где $Qp(ij)$, a_{ij} – энергия и доли их использования, соответственно, i -того ресурса в j -том варианте энергоснабжения, т. е. необходимо, чтобы потребитель был полностью обеспечен необходимым количеством энергии Q . Общая нагрузка потребителя Q определяются по методике, изложенной в [8].

Предложено оценку альтернативных систем энергоснабжения с использованием ВИЭ производить сравнением вариантов по значениям взаимосвязанных технико-экономических, энергетических, экологических и социальных показателей по методу "паук-ЦИС", что позволяет более обоснованно выбрать оптимальную систему при

доминирующей роли критерия энергосбережения, минимальных приведенных затрат и использования ВИЭ с тепловым аккумулярованием [6].

Осуществляется процесс построения диаграммы в полярных координатах "паук-ЦИС" (см. рис. 1).

Показатели преобразованы так, чтобы для системы тепло- и электроснабжения чем меньше были их значения, тем она лучше. Например, взяты показатели, равные $1/(\text{срок службы оборудования})$ и $1/(\text{коэффициент использования установленной мощности})$, а не сами "срок службы оборудования" и "коэффициент использования установленной мощности" [6].

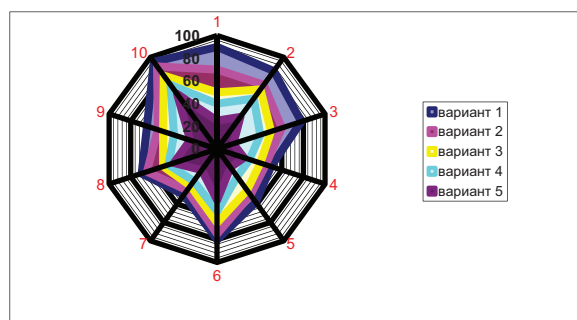


Рис. 1. «Паук-ЦИС» диаграмма

Оценка сравниваемых вариантов осуществляется по правилу: *диаграмма, очерчивающая наименьшую площадь, соответствует лучшему варианту*. Площадь "паук-диаграммы" каждого варианта $S(j)$ вычисляется как сумма площадей треугольников по формуле

$$S(j)^{эс} = \sum_{j=1}^p [0,5 \sin(2\pi/p) \cdot Q \cdot (\sum_{j=1}^k X_j Ce(j) \cdot X_1 S_1 + X_1 S_1 \cdot X_2 S_2 + X_2 S_2 \cdot X_3 S_3 + \dots \\ \dots + X_{p-1} S_{p-1} \cdot X_p S_p + X_p S_p \cdot \sum_{j=1}^k X_j Ce(j))], \quad (3)$$

где p – число вводимых критериев; $S_1, S_2, S_3, \dots, S_p$ – значения критериев; $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$ – коэффициенты энергосистем, показывающие доли ее участия в комбинированном энергоснабжении потребителя.

Разработанный ПВК – программы "Optimum" [9] и "Optimization of energy systems" [10] – позволяет, кроме получения конечного решения, просмотреть и обработать промежуточные результаты, оценивать экологическое влияние каждой системы энергоснабжения и т.д.

При сравнении вариантов энергоснабжения программой [10] входной информацией является блоки систем энергоснабжения, матрица смежностей с индексами «0» и «1», используемые ресурсы и виды энергии, в которых нуждается потребитель, и функции $\Phi(x)$ – зависимости критериев систем энергоснабжения от количества энергии Q . Функция $\Phi(x)$ может содержать любые алгебраические действия и тригонометрические величины.

Например, входные данные для анализа и выбора оптимальной комбинированной системы, в котором участвуют 12 энергетических систем на основе 6 видов ресурсов – солнечной, ветровой, биогазовой, водной, природного баллонного газа, жидких топлив (СС, Вет, Бг, МГ, Пргаз, ЖТ) и 2 видов потребляемой энергии – тепловой и электрической (Т, ЭС), при сравнении по КПД и функций $\Phi(x)$ выглядят следующим образом:

12,6,2;
 СС,Вет,Бг,МГ,Пргаз,ЖТ;
 Т,ЭС;
 ССТ,ССЭС,ВетТ,ВетЭС,БгТ,БгЭС,МГТ,МГЭС,ПргазТ,ПргазЭС,ЖТТ,ЖТЭС;
 -1,0,1,1,1,1,1,0,1,1,1,0;
 0,-1,1,1,0,1,1,0,0,1,1,0;
 0,0,-1,1,0,1,1,0,0,1,1,0;
 0,0,0,-1,0,1,1,0,0,1,1,0;
 0,0,0,0,-1,0,1,1,0,0,1,1,0;
 0,0,0,0,-1,1,1,0,1,1,1,1;
 0,0,0,0,0,-1,1,1,0,1,1,1;
 0,0,0,0,0,0,-1,1,0,1,1,0;
 0,0,0,0,0,0,0,-1,0,1,1,1;
 0,0,0,0,0,0,0,0,-1,1,1,0;
 0,0,0,0,0,0,0,0,0,-1,1,1;
 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,-1,1;
 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,-1;
 60:20:38:30:58:60:60:70:70:35:45:35;

$$\Phi(x) = (50 + 812 + 50 + 0 + 0 + 0 + 0) * x$$

$$\Phi(x) = (100 + 1020 + 60 + 0 + 0 + 0 + 0) * x$$

$$\Phi(x) = (100 + 750 + 130 + 0 + 0 + 0 + 0) * x$$

$$\Phi(x) = (100 + 709 + 130 + 0 + 0 + 0 + 0) * x$$

$$\Phi(x) = (100 + 475 + 120 + 0 + 0 + 0 + 0) * x$$

$$\Phi(x) = (200 + 475 + 120 + 0 + 0 + 0 + 0) * x$$

$$\Phi(x) = (100 + 302 + 100 + 0 + 0 + 0 + 0) * x$$

$$\Phi(x) = (80 + 302 + 90 + 0 + 0 + 0 + 0) * x$$

$$\Phi(x) = (1000 + 0 + 0 + 200 + 1.5 + 200 + 10) * x$$

$$\Phi(x) = (2000 + 0 + 0 + 200 + 1.5 + 200 + 10) * x$$

$$\Phi(x) = (1000 + 0 + 0 + 135 + 1.5 + 200 + 10) * x$$

$$\Phi(x) = (2000 + 0 + 0 + 135 + 1.5 + 200 + 10) * x$$

Слагаемые в $\Phi(x)$ по порядку их расположения для данного примера:

1* - затраты на эксплуатацию энергетической установки, для частного сектора это траты труда человека на подготовку дров, кизяка, газа и т.д, руб/ГДж;

2* - капиталовложения, руб/ГДж;

3* - амортизационные отчисления, руб/ГДж;

4* - стоимость массы соответствующего вида топлива с теплосодержанием 1 ГДж в районе его потребления, руб;

5* - стоимость перевозки (передачи) соответствующего вида топлива на место потребления с теплосодержанием 1 ГДж, руб/ГДж;

6* - стоимость погрузки на транспорт массы (объема) соответствующего вида топлива с теплосодержанием 1 ГДж, руб;

7* - стоимость разгрузки и складирования с теплосодержанием 1 ГДж массы соответствующего вида топлива, руб.

В матрице смежностей из блоков энергосистем, на пересечении которых стоят «0» формируются левые комбинированные системы энергоснабжения, а из блоков с «1» - правые. На основе данной входной информации программой выявлены сравнительные характеристики энергетических систем: с двумя ресурсами по два вида потребляемой энергии, т.е. в (2//2) – 13 сравнений; (3//2) – 42 сравнений; (4//2) – 43 сравнений; (5//2) – 21 сравнений; (6//2) – 4 сравнений. Экран программы при генерации сравнений комбинированных систем энергоснабжения (3//2) и при $Q = 1$ ГДж приведен на рис. 2.

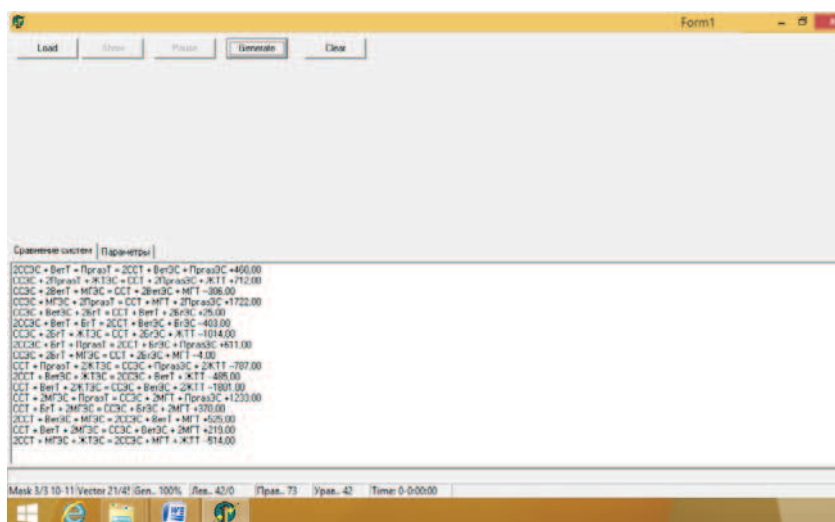


Рис. 2. Экран программы при генерации сравнений комбинированных систем энергоснабжения.

Программа позволяет сравнивать неограниченное количество вариантов комбинированного энергоснабжения по неограниченному количеству критериев и выбрать наиболее эффективную систему при заданной нагрузке потребителя.

Производятся вычисление приведенных затрат $[X_j \cdot Z(j)]^{np.ЭC}$, $[X_j \cdot Z(j)]^{лев.ЭC}$ и цены единицы продукции $[Ce(j)]^{np.ЭC}$, $[Ce(j)]^{лев.ЭC}$ для правых и левых частей сравнений, соответственно.

Расчет разности «стоимости» правых и левых комбинированных систем с учетом приведенных затрат или цены единицы продукции осуществляется по формулам:

$$\Delta Z_{ЭC} = \sum_{j=1}^k X_j Z(j)^{np.ЭC} - \sum_{j=1}^k X_j Z(j)^{лев.ЭC}; \quad \Delta Ce_{ЭC} = \sum_{j=1}^k X_j Ce(j)^{np.ЭC} - \sum_{j=1}^k X_j Ce(j)^{лев.ЭC} \quad (4)$$

При сравнении по площадям «паук-ЦИС» диаграмм вместо $\Phi(x)$ вводятся $S(j)^{ЭC}$ для каждой системы (см. формулу 3).

Программа автоматически рассчитывает суммы площадей «паук-диаграмм» введенных критериев блоков систем и ресурсов отдельно для комбинирований, входящих в правую

$S(j)^{np.ЭC}$ и левую $S(j)^{лев.ЭC}$ части сравнений по формуле (3). Затем определяются

разности суммарных площадей «паук-ЦИС» диаграмм $\Delta K_{ЭC}$ между левыми и правыми комбинированными системами по многим критериям

$$\Delta K_{ЭC} = S(j)^{np.ЭC} - S(j)^{лев.ЭC} \quad (5)$$

Таким образом, разработанный ПВК оптимизации систем энергоснабжения с использованием ВИЭ позволяет получать необходимые технические данные для проектирования энергогенерирующей установки, более обоснованно выбрать оптимальный вариант энергоснабжения с меньшими трудозатратами.

Список литературы

1. Даффи Дж., Бекман У. Основы солнечной теплоэнергетики. Пер с англ. О. С. Попеля, С. Е. Фрида, Г. А. Гухмана и др: учебно-справочное руководство //Под ред. Попеля О. С. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2013. - 888 с.
2. Алхасов А. Б. Возобновляемая энергетика. –М.: Физматлит. 2010. 256 с.

-
3. Безруких П. П., Арбузов Ю. Д., Борисов Г. А., Виссарионов В. И. и др. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. СПб.: Наука, 2002. 314 с.
 4. Попель О.С., Фрид С.Е, Шпильрайн Э.Э. и др. Солнечные и ветровые автономные энергоустановки с водородным накопителем // Перспективы энергетики. -2006. - Т.10. -С. 77 - 90.
 5. Попель О.С. Автономные энергоустановки на возобновляемых источниках энергии // [Энергосбережение. 2006. №3](#). С. 70 – 75.
 6. Бабаев Б. Д. Критерии выбора альтернативных комбинированных систем энергоснабжения. Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. 2003. -Приложение № 1. -С. 49 – 50.
 7. Бабаев Б. Д., Баламирзоев А. Г. Оптимизация энергоснабжения автономного потребителя с использованием возобновляемых источников энергии и ЭВМ. Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. 2012. -№ 1. -С. 53 – 56.
 8. Бабаев Б. Д. Метод расчета энергетической нагрузки автономного потребителя с учетом местных возобновляемых топлив. Вестник Дагестанского гос. техн. ун-та. Техн. науки. 2012. № 24 (1). С. 20 – 26.
 9. Бабаев Б. Д., Баламирзоев А. Г. Свид. о гос. рег. программы для ЭВМ №2002611012 «Программа "оптимизация системы тепло- и энергоснабжения автономного потребителя "Optimum"» // Зарег. в Реестре программ для ЭВМ 20.06.02.
 10. Бабаев Б. Д., Халилullaев Г. М. Свид. о гос. рег. программы для ЭВМ № 2014613470 «Оптимизация системы энергоснабжения потребителя "Optimization of energy systems"» // Зарег. в Реестре программ для ЭВМ 26.03.2014 г.

Металлогидридные технологии водородного аккумулирования энергии для автономных систем энергообеспечения на основе ВИЭ

Блинов Д.В., Борзенко В.И., Дуников Д.О.

ОИВТ РАН, г. Москва, Россия

Введение

В нашей стране уделяется громадное значение развитию новых энергоэффективных технологий. Энергетическая стратегия РФ на период до 2030 г. предусматривает развитие энергетики, основанной на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ) [1]. Целевым ориентиром на период до 2030 г. является увеличение относительного объема производства и потребления электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии примерно с 0,5 до 4,5 процента.

Характерной чертой ВИЭ является ярко выраженная временная неоднородность потока энергии, поэтому при создании установок на основе ВИЭ возникает необходимость в использовании промежуточной системы аккумулирования энергии. Уникальные свойства водорода как энергоносителя - наивысшая удельная теплота сгорания и экологическая чистота, определяют использование водородных систем аккумулирования для решения данной задачи [2-6].

Перспективными материалами для систем аккумулирования водорода являются обратимые гидриды интерметаллических соединений (ИМС), способные избирательно и обратимо поглощать водород [7, 8]. Для стационарных автономных систем энергообеспечения компактность устройств, простота эксплуатации и безопасность часто имеют более важное значение, чем их вес. Поэтому металлогидридные системы очистки и хранения водорода на основе низкотемпературных гидридов весьма перспективны для создания систем аккумулирования энергии для стационарных энергоустановок, в том числе на основе ВИЭ. В связи с большим тепловым эффектом сорбции-десорбции металлогидридный аккумулятор водорода является одновременно и аккумулятором тепловой энергии, что позволяет наиболее рационально организовать систему теплообеспечения потребителей, утилизации тепловых потерь и аккумулирования тепловой энергии. Это может оказаться дополнительным преимуществом таких систем для условий России [9].

Научно-технические барьеры создания металлогидридных систем аккумулирования энергии

Разработка эффективных металлогидридных систем хранения и очистки водорода для энергоустановок на основе низкотемпературных топливных элементов связана с решением ряда научных и технических проблем. В активированном состоянии металлогидриды представляют собой мелкодисперсный порошок с характерными размерами частиц примерно 1-10 мкм с низкой эффективной теплопроводностью среды (0,1-1 Вт/м·К), зависящей от давления и концентрации водорода, поглощенного частицами сплава. Реакция сорбции/десорбции водорода сопровождается большими тепловыми и объемными эффектами. Основным лимитирующим процессом, определяющим эффективность работы металлогидридных реакторов, является

тепломассоперенос в металлогидридной засыпке при сорбции/десорбции. Строгая теория теплообмена в мелкодисперсных средах при наличии фазовых превращений и реакции сорбции/десорбции, учитывающая размерные и масштабные эффекты, в настоящее время отсутствует. Поэтому важнейшими задачами становятся экспериментальные исследования процессов теплообмена в реакторах и разработка эффективных методов их математического моделирования и инженерных методик оптимизации конструктивных решений, а также разработка и создание материалов, обратимо поглощающих водород в нужном интервале температур и давлений с приемлемым тепловым эффектом реакции сорбции/десорбции. Другой, не менее важный класс научных и технических задач связан с разработкой эффективных технологий системной интеграции металлогидридных устройств для хранения и очистки водорода с энергоустановкой на основе топливного элемента с полимерэлектролитной мембраной (ТПЭМ) с учетом требований потребителей энергии (график потребления, требуемая электрическая и тепловая мощность), а также с источниками водорода (электролизер) и первичной энергии (ветровые и солнечные энергоустановки). Экспериментальные исследования проблем системной интеграции возможны только с использованием модельных интегрированных систем, включающих основные элементы системы топливообеспечения автономных энергоустановок, топливные элементы киловаттного класса мощности и потребителей электроэнергии.

Интегрированная автономная система энергообеспечения

В лаборатории водородных энергетических технологий (ЛВЭТ) создан комплексный экспериментальный стенд (рис. 1), позволяющий исследовать процессы сорбции/десорбции водорода в металлогидридных устройствах. Стенд включает в себя следующие узлы: 1 – блок тонкой металлогидридной очистки; 2 – металлогидридный реактор РХО-3 (входит в состав блока тонкой очистки); 3 – газовый хроматограф; 4 – металлогидридный реактор; 5 – блок питания; 6 – блок управления; 7 – блок регистрации данных.

Рис. 1).

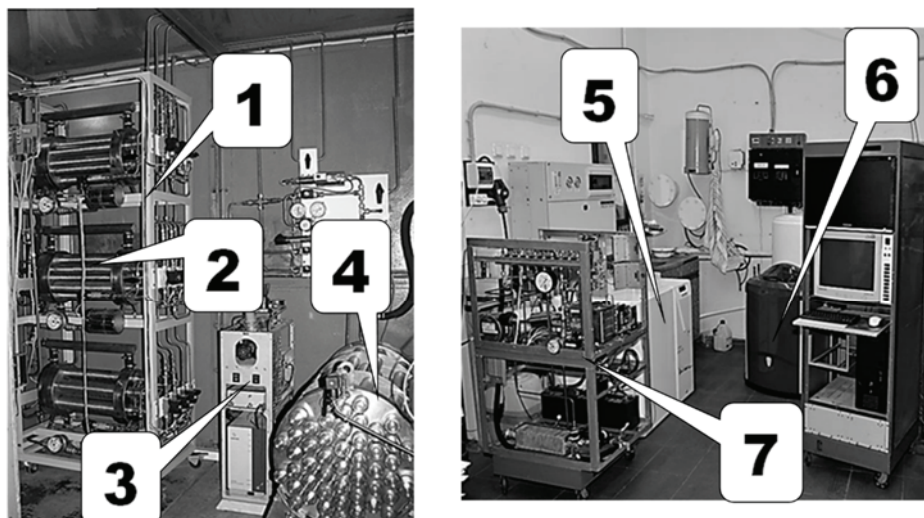


Рис. 1. Узлы комплексного экспериментального стенда: 1 – блок тонкой металлогидридной очистки; 2 – металлогидридный реактор РХО-3 (входит в состав блока тонкой очистки), 3 – газовый хроматограф; 4 – металлогидридный реактор

хранения водорода PX-1; 5 – электролизер НРАС 10 компании ITM Power (Великобритания); 6 – бак - аккумулятор тепловой энергии KAIROS MACC CD2; 7 – экспериментальная система на базе ТПТЭ DuraPet 400 компании APFCT (Тайвань) мощностью 2 кВт.

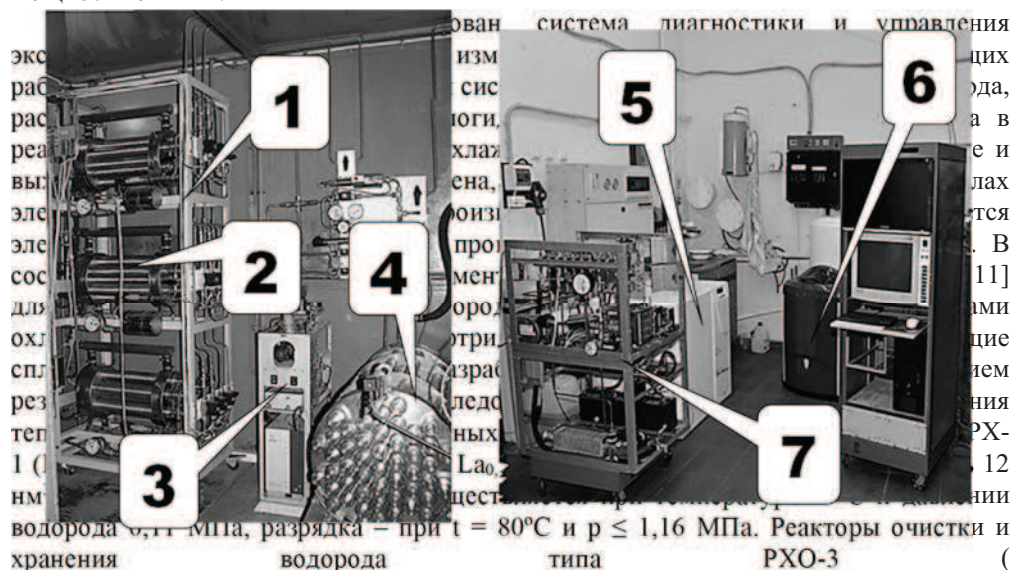


Рис. 1 №6) содержат 5 кг сплава типа AB_5 и их емкость по водороду составляет свыше 800 литров при нормальных условиях. Использование интерметаллических сплавов различного состава позволяет гибко варьировать режимы работы металлгидридных устройств и сочетать их режимы работы, повышая общий КПД системы.

В рамках работ, выполняемых ЛВЭТ, выполнены экспериментальные испытания совместного функционирования системы “электролизер – металлгидридный аккумулятор – топливный элемент”. На Рис. 2 и Рис. 3 Представлены испытания такой работы.

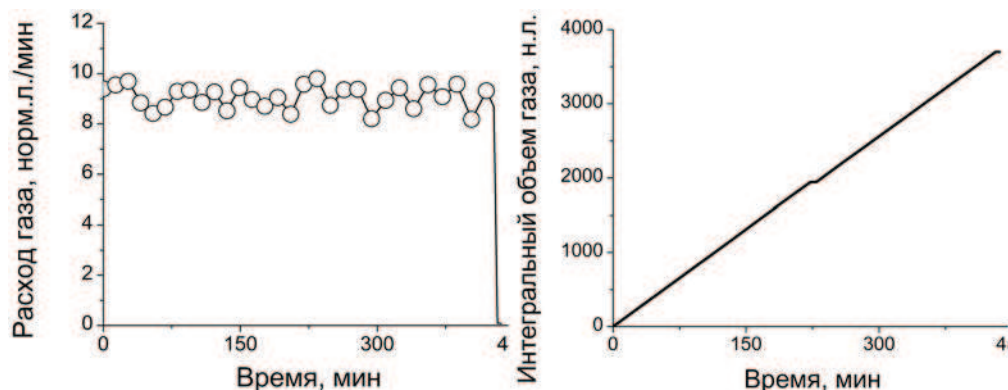


Рис. 2. Совместная работа электролизера и металлгидридного реактора хранения водорода PX – 1: слева – производительность электролизера, справа – закачанный объем водорода в реактор.

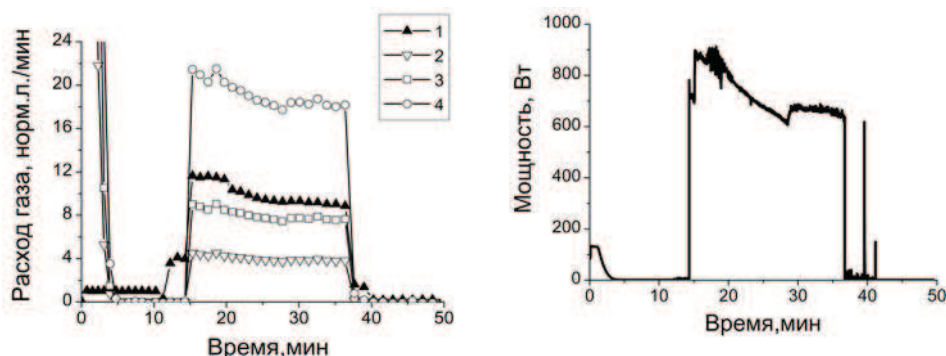


Рис. 3. Совместная работа экспериментальной системы на базе ТПТЭ мощностью 2 кВт и металлгидридной системы аккумулирования энергии: а – Потребление газов в ТЭ: 1 – потребление водорода (эксперимент); 2 – Потребление кислорода; 3 – Потребление водорода (расчет по закону Фарадея); 4 – потребление воздуха; б – Мощность ТЭ.

Таким образом, выполнены испытания образца системы водородного аккумулирования энергии на основе гидридов металлов (ВоСАЭ). Продемонстрирована возможность практического использования ВоСАЭ для интеграции с автономными системами энергообеспечения на основе ВИЭ

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ (ГК № 16.516.11.6052, 14.516.11.0018, НШ 123.2012.8 под рук. А.Е. Шейндлина и программа ОЭММПУ РАН под рук. А.И. Леонтьева) и РФФИ (гранты РФФИ № 13-08-01045, 13-08-01312, 14-08-92001) программа РАН.

Список литературы

1. **Российская Федерация.** Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. [Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р] - <http://minenergo.gov.ru/activity/energostrategy/>
2. **Zoulias E.I., Lymberopoulos N.** Hydrogen-based Autonomous Power Systems // Techno-economic Analysis of the Integration of Hydrogen with Autonomous Power Systems. 2008. Springer-Verlag London Ltd. 187 p.
3. **Stolten D.** Hydrogen and Fuel Cells/ WILEY – VCH Verlag GmbH. Weinheim, Germany, 2010.
4. **Малышенко С.П.** Водород как аккумулятор энергии в электроэнергетике // Российский химический журнал. 1997. Т. XLI. С.112-120.
5. **Роза да А.** Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы. Изд. Дом Интеллект и Изд. Дом. МЭИ. М: 2010. 704 с.
6. **Borzenko V.I., Malysenko S.P.** Hydrogen technologies for power production. 2010 APEC Advanced Biohydrogen Technology, November 18-20, 2010, Taichung, Taiwan. Proc. Vol.1 pp.107-129.
7. **Малышенко С.П., Назарова О.В.** Аккумуляция водорода. В кн.: Атомно-водородная энергетика и технология. Вып. 8. М.: Энергоатомиздат, 1988. С. 155.
8. **Metal Hydrides: Properties and practical applications. Review of the works in CIS-countries / V.N. Verbetsky, S.P. Malysenko, S.V. Mitrokhin et al. // Intern. J. of Hydrogen Energy. 1998. V. 23. № 12. P. 1165–1177.**
9. **Малышенко С.П., Пузач С.В.** Аккумуляция водорода и тепловой энергии в автономных солнечных и ветровых энергоустановках // Изв. РАН. Энергетика. 1997. № 2. С. 52–60.
10. **Блинов Д.В., Борзенко В.И., Дуников Д.О., Малышенко С.П.** Очистка водорода методом продувки через металлгидрид // Вестник МЭИ. 2012. №2. с. 44 – 49.
11. **Борзенко В.И., Дуников Д.О., Малышенко С.П.** Металлогидридный патрон для хранения водорода. Патент РФ №80702, 2008.

Проведение комплексных геофизических исследований в районах геотермальных аномалий территории Армении с целью выявления геотермальных месторождений

Варданян К.С., Карапетян Дж.К.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии им. А. Назарова НАН РА, Гюмри, Армения

Непрерывный рост энергопотребления на фоне отсутствия значительных запасов традиционных видов энергоносителей на территории Армении вынуждают предпринимать новые подходы для более корректированного и целенаправленного исследования геотермальных ресурсов территории как альтернативных источников энергии.

Несмотря на весьма благоприятные условия, как современная тектоническая активизация, широкое развитие новейшего вулканизма, значительные проявления термоминеральных источников, высокие значения геотермического градиента и теплового потока, свидетельствующие о существовании в недрах территории значительных масс перегретых до степени позволяющей рентабельную промышленную эксплуатацию глубинного тепла, на территории Армении не обнаружены месторождения геотермальной энергии, хотя выделены конкретные районы для их поиска и разведки.

Районирование территории Армении по признаку перспективности выявления источников геотермальной энергии требует выполнение целенаправленного комплекса геофизических исследований недр территории на уровне достижений современной науки.

Мишенью комплексных геофизических исследований должны служить аномальные объекты в земной коре, выявленные методами глубинной геофизики.

Комплексные геофизические исследования с целью выявления гидротермального месторождения на территории Армении были выполнены в районе Джермахбюрской геотермальной аномалии. В результате этих исследований была подтверждена перспективность Джермахбюрской геотермальной системы как геотермального месторождения трещинно-жильного характера, были локализованы перспективные участки для заложения двух поисково-разведочных скважин.

На основе опыта и с учетом недостатков геофизического исследования Джермахбюрской геотермальной аномалии предлагается совместный проект для проведения комплексных геофизических исследований в районах интенсивных возмущений теплового потока, оконтуренных изолиниями 110 мВт/м^2 и 130 мВт/м^2 , в направлениях I и II (рис.).

Предлагается проведение КМПВ, сейсмораспространения АМТЗ, МТЗ, высокоточной гравиметрии, радиоизотопной геохимии с привлечением геологоструктурных данных.

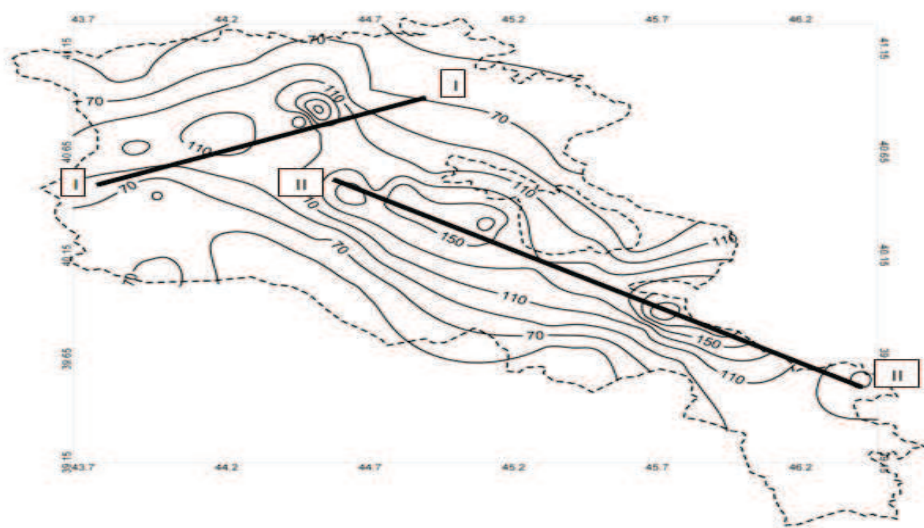


Рис. Карта тепловых потоков территории Армении с учетом поправки за рельеф.

— 70 — - изолинии теплового потока; мВт/м²

Эколого-экономические аспекты развития возобновляющейся энергетики

Волшаник В.В.¹, Щенникова Г.Н.¹, Бабаев Б.Д.²

¹Московский государственный строительный университет

²Дагестанский государственный университет

Энергетика является основой, фундаментом современной человеческой цивилизации. Именно энергетическое могущество, способность извлекать и преобразовывать по своему усмотрению первичные источники энергии возвышает человека как биологический вид над всеми другими живыми созданиями.

За последние 150 лет человечество сделало невиданный рывок в изменении уровня жизни, повышения своего благосостояния. Глобальные перемены, составляющие по времени ничтожный отрезок мировой истории, были основаны на двух событиях, связанных именно с энергетикой — открытии и началом промышленного использования электрической энергии и разведыванием и освоением громадных запасов ископаемого органического топлива — угля, нефти и позже газа. Сжигание топлива позволило резко и на порядки повысить энергообеспеченность жизни; появление высококалорийных источников тепла вызвало к жизни появление сначала паровых, а несколько позже дизельных двигателей и двигателей внутреннего сгорания, создавших современную картину перемещения человека в пространстве. Распространение использования электрической энергии не только повысило энерговооруженность труда и образ жизни человечества, но и обусловило появление современных информационных систем, во многом определяющих образ жизни всех людей.

Последние десятилетия интенсивного развития энергетики выявили две сформировавшиеся и стремительно усугубляющиеся глобальные экологические и стратегические проблемы. Первая, связанная преимущественно с атмосферой, обусловлена с ее интенсивным химическим и тепловым загрязнением, связанным именно с сжиганием органического топлива. На сжигании топлива, прежде всего, основано действие транспортных и тепловых энергоустановок, обеспечивающих человеку возможность перемещения в пространстве и комфортные температурные условия. Подавляющее количество автомобилей, все самолеты, большинство речных и морских судов, некоторая доля рельсового транспорта передвигаются, сжигая продукты переработки нефти и горючий газ. Тепловые электростанции, вырабатывающие тепло наряду с десятками тысяч коммунальных котелов и сотни миллионов печей в индивидуальных домах сжигают громадные количества угля, горючего газа, продукты переработки нефти, торф и дрова.

При сжигании всех перечисленных видов органического топлива в атмосферу выбрасываются миллионы тонн химических веществ, в течение длительного времени остающихся в ней в качестве загрязнителей и регулярно выпадающих на землю в виде сажи и так называемых "кислотных дождей".

Потепление климата, зафиксированное в последние десятилетия, обусловлено действием двух независимых друг от друга факторов. Первый, нашедший отражение в ряде международных документов последних лет, назван "парниковым эффектом" и заключается в том, что часть газов, образующихся при сгорании органического

топлива, поднимается в атмосферу на высоту нескольких километров и задерживает в приземных слоях атмосферы дополнительное тепло, которое ранее беспрепятственно улетучивалось в космическое пространство. Другой фактор, менее наглядный, но не менее опасный, связан с неизбежным выбросом в атмосферу при сжигании органического топлива так называемого "добавочного" тепла, которое раньше, при залегании месторождений нефти, угля и газа под землей, не производилось и не принимало участие в изменении теплового баланса атмосферы, то есть не подогревало ее. Количество добавочного тепла, искусственно производимого человеком, при современных гигантских масштабах энергетики, начинает составлять все более заметную долю от суммарной солнечной энергии, поступающей на Землю и определяющей климат планеты.

Стратегическая проблема современной энергетики связана с фактором истощения в обозримом будущем запасов органического топлива на Земле. Формирование этой проблемы вполне естественно, ибо все невозобновляющееся в итоге должно приходиться к истощению, а именно такими невозобновляющимися и являются запасы угля, нефти и газа, образовавшиеся на Земле в течение сотен миллионов лет назад в результате активной органической жизни. Теперь мы эти запасы интенсивно извлекаем и сжигаем, и темпы этой нашей деятельности не оставляют никаких сомнений в том, что все запасы будут рано или поздно использованы.

К сожалению, истощение органических ископаемых произойдет уже довольно рано: по оценкам специалистов, при сегодняшних темпах потребления запасов нефти хватит лет на 40, газа — на 70, угля — на 250 лет. После истощения запасов нефти в жидкое топливо начнут перерабатывать уголь, и тогда количество его запасов начнет снижаться еще более быстрыми темпами.

Сейчас человечество переживает период своего промышленного развития, возможно, самый короткий из всех других своих тысячелетних периодов. Это — период активного использования органического топлива.

Естественно, обнаружив под землей хорошо горящие вещества, удобные для транспортировки, высококалорийные, запасы которых казались неисчислимыми, человек быстро отказался от торфа, дров, ветряных и водяных мельниц и быстро переориентировал свой быт и свою производственную деятельность на уголь, позже на нефть и еще позже на газ, создав гигантскую инфраструктуру. Прозрение начало приходить гораздо позже, да и то проникло не так глубоко. Нам еще предстоит осознать глобальные экологические проблемы, связанные с ориентацией на использование органического топлива и те гигантские интеллектуальные и трудовые усилия по переустройству всего земного автомобильного парка, к которому мы безвозвратно привыкли, на другие виды топлива, не связанные с добычей нефти и газа.

Итак, эра использования "добавляющих" первичных источников энергии началась в исторически недалеком прошлом и в обозримом будущем она закончится. В "стародавние" времена энергетика человечества основывалась на двух экологически чистых, вечно возобновляющихся источниках энергии — энергии ветра и течении рек. Десятки тысяч парусных судов, сотни тысяч ветряных и водяных мельниц обеспечивали потребности человечества в перемещении грузов, получении механической энергии для самых разных бытовых и производственных нужд. В последние десятилетия к этим двум источникам "недобавляющей" энергии добавилась солнечная энергия, из которой непосредственно стали добывать тепло и электроэнергию, а еще позже — энергия так называемой "биомассы" — органические бытовые и производственные отходы и искусственно выращиваемые быстро формирующие свою массу растения, дающие топливо для сжигания или позволяющие производить горючие газы.

Ресурсов возобновляющихся источников энергии вполне достаточно, чтобы удовлетворить потребности человечества сегодня и в отдаленной перспективе. Следует иметь в виду, что масштабы использования возобновляющихся источников энергии не ограничиваются проблемой парникового эффекта или теплового загрязнения атмосферы; хотя и с их использованием связаны некоторые экологические проблемы.

Органическое и атомное (частично) топливо обладает, в отношении его использования, определенной универсальностью — они могут быть перемещаемы в первичном виде практически в любых объемах на практически любые расстояния.

Возобновляющиеся источники энергии — солнце, ветер, гидроэнергия, частично биомасса, другие источники, не обладают свойством транспортабельности, поэтому они должны перерабатываться на месте их происхождения в другие виды энергии, которые могут быть перемещены и использованы в других местах, где это более удобно человеку.

На сегодня таких вторичных видов энергии, которые могут быть произведены в промышленных масштабах, практически два — это электрическая энергия и энергия сжатого водорода, получаемого путем расщепления молекулы воды с применением других источников.

В применяющихся методиках технико-экономического обоснования строительства энергетических объектов отсутствует учет ограниченности земных запасов органических топлив, на замену которых в обозримом будущем придется потратить гораздо больше средств, чем это можно сделать путем планомерного перевода энергетики на рельсы использования возобновляющихся энергоисточников. Потенциальные ресурсы последних во много раз превышают настоящие и перспективные потребности человечества, а технологии их использования разработаны и практически реализованы, однако пока их мировое потребление составляет лишь малую долю. Это объясняется тем, что удельные затраты на единицу установленной мощности и стоимости энергии возобновляющихся источников энергии при современных технологиях и методах экономического сравнения превышают затраты на использование органических топлив.

Переход на альтернативные технологии в энергетике позволит сохранить топливные ресурсы страны для переработки в химической и других отраслях. Кроме того, себестоимость энергии, производимой многими установками на возобновляющихся источниках энергии, уже сегодня ниже себестоимости энергии традиционных энергоустановок и имеет тенденцию к снижению, в то время как стоимость "традиционной" энергии постоянно возрастает.

В России, при существующей тарифной политике обоснование экономической эффективности объектов электроэнергетики на возобновляющихся источниках энергии весьма проблематично. Невзирая на возобновляемость ресурсов и очевидные экологические достоинства подобных объектов, при существующих экономических подходах они будут проигрывать крупным топливотребляющим объектам.

В связи с ограниченностью топливных ресурсов на Земле, а также экспоненциальным нарастанием катастрофических изменений в атмосфере и биосфере планеты, существующая энергетика на невозобновляющихся источниках энергии является тупиковой ветвью, а для эволюционного развития общества необходим постепенный, но с немедленным началом, переход на возобновляющиеся источники энергии.

Проблема теплового загрязнения атмосферы Земли дополнительным теплом антропогенного происхождения является дискуссионной среди специалистов. Многие склонны объяснять наблюдавшееся в прошлом веке потепление мирового климата космическими или внутривоздушными процессами, но не дополнительным теплом.

Признавая, что рассматриваемая проблема исключительно сложна и многофакторна, мы считаем совершенно необходимым учитывать и дополнительное антропогенное тепло, исходя из следующих соображений.

Тепловой баланс атмосферы Земли в основном определяется количеством тепла, получаемого от солнечного излучения, и составляющего $500 \cdot 10^{21}$ кал/год. Дополнительно к этому теплу, всеми энергетическими объектами планеты в атмосферу в 2000 г. было добавлено $87 \cdot 10^{18}$ кал/год. По результатам измерений, под влиянием добавляющего тепла и так называемого парникового эффекта в последние годы температура приземного слоя атмосферы повышается со скоростью около $0,0285^\circ\text{C}$ в год. Добавляющее тепло при условии, что оно будет восприниматься только атмосферой, может привести к повышению ее температуры на $0,07^\circ\text{C}/\text{год}$. Таким образом, в зафиксированном инструментально годовом нагревании атмосферы доля влияния добавляющего тепла несомненно велика.

Проблема загрязнения атмосферы Земли добавляющим энергетическим теплом является исключительно сложной для изучения, она связана с процессами циклических изменений температуры атмосферы, обмена энергией с космическим пространством, литосферой, гидросферой и биосферой и с другими факторами. Количественное решение этой проблемы не только чрезвычайно затруднено, но и вообще вряд ли возможно. Речь может идти только о выявлении и оценке определяющих тенденций, существование которых логично и вытекает из инструментальных наблюдений за состоянием атмосферы Земли. Исходя из этого цель разработок должна заключаться в разработке методических подходов, обеспечивающих учет теплового загрязнения атмосферы объектами электроэнергетики и их ресурсных свойств при технико-экономическом обосновании строительства объектов электроэнергетики.

Реально приемлемым для экономической оценки теплового загрязнения атмосферы объектами энергетики и их ресурсных свойств может быть метод инвестиций в альтернативную недобавляющую энергетику, в основе которого лежит установление квот по странам на добавляющие энергетические мощности на основании международных соглашений. Поскольку парниковый эффект и тепловое загрязнение имеет однонаправленное действие: повышение температуры приземного слоя атмосферы и, как следствие, глобальное изменение климата, то необходимо ограничивать не только выбросы парниковых газов, но и выбросы добавляющего тепла. Необходимое сокращение использования добавляющих первичных источников энергии по всем отраслям хозяйства целесообразно и практически единственно возможно сейчас определять для каждой страны аналогично результатам Киотского протокола. В частности, для России определена квота: к 2008-2010 гг. не превышать уровень 1990 г. по использованию добавляющих первичных источников энергии. С установлением квот необходим переход на использование недобавляющих возобновляющихся источников энергии. Методической основой решения подобной задачи должны стать экономические механизмы, среди которых основное место занимает регулирование тарифов на отпускаемую электроэнергию на государственном и региональном уровнях.

Одним из практических способов экономической оценки достоинств возобновляющейся энергетики может стать учет стоимости так называемых «зеленых сертификатов», некоторого эквивалента экологического ущерба от выброса в атмосферу парниковых газов при эксплуатации тепловых электростанций. По нашему мнению, денежное выражение стоимости сертификатов должно быть отнесено на издержки, связанные с работой всех тепловых электростанций. Такая операция приведет к повышению себестоимости электроэнергии, вырабатываемой тепловой

энергетикой, и тем самым повысит конкурентоспособность объектов возобновляющейся энергетики.

Список литературы

1. Волшаник В.В., Кулаков Ю.Н., Родионов В.Б., Пешнин А.Г. Об экологической и ресурсной составляющих в экономической оценке объектов электроэнергетики. "Гидротехническое строительство", 2002, № 9. с. 31-34.
2. Волшаник В.В., Пешнин А.Г., Хаманджода У. Экологический кризис в энергетике и эффективность использования возобновляющихся источников энергии. Сб. науч. тр. МГСУ «Исследования сооружений и оборудования ГЭС и насосных станций». М. : Изд. АСВ, 2004. С. 176-179.
3. Волшаник В.В., Пешнин А.Г., Хаманджода У., Щенникова Г.Н. Проблема экономической оценки теплового загрязнения атмосферы объектами электроэнергетики. Вестник МГСУ, 2009, № 1. с. 198-207.
4. Волшаник В.В., Пешнин А.Г., Хаманджода У., Щенникова Г.Н. Экологические основы использования возобновляющихся источников энергии. Вестник МГСУ, 2010, № 4. Т.2. с. 108-119.
5. Волшаник В.В., Пешнин А.Г., Щенникова Г.Н. Обоснование методов экономической оценки объектов электроэнергетики при учете экологических и ресурсных факторов. Вестник ОН РААСН, вып. 14, Т.2. М.-Иваново, 2010. с. 21-31.
6. Волшаник В.В., Щенникова Г.Н., Пешнин А.Г. Экономическая эффективность использования возобновляющихся источников энергии, обусловленная их экологическими и ресурсными свойствами. В кн.: В.В. Елистратов «Мониторинг развития возобновляемой энергетики в мире и в России». М. : изд. ИНП РАН, 2008. с. 66-70.
7. Волшаник В.В., Щенникова Г.Н., Хаманджода У. О необходимости разработки новой методики технико-экономического обоснования проектов электроэнергетических объектов.
8. Карелин В.Я., Волшаник В.В., Пешнин А.Г. Проблемы экономики использования возобновляющихся источников энергии. "Строительные материалы, технологии, оборудование XXI века". 2001, № 1. с. 26-27.
9. Карелин В.Я., Волшаник В.В., Родионов В.Б., Пешнин А.Г. Обоснование технико-экономической эффективности объектов «возобновляющейся» электроэнергетики с учетом их экологических достоинств. Труды РААСН. М.-Казань, 2003. с. 149-155.
10. Пешнин А.Г. Концепция развития энергетики как фактор экологической безопасности России. РИО+10: Экологическая безопасность как ключевой фактор устойчивого развития. Шестая международная экологическая конференция студентов и молодых ученых. М.: МГТУ, 2002. с. 63-65.
11. Пешнин А.Г. Тепловое загрязнение атмосферы и экологическая эффективность гидроэнергетических установок (станций). "Безопасность гидротехнических сооружений. Гидроэнергетика в XXI веке". Материалы XXII Международной молодежной научно-технической конференции. Научно-технический и производственный сборник. Вып. 10 ОАО "НИИЭС". М., 2002. с. 33-36.

Новое поколение суперконденсаторов на основе сопряженных полимеров и углеродных материалов с заданными размерами фрагментов сопряжения

Горбачевич А.А., Кобрянский В.М.

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

Существующие сегодня суперконденсаторы можно разделить на два типа. Это классические ионные суперконденсаторы в которых при пропускании тока заряд накапливается на границе раздела электролита и электродов, и электрохимические суперконденсаторы в которых на поверхности пленочных электродов протекают окислительно-восстановительные реакции. Разрабатываются также суперконденсаторы в которых один электрод работает по механизму разделения зарядов а второй за счет протекания электрохимической реакции.

У каждого из перечисленных типов суперконденсаторов есть свои преимущества и недостатки. Классические ионные конденсаторы имеют большой срок службы и не имеют ограничений по количеству циклов заряд/разряд. Однако они обладают малой энергетической емкостью и высокой степенью саморазряда. Традиционный подход к задаче увеличения плотности запасаемой энергии в этих суперконденсаторах связан с увеличением пористости электродных материалов. Однако известные пористые углеродные материалы наряду с высокой удельной долей поверхности, обладают также и высокой подвижностью носителей на обкладках, которая приводит к существенной зависимости напряжения от степени разряда. Энергетическая ёмкость электрохимических суперконденсаторов значительно выше, однако их стабильность недостаточна для широкого применения.

Анализ показывает, что, несмотря на значительный прогресс, параметры всех существующих типов современных суперконденсаторов не удовлетворяют требованиям основных практических приложений.

В настоящем докладе впервые описаны электродные материалы для суперконденсаторов нового поколения на основе высокоупорядоченных и низко дефектных сопряженных полимеров и углеродных материалов, в которых размер областей электронной делокализации задаётся (регулируется) путем введения в сопряженную систему углеродных атомов разветвителей и мета-замещенных бензольных ядер. Для создания таких материалов были разработаны два новых подхода.

Известно, что электрохимическая емкость, количество циклов заряд – разряд и долговременная стабильность аккумуляторов и ионных конденсаторов на основе используемых в настоящее время полимерных, углеродных и неорганических материалов зависит от содержания в них химических, структурных и супрамолекулярных дефектов. Поэтому особое место в перечне проблем, решение которых необходимо для создания высокеемких накопителей электрической энергии на основе органических высокомолекулярных соединений и углеродных материалов занимает разработка методов создания материалов с низким содержанием дефектов и критериев оценки содержания дефектов в этих материалах. Создание таких материалов является наиболее важной и, в тоже время, наиболее сложной задачей в ряду актуальных

проблем, решение которых необходимо для создания высокочастотных накопителей электрической энергии конкурентно способных с двигателями внутреннего сгорания.

В твердых телах может существовать огромное многообразие химических, конформационных и надмолекулярных дефектов. Дефекты образуются в процессах химического синтеза и формирования твердой фазы. Наиболее высокоупорядоченными и низко дефектными твердыми телами являются неорганические монокристаллы. При использовании специальных методов химической очистки исходных соединений и контролируемого роста неорганические монокристаллы могут содержать менее 10^{-7} мольных процентов примесей (дефектов). Аморфные, керамические, полимерные, углеродные и наноструктурированные материалы, как правило, содержат несравненно больше дефектов, чем неорганические монокристаллы. Кроме того, важным отличием этих материалов от неорганических монокристаллов является и гораздо большее многообразие дефектов. По этой причине ученым часто не удается установить не только содержание, но и структуру дефектов в этих материалах. Многолетний опыт тысяч исследователей показывает, что стандартные методы химического синтеза и формирования твердой фазы малоприспособлены для создания высокоупорядоченных и низко дефектных аморфных, керамических, сопряженных полимерных и углеродных материалов для электрофизики и оптоэлектроники. В настоящем докладе для создания высокоупорядоченных и низко дефектных сопряженных полимеров, углеродных материалов и гетероструктур на их основе предложено использовать методы стереоспецифического катализа, самоорганизации и матричного синтеза. Суть методов заключается в высокой подвижности химических групп и матричной идентификации фрагментов структуры на всех стадиях синтеза и формирования твердой фазы. Высокая подвижность позволяет влиять на содержание дефектов в материалах путем изменения условий самоорганизации. Матричная идентификация является граничным условием, которое позволяет сочетать процесс формирования твердой фазы с «выталкиванием» из высокоупорядоченной фазы инородных и/или дефектных молекул. Этот подход был реализован ранее для создания низко дефектного полиацетилена [1].

Второй подход направлен на создание нового типа углеродных и/или сопряженных полимерных материалов, теоретически рассчитанная электрохимическая ёмкость которых превышает электрохимическую ёмкость графена.

Одна из центральных проблем разработки и создания материалов для суперконденсаторов - обеспечение условий для существенного увеличения плотности поляризационного заряда. Магистральным направлением решение этой проблемы служит создание материалов и структур с разветвленной поверхностью, обеспечивающей эффективное увеличение площади обкладок конденсатора. Особое внимание при этом уделяется поверхностной электронной структуре материала, которая, в конечном счете, определяет электрические свойства электродов. Предельным случаем систем с разветвленной поверхностью могут служить ветвящиеся линейные молекулы полимеров. Электронная структура подобных систем изучена недостаточно. Недавно было показано [2], что в объемных материалах на базе квазиодномерных структур, образующих точки ветвления (У-разветвления), существует особый тип электронных состояний, локализованных в точке ветвления. Природа этих состояний носит сугубо топологический характер и напрямую не связана со спецификой кулоновских взаимодействий (локализованное состояние образуется как для электрона, так и для дырки). Топологические связанные состояния в объемных ветвящихся структурах могут приводить к существенному увеличению емкости конденсаторных структур на базе таких материалов. Результаты исследования особенностей электронной структуры ветвящихся углеродных

материалов, полученные путем первопринципного моделирования на базе метода функционала плотности, связанные с возникновением топологических локализованных состояний, показали возможность их использования для создания суперконденсаторов нового поколения. Для реализации нового типа электродных материалов точки ветвления должны быть организованы в упорядоченную структуру. Это может быть обеспечено путем создания нового типа углеродоподобных материалов, в которых фрагменты сопряженной структуры связаны между собой через хиноидную структуру или мета-замещение в бензольном ядре. Тем самым идеология систем с развитой поверхностью может быть распространена на молекулярный уровень.

Возможная структура одного из таких материалов приведена на рисунке ниже.

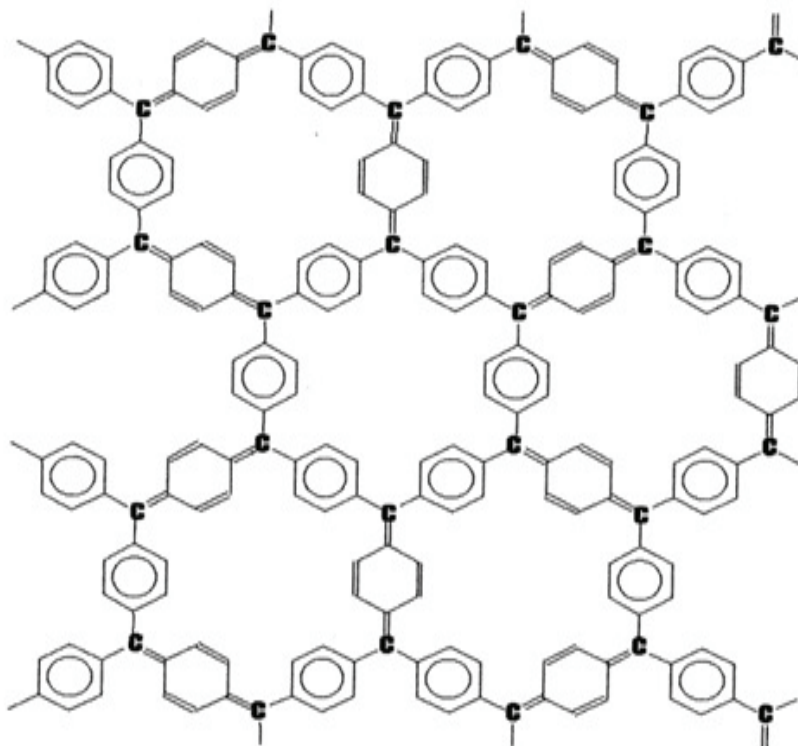


Рис. Возможная структура материала

Этот материал обладает способностью образовывать донорно-акцепторные комплексы, имеет гораздо более низкую плотность чем графен и образует каналы через которые ионы электролита могут диффундировать внутрь материала.

Разработаны методы синтеза и критерии оценки длины цепи сопряжения (области делокализации) и содержания дефектов в сопряженных полимерах, углеродных нанотрубках и графеноподобных материалах с развитой поверхностью с

использованием комбинации методов кротно импульсной pump-probe спектроскопии и импульсной спектроскопии комбинационного рассеяния. Методы использованы для создания нового класса сопряженных полимеров углеродных материалов теоретическая энергетическая емкость которых превышает энергетическую емкость графена.

Список литературы

1. В.М. Кобрянский, Высокоупорядоченные и низкодефектные электроактивные сопряженные и композитные материалы. Сборник пленарных докладов XI по химии и физикохимии олигомеров. Москва-Черноголовка-Ярославль 2013. С. 46-65.
2. А.А.Горбачев, М.Н. Журавлев, Топологические связанные состояния. Письма в ЖЭТФ 90, 634 (2009).

Автономная система электроснабжения на базе волнового генератора

Гринкруг М.С.¹, Ткачева Н.А.¹, Гордин С.А.²

¹ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», г.Комсомольск-на-Амуре, Россия

²ООО «Авентус-Технологии», г.Хабаровск, Россия

Использование возобновляемого источника энергии в виде вертикального колебания морских волн позволяет создавать автономные системы электроснабжения для потребителей, расположенных около водных акваторий.

Для реализации поставленной задачи были проведены научные исследования, включающие разработку математической модели, проведения расчетных исследований и апробацию технических решений на натурных моделях.

В представляемом докладе приводятся основные результаты по разработке волнового генератора: описание принципа действия, математическая модель, параметры конструкции волнового генератора, результаты проведения натурных испытаний и сопоставления теоретических и практических результатов.

Use of renewable energy in the form of vertical oscillations of the waves allows to create standalone power supply systems for customers located near water areas.

To perform this task, conducted research, including development of a mathematical model of computational research and testing of technical solutions on natural models.

In the presented paper summarizes the main results on the development of the wave generator: a description of the operation principle, mathematical model, the design parameters of the wave generator, the results of full-scale testing and comparing the theoretical and practical results.

Кинетика накопления стирола в полимерной матрице ПВДФ при облучении ионами гелия

Дуброва Н.А., Сохорева В.В., Головков В.М.

Томский политехнический университет, Томск, Россия

Исследовалась кинетика радиационно-химической прививки стирола к полимерной пленочной основе фторсодержащего материала ПВДФ, облученного ионами гелия-4 с энергией 27 МэВ. Мономер стирола прививался к полимерной матрице при облучении ионами в прививочном растворе, а также на «пост-эффекте» когда вначале происходило облучение образцов, а затем химическая прививка. Ключевые слова: ионы гелия, радиационно-химическая прививка, поливинилиденфторид, стирол, спектофотометрия

Введение

Полимерные протонпроводящие мембраны должны обладать высокой протонной проводимостью, химической стойкостью к окислителям, способностью работать при повышенных температурах. Перфторсульфоновые мембраны из полимерного материала «Нафийон» (Фирма DuPont, USA) по критерию протонной проводимости удовлетворяют этим требованиям, но температурный диапазон их работы ограничен ~ 900С [1], кроме того производство «Нафийона» считается дорогим из-за сложной химической технологии в присутствии фтора. Альтернативным аналогом может стать мембрана фторсодержащего полимера поливинилиденфторида (ПВДФ), модифицированного путем радиационно-химической прививки стирола, которая при последующем сульфировании приобретает протонпроводящие свойства. Полимер ПВДФ выбран из-за его прочности, хорошей термической стабильности химической и радиационной стойкости.

В настоящей работе представлены результаты исследования радиационной прививки стирола к пленке ПВДФ после воздействии ионов гелия с разными дозами. Исследовалось влияние на степень прививки поглощенной дозы, количество мономера стирола а также влияние кислорода и вакуума на процесс образования свободных радикалов в облученных образцах ПОМ. Представлены результаты морфологии поверхности, спектроскопических и микроскопических исследований, а также результаты исследований элементного состава. Предполагается что синтезированные с применением радиационно-химической технологии мембраны из полимера ПВДФ будут потенциальными кандидатами на высокопроизводительную функциональную протонообменную мембрану для топливных элементов

Материал

ПВДФ полимерная пленка шириной 30-50мкм производства «Пластполимер» Россия, этилен хлористый, стирол (чистота>99,50 %), ацетон(чистота>99,50 %), дихлорэтанан чистый, винилбензол, толуол.

Подготовка образцов

Из рулонной пленки были вырезаны образцы круглой формы с D=80 мм, затем они тщательно промывались в растворе толуола в течение 1, 5 часа в ультразвуковой

ванне. Далее образцы высушивались в термостате в течение 3х часов при температуре 50°C. Перед облучением образцы размещались следующим образом:

- а) в контейнеры, конструкция которых подробно приводится в работе [2] Из контейнеров откачивался воздух и затем они заполнялись прививочным раствором (ПР), состоящим из стирола и толуола в соотношении 1:1;
- б) в герметичные полиэтиленовые пакеты, заполненные аргоном; 2
- в) в пакетах с образцами был воздух.

Облучение

Облучение образцов проводили на ускорителе Р-7М ФТИ ТПУ на выведенном в воздух пучке ионов гелия с энергией 27 МэВ. Образцы, размещались в специальных контейнерах [2-3] и пакетах. Далее, они крепились на специальном, которое вращалось со скоростью 50 об/мин. Радиационно-химическая прививка (РП) стирола проводилась, как путем прямого облучения полимера и мономера стирола, так и по методу «пост-эффект». В первом случае облучение ионами гелия образцов ПВДФ проходило в присутствии ПР. Ниже на рис. 1. представлена схема эксперимента с ПР. Остальная часть образцов облучалась в вакууме, на воздухе и в атмосфере аргона.

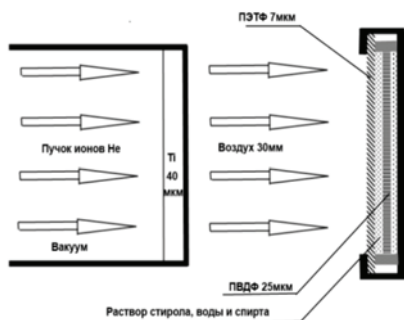


Рис. 1. Схема эксперимента по прививке стирола к пленке ПВДФ по прямому методу

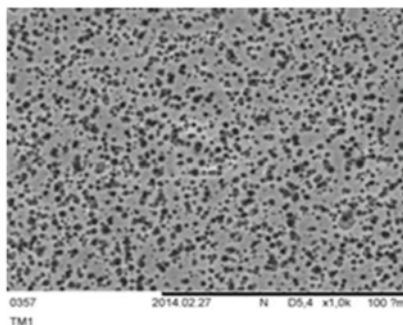


Рис.2 Следы треков ионов в пленке ПЭТФ

Поглощенная доза (Д) рассчитывалась по суммарному току с ламелей пробника циклотрона. Более точно число падающих на образец ионов определялся по образцу “свидетелю” из ПЭТФ, который при облучении размещался за исследуемым образцом ПВДФ. Образец из ПЭТФ, после облучения ионами, протравливался в горячей щелочи. На снимках (рис. 2), полученных на растровом электронном микроскопе Hitach- 3000, видны следы треков ионов гелия. Проводился подсчет треков на единицу площади пленки, и определялось число ионов, которые попали на исследуемый образец.

Спектроскопия

При взаимодействии с ионизирующим излучением в полимере, в области трека за счет возникновения вторичных бета-электронов происходит разрыв ковалентных связей с образованием, свободных радикалов [1]. Уф спектроскопия позволяет на качественном уровне оценить изменения, которые произошли в исследуемом образце в процессе облучения. На рис.3 представлены спектры УФ для исходного и облученных образцов. В области длин волн 300 -500 нм кривая под номером 4 соответствует дозе облучения 3, 5 МГр. Спектр исходного образца представлен под номером 1.

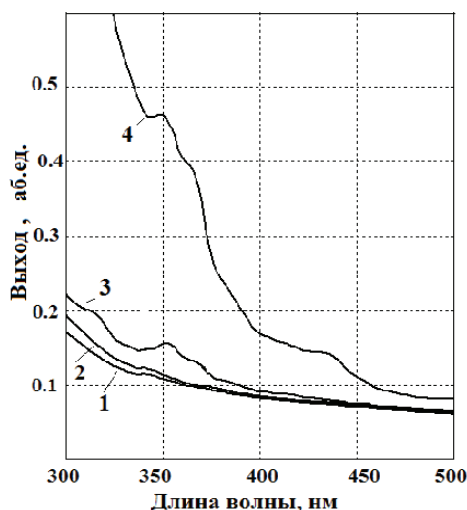


Рис.3. Выход УФ в зависимости от дозы облучения

Прививка мономера стирола

Образцы, облученные в контейнерах с прививочным раствором (ПР) помещались в термостат при температуре 60 °С. Остальные образцы вынимались из пакетов и помещались в кварцевую колбу, из которой затем был откачен воздух. Далее в систему под давлением заливали ПР. Предварительно через ПР пропускался осушенный газ Ar для удаления из него кислорода. Аргон пробурливали через ПР в течение 40 минут. Так как колба была не полностью заполнена ПР в неё дополнительно нагнетался аргон. Колбу с образцами размещали в термостате вместе с контейнерами. Прививка проходила 8 часов.

Интегральная степень прививки определялась методом гравиметрии

Перед взвешиванием с поверхности образцов был удален непривитый мономер, путем промывки в деионизованной воде, затем в толуоле (24 часа) и снова в деионизованной воде при $T=500^{\circ}\text{C}$. Далее образцы были высушены высушивались в термостате при $T=400^{\circ}\text{C}$ три часа и затем взвешивались. Степень прививки рассчитывалась по формуле:

$$P_g = \frac{M_f - M_i}{M_i} \cdot 100\% \quad (1)$$

где P_g – степень прививки, M_f – масса образца после прививки, M_i – масса образца до прививки.

Результаты и обсуждения

Степень радиационной прививки по прямому методу изменялась практически линейно от дозы. При дозах более 3,5 МГр, увеличивалась масса образца и его объем настолько, что он просто «раздувался» и лопался. У образцов, облученных без ПР степень прививки не превышала 30 %. Облучение на воздухе приводит к образованию пероксидных радикалов или гидропероксидных групп, которые могут взаимодействовать с мономером исключительно при высоких температурах и только тогда инициировать образование свободных радикалов и прививку мономера. Этим фактором можно объяснить различную степень прививки на воздухе и аргоне. Ниже в таблице приводятся результаты исследований радиационно- химической прививочной полимеризации пленок ПВДФ при облучении высокоэнергетичными ионами гелия.-4.

Таблица - Результаты радиационно- химической прививки мономера стирола к пленкам ПВДФ

№	Доза, [МГр]	Среда облучения	T, [° C]	Время, [час]	P _g , [%]
1	1,5	воздух	60	6	3
2	1,5	вакуум	60	6	18
3	1,5	аргон	60		16
4	1,5	Прививочный раствор	60		72
5	2	воздух	60	6	4,5
6	2	вакуум			26
7	2	аргон	60	6	21
8	2	Прививочный раствор			90
9	3,5	воздух	60	6	6
10	3,5	вакуум	60	6	28
11	3,5	Аргон	60	6	25
12	3,5	Прививочный раствор	60	6	120
14	4,45	Прививочный раствор	Деструкция 300		

Проводились исследования по изменению состава реакционной смеси. В раствор добавлялось некоторое количество воды. Результаты оказались не хуже, чем в представленном эксперименте, однако скорость прививки уменьшилась, и время прививки увеличилось до 58 часов.

Заключение

Результаты представленные выше, позволяют рассматривать радиационно-химическую прививку при облучении ионами гелия, как принципиальную возможность получения предельной прививки мономера стирола в образцах фторполимера ПВДФ с толщинами от 10 до 180 мкм. Закрепленный таким образом мономер стирола в полимере являющийся допантом, при последующем сульфировании придаст полимерной матрице протонопроводящие свойства. Следует отметить, что прямой радиационно-химический метод прививки при облучения полимера в прививочном растворе намного эффективнее и технологичнее метода «пост-эффекта».

Работа выполнена за счет средств субсидии в рамках реализации Программы повышения конкурентоспособности ТПУ.

Список литературы

1. Joon-Yong Sohn, Hae-Jun Sung, Joo-Myung Song, Junhwa Shin, Young-Chang Nho Radiation-grafted proton exchange membranes based onco-grafting from binary monomer mixtures intopoly(ethylene-co-tetrafluoroethylene) (ETFE) film Radiation // Physicsand Chemistry81(2012)923–926
2. Головков В. М. , Сохорева В. В. , Тюрин Ю. И. , Сигфуссон Т. -. Получение полимерной электролитной мембраны для топливного элемента методом радиационно-химической обработки пленки ПВДФ // Известия вузов. Физика. - 2012 - Т. 55 - №. 11/3. - С. 227-232
3. Golovkov V. M., Sokhoreva V. V., Sigfusson T. I., Petroleum J. Formation of chemically resistant track membranes based on polyvinylidene fluoride // Chemistry Vol. 52 – No.7, 2012 – p 462–464

Разработка методов анализа и оптимизации схем децентрализованного энергоснабжения с использованием возобновляемых источников и накопителей энергии

Ермоленко Б.В., Ермоленко Г.В., Балакина Ю.А.

Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева,
Институт энергетики НИИ ВШЭ

В настоящее время мировая энергетика находится в состоянии беспрецедентной неопределенности: энергозависимая экономика требует все больше и больше энергии для работы и развития, а запасы ископаемого топлива, на котором основана традиционная энергетика, постепенно уменьшаются, что сопровождается ростом темпов нарастания затрат на его добычу. Прогнозируемый рост стоимости топлива в обозримый промежуток времени приведет к резкому снижению эффективности традиционной энергетике, возрастанию тарифов на производимую энергию, увеличению затрат у ее потребителей и, как результат, к появлению серьезных экономических проблем у населения планеты. Кроме того, нельзя не учитывать и экологический фактор, значимость которого увеличивается с каждым годом. Загрязнение воздушного и водного бассейнов, качественное истощение водных ресурсов и рост объемов образования отходов, кислотные дожди и парниковый эффект — далеко не полный перечень последствий негативного влияния на окружающую среду современной энергетике.

Выход из сложившейся ситуации эксперты видят, как во всемерном повышении эффективности использования традиционных энергоносителей, так и в расширении применения возобновляемых источников энергии (ВИЭ), включающих следующие основные формы энергии: солнечная, геотермальная, ветровая, низкопотенциальное тепло, энергия биомассы, малых водных потоков, морских волн, течений и приливов.

Именно поэтому, начиная с 90-х годов по инициативе ЮНЕСКО при поддержке государств-членов ООН и заинтересованных организаций, в благополучной Западной Европе и США проводятся мероприятия по продвижению идеи широкого использования альтернативных источников энергии и созданию конкурентного рынка в этой сфере. Ежегодные темпы роста установленной мощности энергоустановок на ВИЭ в мире оцениваются в десятки процентов в год и на порядок превышают средние темпы развития традиционной энергетике. Во многих странах приняты амбициозные планы добиться к 2020 году доли ВИЭ в энергобалансах на уровне 15...20% и выше, в России же, крупнейшем экспортере энергоресурсов в мире, — всего 4,5 %.

В какой-то степени ситуацию можно понять: нефтегазовый комплекс обеспечивает 17% российского ВВП и свыше 40% поступлений консолидированного бюджета. Отказаться от эксплуатации этих ресурсов и от большей части бюджетных поступлений непросто. Кроме того, следует признать, что очевидные преимущества ВИЭ, такие как неисчерпаемость, отсутствие затрат на топливо и экологическая безопасность, пока не могут склонить в свою сторону чашу весов под грузом технически проработанных и более дешевых традиционных методов получения энергии, несмотря на практически не оцениваемый ущерб, наносимый ими окружающей среде.

Уже сегодня в России имеются обширные районы, где по экономическим, экологическим и социальным условиям применение возобновляемых источников энергии представляется целесообразным и экономически эффективным. К ним относятся:

а) зоны децентрализованного энергоснабжения, площадь которых составляет около 70 % территории страны (Рис.1), где по разным подсчетам проживает от 10 до 20 млн. человек. Производство электроэнергии в данных районах осуществляется, в основном, на бензиновых и дизельных генераторах малой мощности, работающих на дорогостоящем привозном органическом топливе, в связи с чем тарифные ставки на электроэнергию чрезвычайно велики и местами превышают 23 \$цента/кВтч (Рис.2);

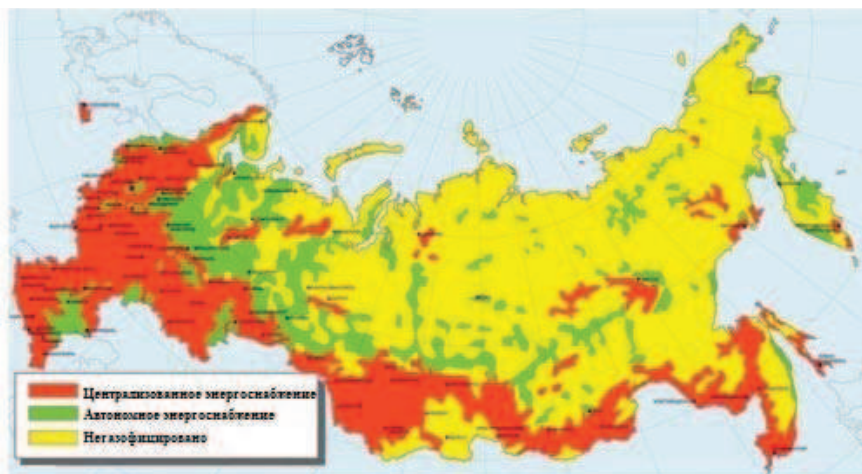


Рис.1. Централизованное и автономное энергоснабжение на территории России

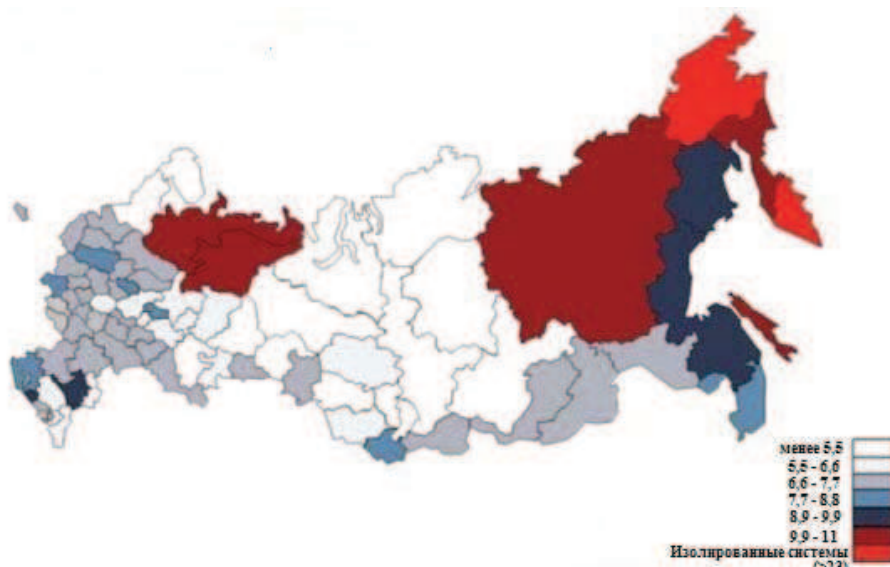


Рис.2. Цена (тариф) на электроэнергию для конечных потребителей, \$центов/кВтч

б) зоны централизованного энергоснабжения с большим дефицитом мощности, чрезвычайно высокими издержками и большими техническими проблемами на

присоединение к электрическим и тепловым сетям и значительными материальными потерями из-за частых отключений групповых потребителей энергии;

в) населенные пункты со сложной экологической обстановкой, что обусловлено вредными выбросами в атмосферу от различных промышленных и городских объектов, работающих на ископаемом топливе;

г) зоны, обладающие большим потенциалом возобновляемых источников энергии;

д) районы с моральным и физическим износом традиционного оборудования;

е) города и места массового отдыха и лечения населения;

ж) зоны с проблемами обеспечения энергией индивидуального жилья, фермерских хозяйств, мест сезонной работы, садово-огородных участков.

Потенциальное преимущество применения ВИЭ в данных районах по сравнению с традиционными источниками энергии обуславливается следующим рядом причин:

- отказ от использования ископаемых углеводородов – богатейшего сырья, из которого намного выгоднее производить полезную продукцию, чем сжигать в двигателях внутреннего сгорания и топках;
- сокращение объемов транспортировки дорогостоящего топлива в удаленные и труднодоступные районы при одновременном повышении надежности энергоснабжения;
- снижение локального загрязнения атмосферного воздуха;
- снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха по стране в целом, позволяющее в соответствии с Киотским протоколом организовать продажу «неиспользованных» квот на выброс парниковых газов другим странам;
- эффективное применение локальной энергетики, включающее в себя:
- отказ от строительства относительно дорогостоящих (капиталоемких) линий электропередач (ЛЭП);
- резкое снижение стоимости инженерных коммуникаций за счет значительного уменьшения их протяженности и исключения теплотрасс с соответствующим снижением эксплуатационных и ремонтных издержек;
- отказ от транспорта и преобразования на высоковольтный уровень электрической энергии и т.д.

Кроме того, на фоне широкого развернувшегося строительства жилых микрорайонов, при реализации проектов которых инвесторы все чаще изъявляют желание создавать автономные системы энергоснабжения, использование возобновляемых источников энергии приобретает особую актуальность.

Для того чтобы оценить перспективы развития альтернативной энергетики в целом по России или в упомянутых выше районах (зонах), в частности, на первоначальном этапе необходимо проанализировать распределение ВИЭ по территории страны.

Солнечная энергия. Солнечная энергия занимает лидирующее положение среди ВИЭ. Солнечное излучение, вследствие того, что оно исходит от источника с яркостной температурой около 6000 К, с термодинамической точки зрения является высококачественным первичным источником энергии, допускающим принципиальную возможность ее преобразования в другие виды энергии (электроэнергия, тепло, холод и др.) с высоким КПД.

Бытующее мнение о том, что Россия, расположенная преимущественно в средних и высоких широтах, не располагает значительными ресурсами солнечной энергии для ее эффективного энергетического использования, не соответствует действительности. На изображенной ниже карте (Рис.3), построенной с использованием результатов многолетних спутниковых наблюдений NASA, приведено среднегодовое распределение ресурсов энергии солнечной радиации по территории России, поступающей в среднем за день на 1 м² площадки южной ориентации с оптимальным углом наклона к горизонту (для каждой географической точки это свой угол, при

котором суммарное за год поступление энергии солнечной радиации на единичную площадку максимально).

Видно, что территория страны разбивается преимущественно на 4 окрашенные разными цветами зоны.

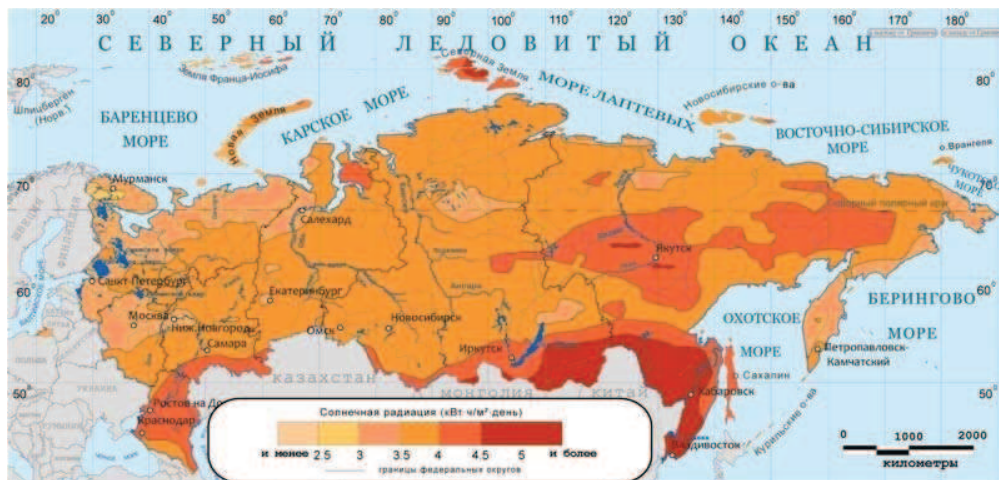


Рис.3. Распределение годовых средних поступлений солнечной радиации по территории России, **кВт·ч/м²·день** (оптимально ориентированная неподвижная поверхность южной ориентации)

(Источник: ОИВТ РАН)

Рассмотрение представленной карты показывает, что в сегодняшних границах России наиболее "солнечными" являются не районы Северного Кавказа, как предполагают многие, а регионы Приморья и юга Сибири (4,5-5 кВт·ч/м²·сут и выше). Интересно, что известные черноморские курорты (Сочи и др.), по среднегодовому поступлению солнечной радиации (с точки зрения природного потенциала и ресурса солнечной инсоляции) относятся к той же зоне, что и большая часть Сибири, включая Якутию (4,0-4,5 кВт·ч/м²·сут).

Необходимо отметить, что более 60 % территории страны, в том числе и многие северные районы, характеризуется среднегодовым дневным поступлением солнечной радиации от 3,5 до 4,5 кВт·ч/м²·сут, в то время как для юга Германии, где сегодня идет активное внедрение солнечных установок, значение данного показателя лежит в диапазоне 3,5-4 кВт·ч/м²·сут. Таким образом, территория России, вопреки всем существующим предрассудкам, располагает значительными ресурсами, не уступая считающимся благоприятными для эффективного использования солнечной энергии европейским странам.

Энергия ветра. Одним из перспективных направлений развития возобновляемой энергетики является ветроэнергетика. Использование энергии ветра, как показала практика и опыт многих стран, представляется весьма привлекательным в тех районах, где среднегодовая скорость ветра составляет 4-6 м/сек и более.

Согласно Рис.4, отражающему ветроэнергетические ресурсы России на высоте 50 метров над уровнем земли, существует множество областей, где среднегодовая скорость ветра превышает 6 м/сек. Наивысшие значения обнаруживаются вдоль берегов Баренцева, Карского, Берингова и Охотского морей. Несколько меньшие значения имеются на побережьях Восточно-Сибирского, Чукотского, Черного, Азовского и др. морей. Значительные ресурсы находятся также в районах Среднего и Нижнего Поволжья, на Урале, в степных районах Западной Сибири и на Байкале.

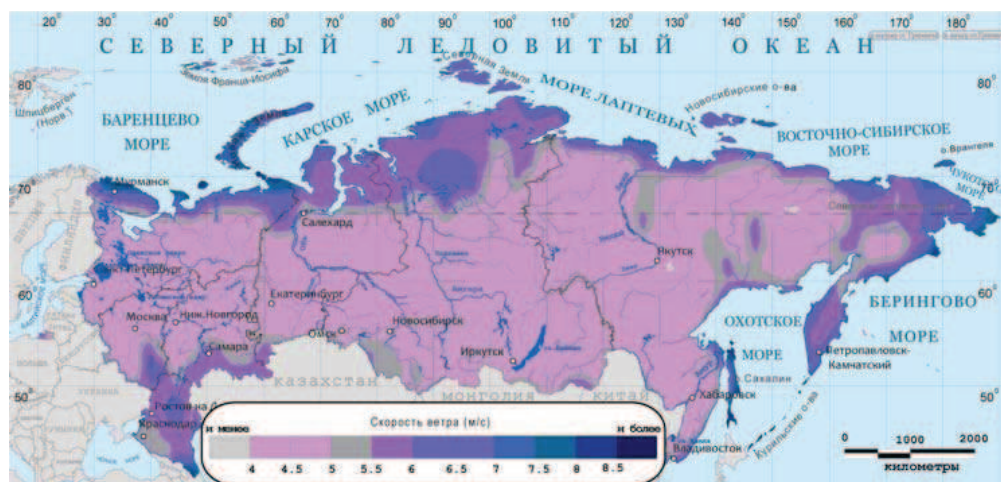


Рис. 4. Распределение значений среднегодовых скоростей ветра на высоте 50 м по территории России

(Источник: ОИВТ РАН)

В общей сложности, согласно Национальному кадастру, более 30 субъектов РФ обладают ветроэнергетическими ресурсами, достаточными для их эффективного использования по всем международным критериям.

Геотермальная энергия. Одним из основных ресурсосберегающих и экологически безопасных источников энергии, занимающих первое место по ресурсам среди ВИЭ в России, является геотермальная энергия, под которой понимают физическое тепло глубинных слоев Земли, имеющих температуру, превышающую температуру воздуха на поверхности.

Международное энергетическое агентство разделило ресурсы, в которых заключена геотермальная энергия, на пять видов. Это нагретые в подземных резервуарах сухой и влажный пар, горячая вода, раскаленные скальные породы и магма – субстанция, представляющая собой расплавленные до 1300 градусов «внутренности» Земли. Однако до сегодняшнего времени наиболее реальной базой геотермальной энергетики остаются природный пар и термальные воды (парогидротермы), использование которых представляется экономически целесообразным.

Территория России хорошо исследована (Рис.5), и сегодня известны основные ресурсы тепла Земли, которые имеют значительный промышленный потенциал, в том числе и энергетический. Всего можно выделить три основные зоны, в зависимости от типа и возможностей использования геотермальной энергии:

1. Камчатка и Курилы — наиболее «горячие» точки;
2. Северный Кавказ и зона, прилегающая к Байкалу, где возможно применение глубинных вод для теплоснабжения;
3. Потенциально обширная территория, охватывающая 2/3 России, где возможна эксплуатация низкопотенциальной энергии с помощью тепловых насосов.

Это означает, что на 75-80% всей территории страны можно эффективно использовать тепло Земли для теплоснабжения городов, поселков и отдельных объектов.

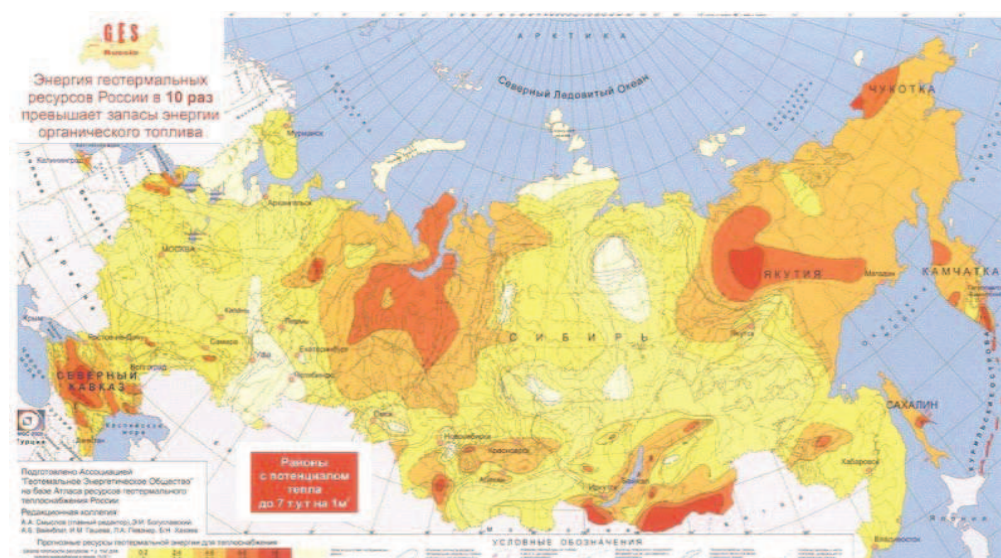


Рис.5. Распределение геотермальных ресурсов по территории России

Энергия малых водных потоков. Одним из наиболее эффективных направлений нетрадиционной энергетики является использование энергии небольших водотоков с помощью малых ГЭС (МГЭС) – гидроэлектростанций с установленной мощностью не более 30 МВт при диаметре рабочего колеса до 3 м.

В целом на территории России насчитывается свыше 2,5 млн. малых рек, в бассейнах которых проживает до 44% городского населения страны и 90% сельского. Они формируют около половины суммарного объема речного стока, а их энергетический потенциал составляет 493 млрд. кВт ч.

На карте, представленной на Рис.6, видно, что основная часть ресурсов малой гидроэнергетики сосредоточена в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, на которые в совокупности приходится более 80% всего гидроэнергетического потенциала. Значительные ресурсы имеются также в Центральной Сибири, Северном Кавказе и западной части Урала.

Кроме того, МГЭС могут сооружаться не только на малых реках и ручьях, а на любых водных объектах, имеющих сколько-нибудь значимый гидроэнергетический потенциал: водосбросах водохранилищ, ТЭЦ и АЭС, оросительных каналах ирригационных систем, технологических водотоках (промышленные и канализационные сбросы), а также в питьевых и других трубопроводах, предназначенных для перекачки различных видов жидких продуктов, и т.д.

Конечно, следует признать, что негативное воздействие, оказываемое крупными ГЭС на окружающую среду, характерно и для объектов малой гидроэнергетики. Однако, во-первых, проявляется в меньших масштабах, а, во-вторых, может быть минимизировано за счет организации каскада ГЭС – группы ГЭС, расположенных последовательно по течению водного потока и связанных между собой общностью водохозяйственного режима.

В процессе их сооружения и последующей эксплуатации не только отсутствует вредное влияние на свойства и качество воды, а главное – объекты малой энергетики не требуют организации больших водохранилищ с соответствующим затоплением территории и колоссальным материальным ущербом. Так при строительстве 2-ступенчатого каскада малых ГЭС суммарной мощностью 25,5 МВт на реке Урух долговременная площадь отчуждения составит 11 га, строительство 4-х ступенчатого

каскада МГЭС приведет отчуждению 9,2 га земель, а при строительстве той же мощностью одной МГЭС площадь под затопление водохранилища составит 1268 га.

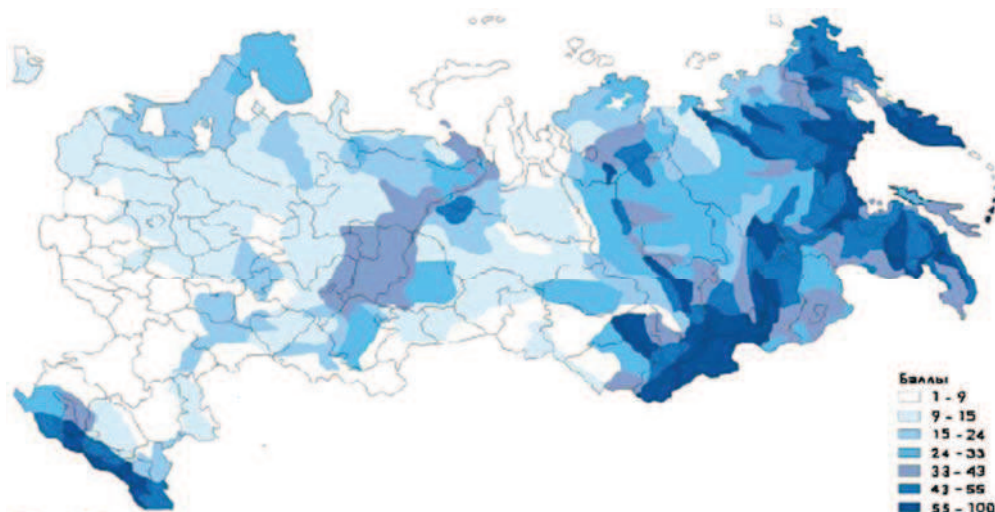


Рис. 6. Распределение потенциала гидроэнергетических ресурсов по территории России

Энергия биомассы. Пятым по производительности возобновляемым источником энергии является биомасса – термин, объединяющий все вещества растительного и животного происхождения: древесину, сельскохозяйственные культуры, помет, навоз, бытовые и другие виды отходов, которые представляют собой источники большого количества органического материала, пригодного для получения дополнительной энергии.

Потенциальные возможности России в плане широкомасштабного и эффективного использования первичной биомассы, весьма велики и составляют 14-15 млрд.т. в год в результате усвоения 21-22,5 млрд.т. CO₂.

Кроме того, по разным отраслям народного хозяйства страны ежегодно накапливается более 390 млн.т. (по сухому веществу) вторичных органических отходов, из них: 250 млн.т. в сельскохозяйственном производстве – 150 млн.т. приходится на животноводство и птицеводство и 100 млн.т. – на растениеводство; 70 млн.т. в лесо- и деревопереработке; 60 млн.т. твердых бытовых отходов и 10 млн.т. осадков сточных вод. Энергетический потенциал указанного количества отходов составляет 190 млн. т.у.т., реально можно получать в год до 45 млн. т.у.т.

Энергия, запасенная в первичной и вторичной биомассе, может конвертироваться в технически удобные виды топлива или энергии несколькими путями:

1. Получение растительных углеводов (растительные масла, высокомолекулярные жирные кислоты и их эфиры, предельные и непредельные углеводороды и т.д.);
2. Термохимическое преобразование: прямое сжигание, пиролиз, газификация, сжижение;
3. Биохимическое преобразование: анаэробное разложение и сбраживание.

В настоящее время во многих странах мира наиболее широкое применение получили производство твердого биотоплива, самым распространенным видом которого являются древесные топливные гранулы, и переработка жидких органических отходов посредством анаэробного разложения с получением биогаза.

Согласно проведенному экспертному анализу, Россия располагает колоссальными ресурсами альтернативной энергетики (Табл. 1), экономический потенциал которых определен в 270 млн. т.у.т. в год (около 25% от годового энергопотребления страны).

Таблица 1 Ресурсы возобновляемых источников энергии России (млн.т. условного топлива в год)

Ресурсы	Валовой потенциал	Технический потенциал	Экономический потенциал
Солнечная энергия	$2.3 \cdot 10^6$	2300	12,5
Энергия ветра	$26 \cdot 10^3$	2000	10
Геотермальная энергия	—	—	115
Низкопотенциальное тепло	525	105	31,5
Энергия малых водных потоков	360	125	65
Энергия биомассы	10^4	53	35
Всего по ВИЭ	$2.3 \cdot 10^6$	4583	270

И, несмотря на то, что по территории страны возобновляемые источники энергии распределены неравномерно, практически во всех регионах имеется 1-2 вида, эксплуатация которых может быть экономически оправданной. Более того, альтернативная энергетика может быть развита не только в районах, наиболее богатых данного рода ресурсами, а едва ли не повсеместно при условии комбинированного использования как совместного (солнечно-ветровая энергетика, совместное сжигание различных видов биотоплива), так и с использованием традиционных энергоносителей (ветро-дизельные установки).

При этом следует учитывать, что данная оценка производилась для начала 1990-х годов, и в настоящее время, вследствие значительного снижения стоимости установок возобновляемой энергетики, а также роста цен на ископаемое топливо, экономический потенциал ВИЭ может быть значительно выше указанных значений.

Таким образом, данные факторы, а порой уже и само время, диктуют свои правила, формируя тем самым естественные благоприятные условия для успешного решения задачи создания конкурентоспособных систем энергообеспечения на основе ВИЭ, которая может быть сформулирована следующим образом.

При заданных:

- Природно-климатических условиях района размещения жилого комплекса, определяющих потребности в холоде, тепловой и электрической энергиях/потребностях в холоде, тепловой и электрической энергиях;
- Видах и экономических потенциалах различных ВИЭ в данном регионе;
- Форме, размере и площади территории жилого комплекса;
- Характеристиках объектов жилой и общественной застройки;
- Вариантах потенциальных площадок строительства местных источников энергии;
- Вариантах потенциальных параметров установок энергоснабжения (местного и локального);
- Вариантах потенциальных параметров основных и вспомогательных зданий и сооружений;
- Техничко-экономических, технологических, территориальных, экологических и финансовых ограничениях и др.
- **Определить:**

- Виды применяемых способов местного и локального энергообеспечения микрорайона;
- Площадки размещения местных источников тепловой и электрической энергии и их установленную мощность;
- Виды, типы и количество применяемых энергетических установок местного и локального энергоснабжения;
- Характеристики основных и вспомогательных зданий и сооружений;
- Уровень воздействия генерирующих мощностей на окружающую среду в процессе эксплуатации;
- Объём инвестиций собственных и заёмных средств инвестора, необходимый для реализации проекта и др.

Обеспечивающие:

минимум интегральных затрат на строительство и эксплуатацию систем энергообеспечения проектируемого микрорайона.

Кроме того следует не забывать, что для большинства ВИЭ характерны низкая плотность энергетических потоков, а также нерегулярность и зависимость от погодных условий. В подобной ситуации значительной проблемой создания эффективных автономных энергоустановок на основе ВИЭ является проблема аккумуляирования энергии.

При решении задач подобного рода обычно используется сложный и громоздкий многовариантный подход, который заключается в переборе неисчислимого количества комбинаций различных источников энергии, выборе соответствующего оборудования и необходимости учета множества факторов.

Но это теория, на практике же все значительно упрощается и сводится к анализу нескольких наиболее очевидных сочетаний, что заведомо ведет к созданию системы, эколого-экономическая эффективность которой далека от максимально-возможной при данном наборе исходных параметров.

Альтернативой рассмотренному подходу может служить применение экономико-математических методов и моделей, существенно повышающее эффективность принятия решений.

В силу специфичности и сложности объекта инвестиций математическое описание выбора новых генерирующих мощностей представлено в виде системы линейных и нелинейных уравнений и неравенств большой размерности с частично-целочисленными переменными, что позволяет свести исходную задачу к задаче линейного частично-целочисленного программирования, где в качестве критерия эффективности получаемого результата выступает минимум интегральных затрат на строительство и эксплуатацию систем энергообеспечения проектируемого микрорайона (функционал).

Сформулированная подобным образом задача при наличии наполненной конкретной информацией модели может быть решена с применением специальных программных продуктов, одним из которых является программный комплекс Xpress-MP британской фирмы Dash Optimization.

Таким образом, разработанный в результате НИОКР метод может служить универсальным инструментом для решения сложных инвестиционных задач по созданию автономных систем энергоснабжения в разных регионах страны, который в короткий срок и с минимальными затратами ресурсов при одновременном учете множества различных факторов позволяет получать необходимые результаты. Кроме того, при внесении соответствующих коррективов данная модель может использоваться при проектировании энергосистем жилых комплексов с энергоэффективными домами.

В качестве планируемых результатов исследования выступают:

1. разработанные математические модели для решения задач анализа и оптимизации схем децентрализованного энергоснабжения групповых муниципальных потребителей отдаленных и труднодоступных регионов с использованием возобновляемых источников и накопителей энергии;
2. описание методов решения таких задач с использованием разработанных математических моделей;
3. рекомендации по выбору специализированного программного обеспечения, которое может использоваться в системе оптимизации разработки схем децентрализованного энергообеспечения удаленных и труднодоступных энергопотребителей;
4. описание структуры базы данных, необходимых для решения задач анализа и оптимизации выбора схем энергоснабжения;
5. проект технического задания на создание автоматизированной системы для решения задач анализа и оптимизации выбора схем децентрализованного энергообеспечения энергопотребителей на основе ВИЭ.
6. Рекомендации по разработке ТЭО на стадии проектирования схем децентрализованного энергообеспечения энергопотребителей на основе ВИЭ.

В качестве народно-хозяйственного эффекта после и широкого применения автоматизированной системы для решения задач выбора эффективных схем децентрализованного энергообеспечения потребителей на основе ВИЭ будут выступать:

- повышение технической и экономической обоснованности выбора схем децентрализованного энергоснабжения на основе ВИЭ;
- снижение финансовых затрат на проектирование, строительство и эксплуатацию систем децентрализованного энергоснабжения;
- экономия капитальных затрат на создание систем энергоснабжения;
- повышение привлекательности проектов децентрализованного энергоснабжения для потенциальных инвесторов;
- снижение себестоимости вырабатываемой электрической и тепловой энергии;
- экономия ископаемых органических топлив и снижение затрат на их приобретение;
- снижение уровня загрязнения окружающей среды, а, следовательно, и величины эколого-экономического ущерба;
- социально-экономический эффект для населения, выражающийся в более надежном и полном энергоснабжении с меньшими экономическими затратами.

Результаты решения сформулированной задачи могут быть реализованы путем:

(1) Разработки, на основе проекта технического задания, автоматизированной системы для решения задач выбора эффективных схем децентрализованного энергообеспечения потребителей с использованием возобновляемых источников энергии;

(2) Официального согласования и утверждения методики использования разработанного программного и информационного обеспечения разработки и оптимизации выбора схем децентрализованного энергоснабжения потребителей на основе ВИЭ;

(3) Использования и тиражирования разработанных математических методов, моделей и созданного затем программного и информационного обеспечения автоматизированной системы в качестве инструмента для эффективного решения практических задач проектирования децентрализованных систем энергоснабжения в различных регионах страны с использованием возобновляемых источников и накопителей энергии.

Список литературы

1. Фортов В.Е., Попель О.С. Энергетика в современном мире. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2011.
2. Безруких П.П., Дегтярев В.В., Елистратов В.В. и др. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива. – М.: ИАЦ Энергия, 2007. – 272 с.
3. Николаев В.Г. Ресурсное и технико-экономическое обоснование широкомасштабного развития ветроэнергетики в России. – М.: АТМОГРАФ, 2011. – 504 с.
4. <http://www.gis-vie.ru/>

Опытно-демонстрационная учебная энергоустановка на основе двусторонних фотоэлектрических модулей

**Зайцев С.И.¹, Киселева С.В.¹, Шакун В.П.¹, Тарасенко А.Б.², Михайлин С.В.²,
Титов В.Ф.², Пар И.Т.²**

¹- НИЛ ВИЭ Географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова

²- Объединенный институт высоких температур РАН
Москва, Россия

При проектировании солнечных энергоустановок важным аспектом является расчет энергетического баланса разрабатываемой системы и адекватная оценка прихода солнечной радиации в месте расположения установки. Специалистами ОИВТ РАН и Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова созданы отечественная климатическая база данных, Атлас ресурсов ВИЭ в РФ [1, 2.] и ведется разработка геоинформационной системы «Возобновляемые источники энергии» [3]. С целью дальнейшего развития работ по ГИС, оценки применимости данных ГИС для проектирования автономных солнечных энергоустановок, разработки и верификации инженерных методик проектирования и расширения исследовательской и учебной базы в рамках сотрудничества НИЛ ВИЭ МГУ и ОИВТ РАН разработана и изготовлена автономная учебно-демонстрационная энергоустановка «Фиал-1» с пиковой мощностью фотоэлектрических модулей 360 Вт в МГУ им. М.В. Ломоносова, подготовлена программа ее опытной эксплуатации и лабораторных работ на ее основе. В течение 2013 г. была сделана проверка и оперативная модернизация системы мониторинга выходных характеристик установки и мониторинга падающей солнечной радиации. Проведена верификация данных по инсоляции, полученных в эксперименте, с данными метеообсерватории МГУ и результатами многолетних спутниковых наблюдений (база данных NASA SSE).

В ходе опытной эксплуатации энергоустановки были получены первые данные по энергетическому балансу, оценен КПД системы. Выявлена проблема рассогласования напряжений на аккумуляторной батарее, включающей в себя 2 последовательно соединенных аккумулятора (12 В), что привело к ускоренному старению одного из них. Это обстоятельство заставляет задуматься о применении систем балансировки напряжений, поскольку проблема разбалансировки характерна как для литий-ионных батарей, так и для свинцово-кислотных систем.

Для использования энергоустановки в учебном процессе предложен проект цикла лабораторных работ.

Фототермические коллекторы на основе углеродных нанотрубок, чувствительных к красителю солнечных батареях и линз Френеля

Захидов Р.А., Анарбаев А.И., Клычев Ш.И.

Институт энергетики и автоматики АН РУз, Ташкент, Узбекистан

Одними из наиболее перспективных направлений использования солнечной энергии являются получение электрической энергии на основе фотоэлектрических преобразователей и выработка тепла на основе солнечных водонагревателей (плоские или на основе вакуумированных трубок). В то же время даже эти самые перспективные солнечные технологии остаются в основном недостаточно использованными в Узбекистане и других странах СНГ. Так даже самые эффективные вакуумные трубчатые солнечные водонагреватели имеют такие недостатки, как неполное использование площади солнечного коллектора и связанная с этим высокая стоимость солнечного коллектора.

В этом плане все большее внимание привлекают комбинированные фототермические установки на основе солнечных фотоэлементов и водонагревателей. Однако для повышения эффективности таких систем необходима концентрация солнечного излучения.

Решением этих проблем является разработка фототермического коллектора (ФТК), включающего стационарные линзы или зеркала Френеля (ЛЛФ), вакуумированные трубчатые теплоприемники со встроенными в них твердотельными, чувствительными к красителям солнечными ячейками (ТТ-ЧКСЯ). Такая система показывает значительный прогресс по сравнению с существующими солнечными водонагревателями, т.к. большая часть вакуумного трубчатого коллектора останется неиспользованной на солнце. Таким образом, требуется разработка гибких чувствительных к красителям солнечных ячеек для покрытия изнутри и / или снаружи солнечного коллектора. Это позволит сократить общую стоимость солнечных элементов, так как солнечный водонагреватель будет использоваться как основа оборудования, это сделает его более дешевым для потребителя.

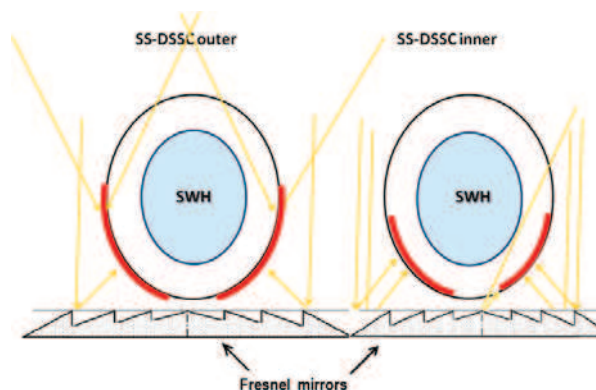


Рисунок 1. Твердотельная чувствительная к красителям солнечная ячейка (ТТ-ЧКСЯ) на наружной поверхности или изнутри внешнего цилиндрического стекла

Как видно на рисунке 1, ТТ-ЧКСЯ является полупрозрачным, если поставим зеркало Френеля перед ячейкой, свет будет поглощаться с обеих сторон стеклянного цилиндра. Если ТТ-ЧКСЯ будет внутри наружной трубы, ячейка будет находиться в вакууме, это продлит срок службы ТТ-ЧКСЯ в солнечном коллекторе. Солнечные селективные покрытия выполняют функцию захвата фотонов, преобразования их в тепло, накапливая тепло и передавая их на нужную поверхность. Для абсорбера перспективно использование композитного покрытия на основе углеродных нанотрубок (УНТ), которые очень близки к абсолютно черному телу, что делает их идеальными для поглощения солнечного излучения и могут успешно использоваться для формирования композитных слоев с разными наполнителями. Важнейшим компонентом предлагаемой солнечной ячейки является состоящий из полосок УНТ прозрачный электрод. Наноструктурированные материалы рассматриваются как потенциальная замена материалам для получения дешевого, надежного и эффективного возобновляемого источника энергии на основе солнечной энергии. Предлагаемая замена абсорбера в качестве которой обычно применяются покрытия, на основе сложных металлических композиций позволяет упростить технологию изготовления трубок и таким образом существенно снизить стоимость ФТК. Кроме того концентрация позволяет эффективно включать в состав вакуумированной трубки ФТК фотоэлектрические ячейки из твердотельных, чувствительных к красителям солнечных ячеек (ТТ-ЧКСЯ), располагаемые на её внутренней или внешней поверхности.

Разработанная в Техасском Университете в Далласе и лицензированной в Solarno, УНТ выращиваются на покрытых железом кремниевых подложках методом химического осаждения из паровой фазы (CVD) в виде «леса» [1].

Процесс скручивания легко применить для селективного покрытия из углеродных нанотрубок и больше чем 98% массовой доли композитного материала можно добавить к полосе из углеродных нанотрубок. Таким образом, можно исключить излучательную проблему за счет добавления материалов, таких как стеклянные микросферы на внешний слой, который может привести к значительным поглощениям дальнего ИК излучения. Включение к стеклянному интерфейсу слоя графена предположительно может улучшить теплопроводность.

Предлагаемые решения и исследование стационарных концентраторов на основе линз или зеркал Френеля, абсорберов на основе углеродных нанотрубок и гибких чувствительных к красителям солнечных ячеек позволят создать новую более эффективную, компактную и дешевую установку для когенеративной выработки электрической и тепловой энергии.

В последние годы усилия исследователей направлены на более полное согласование характеристик концентрации с характеристиками приемника-преобразователя. Для этого необходима разработка более полных моделей концентрации солнечного излучения. Так, например, проведенные нами исследования показали, что в солнечных станциях с параболическими концентраторами реальный уровень концентрации составляет около 25 (теоретически 100) [2], а общий КПД системы концентратор-приемник не превышает 0.5 (теоретический на уровне 0.9).

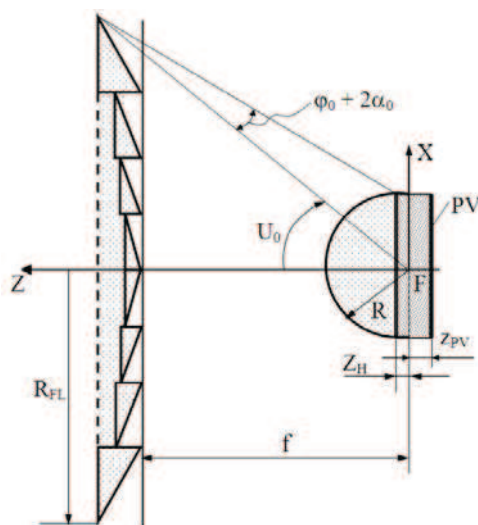


Рис.2. Схема (б) к расчету концентрирующих характеристик системы Линза Френеля – оптическая среда (FL-L).

В настоящее время выясняется, что параметры ЛЛФ для концентрации солнечного излучения должны разрабатываться на требованиях отличных от предъявляемых к ним в оптике изображений, а именно обеспечения требуемого, обычно равномерного распределения концентрированного солнечного потока на приемнике [2]. В солнечных микромодулях считается, что оптический КПД находится на уровне 0.9, в то время как наши исследования показали, что он в настоящее время не превышает 0.65 [3].

На рис. 3 приведены средние концентрации на плоском приемнике круговой линзы Френеля (FL) точной ($\sigma=0$) и неточной ($\sigma=8'$) [3].

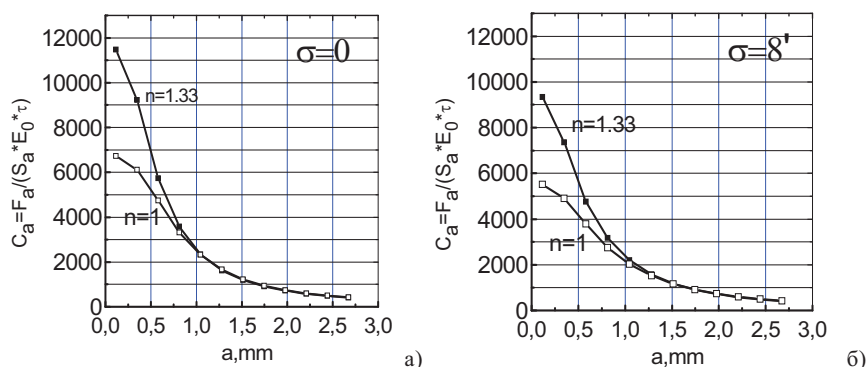


Рис.3. Средние на площадках размерами ах концентрация в фокальной плоскости системы FL-L при $n = 1$ и 1.33, для точной (а) и неточной (б) линзы Френеля FL.

Как видно, когда фотоэлемент находится на воздухе, максимальная снимаемая мощность составляет около 0.671мВт, а в воде, при тех же расстояниях между источником и фотоэлементом уже около 1.53мВт, или имеем увеличение потока на приемнике почти в 2.3 раза. Увеличение выходной мощности фотоэлемента в оптической среде также происходит вследствие указанных выше факторов - перераспределение потока излучения [3], увеличение яркости излучения, а также,

уменьшения потерь отражением на границе среда – фотоэлемент (теоретически, увеличение плотности излучения в воде не может быть больше 1.76 раза). Экспериментальные исследования для случая многослойной оптической среды также показали увеличение средней плотности потока излучения.

Поле концентрации в эксперименте имитировалось распределенным источником излучения с угловыми размерами порядка 10 угл. град, а в качестве оптической среды использовалась вода. В качестве фотоприемника использовали фотоэлемент, изготовленный в одном из институтов АН РУз. На рис.4. приведены ВАХ этого фотоэлемента на воздухе (а) и в воде (б) при одинаковом расстоянии между источником и фотоэлементом.

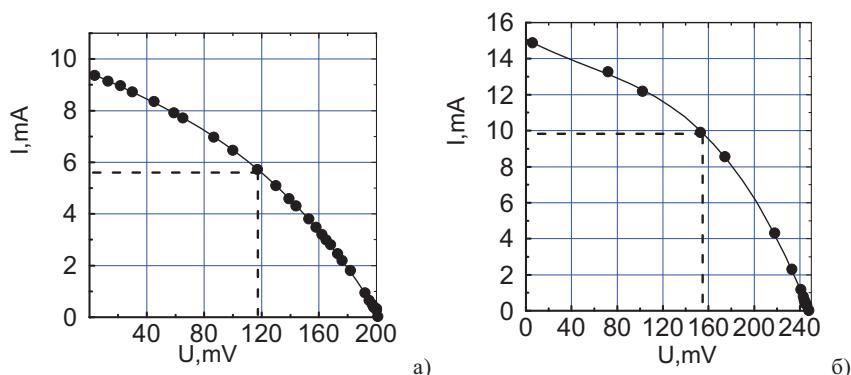


Рис.4. ВАХ фотоэлемента на воздухе (а) и в воде (б) при одинаковом расстоянии между источником и фотоэлементом.

Таким образом, использование оптических сред в концентраторных солнечных фотоэлектрических установках (СФЭУ) позволяет уменьшить размеры фотоэлемента в 1,5-1,7 раза, при одной и той же мощности СФЭУ, что позволяет в целом улучшить экономические характеристики концентраторных СФЭУ.

Разработанные методики расчета концентрации в точечных концентраторах и линзах Френеля с учетом основных факторов, влияющих на оптический КПД, а также расчетно и экспериментально полученные результаты увеличения плотности солнечного излучения в оптической среде предполагается использовать при разработке ЛЛФ.

Данное техническое решение позволяет когенеративно вырабатывать тепловую и электрическую энергии. Применение в ФТК концентратора в виде ЛЛФ с концентрацией солнечного излучения в 3-5 раз позволит повысить эффективность как фотоэлектрической, так и тепловой части. Кроме того, применение линейных зеркал и линз Френеля позволяет также уменьшить количество вакуумированных трубок на единицу поверхности ФТК соответственно в 3-5 раз.

Список литературы

1. M. Zhang, S. Fang, A. A. Zakhidov, S. B. Lee, A. E. Aliev, C. D. Williams, K. R. Atkinson, and R. H. Baughman, Science 309, 1215 (2005).
2. B.M.Abdurakhmanov, Sh.K.Akbarov, A.I.Anarbaev, U.A.Tadzhiev, R.A.Zakhidov. A photoelectric station with two-axis sun tracking.//Applied Solar Energy. September 2007, Volume 43, Issue 3, pp 140-143.
3. Sh.I.Klychev, R.A.Zakhidov, R. Khuzhanov, Z. Sh. Klychev, F. Mukhtarov, Z. Aminov, S.A.Orlov, F.Turgunov. Modeling and calculation of energy characteristics of the solar radiation linear concentrators. //Applied Solar Energy. October 2012, Volume 48, Issue 4, pp. 269-274

Опыт эксплуатации трехфазной гибридной фотоэлектрической энергоустановки в южных регионах РФ

Ирха В.А.¹, Чеботарев С.Н.², Пащенко А.С.²

¹ООО СКТБ «ИНВЕРСИЯ», г. Ростов-на-Дону, Россия

²Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

Цель представляемого доклада заключается в анализе результатов эксплуатации трехфазной гибридной фотоэлектрической энергоустановки номинальной мощностью 7,2 кВт, установленной в частном домовладении в г. Новочеркасске, демонстрации эффективности ее использования, в том числе приводятся основные факторы, сдерживающие получение максимальной отдачи от солнечной станции. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и строительстве, как малых энергоустановок для частных домовладений и коттеджей, так и при проектировании более крупных солнечных электростанций.

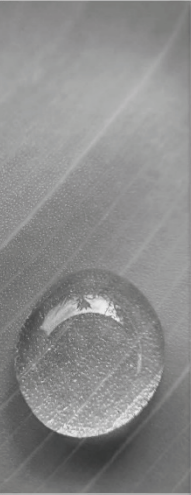
Представленная фотоэлектрическая энергоустановка состоит из 36 солнечных модулей KV-200/24M (ООО «Квазар», Украина), трех сетевых инверторов SB-5000 TL, трех внешнесетевых инверторов SI-6048 TB, блока предохранителей BatFuse-B.01 (SMA, Германия), 12 аккумуляторов SPG 12-200 (Sunlight, Греция), устройства сетевого мониторинга WebBox и погодной станции SensorBox 324 (SMA, Германия) для мониторинга погодных условий и инсоляции.

Основные технические параметры солнечной энергоустановки: номинальная мощность – 7,2 кВт; сеть потребителя – трехфазная, максимальная мощность нагрузки всей системы - 6,9 кВт; в расчете на одну фазу – 2,3 кВт; расчетное время резервирования энергии для нагрузки 4 кВт - 4 ч.; резервирование по мощности (при глубине разрядки не более 70%) 16 кВт·ч; фактическая месячная выработка: январь – 64 кВт·ч., февраль - 75 кВт·ч., март - 547 кВт·ч., апрель – 706 кВт·ч., май – 708* кВт·ч. (* - суточный пик выработки не превышал 3 кВт из-за отсутствия соответствующей нагрузки и возможности передачи в центральную сеть).

Фотоэлектрические панели энергоустановки разделены на три группы по 12 шт. на каждую фазу и установлены на специальные опоры с регулируемым углом наклона. Фотоактивная поверхность фотоэлектрических преобразователей обращена строго на южную сторону. В зависимости от сезона угол наклона фотопреобразователей может изменяться. Весной и летом оптимальный угол наклона для рассматриваемой области составляет 45°, осенью и зимой - 60°. Угол отсчитывается относительно уровня земли. Устройство мониторинга выработки и потребления электроэнергии WebBox поставлена во всемирную сеть на Sunnyportal и ведет полный учет работы фотоэлектрической энергоустановки начиная с февраля 2014 года.

Представлены результаты анализа данных «выработка/потребление» электроэнергии гибридной трехфазной фотоэлектрической энергоустановки мощностью 7.2 кВт, установленной в г. Новочеркасске. Фотоэлектрические панели сгенерировали за рассматриваемый период начиная с февраля 2014 года - 2394,7 кВт·ч электроэнергии. Пик суточной генерации достиг 38,7 кВт·ч, минимум - 3,5 кВт·ч.. Установлено, что практически вся суточная потребность в электроэнергии, рассматриваемого домовладения покрывалась фотоэлектрической энергоустановкой. Показана целесообразность и экономическая выгода от использования

индивидуальной фотоэлектрической энергоустановки. При наличии законодательной базы в РФ, рассматриваемая фотоэлектрическая энергосистема могла бы поставить в централизованную сеть не менее 1,5 МВт не используемой электроэнергии только за первые 6 месяцев эксплуатации.



Международная конференция «Возобновляемая энергетика.
Прикладные аспекты разработки и практического использования»

30 июня – 2 июля 2014 г.

**ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ТРЕХФАЗНОЙ ГИБРИДНОЙ
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ЭНЕРГОУСТАНОВКИ В ЮЖНЫХ
РЕГИОНАХ РФ**

ООО СКТБ «ИНВЕРСИЯ»
346007, Россия, Ростовская обл., г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 7
Тел./факс (8635) 22-76-06 email: sktb_inversiya@bk.ru, www.don-tech.ru

Опыт эксплуатации индивидуальной гибридной фотоэлектрической системы в условиях Юга России

SUNNY PORTAL US English | Солнечные энергоустановки мира в системе SMA

Publicly Available PV System

PV System Name: Country: All Zip Code: City: Power (kWp) from/to:

Search

Pages: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 706

PV System Name	Country	Zip Code	City	Power (kWp)
COPRO	Belgium	1731	Zellik	20.70
Harte	Belgium	1325	Chaumont-Gistoux	4.95
Rooder	Belgium	9801	Ukroge	5.10
Degrève	Belgium	1740	Temat	7.99
Etouan	Belgium	1140	Evere	4.80
Landerne	Belgium	5100	Jambes	4.05
HYDROGPA	Greece	22300	ΑΝΩ ΒΑΔΙΝΑ - ΑΕΟΝΔΙΟ	96.00
KIM-ENERGY	Greece	16675	Γλυφάδα	8,600.00
Pierret D.	Belgium	1090	Jette	4.23
Tangislaar	Belgium	1702	Groot-Bijgarden	3.00
DATALABS SA	Greece	66500	ΑΓΙΟΠΕΤΡΟΣ - ΜΕΡΕΣ - ΕΡΡΙΟΤ	19.98
ADIMACH Dori	Greece	19009		
ADIMACH Viba	Greece	19012		

www.sunnyportal.com

Опыт эксплуатации индивидуальной гибридной фотоэлектрической системы в условиях Юга России

SUNNY PORTAL US English | Солнечные энергоустановки России в системе SMA

Publicly Available PV System

PV System Name: Country: Russian Federation (3) Zip Code: City: Power (kWp) from/to:

Search

PV System Name	Country	Zip Code	City	Power (kWp)
solanovochek	Russian Federation	346400	Novocherkassk	7.20
Pig2ru2	Russian Federation		Changing network settings... The unit will be active	0.00
Solardach_MoskvaLuninMuseum	Russian Federation	129611	Moscow	5.50

www.sunnyportal.com

Опыт эксплуатации индивидуальной гибридной фотоэлектрической системы в условиях Юга России

SUNNY PORTAL

US-English ▾

Солнечная энергоустановка на Юге России в системе SMA

solarnovochek
 PV System Profile
 Energy and Power
 Annual Comparison
 Plant overview
 Energy and power
 Overview SI 8.0H 412
 Overview SB 5000TL-21 687
 Overview SB 5000TL-21 666
 Overview SB 5000TL-21 734
 Sensor Sensorbox 324

solarnovochek PV System Profile

Location: Novocheboksarskiy, Russian Federation

Operator: LTD NPP Donskiye Technology

Commissioning: 2/19/2014

PV system power: 7.200 kWp

Communication: Sunny WebBox

Inverter: 3 x Sunny Boy 5000TL-21

Sensors: Sunny Island 8.0H

Sensors: Sunny Sensorbox

Description:



www.sunnyportal.com

Опыт эксплуатации индивидуальной гибридной фотоэлектрической системы в условиях Юга России

Главная • Солнечная энергетика • Карты: Солнечные энергоустановки

www.gis-vie.ru

Солнечные фотоэлектрические установки Российской Федерации
Дата последнего обновления данных: 20 февраля 2014 г.

GIS RENEWABLE ENERGY SOURCES OF RUSSIA
ГИС Возобновляемые источники энергии России



Адрес или объект:

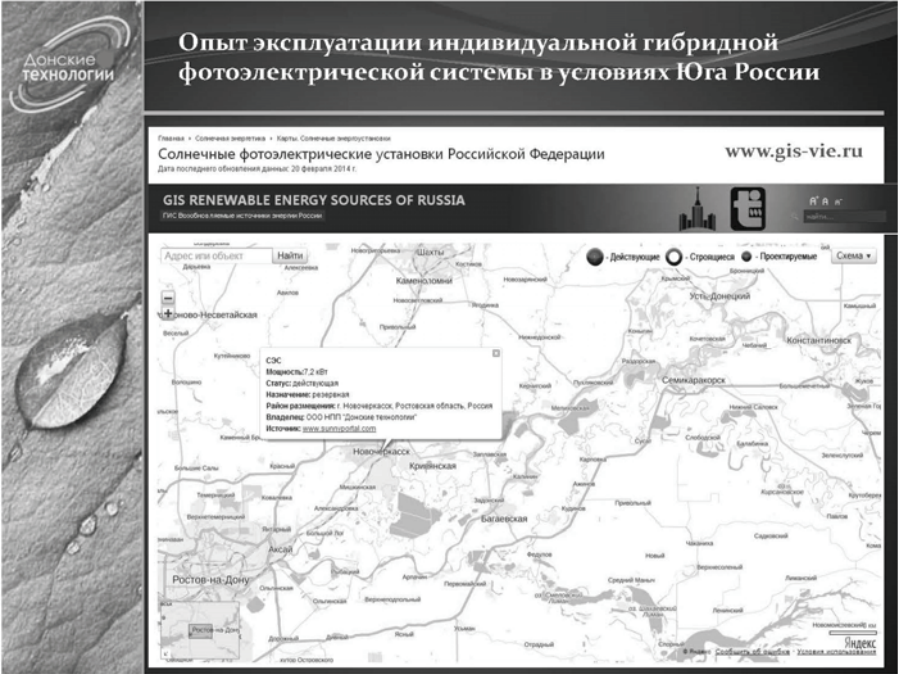
☒ Действующие
 ☐ Строится
 ☐ Проектируемые

Схема ▾



8 Июль: События, об. выключено, Золотая юбилейная

700 км
 Масштаб



Опыт эксплуатации индивидуальной гибридной
фотоэлектрической системы в условиях Юга России

Объект размещения солнечной энергоустановки



Опыт эксплуатации индивидуальной гибридной
фотоэлектрической системы в условиях Юга России

Схема расположения солнечных панелей

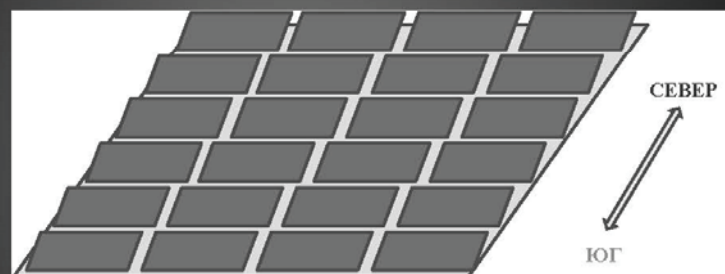


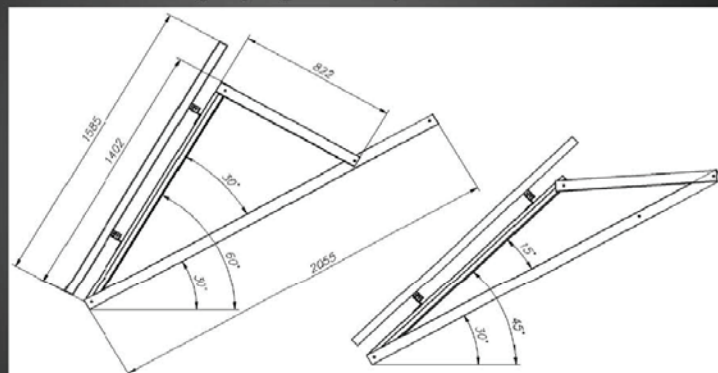
Схема расположения фотоэлектрических модулей на крыше зимнего сада.

Наклон солнечных панелей выполнен к югу.

Регулировка угла наклона осуществляется системой «Актив».

Опыт эксплуатации индивидуальной гибридной фотоэлектрической системы в условиях Юга России

Система регулирования угла наклона панелей



Конструкция опорных реек системы «Актив».
Угол 60° - зима (рисунок слева); угол 45° - лето (рисунок справа).

Опыт эксплуатации индивидуальной гибридной фотоэлектрической системы в условиях Юга России

Состав солнечной энергоустановки

№ п.п.	Наименование	Производитель	Кол-во, шт.
1	Солнечный модуль KV-200/24M	ООО «Квазар» (Украина)	36
2	Сетевой инвертор SB 5000 TL	SMA (Германия)	1
3	Внесетевой инвестор SI 6.0H	SMA (Германия)	1
4	Блок предохранителей BatFuse-B.01	SMA (Германия)	1
5	Аккумулятор SPG 12-200	Sunlight (Греция)	12
6	Устройство мониторинга WebBox	SMA (Германия)	1



Опыт эксплуатации индивидуальной гибридной фотоэлектрической системы в условиях Юга России

Технические характеристики модулей KV - 200/24 M

№ п.п.	Характеристики	Значение
1	Тип фотоэлектрических модулей	монокремний
2	Сортировка по мощности, Вт	0 / +5
3	Номинальная мощность Pmax, Вт	200
4	Напряжение холостого хода Voc, В	45,65
5	Ток короткого замыкания Isc, А	5,75
6	Напряжение при оптимальной мощности Vmpp, В	37,2
7	Ток при оптимальной мощности Impp, А	5,4
8	Рабочие температуры модуля, °С	-40...+85
9	Температура окружающей среды, °С	-40...+45

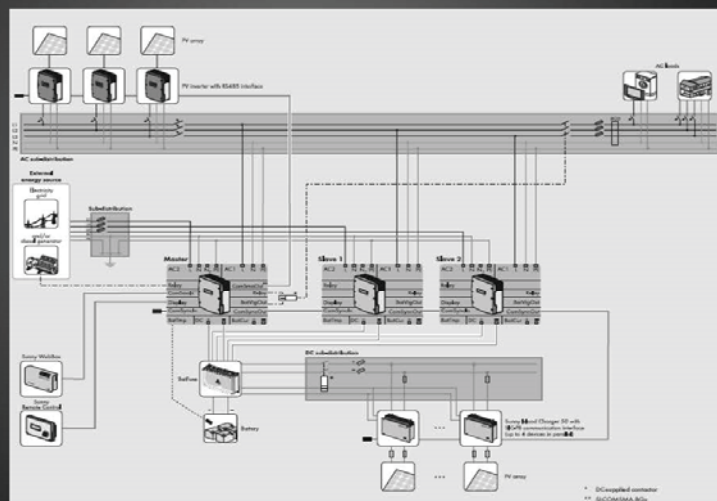
Данные приведены для плотности светового потока 1000 Вт/м², спектрального состава излучения AM 1,5 и температуры 25 °С.

Источник: <http://www.kvazar.com>



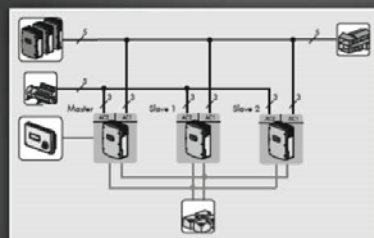
Опыт эксплуатации индивидуальной гибридной фотоэлектрической системы в условиях Юга России

Функциональная схема солнечной энергоустановки



Опыт эксплуатации индивидуальной гибридной фотоэлектрической системы в условиях Юга России

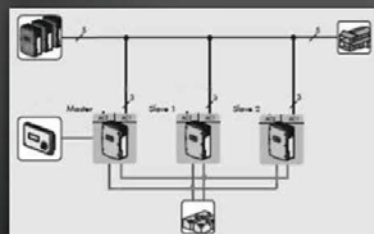
Режимы работы фотоэлектрической станции



Параллельно с внешней сетью

Одно из условий:

1. SOC < 70%;
2. Солнечная инсоляция < 150 w/m²



Автономная работа

Обязательно два условия:

1. SOC > 70%;
2. Солнечная инсоляция > 150 w/m²

Опыт эксплуатации индивидуальной гибридной фотоэлектрической системы в условиях Юга России

Монтаж электрического оборудования



Опыт эксплуатации индивидуальной гибридной фотоэлектрической системы в условиях Юга России

Готовый энергетический комплекс



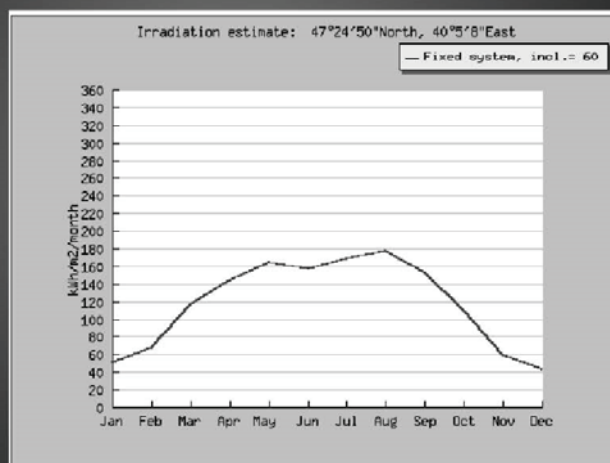
Опыт эксплуатации индивидуальной гибридной фотоэлектрической системы в условиях Юга России

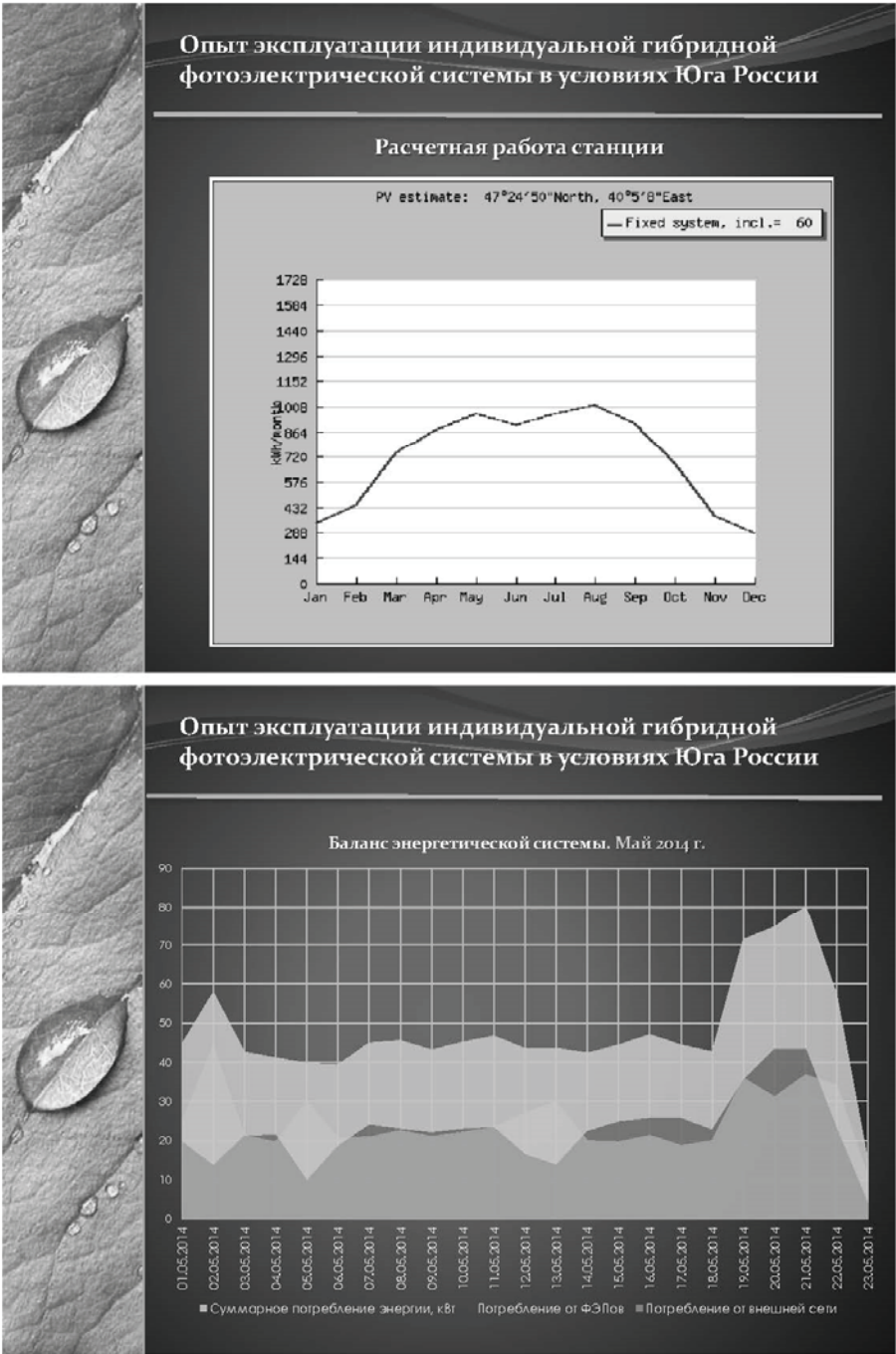
Готовый энергетический комплекс

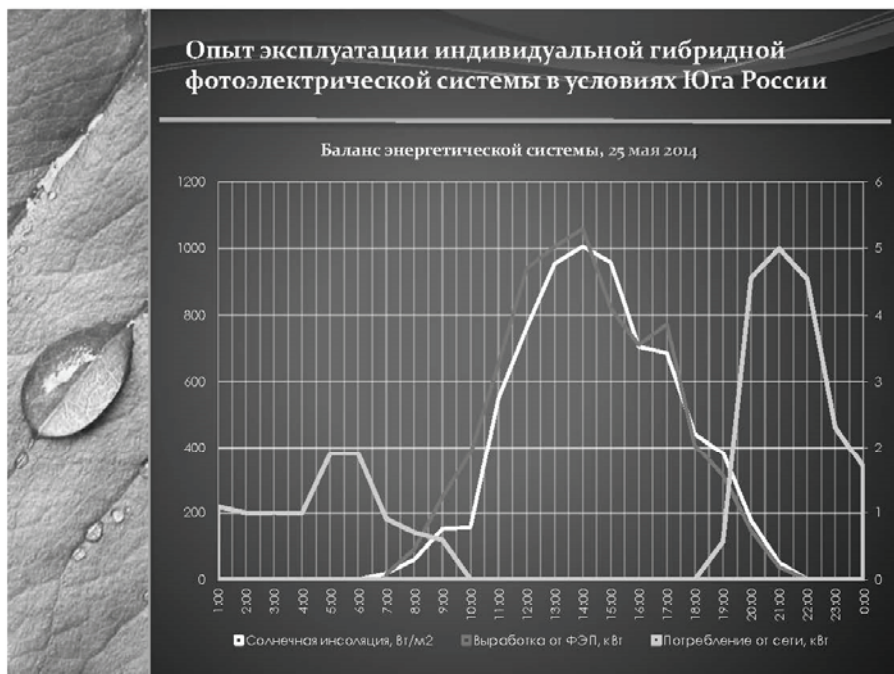


Опыт эксплуатации индивидуальной гибридной фотоэлектрической системы в условиях Юга России

Расчетная работа станции

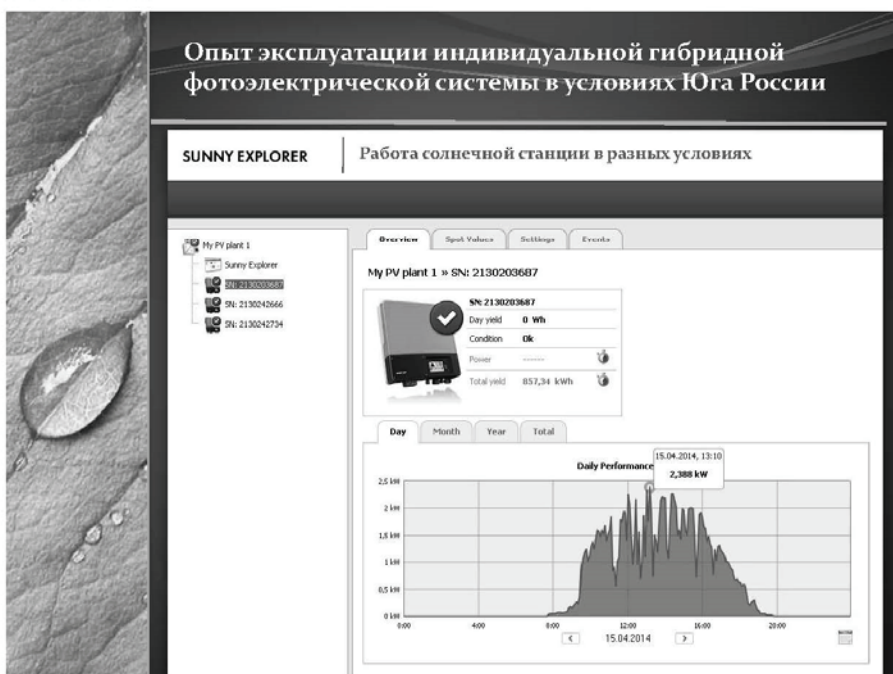
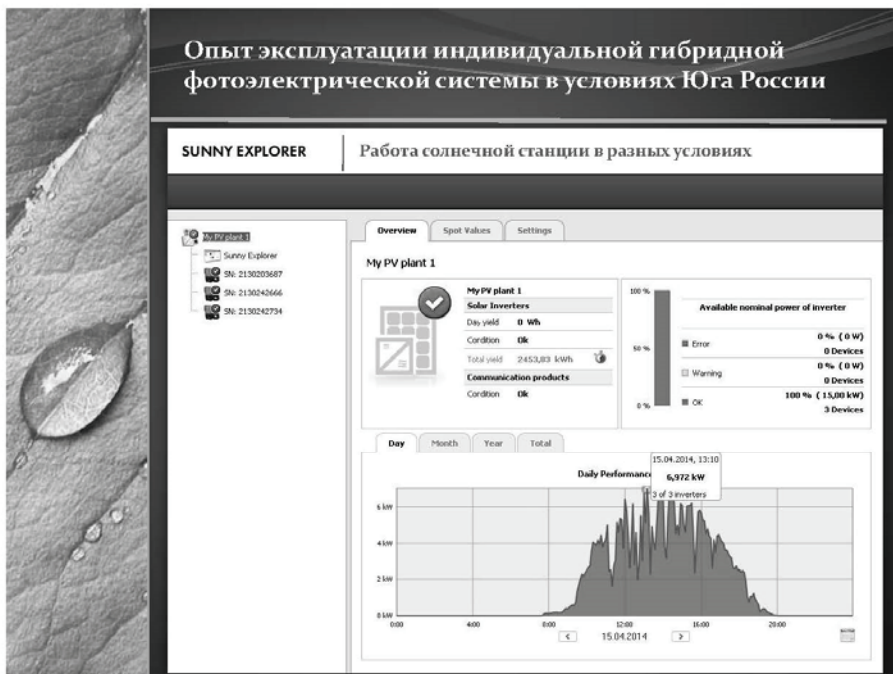


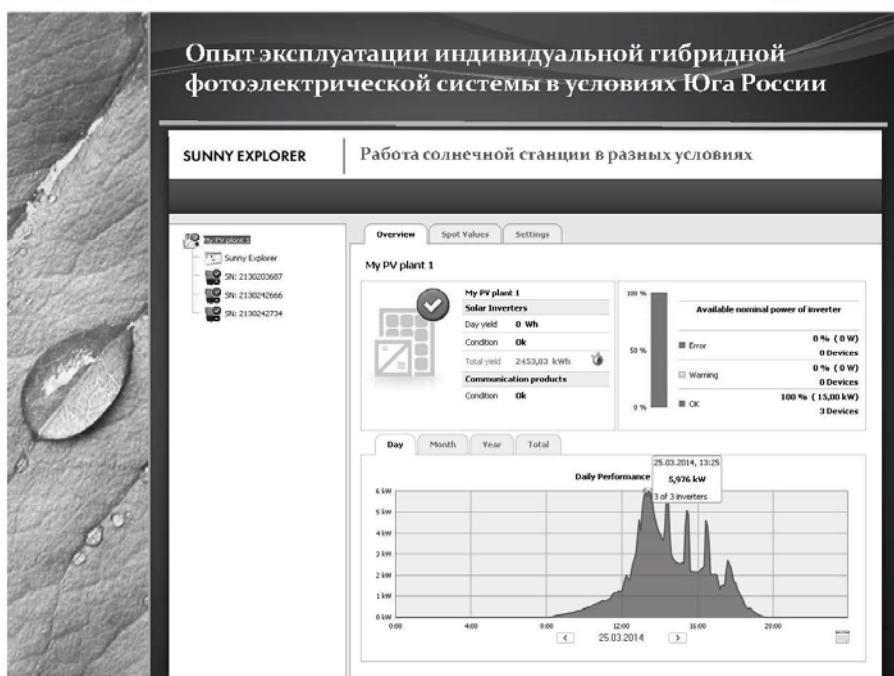
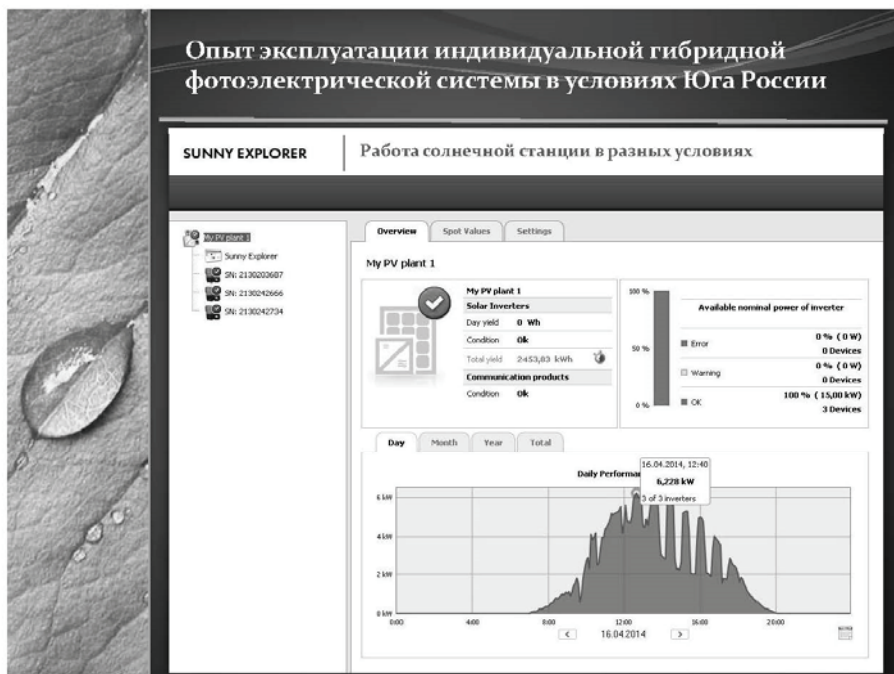


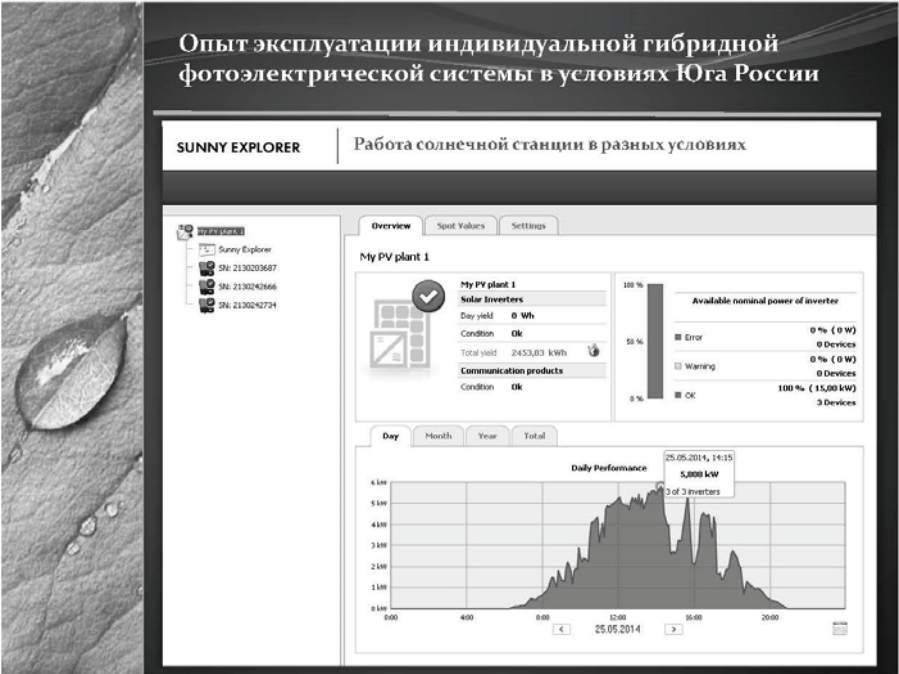
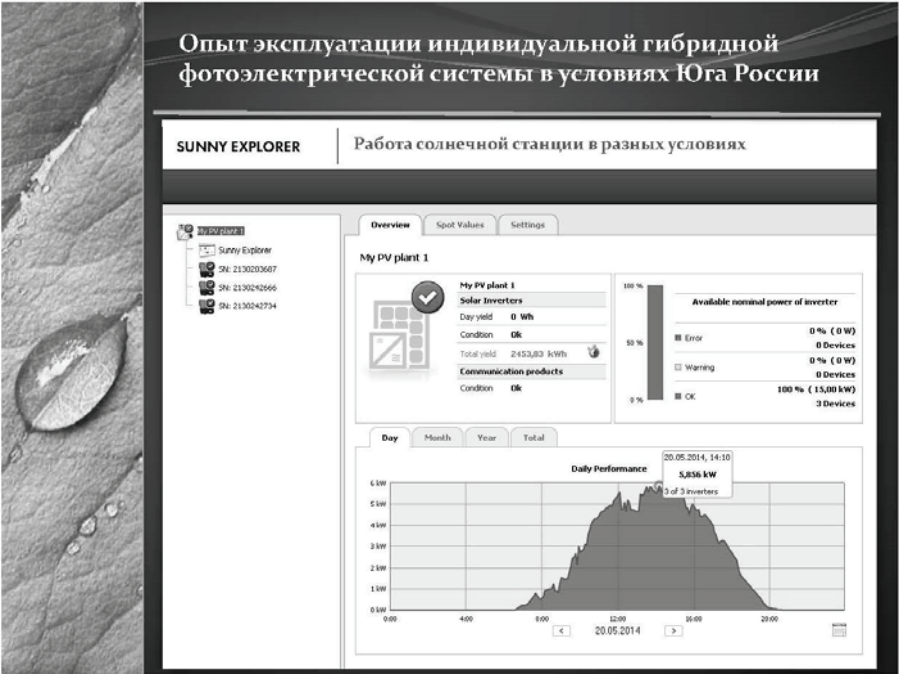


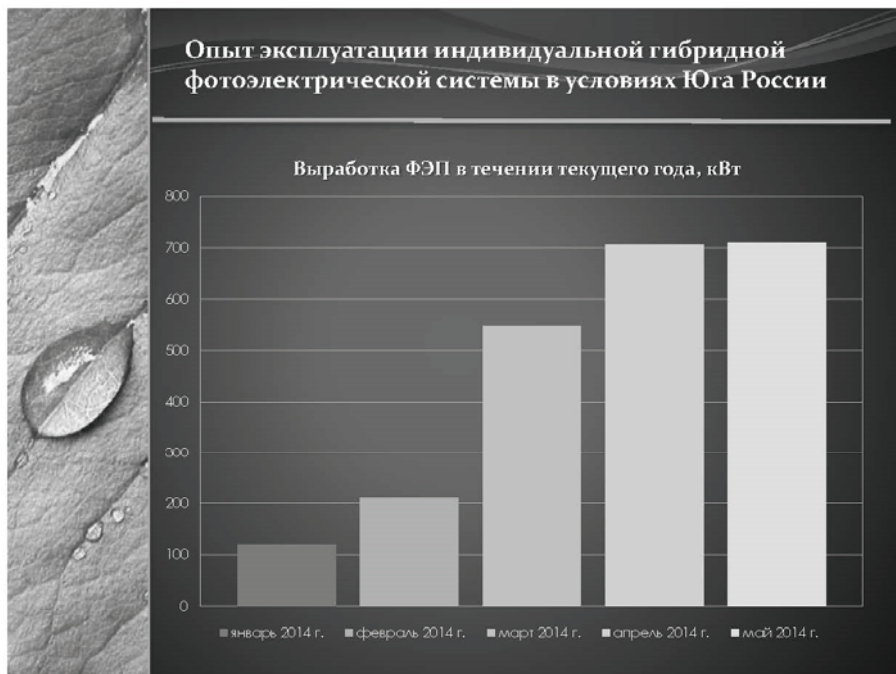


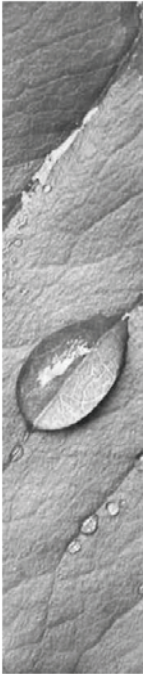








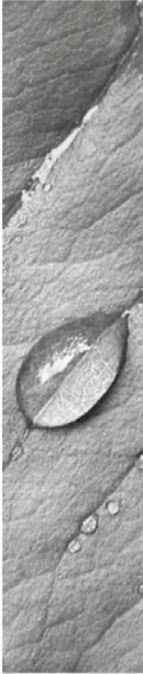




Опыт эксплуатации индивидуальной гибридной фотоэлектрической системы в условиях Юга России

Эффективность работы станции в мае 2014 г.

Значение	Величина
Выработка электрической энергии, кВт·ч	710,5
Пиковое значение мощности, кВт	6,924
Пиковое значение суточной выработки, кВт·ч	48,6
Процент замещения в потреблении электрической энергии, %	48,8
Месячная экономия CO ₂ , кг	450
Суммарная выработка электрической энергии за период 1.01.2014 – 30.05.2014, кВт·ч	2600



Энергоэффективные и экологически чистые технологии в жилищном строительстве



Спасибо за внимание!

ООО СКТБ «ИНВЕРСИЯ»

346007, Россия, Ростовская обл., г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 7
Тел./факс (8635) 22-76-06, email: sktb_inversiya@bk.ru, www.don-tech.ru

Установки на ВИЭ для решения конкретных местных задач

Кабаков В.И.

ОАО «ЭНИН», г. Москва, Российская Федерация

В ОАО «ЭНИН» разработаны, сконструированы и созданы установки на солнечной и геотермальной энергии для решения конкретных региональных проблем. Установки позволяют закачивать воду из источников или колодцев различной глубины (до 20 м и более) с различным, в т.ч. очень малым расходом, причем как чистую воду, так и воду с частицами или рассол, и подавать потребителю пар или нагретую воду для тепло- и горячего водоснабжения в местах, удаленных от централизованного водо-, тепло- и энергоснабжения. Общим в этих установках было использование струйных насосов-инжекторов различной конструкции и назначения в качестве вакуумного и нагнетательного насосов, конденсатора и теплообменника

Для разработки метода расчета инжекторов и указанных установок, наряду с теоретическими проработками, проведены лабораторные и натурные испытания их элементов и изучены процессы в них с целью улучшения их характеристик. Работа установок была опробована и совершенствовалась на лабораторных стендах, а затем в натуральных условиях в Крыму (на территории СЭС-5), в Махачкале (Дагестан), Бухаре, Янги-Юле и Фергане (Узбекистан) и на бросовых скважинах ГеоТЭС Паужетского геотермального месторождения, после чего были созданы и успешно эксплуатировались солнечная установка в Фергане и геотермальная установка на Паужетке (Камчатка). В результате были также разработаны различные схемы указанных установок для многофункционального использования, включая цели опреснения, защиты окружающей среды, снижения минерализации подаваемой потребителю жидкости, повторной закачки (реинъекции) рассола в пласт месторождения и т.д., т.е. для решения конкретных основных (водоподъем - теплоснабжение) и сопутствующих задач на месте.

К таким задачам, решенным путем использования геотермальной установки, относятся: замена недолговечных и громоздких электронасосов для агрессивных сред струйными вакуумно-нагнетательными насосами; снижение минерализации рассолов в 3-4 раза, что делает их соответствующими медицинским нормам; возможная подача рассолов в аппараты для извлечения из них ценного сырья, исключение воздействия пара и рассола после бросовых скважин на окружающую среду и т.д.

На солнечной установке с параболоцилиндрическими концентраторами (ПЦК) успешно решены вопросы юстировки оптической системы путем использования тросов, растяжек и болтов; оптимального размещения и охлаждения фотоэлектрических элементов на приемнике ПЦК; использования аккумуляторов для продления времени обслуживания потребителя при недостаточном или отсутствующем солнечном излучении; совместного (гибридного) использования термодинамического и фотоэлектрического методов преобразования энергии; оптимальной конструкции вакуумированного приемника и использования впрыска жидкости через отверстия и закрутки для оптимизации тепло- и массопереноса в нем с целью улучшения характеристик.

Расчеты показали, что в указанных районах, удаленных от централизованного снабжения топливом и энергоснабжения и где высоки цены на ископаемые топлива и тарифы на электроэнергию, такие установки, в частности, с использованием бросовых скважин, оказываются эффективными и имеют малый срок окупаемости.

Перспективы использования металлогидридных технологий для очистки водорода, получаемого биологическим путем

Казаков А.Н., Блинов Д.В., Дуников Д.О.

Объединенный институт высоких температур РАН, Москва

Введение

В течение последних десятилетий получение водорода биологическими методами («биоводород») вызывает интерес во многих странах в рамках государственных программ по увеличению доли использования возобновляемых источников энергии, в том числе и в России [1]. Наиболее перспективным способом получения «биоводорода» является темновая ферментация, преимуществами которого являются возможность использования в качестве субстрата различные органические отходы, высокая по сравнению с другими методами производительность H_2 , независимость от светового излучения, получение ценных побочных продуктов [2]. Однако, прямое использование биоводорода в энергоустановках, например, в топливных элементах, невозможно из-за высокого содержания примесных газов, в основном CO_2 , и низкого парциального давления H_2 [3]. Перспективными материалами для комплексного решения проблем очистки и повышения давления водорода перед использованием в топливном элементе могут быть сплавы низкотемпературных интерметаллических соединений (ИМС) семейства $LaNi_5$. Сплавы этой группы отличаются высокой устойчивостью к примесным газам, циклической стабильностью, возможностью использования низкопотенциального теплоносителя (воды) [4]. Варьирование состава позволяет подобрать сплав с необходимыми давлениями абсорбции/десорбции в диапазоне температур 0 – 100 °С для удовлетворения требований как по очистке [5, 6], так и по начальному компремированию H_2 [7].

В этой работе показана возможность очистки H_2 из газовых смесей с высоким содержанием CO_2 методом продувки через металлогидридный реактор.

Экспериментальная часть

Экспериментальные исследования очистки водорода от диоксида углерода проводились на экспериментальном участке (Рис. 4) комплексного экспериментального стенда Лаборатории водородных энергетических технологий (ЛВЭТ). Экспериментальный участок состоит из рампы для подготовки газовой смеси (1), экспериментальных реакторов РХО8 - И (2) и РХО8 (2'), вакуумного насоса (3), модуля проточного газоанализатора (4), регуляторов массового расхода газа (РР), вентиля (В), электроклапанов (К), редукторов (Р), датчиков измерения давления (ДД) и температурных датчиков – терморезисторов только для реактора РХО – 8И ($t_1 - t_4$, $t_{H_2O}^{BX}$, $t_{H_2O}^{ВЫХ}$).

Экспериментальные исследования проводились по следующей схеме: на стадии заправки реактора модельная смесь состава 50% H_2 + 50% CO_2 подается в верхний входной патрубок реактора (V_1 или V_3 открыт) и ограничивается регулятором расхода ($РР_{ВХ}$) с параметрами, заданными условиями проведения эксперимента. Рабочее давление на входе в установку ($ДД_{ВХ}$) – $P_{ax} = 0,55$ МПа. Выходной вентиль (V_2 или V_4 , и $V_{ВЫХ}$) реактора открывается почти сразу и расход на выходе ($РР_{ВЫХ}$) также

ограничивается регулятором. Ограничение расхода газа на входе в реакторы составляло 20; 5 и 3,5 нл/мин на входе, 10 и 1,5 нл/мин на выходе из реактора РХО – 8И, а также 20; 10 и 5 нл/мин на входе и 10, 5 и 1,5 нл/мин на выходе из реактора РХО – 8. Теплоносителем в теплообменных контурах является вода и при зарядке реакторов имеет следующие параметры: расход H_2O – 0,095 л/с, температура H_2O – 21,2 °С.

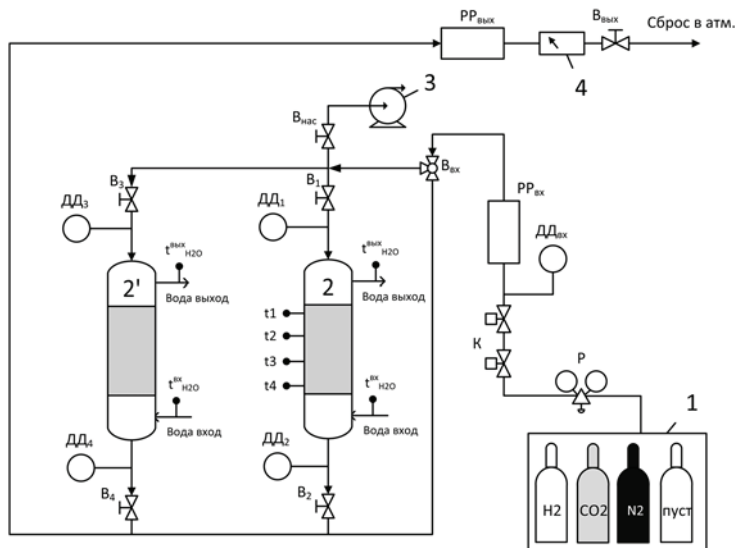


Рис. 4. Схема экспериментального участка. 1 - рампa для подготовки газовой смеси, 2 - экспериментальный реактор РХО8 – И, 2' - экспериментальный реактор РХО8, 3 - вакуумный насос, 4 - модуль проточного газоанализатора, Р - газовый редуктор, К - клапаны, В - шаровые вентили, ДД - датчики измерения давления, РР - регулятор массового расхода газа.

При разрядке реактора входной вентиль (V_1 или V_3) перекрывается, температура теплоносителя увеличивается до значения 72,5 °С (расход 0,095 л/с), в результате чего происходит десорбция чистого H_2 , при этом расход газа регистрируется регулятором расхода ($РР_{вых}$) при ограничении 5 лн/мин.

Содержание H_2 в выбрасываемой обедненной смеси на всем этапе очистки определяется проточным газоанализатором (4) на основе чувствительного элемента АГ-0012, объединенного с газовым расходомером ($РР_{вых}$).

Важной характеристикой процесса очистки является количество потерь H_2 при выбросе обедненной газовой смеси из свободного объема реактора. На Рис. 2 представлены зависимости расходов водорода на входе и выходе из реактора от времени. В ходе экзотермической реакции абсорбции водорода сплав с течением времени насыщается и переходит в гидридную фазу. За счет этого расход газа на выходе возрастает и к концу эксперимента стремится к расходу газа на входе. Для повышения эффективности очистки и уменьшения потерь H_2 существует необходимость подбора оптимальных условий проведения эксперимента. Главными критериями процесса очистки H_2 методом продувки через металлгидридный реактор являются эффективность и время очистки, которые взаимосвязаны. Увеличение времени очистки приводит к увеличению потерь H_2 и снижению эффективности работы металлгидридного реактора.

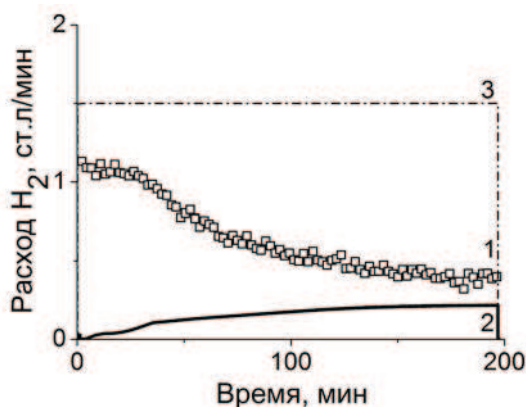


Рис. 2. Расход H_2 в ходе очистки в реакторе РХО-8:
1 – На входе, 2 – На выходе, 3 – На выходе, установленный регулятором

Результаты и обсуждение

На Рис. 3 приведены зависимости степени извлечения (интегральной и моментальной) от времени работы реактора. Эффективность извлечения H_2 из модельной смеси рассчитана по следующей формуле:

$$\eta_{\text{извл}} = \left(1 - \frac{V_{H_2}^{\text{потерь}}}{V_{H_2}^{\text{вх}}}\right) \times 100\%,$$

где $V^{\text{потерь}}$ и $V^{\text{вх}}$ – объемы H_2 в обедненной смеси на выходе из реактора и на входе в реактор, соответственно. Интегральная эффективность очистки в течение всего эксперимента имеет значение выше 80%. Однако, значения моментальной эффективности на протяжении 2/3 эксперимента находятся ниже требуемых 80%, что свидетельствует о высоких потерях H_2 .

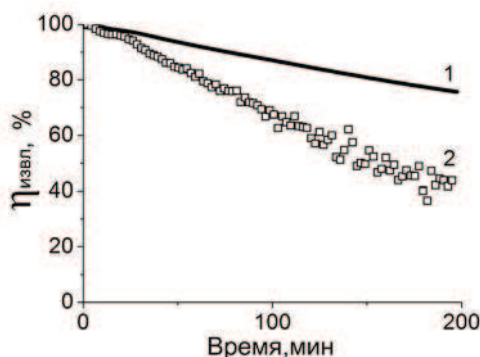


Рис. 3. Эффективность извлечения H_2 : 1 – интегральная, 2- моментальная

В ходе экспериментов выявлена зависимость обеих значений эффективности от производительности реактора. При уменьшении установленного значения расхода H_2 на выходе эффективность очистки увеличивается. Это происходит за счет более полного протекания абсорбции H_2 из модельной смеси в реакторе. Наилучшие характеристики очистки H_2 получены для установленного расхода H_2 на выходе – 1,5 ст. л./мин для обоих реакторов. Установленный расход H_2 на входе в реактор не оказывал существенного влияния на эффективность очистки H_2 . Для уменьшения потерь H_2 в ходе очистки нами были рассчитаны зависимости эффективности очистки от степени насыщения металлгидридного сплава для различных установленных

расходов H_2 на выходе из реактора. Как видно из графиков, очистка H_2 из модельной смеси при оптимальных условиях расхода H_2 протекает с моментальной эффективностью выше 80% только до заполнения реакторов на $0.5V_{\max}$. Дальнейшее поглощение H_2 из газовой смеси приводит к возрастанию потерь H_2 на выходе для обоих реакторов.

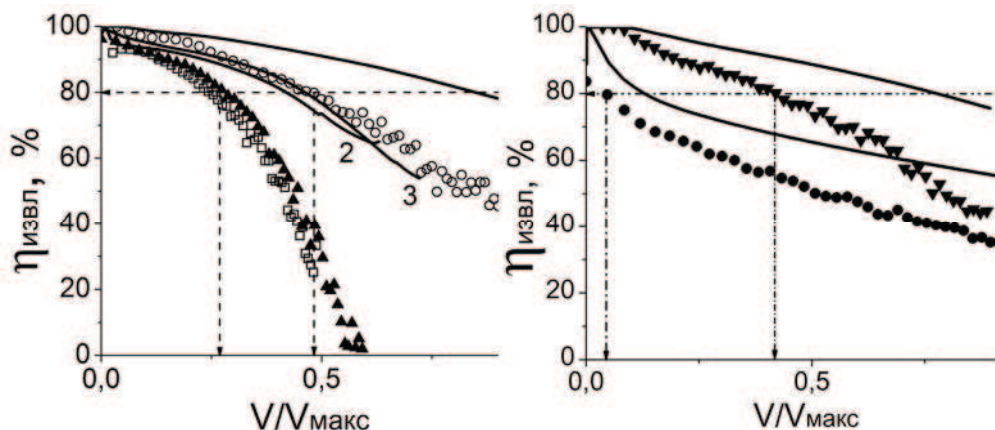


Рис. 4. Зависимость эффективности очистки H_2 от степени заполнения реактора (а – РХО-8, б – РХО-8И) при различных установленных расходах (на входе/на выходе):

1, $\circ$ – 5/1,5 ст.л/мин
2, $\blacktriangle$ – 10/5 ст.л/мин
3, $\square$ – 20/10 ст.л/мин

1, $\blacktriangledown$ – 5/1,5 ст.л/мин
2, $\bullet$ – 20/10 ст.л/мин

Таким образом, в работе показана возможность очистки H_2 из газовых смесей с высоким содержанием примесных газов методом продувки через металлогидридный реактор. Наряду с этим, выявлено необходимость оптимизации условий проведения очистки для уменьшения потерь H_2 в выбрасываемом обедненном газе и увеличения эффективности извлечения H_2 .

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (гранты № 14-08-92001, 13-08-01312, 13-08-01045) и Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение о субсидии 14.BBV.21.0042).

Список литературы

1. Российская Федерация, Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. 2009.
2. Show, K.Y., et al., Biohydrogen production: Current perspectives and the way forward. International Journal of Hydrogen Energy, 2012. **37**(20): p. 15616-15631.
3. Das, D. and T.N. Veziroglu, Advances in biological hydrogen production processes. International Journal of Hydrogen Energy, 2008. **33**(21): p. 6046-6057.
4. Sandrock, G., A panoramic overview of hydrogen storage alloys from a gas reaction point of view. Journal of Alloys and Compounds, 1999. **293-295**: p. 877-888.
5. Дуников, Д.О., et al., Перспективные технологии использования биоводорода в энергоустановках на базе топливных элементов (обзор). Теплоэнергетика, 2013(3): p. 48-57.
6. Блинов, Д.В., et al., Очистка водорода методом продувки через металлогидрид. Вестник МЭИ, 2012(2): p. 44-49.
7. Lototsky, M.V., et al., Metal hydride hydrogen compressors: A review. International Journal of Hydrogen Energy, 2014. **39**(11): p. 5818-5851.

Перспективы применения мобильных деривационных микроГЭС на малых водотоках России для сезонного энергообеспечения автономных потребителей

Кашарин Д.В., Кашарина Т.П., Годин М.А.
ООО «Импульс», г. Новочеркасск, Россия

Только 10% или около 167 млрд. кВтч/год технически возможного гидроэнергетического потенциала рек Российской Федерации (РФ) утилизируется в настоящее время. В основном это ресурсы средних и крупных рек, а энергопотенциал малых водотоков, формирующих около половины суммарного объема поверхностного стока, практически не используются.

Наибольшим энергопотенциалом среди малых водотоков в РФ обладают горные реки в районах Сибири, Дальнего Востока, Северного Кавказа и полуострова Крым. Однако их сток обладает значительной неравномерностью и его зарегулирование по времени с целью использования для энергоснабжения за счет применения постоянных водоподпорных сооружений приводит к техническим и экологическим проблемам при их строительстве и эксплуатации. Технические заключаются в существенном воздействии на сооружение водного потока, накоплении наносов, а также негативного влияния сейсмической активности, лавин, оползней, селей, твердых осадков и т.п. [1]. К экологическим относится ухудшение мест обитания рыб и гидробионтов.

Рассмотрим условия гидроэнергетического строительства в приведенных выше регионах. В среднем падение сибирских горных рек Дальнего Востока составляет 5-10 м/км, их долины стеснены горами и имеют вид ущелий. Дно данных долин сложено в основном мощным слоем галечно-валунных аллювиальных отложений, имеющих малую устойчивость и значительную фильтрацию. Особенно существенным является воздействия вечной мерзлоты, обуславливающее пучение, оползни грунта и т.д. Горные реки северного склона Большого Кавказа имеют больший энергопотенциал за счет значительного уклона от (от 100 м/км и более). Наиболее неблагоприятными явлениями на территории их водосбора являются оползни, сели, выпадение жидких и твердых осадков. Например, в Ставропольском крае находятся в опасной зоне более 1400 сооружений в 23 населенных пунктах, а в горных районах Кабардино-Балкарии, Карачаево-Черкесии, Северной Осетии - 19 поселений, расположенных в долинах горных рек. Несмотря на данные трудности в настоящее время действует на средних реках каскад из нескольких деривационных ГЭС. Однако, положение усугубляют сильные снегопады, влияющие на обрыв линий электропередач, затрудняющие движение техники в горных условиях. В 2010 г. при возникновении данных метеорологических явлений более 30 тысяч человек остались без энергоснабжения на Северном Кавказе.

На побережье Черного моря Краснодарского края гидроэнергетика развита слабо, в основном используется энергия средних рек. Например, таких как Мзымта, самая протяженная река на побережье Черного моря. В русле р. Мзымта создано водохранилище суточного регулирования объема стока для обеспечения плотинно-деривационной ГЭС мощностью 28,9 МВт с водозабором у пос. Красная Поляна и протяженностью водовода 3,5 км. В результате работы ГЭС, русло реки на участке от верхнего бьефа до нижнего имеет нарушенный водный режим, расход воды снижен

на величину забора воды для ГЭС. Такой водный режим крайне неблагоприятен для обитания и нерестовой миграции проходных видов рыб, а также ската молоди в Черное море. Другое негативное гидроэкологическое изменение обусловлено накоплением в водохранилище крупных фракций речных наносов, что негативно сказывается на эволюции дельты Мзымты и морских пляжей. В настоящее время рассматривается вопрос о ликвидации Краснополянской ГЭС и строительстве на реке каскада из 3-х гидроэлектростанций общей мощностью 135 МВт.

На территории побережья Крыма насчитывается 1657 постоянных и временных водотоков общей длиной 5996 км. Из них только около 150 имеют статус рек. Большая часть Крымских рек имеет длину менее 10 км и относится к малым водотокам. В 20-е годы "Крымэлектро" составила предварительный план электрификации Крыма. Предполагалось использовать водную энергию рек Альма, Кача, Бельбек, Улу-Узень, на которых планировалось строительство 150 - 200 малых ГЭС общей мощностью 3500 кВт. Развитие малой гидроэнергетики в Крыму обуславливает дефицит, создавшийся из-за ограничения подачи электроэнергии с территории Украины. В настоящее время в Крыму для уменьшения дефицита энергоснабжения действуют около 1400 мобильных дизельных электростанций, предоставленных МЧС России. Расчётный гидроэнергетический потенциал Крыма составляет 756 МВт.

К наиболее неблагоприятным физико-геологическим условиям на Черноморском побережье, можно отнести: оползневые и обвально-осыпные процессы на морских и речных склонах долин; донная и боковая эрозия водотоков; затопления паводками пойменных территорий; развитие селевых паводков; подтопление грунтовыми водами; карстовые процессы. Например, в Крыму установлено более 1500 опасных оползневых участков.

Все эти природные процессы обуславливают необходимость устройства дорогостоящих сооружений инженерной защиты для постоянных деривационных ГЭС, протяженность трубопроводов которых может достигать нескольких километров. Для малых расходов и диаметров применяют дорогостоящие стальные деривационные трубопроводы прокладка которых в каналах и лотках должна обеспечивать крепление исключаящее их поперечную подвижку. Кроме того при времени постоянной инерции в деривационных водоводах $T_w > 3...5$ с необходимо предусматривать уравнительные резервуары для гашения гидравлического удара, что значительно увеличивает стоимость микроГЭС и сроки их строительства [2, 3].

В таких условиях строительство постоянной деривационной ГЭС из традиционных стальных и железобетонных материалов, зачастую не обеспечивающих достаточную надежность при неблагоприятных геологических явлениях, не может быть экономически обосновано для большинства децентрализованных потребителей с малой энергоемкостью в условиях малых горных рек.

Необходимо также учитывать, что большинство потребителей, связанных с сельскохозяйственным производством, рекреацией не нуждаются в устройстве постоянно действующей электростанции и водовода в течении всего года. Если рассматривать мобильные деривационные сезонно-действующие конструкции, то их стоимость будет на порядки меньше, чем постоянные и в них будут заинтересованы следующие потенциальные потребители энергии: расположенные в труднодоступных, отдаленных, не электрифицированных районах, вблизи малых водотоков (поселки, фермерские хозяйства, туристические базы, гостиницы, спортивные базы, санатории); обладающие высокой мобильностью и нуждающиеся в источниках электроэнергии, не имеющих стационарной привязки: предприятия разведывательного и добывающего типа, передвижные туристические и спортивные базы. Также сезонно-действующие мобильные деривационные микроГЭС могут применяться потребителями малой энергоемкости в курортный сезон, когда водо- и

энергопотребление возрастает в несколько раз по среднесуточным значениям. В зонах санитарной охраны морских побережий рекомендуется свести к минимуму негативное воздействие на окружающую среду, что неизбежно при установке и эксплуатации, постоянно действующих ГЭС.

Альтернативой применения постоянных деривационных ГЭС являются микроГЭС рукавного типа. Они мобильны, просты в установке и не требуют при возведении применения тяжелой строительной техники в отличие от традиционных деривационных ГЭС [4].

В зарубежной практике имеется значительный опыт применения таких конструкций. Однако, они не могут обеспечить достаточную надежность энергоснабжения даже в случае сезонной установки. Это связано с недостаточной устойчивостью рукава при больших уклонах (более 50 м/км) и укладке по пересеченной местности (достаточную устойчивость к сдвигу даже за счет применения анкерных креплений обеспечить не удастся), малой его защищенностью на оползневых участках, с кручением рукава длиной более 100 м под действием поперечных циркуляций потока, проходящего через него.

Практика применения рукавных ГЭС позволяет сделать вывод о возможности укладки рукава только вдоль русел рек. В условиях горных рек, где повторяемость паводков значительна, на реках Крыма данные рукава будут затапливаться и подвергаться воздействию «плывуна» в водном потоке, что может привести к их повреждению и остановке работы рукавной ГЭС.

В связи с этим применение рукавных ГЭС ограничено особенностями орографии местности, что существенно ограничивает их применение даже для сезонного действия в условиях малых горных рек.

В то же время имеется значительный опыт строительства гибких сооружений из композитных материалов в горных условиях без применения тяжелой строительной техники, который можно использовать для возведения деривационных ГЭС сезонного действия, обладающих мобильностью.

В рамках программного мероприятия 1.3 «Проведение прикладных исследований, направленных на создание опережающего научно-технологического задела для развития отраслей экономики» по теме № 14.579.21.0029 «Разработка технических решений и технологий возведения мобильных деривационных микроГЭС для сезонного водо- и энергообеспечения» коллективом фирмы ООО «Импульс» предусматривается создание новых технических решений конструкций мобильных деривационных микроГЭС, включающих: съемный водозабор; составной водовод из композитных гибких и мягких оболочек в том числе многооболочковый, укладка которого может осуществляться на грунтоармированное или грунтонаполняемое основание; мобильные системы гашения гидравлического удара; мобильный или перемещаемый вне зоны затопления гидроагрегат с диффузором.

Так как мировых аналогов сочетания гибких, мягких и многооболочковых водоводов деривационных ГЭС на грунтонаполняемом и грунтоармированном основании в мировой практике нет, нами предусмотрены теоретические и экспериментальные исследования данных конструкций, а также методы их расчетного обоснования.

Теоретические исследования и расчет замкнутых мягких и гибких оболочек подробно изложены в работах В. И. Стрельчевского, Е. С. Кузнецова, И. О. Киселева, Н. О. Anwar, К. М. Хуберяна, F. B. Cambell, А. Л. Можевитинова, А. Г. Воробьева, В. В. Магула, F. Villegas, G. Straub, H.R. Sharma, Н. В. Harrison, Б.Н. Друзя, Б. И. Сергеева, В. И. Кашарина, Т. П. Кашариной и др [3-8].

Расчетом обоснования грунтоармированных и грунтонаполняемых конструкций в области водохозяйственного строительства занимались Т.П. Кашарина, Г. М. Каганов, И. М. Евдокимова, Д.В. Кашарин.

Сочетания водовода из различных по характеристикам мягких и гибких оболочек в сочетании с грунтонаполняемыми и грунтоармированными оболочками из композитных материалов обеспечит достаточную устойчивость на слабых грунтах основания, в том числе и в условиях значительного (до 100 м/км) уклона поверхности, а также быстрый ремонт и демонтаж по окончании сезона работы. Применение двухоболочечных конструкций хорошо зарекомендовало себя при возведении протяженных мобильных водонаполняемых защитных дамб. Поперечные циркуляции в двух объединенных оболочках позволяют избегать эффекта скручивания, возникающего при значительной длине участка водовода рукавной ГЭС [5].

Разрабатываемое техническое решение позволит обеспечить напор от 10 до 500 м и мощность от 5 до 100 кВт в условиях малых горных рек в меженный период, а также водообеспечение объекта малой энергоемкости.

Также предлагается новая технология возведения водовода в труднодоступных районах без применения тяжелой строительной техники, что обеспечит надежность его функционирования в течении лимитирующего сезона. После окончания сезона действия мобильная деривационная микроГЭС может полностью или частично демонтирована.

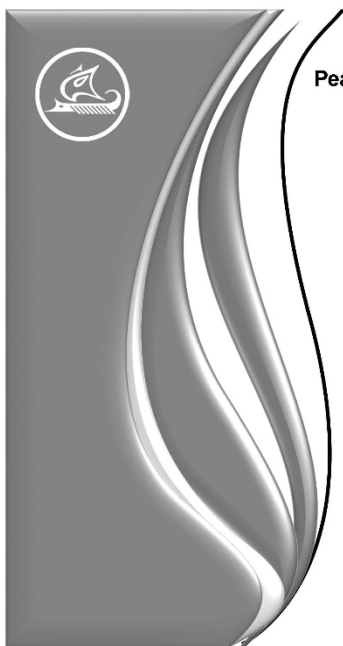
Данные технические решения и технологии позволят расширить область использования энергопотенциала малых горных рек, в том числе в условиях Крыма для сезонного водо - и энергообеспечения децентрализованных объектов малой энергоемкости при минимальных (по сравнению с существующими конструкциями) негативных воздействиях на окружающую среду.

Список литературы

1. Лавров Н. П., Шипилов А. В. Проблемы, возникающие при эксплуатации водозаборных сооружений деривационных ГЭС в зимний период эксплуатации и некоторые пути их решения // Сборник материалов XXXIX Недели науки СПбГПУ. СПб., 2010. С. 70-72.
2. СТО Гидроэлектростанции. Нормы технологического проектирования» РусГидро 01.01.78-2012.
3. Фрейшист А.Р., Хохарин А.Х., Шор А.М. Стальные трубопроводы гидроэлектростанций - М.: Энергоатомиздат, 1982 - 247 с.
4. Кашарин Д.В., Годин М.А. Область применения и обоснование параметров мобильных микроГЭС рукавного типа для малых водотоков / Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура, 2010. № 20. С. 142-148.
5. Кашарин Д.В., Тхай Тхи Ким. Повышение устойчивости оснований мобильных дамб для инженерной защиты зданий от затопления // Инженерно-строительный журнал. – 2013 №4, С. 51-59.
6. Кашарина, Т. П. Грунтоармированные конструкции в гидротехническом строительстве / Т. П. Кашарина // Применение облегченных конструкций гидротехнических сооружений в гидротехническом строительстве. Новочеркасск: ЮЖНИИГиМ, 1980. -С. 75-83.
7. Кашарин Д.В. Методы расчета грунтоармированных флютбетов мобильных сооружений на слабых грунтах Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. 2011. Т. 264. С. 43-55.
8. Кашарин Д.В. Защитные инженерные сооружения из композитных материалов в водохозяйственном строительстве: монография - Новочеркасск: ЮРГТУ, 2012. – 343 с.

Реализация пассивного дома на базе ВИЭ с использованием электромобиля и теплового аккумулятора

Кашманов И.А.
НТЦ «АРГО»



**Реализация пассивного дома на базе ВИЭ
с использованием электромобиля и
теплового аккумулятора**

Краснодарский весенний форум
«Энергоэффективность и инновации»
Сочи, 29-31 мая 2014г.



*Ген. директор НТЦ «АРГО»
к.т.н. Кашманов Игорь Альбертович*

+7 (4932) 93-71-71
dir@argoivanovo.ru
www.argoivanovo.ru



ООО НТЦ «АРГО»

Энергосберегающее оборудование и технологии

Входит в состав ГК «АРГО»

- Год создания: 1991
- 8 представительств
- Более 30 дилеров



КОМПАНИЯ ПОЛНОГО ЦИКЛА :
РАЗРАБОТКА • ПРОИЗВОДСТВО • ПРОЕКТИРОВАНИЕ • ВНЕДРЕНИЕ • СЕРВИС







Учет и управление
энергоресурсами

Эффективные
АСУТП

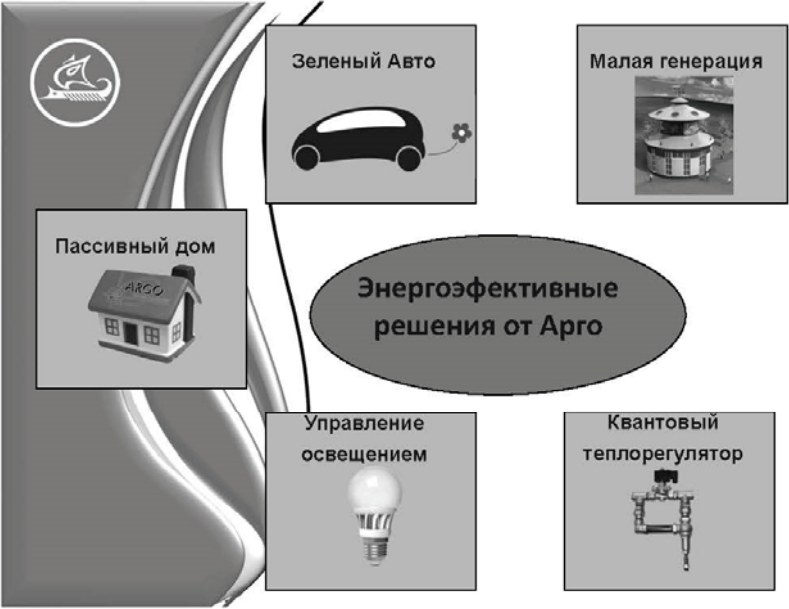
Интеллектуальный
мониторинг











Пассивный дом

№	Наименование слоя	d (м)	l(Bт/м C)	R=d/l (м2 x C/Bт)
1	Кладка из блоков теплой керамики	0,360	0,145	2,621
2	Утеплитель	0,150	0,045	3,333
3	внутренняя штукатурка	0,020	0,800	0,025
4	наружная штукатурка	0,020	0,800	0,025
ИТОГО: SR=				6,00



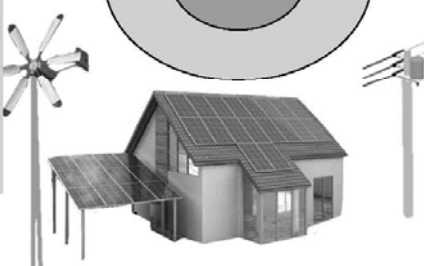




Инфраструктура системы менеджмента энергии частного домовладения

«Зеленые» решения для частных домовладений

- 1. Характерные особенности задачи:**
 - Различные по типу источники энергии – когенераторы, ветрогенераторы, солнечные батареи;
 - Аккумуляция энергии в разных средах;
 - Взаимодействие с традиционными источниками энергии;
 - Относительно низкая надежность энергоснабжения;
- 2. Гармоничное использование электромобилей для:**
 - Повышения надежности электроснабжения;
 - Решение задачи накопления, заряда-разряда – «переноса» энергии;
- 3. Уменьшение затрат за счет:**
 - Активной работы с тарифами, использование альтернативной энергетики.



Зелёный Авто







**Эффективное управление
энергопотреблением:
Тепло**



Зона регулировки

**Компоновочные схемы
квантового теплорегулятора**

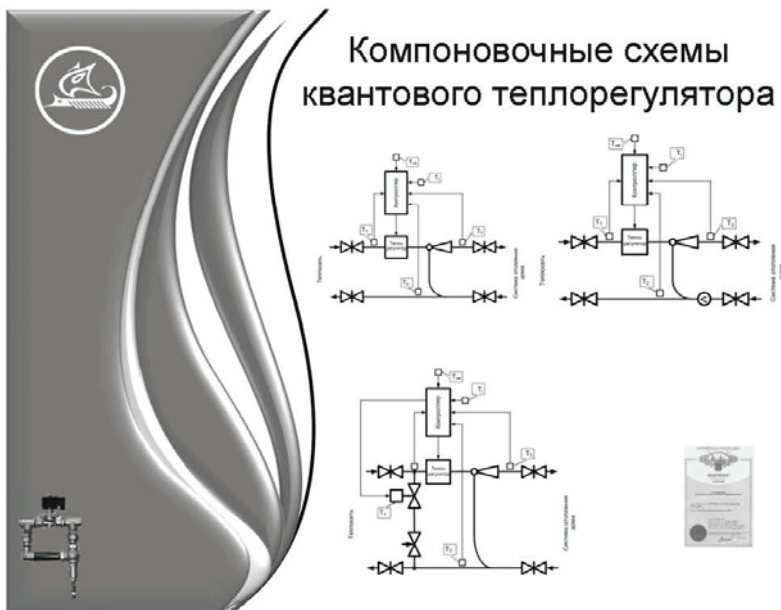
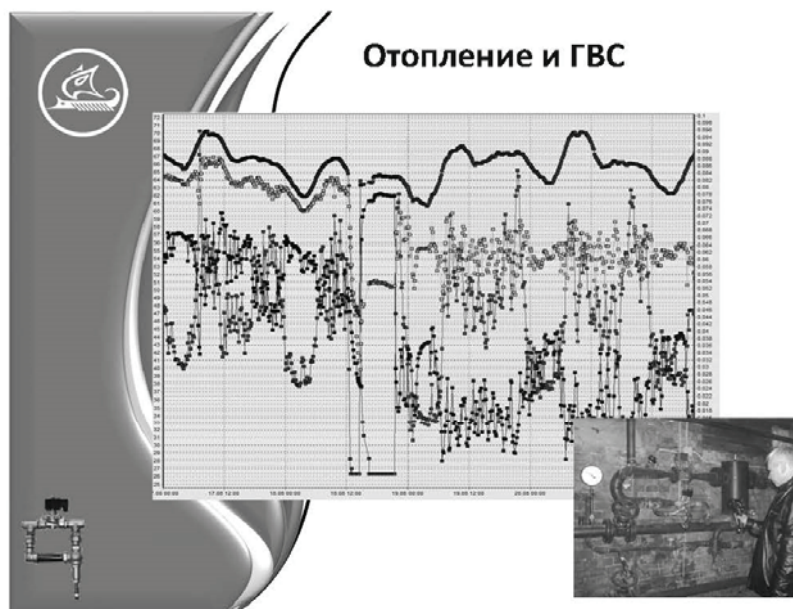


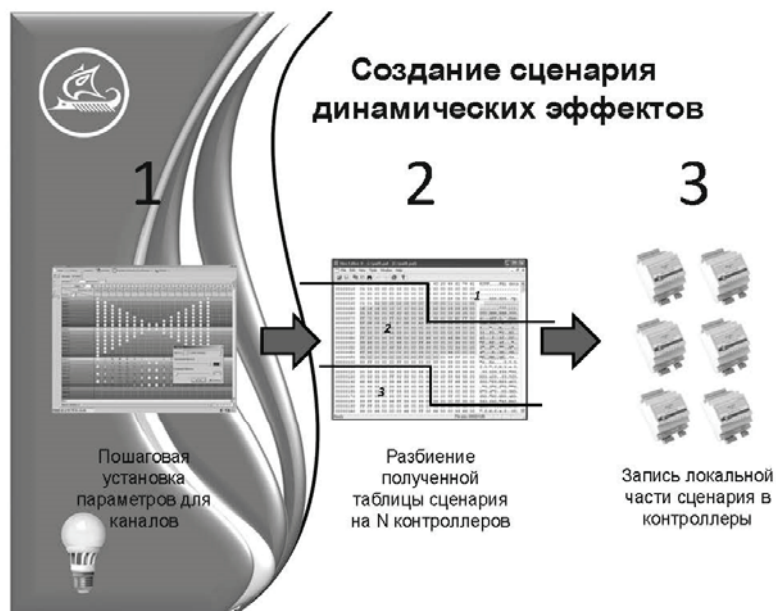
Схема управления

Схема регулирования



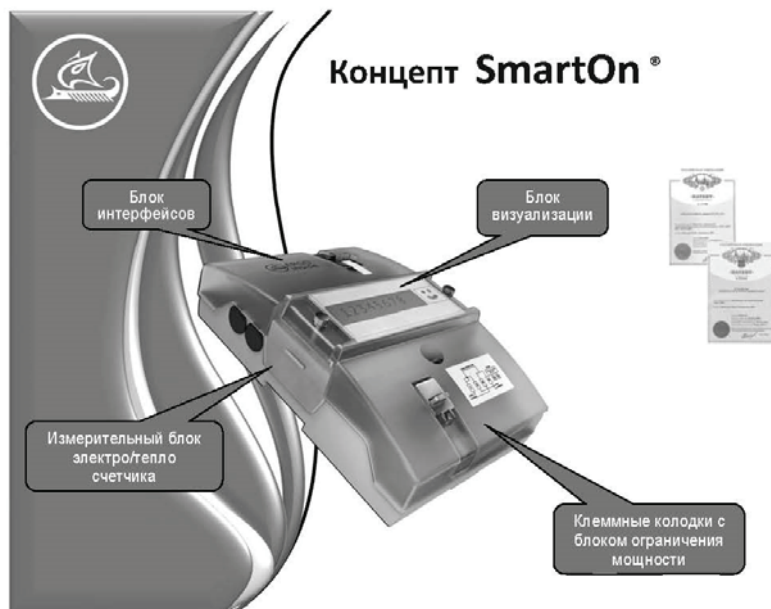
АСУНО

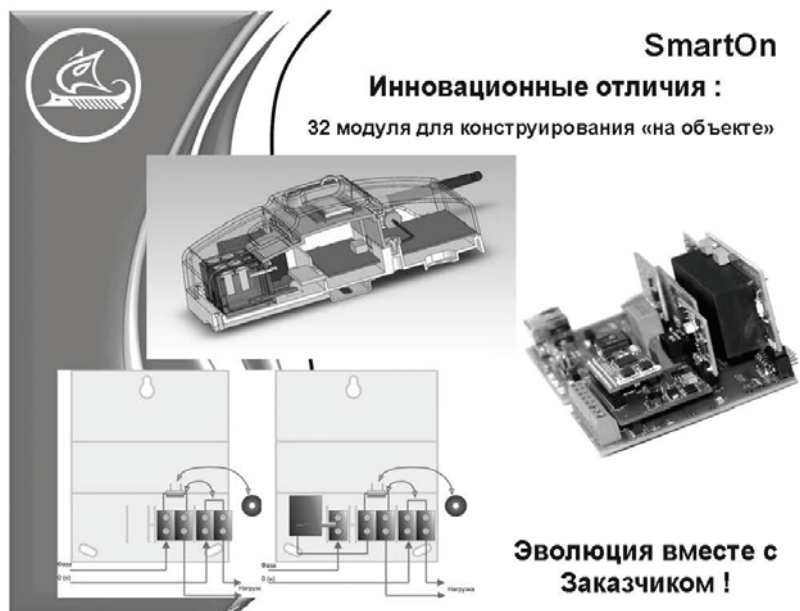
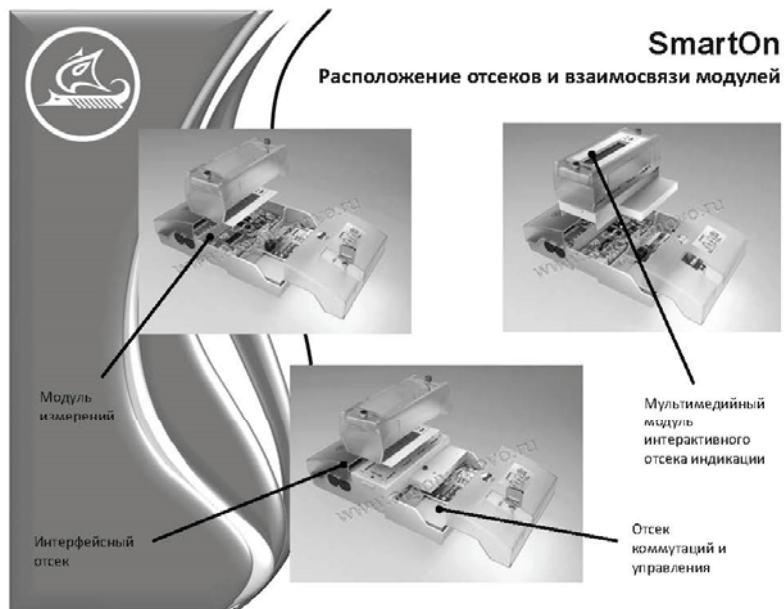
- Первая очередь – 16 пунктов включения.
- Индукционные светильники.
- Автоматический/удаленный /ручной режимы работы системы.
- Режим «Ночное освещение»
- Экономический эффект – 2 млн. руб.



Архитектурная подсветка в здании администрации г.Иваново

- В проекте используются 27 LED-светильников типа wall-washer
- Включение и выключение подсветки происходит по годовому расписанию восходов и закатов солнца
- Дважды в сутки переключаются сценарии подсветки







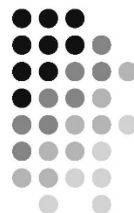
Возобновляемые источники энергии - особая позиция России?

Клименко А.В.

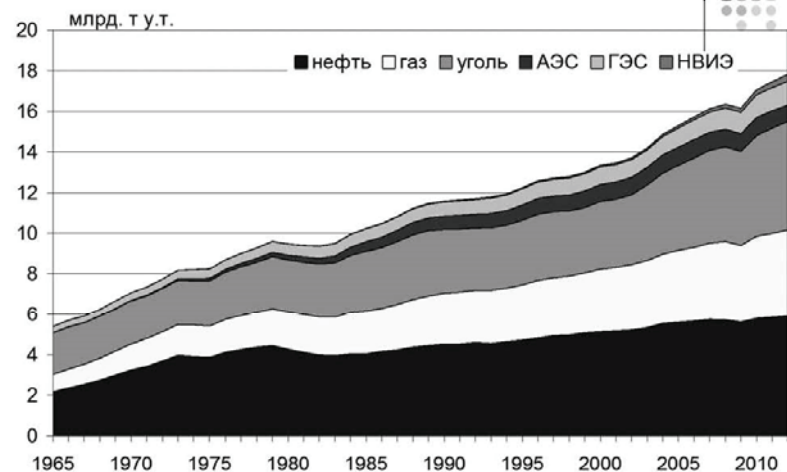
Российский научный фонд

Возобновляемые источники энергии - особая позиция России?

Член-корр. РАН Клименко А.В.

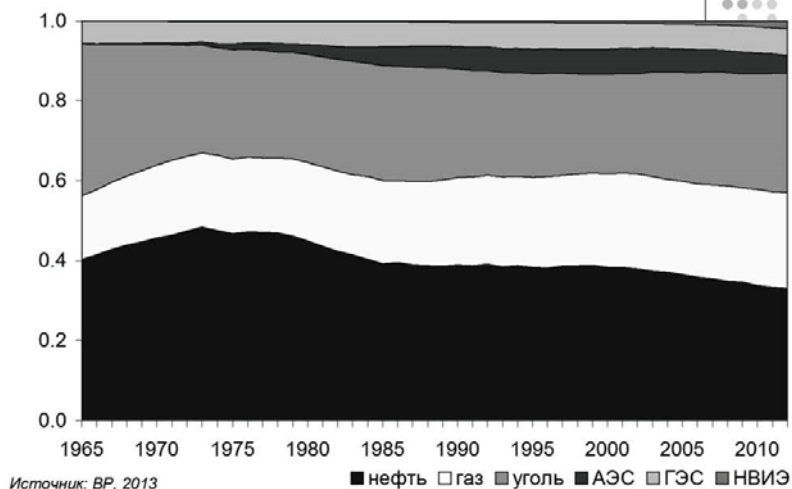


Структура мирового коммерческого энергопотребления, 1965-2012



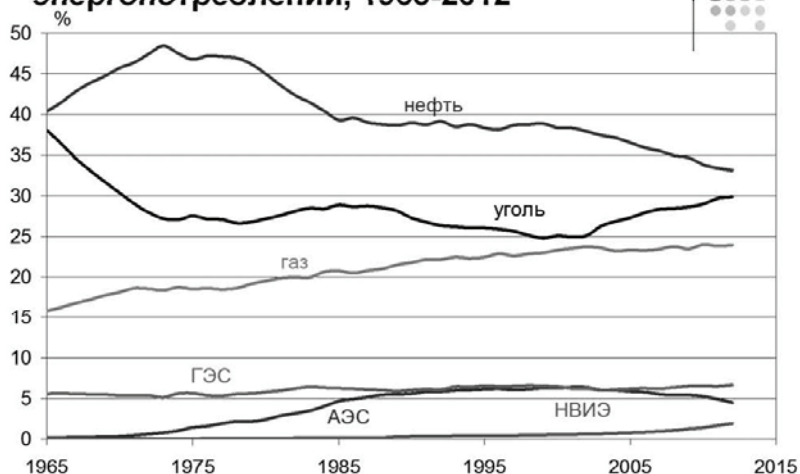
Источник: BP, 2013

Вклад различных источников в мировое коммерческое энергопотребление, 1965-2012



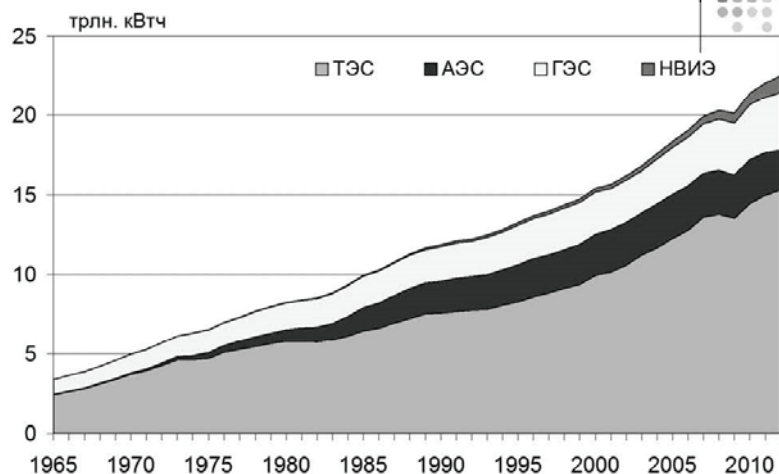
Источник: BP, 2013

Изменение доли различных источников энергии в мировом коммерческом энергопотреблении, 1965-2012



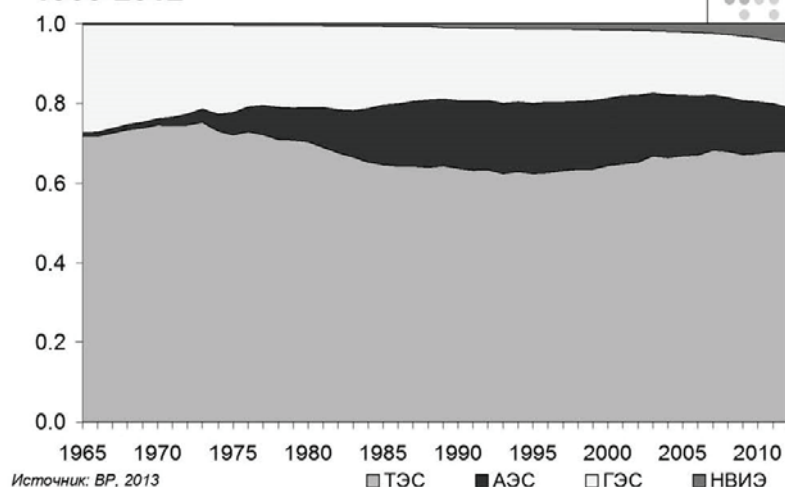
Источник: BP, 2013

Структура производства электроэнергии в мире, 1965-2012

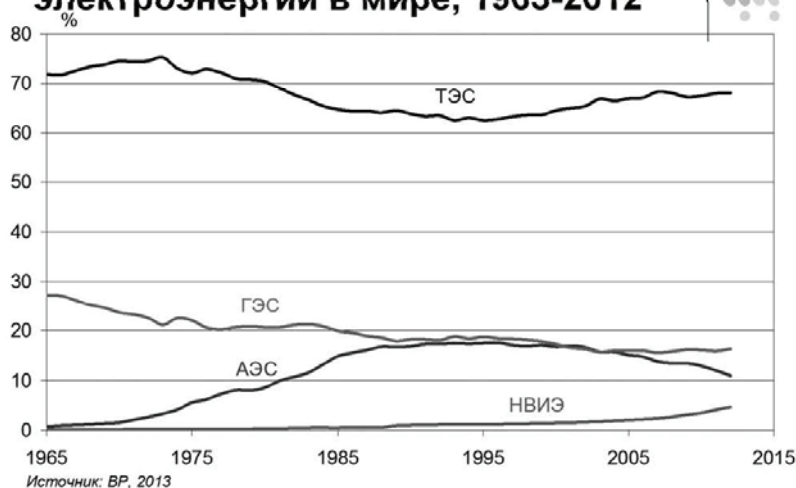


Источник: BP, 2013

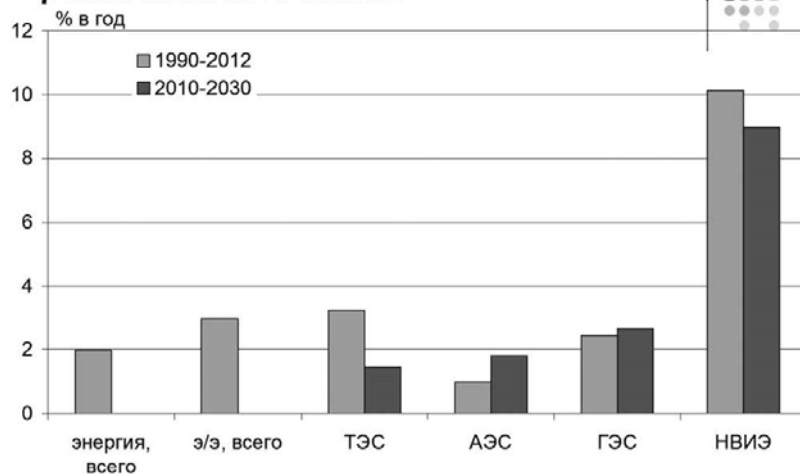
Вклад различных источников энергии в производство электроэнергии в мире, 1965-2012



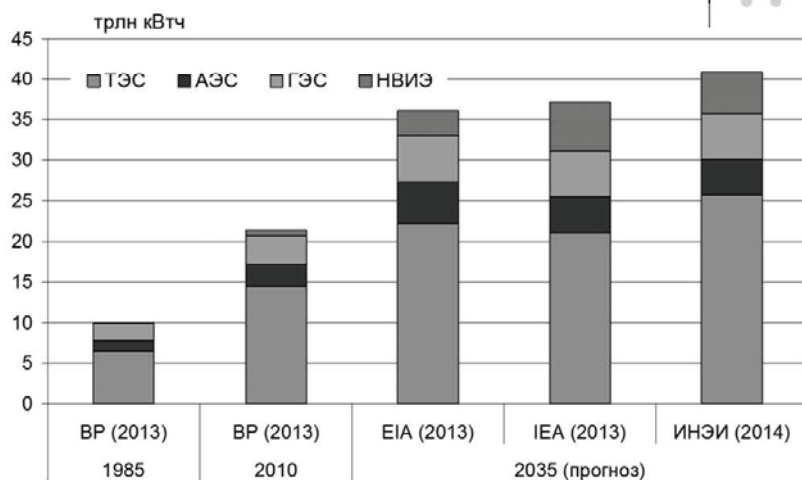
Изменение доли различных источников энергии в производстве электроэнергии в мире, 1965-2012



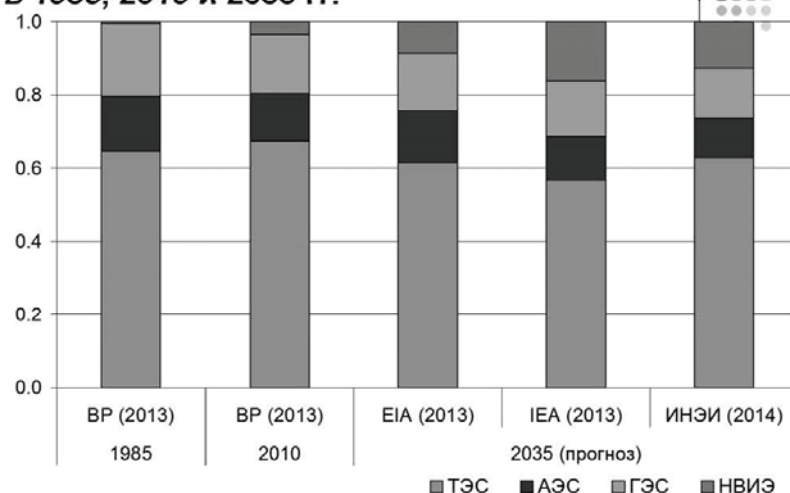
Темпы роста производства энергии из различных источников



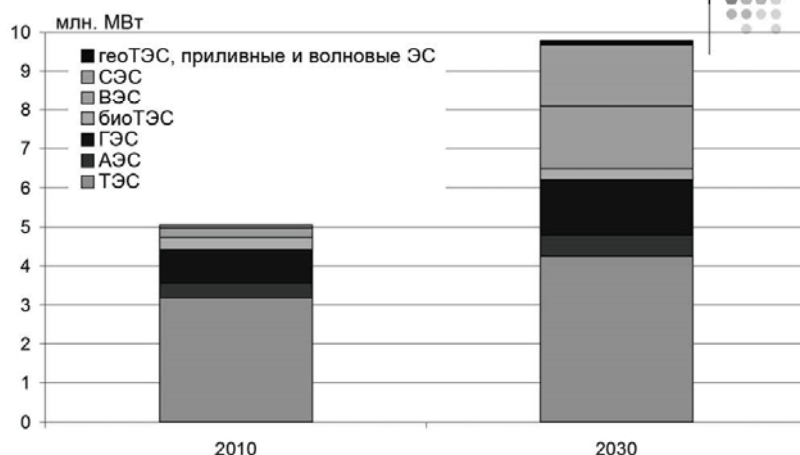
Структура мирового производства электроэнергии в мире в 1985, 2010 и 2035 гг.



Вклад различных источников энергии в производство электроэнергии в мире в 1985, 2010 и 2035 гг.



Изменение установленной мощности электростанций в мире на период до 2030 г.

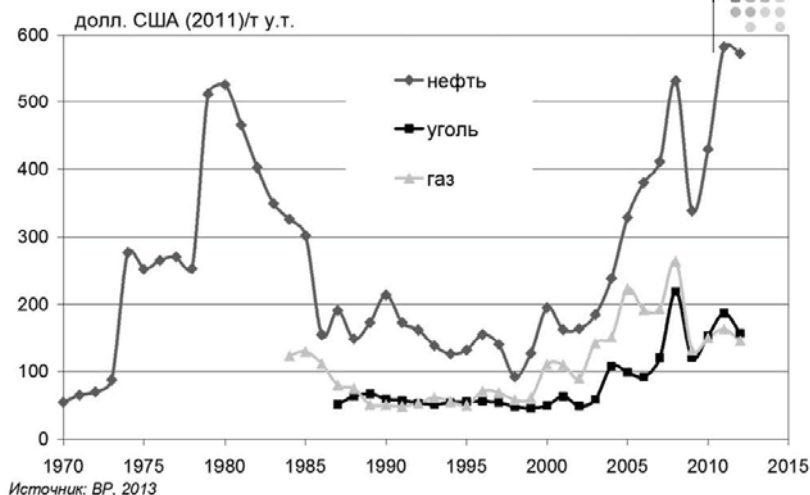


Источник: BP, 2013, Bloomberg New Energy Finance, 2013

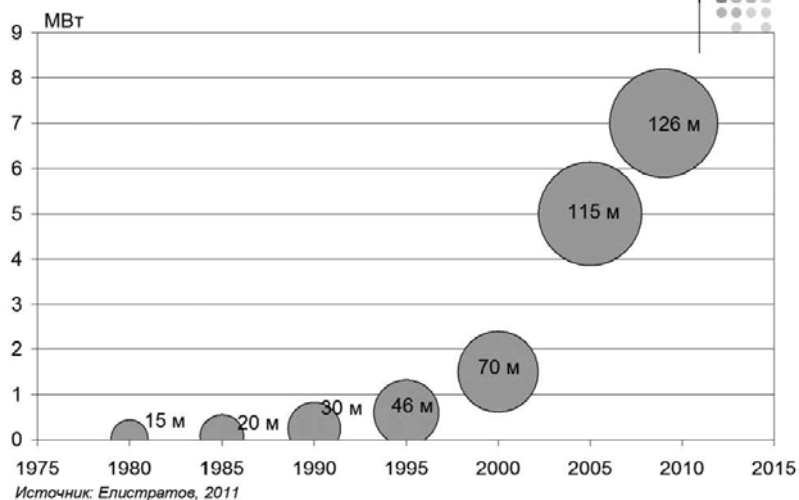
Причины стремительного развития ВИЭ

- Удорожание и постепенное истощение органических топлив
- Совершенствование технологий ВИЭ
- Обеспечение энергетической безопасности
- Снижение нагрузки на окружающую среду (охрана климата)

Динамика цен на ископаемые виды топлива



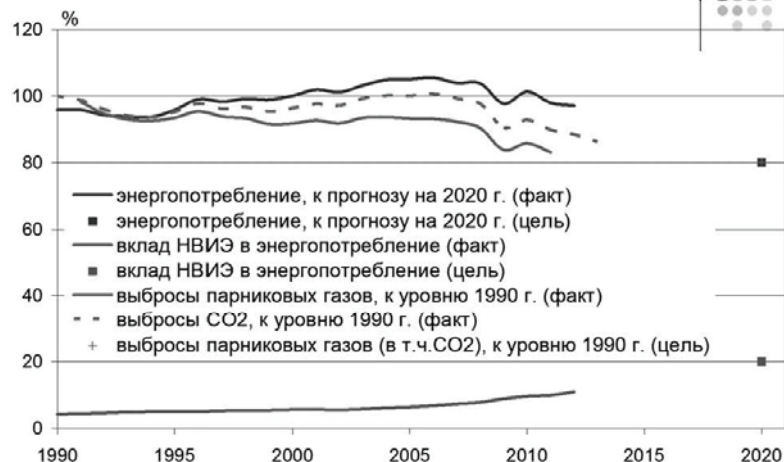
Рост единичной мощности (МВт) и диаметра колеса (м) ВЭУ



Изменение КПД фотоэлементов

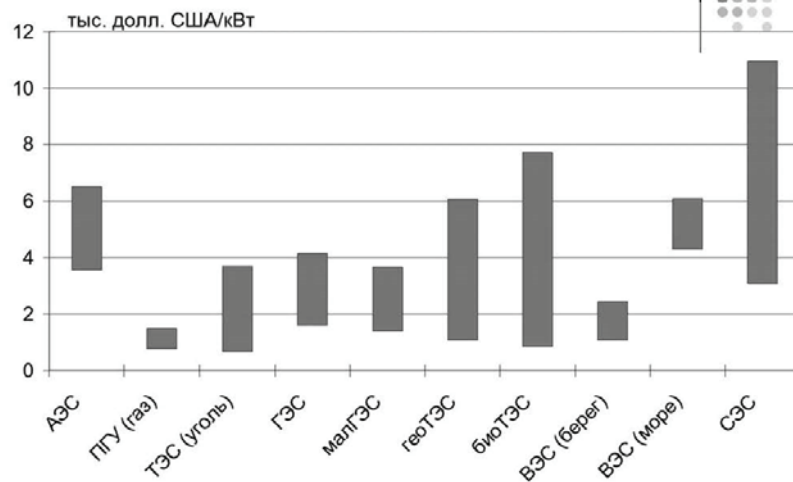


Европейская программа «20-20-20»



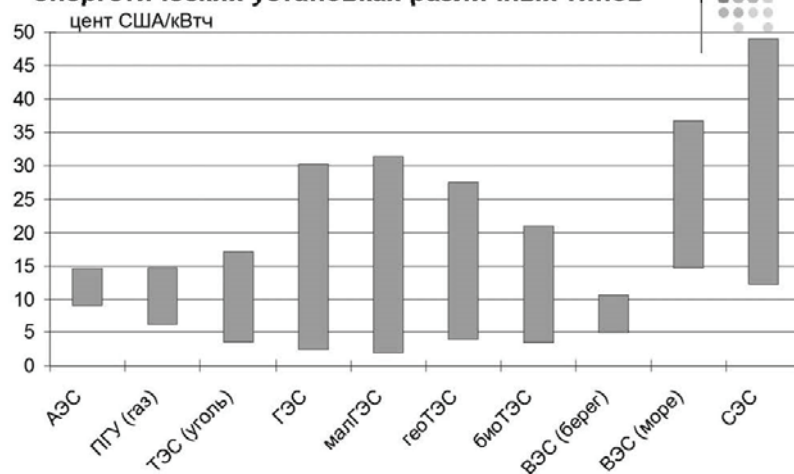
Источник: BP, 2013; Eurostat, 2014; IEA, 2009

Капитальные затраты на сооружение энергетических установок различных типов

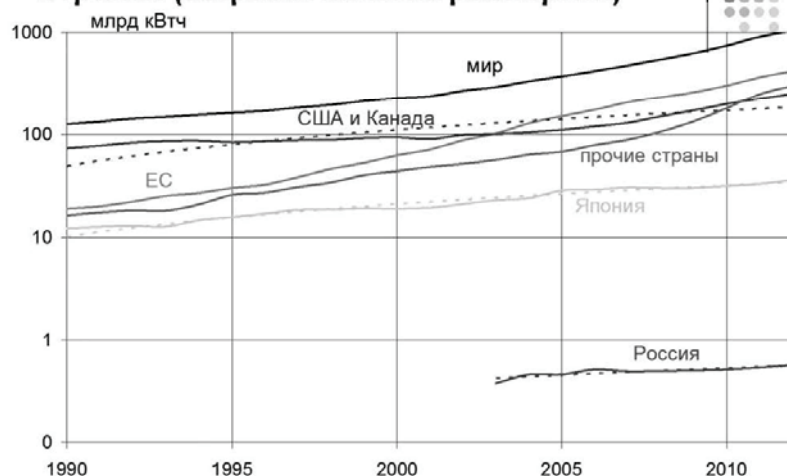


Источник: WEC/Bloomberg, 2013

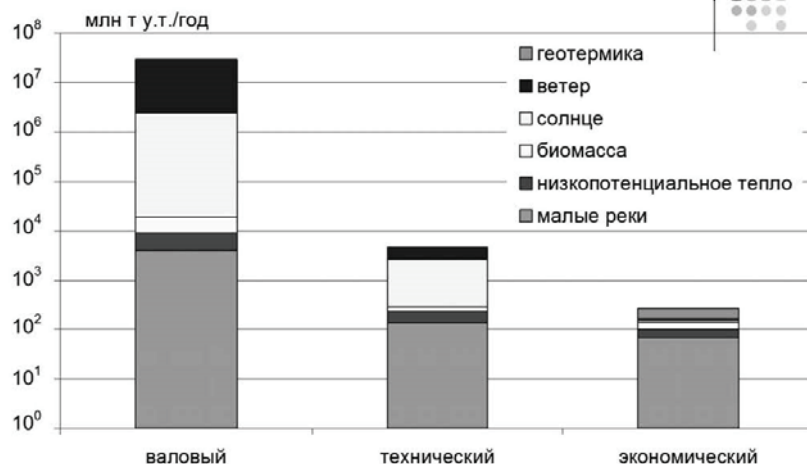
Стоимость производства электроэнергии на энергетических установках различных типов



Использование НВИЭ в России и других странах (выработка электроэнергии)

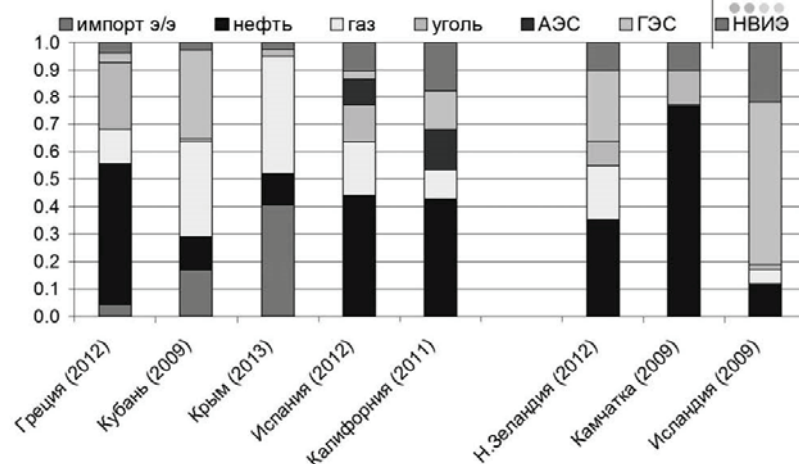


Потенциал НВИЭ в России



Источник: Минпромэнерго, 2005

Структура энергопотребления некоторых стран и регионов России



Источники: Росстат, 2011; UN, 2012; BP, 2013; EIA, 2014; Укрстат, 2014



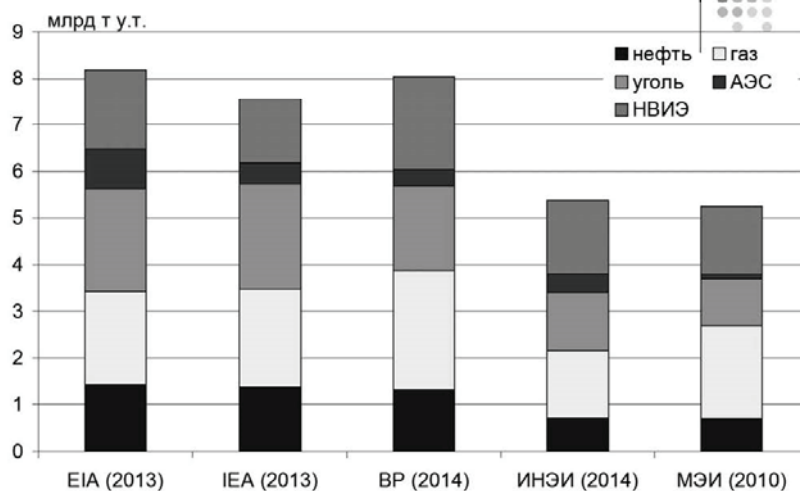
Выводы

- НВИЭ превратились в серьезный структурный фактор мировой энергетики;
- В ближайшие десятилетия продолжится наращивание мощностей ВИЭ, они станут одним из основных источников покрытия потребностей цивилизации в энергии;
- России необходимо срочно пересмотреть свое отношение к ВИЭ, создав национальную программу их развития, обеспеченную финансовыми и материальными ресурсами

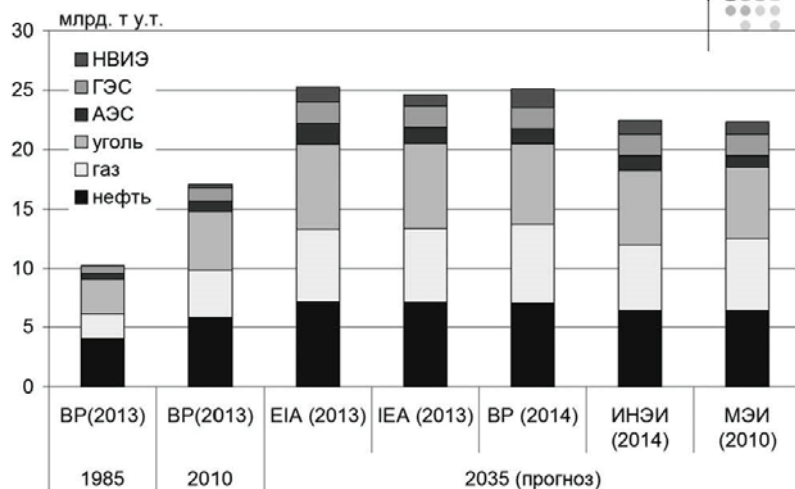


Спасибо за внимание

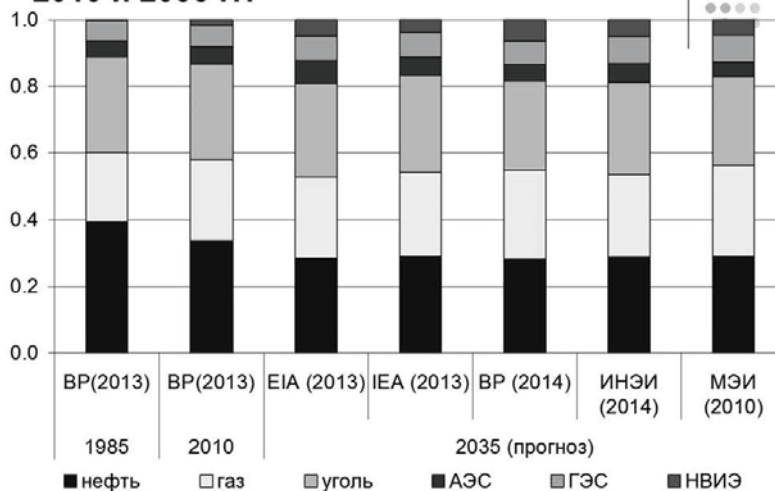
Прогнозы прироста мирового энергопотребления в 2010-2035 гг.



Структура мирового энергопотребления в 1985, 2010 и 2035 гг.



Вклад различных источников энергии в мировое энергопотребление в 1985, 2010 и 2035 гг.



Ресурсы солнечной и ветровой энергии в климатических условиях Кыргызстана

Коломиец Ю.Г.¹, Попель О.С.¹, Фрид С.Е.¹, Обозов А.Д.², Ибраев Р.Э.²

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН), Россия

² Институт дистанционного обучения и повышения квалификации КГТУ, Кыргызстан

Потребляемые в настоящее время в Кыргызстане энергоресурсы направляются прежде всего на производство электроэнергии (80%) и тепла (20%), причем электроэнергия, вырабатывается преимущественно на гидроэлектростанциях республики. При этом известно, что водные ресурсы в Средней Азии ограничены, и для круглогодичного обеспечения ирригации и производства электричества их, как правило, не хватает. При активном сбросе воды в летнее время на сельскохозяйственные нужды зимой ее может не хватить, что периодически приводит к возникновению дефицита электроэнергии и всерным отключениям потребителей (например, зима 2008 года). Использование энергоустановок на альтернативных гидравлической возобновляемых источниках энергии для условий Кыргызстана крайне актуально и может снизить имеющийся энергетический дефицит.

В настоящей работе представлены результаты анализа ресурсов солнечной и ветровой энергии в среднеазиатском регионе и в частности в Кыргызстане. Карты распределения солнечной радиации и скоростей ветра (примеры которых представлены на рис. 1 и 2) построены на основе данных базы спутниковых наблюдений NASA SSE [1].

Созданные карты можно разбить на следующие группы:

- карты распределения средних дневных сумм суммарной солнечной радиации, поступающей на неподвижные поверхности южной ориентации с различным углом наклона к горизонту за различные периоды времени;
- карта распределения среднегодовых дневных сумм солнечной радиации на оптимально ориентированную неподвижную поверхность, обеспечивающую максимальный за год сбор суммарной солнечной радиации;
- карты распределения средних дневных сумм прямой солнечной радиации, поступающей на следящую за Солнцем подвижную поверхность за различные периоды времени;
- карты среднегодовых скоростей ветра на высотах 10 м и 50 м.

Показано, что среднегодовые дневные суммы солнечной радиации, приходящей на ориентированные на юг неподвижные поверхности различной ориентации в южных районах Средней Азии и Казахстана превышают 4 кВтч/(м²день) или около 1,5 МВтч/(м²год). В летнее время дневные суммы превышают 7 кВтч/(м²день). Имеют место и значительные ресурсы ветровой энергии: среднегодовая скорость ветра на высоте 50 м почти повсеместно превышает 5 м/с, а в ряде районов Кыргызстана достигает 8 м/с. Скорость ветра на высоте 10 м несколько ниже, но на значительной части территории также достигает 5 м/с, что вполне привлекательно для практического использования как малых, так и крупных ветроэнергетических установок.

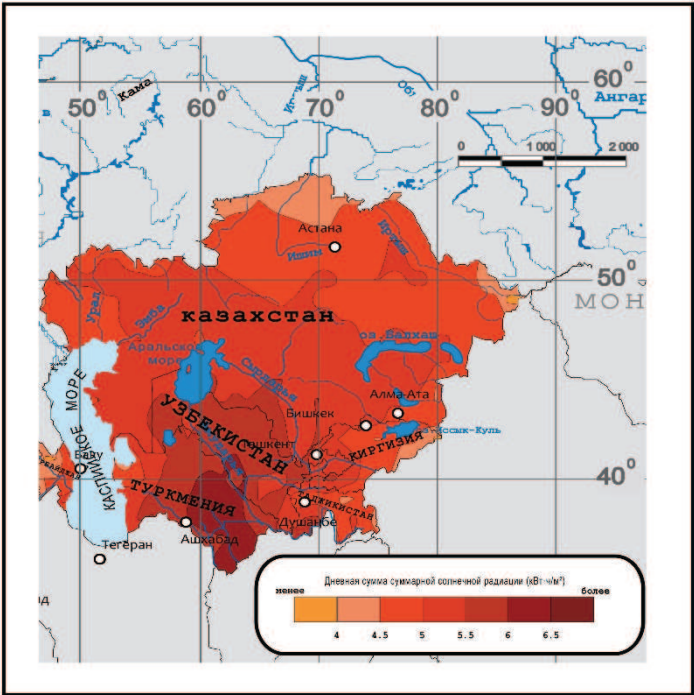


Рис. 1. – Распределение средненежных поступлений суммарной солнечной радиации на поверхность ориентированную по широте (кВтч/м², лето)

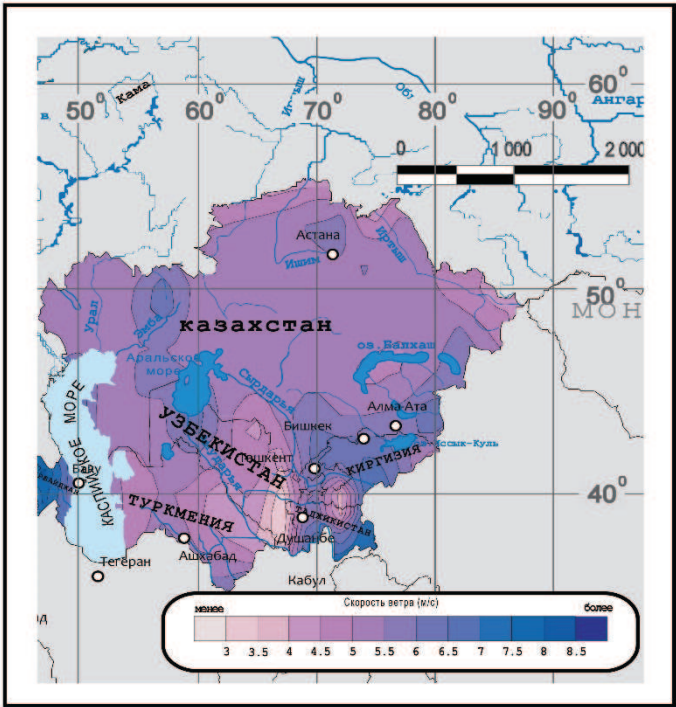


Рис. 2 – Среднегодовая скорость ветра на высоте 50 м (м/с)

Основными направлениями эффективного практического использования солнечной и ветровой энергии в условиях Кыргызстана могли бы стать солнечное горячее водоснабжение разнообразных потребителей, автономное энергоснабжение на основе фотоэлектрических и ветровых энергоустановок или их оптимального комбинирования. Представляет интерес также применение установок на ВИЭ для автономного освещения дорог и населенных пунктов, электропитания ретрансляторов сотовой связи и различных светосигнальных устройств, а также для сушки сельскохозяйственной продукции и для получения холода.

Поиск и обоснование наиболее эффективных сфер и технических решений по использованию солнечной и ветровой энергии в условиях Кыргызстана станет предметом совместных исследований российских и кыргызских специалистов в рамках стартовавшего в 2014 году совместного проекта, финансируемого Российским фондом фундаментальных исследований и Государственным фондом развития академической и вузовской науки при Национальной академии наук Кыргызской Республики.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 14-08-90105).

Список литературы

1. The NASA Surface Meteorology and Solar Energy Data Set // <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>
2. Попель О.С., Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г., Киселева С.В., Терехова Е.Н. Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России. – М.: ОИВТ РАН, 2010. 84 с.

Особенности изготовления и работы гибридных солнечных элементов на основе металлоорганических перовскитов

Лопатин Д.С., Баранов О.А., Коржова Е.С.

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

Целью работы является технология нанесения тонкие слои солнечных батарей с высокой точностью, подобно печати на принтере, на основе гетероперехода неорганический /органический полупроводник, где неорганический полупроводник представляет из себя объемную смесь халькогенида (ZnO или TiO_2) и перовскита $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_2$

Свет попадает на распределенный слой фотопреобразователя $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ -х и рождает пару электрон-дырка (экситон), обладающих определенной энергией и стремящихся занять позицию с наименьшей потенциальной энергией. С одной стороны находится проводник электронов, «провожающий» электрон до энергетического уровня электрода. Это может быть оксид титана, оксид цинка, графен, полимер, допированный фуллеренами. При этом с одной стороны часть слоя пористая, создающая объемный гетеропереход с фотопреобразователем, а с другой – сплошная, толщиной не более 200 нм, служит для блокирования прохождения дырок и создания разности потенциалов.

Дырки проходят до электрода через проводник дырок, это может быть оксид никеля или ряд органических соединений полианилин, 2,2',7,7'-tetrakis-(N,N-dimethoxyphenylamine)-9,9'-spirobifluorene (также известный как Spiro-OMETAD), quinolino acridine добавки lithium bis(trifluoromethanesulfonyl)imide (Li-TFSI), 4-tert-butylpyridine, LiI, $\text{Co}[\text{PyPz}]_3[\text{TFSI}]_3$ (FK102).

Традиционные кремниевые солнечные батареи работают максимально при свете перпендикулярном поверхности. Большинство солнечных электростанций не используют следящие системы – трекеры которые позволяют получать прибавку в энергии до 1.7 раз в год. Поэтому большую часть времени они работают не на максимуме.

Объемная структура перехода, используемая нами, позволяет не терять существенную часть КПД при косом и рассеянном свете. Это позволяет поднять выработку в течение дня на 30 %. То есть даже при меньшем общем КПД мы работаем эффективнее

До того как попасть фотоэлемент свет проходит через слой пластика или стекла с нано-антеннами из серебра или меди с длиной 400-1200 нм и толщиной в 100-200 нм, они создают подобие метаматериала с эффективным показателем преломления меньше единицы в оптическом диапазоне. Это создает эффект нелинейного преломления и позволяет снижать отражение в косом свете

Слои получают следующим образом

слой ZnO получается из раствора $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в воде при нагревании

TiO_2 из diisopropoxide bis(acetylacetonate) (TiAcAc)

2) $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbCl}_2\text{I}$ при нагревании двухкомпонентного 1:3 раствор псекурсором $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I} + \text{PbCl}_2$ в N,N-Диметилформамиде. Более точными являются слои из растворителя гамма-бутиролактон.

Коллоидные растворы формируются также под действием ультразвука, что позволяет менять размер частиц при изменении интенсивности и частоты.

3) слой spiro-OMeTAD (2,2',7,7'-tetrakis-(N,N-di-pmethoxyphenylamine)9,9-spirobifluorene) с добавками

Подложки стекло FTO, ITO (прозрачный проводящий проводник) и посеребренная алюминиевая подложка. Слои проводящего покрытия наносятся из хлората олова ультразвуковым пиролизом с образованием SnO_2 .

Важным фактором является способ нанесения данных слоев. Распространены методики вакуумного напыления и парогазового осаждения, где нужно использовать нужное давление и температуру. Наряду с этим исследуются способы нанесения из растворов и суспензий. Подобную методику предложила компания Nanosolar. отличие в использовании ультразвука и электрического поля

Ультразвук формирует капли диаметром менее 5 мкм, которые разрываются в электрическом поле. Электрическое поле также играет роль направляющей силы.

Себестоимость подобного производства подсчитали как 0.5 грамма и 10-15 долларов на квадратный метр.

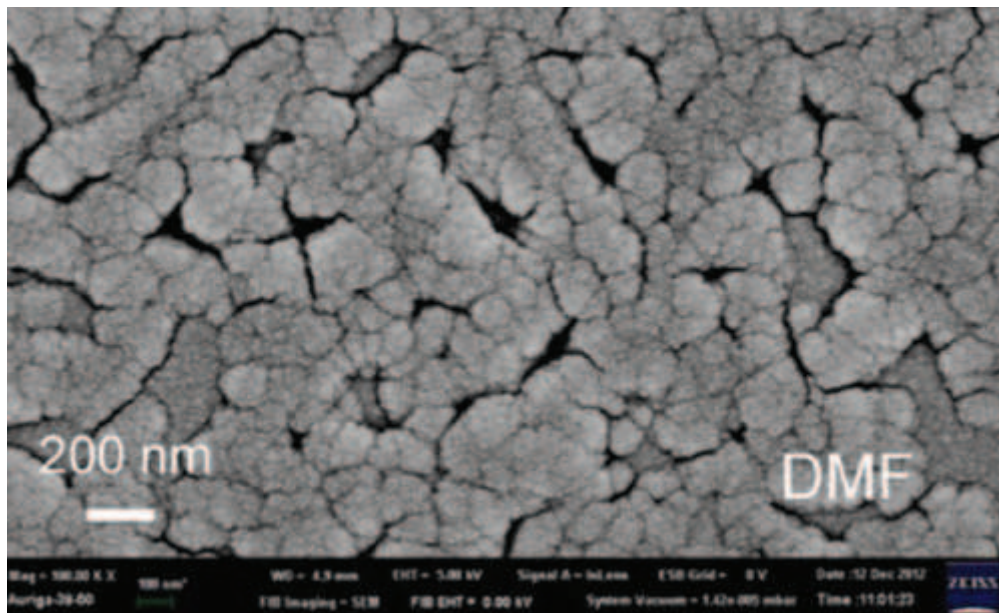


Рис 1. Фото на электронном микроскопе перовскита из раствора диметилформамида

Достигнутые результаты:

1) Разработана методика подготовки печатаемого и распыляемого раствора, который представляет из себя суспензию частиц размером 2-20 нм, при этом однородность может доходить до 1 нм.

2) Разработаны методики печати - нанесения слоев солнечных батарей. Используется ультразвук частотой от 1 МГц до 30 МГц, совместно с электростатическим и магнитным полем, что позволяет формировать капли с высокой степенью однородности - размер от 1000 до 100 нм с точностью в 3-5 нм, показано на рисунке 1. Это позволяет создавать покрытия с точностью до 10 нм. Для отдельных случаев также используется печать в растворах с электрофоретическим осаждением. Разработаны методики и режимы для нанесения органических полупроводников с использованием органических и водных растворителей, а также неорганических

(селениды и сульфиды свинца, галлия, германия, кремний и пр.) с использованием водных и аммиачных растворов. Также используется пиролиз и испарение из расплавов, в основном для прозрачных проводящих и металлизированных покрытий. Разработаны распылительные головки для нанесения слоев прозрачного проводящего проводника.

3) Производительность, экологичность, экономичность. При использовании нашей методики используются более 85 % реактивов. Можно достичь производительности в 10 квадратных метров в час.

Список литературы:

1. Burschka J. et al. Sequential deposition as a route to high-performance perovskite-sensitized solar cells //Nature. – 2013. – Т. 499. – №. 7458. – С. 316-319.
2. Ball J. M. et al. Low-temperature processed meso-superstructured to thin-film perovskite solar cells //Energy & Environmental Science. – 2013. – Т. 6. – №. 6. – С. 1739-1743.

Перспективы создания и использования лазерных космических солнечных электростанций

Мельников В.М.

ФГУП ЦНИИмаш, г. Королёв, Московская обл., Россия.

В США и Японии, а также Франции, Германии, Италии, Австрии ведётся интенсивная разработка космических солнечных электростанций (КСЭС) с целью создания рынка «космического электричества», который может привести к обесцениванию природных энергетических ресурсов России (нефти, газа, угля, урана и проч.) и потери ею энергетической безопасности. В настоящее время в Комитете по энергетике Государственной Думы проводится подготовка организационных документов по созданию в России направления информационно-силовой беспроводной передачи энергии стратосферного и космического базирования [1].

Вынос преобразователей энергии (солнечной или ядерной) за пределы биосферы Земли существенно снижает нагрузку на биосферу и, в частности, приводит к снижению парникового эффекта. Экологические последствия такого энергоснабжения существенно ниже, чем последствия от традиционных энергетических источников, таких, как тепловые, атомные и гидроэлектростанции. Помимо альтернативы последним, появляются новые возможности: энергоснабжение удалённых и труднодоступных районов при отсутствии необходимой кабельной сети (районы Крайнего Севера России, Канады, Гренландии, горные районы, пустыни, места стихийных бедствий и катастроф); решение проблемы пиковых нагрузок, зарубежные поставки, новые возможности в решении оборонных задач и решении проблемы астероидной опасности.

Направление создания космических солнечных электростанций (КСЭС) может определять темп развития космической техники, способствовать решению социальных и политических задач, а также обеспечивать энергетическую, экологическую и оборонную безопасность страны.

КСЭС могут быть использованы для энергоснабжения также Луны, Марса и на орбитах для решения путём беспроводного энергообеспечения транспортных задач и обеспечения энергоёмких и экологически вредных производств.

В США такие крупнейшие корпорации и научные центры, как «Локхид-Мартин», «Боинг», JPL, «Центр Маршалла», «Центр Гленна», а также ряд университетов, планируют создать КСЭС гигаваттного уровня к 2016 г. (рис.1) для начала создания рынка «космического электричества».

Китай намерен участвовать в этом рынке. Пентагон, как наибольший потребитель электроэнергии в США, активно рассматривает широкие возможности использования КСЭС в интересах министерства обороны США [2].

Группа из 16 японских корпораций во главе с Mitsubishi Corporation планирует построить КСЭС гигаваттного уровня к 2025 г. в рамках проекта Solarbird (рис.2). Общая стоимость КСЭС оценивается в 24 миллиарда долларов. Предполагается, что стоимость вырабатываемого «космического электричества» будет в 6 раз дешевле, чем на японских наземных электростанциях.

Первые участники такого рынка, в перспективе значительного подорожания традиционного электричества, будут иметь максимальную прибыль, а традиционные энергоносители (нефть, газ, уголь, уран и др.) начнут обесцениваться.

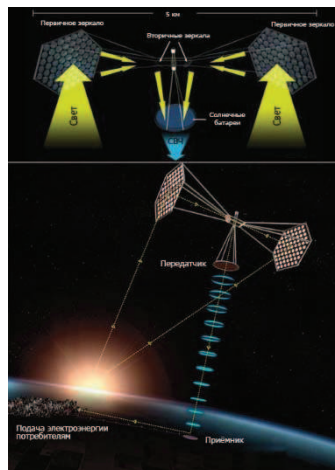


Рис. 1. КСЭС по программе Пентагона .

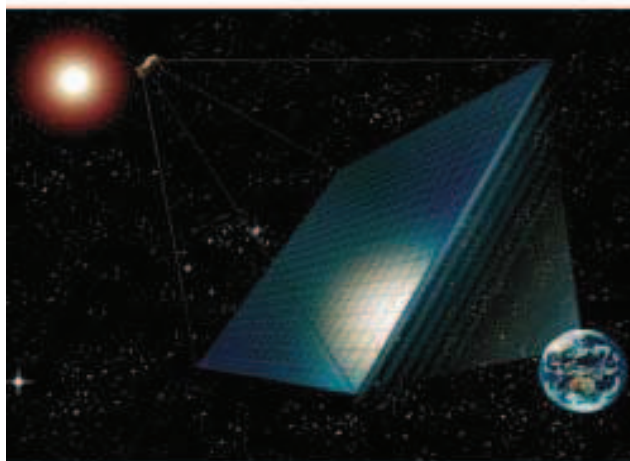


Рис.2. Модуль японской КСЭС, сторона 100м.

Разработки в США и Японии базируются на СВЧ концепции КСЭС и крупногабаритных каркасных конструкциях (до 5 км). Однако в последние 2 года на базе развития нанотехнологий в мире резко возрос интерес к лазерным КСЭС в связи с успехами в разработке инфракрасных полупроводниковых лазеров (длина волны порядка 1 микрона) и особенно волоконных лазеров [3]: КПД преобразования электроэнергии в инфракрасный лазерный сигнал в полупроводниковых лазерах достигает до 80%; значительно меньшая расходимость (10^{-6} рад) лазерного луча по сравнению с СВЧ - сигналом (с геостационарной орбиты на Землю лазер даёт пятно

36м, СВЧ – 15-20 км); реальные достижения в миниатюризации элементной базы (по световоду диаметром 250 микрон передаётся световая мощность 50 кВт). Российские производители в волоконной технике сейчас занимают ведущие позиции в мире (85% мирового производства волоконных лазеров, ИРЭ «Полус», г.Фрязино, принадлежащее В.П. Гапонцеву, создавшему ещё 11 аналогичных фирм по всему миру), что является обязательным фактором для создания масштабного производства предлагаемых систем. РКК «Энергия» (Роскосмос) имеет уникальный опыт создания центробежных бескаркасных конструкций, как базы КСЭС, имеющих ряд существенных преимуществ перед каркасными аналогами [4]. Ещё в 1993г. проведён космический эксперимент «Знамя 2» (рис.3) по раскрытию и переориентации вращающегося тонкоплёночного полотна диаметром 20м и массой 4 кг. Приём лазерной энергии можно осуществить солнечными батареями, в том числе концентраторными, имеющими КПД на 10-15% больше в лазерном диапазоне, чем в солнечном [5]. В настоящее время решён вопрос обеспечения расходимости, близкой к дифракционной, многоканальных систем мощностью до нескольких кВт. Параметры тракта передачи как СВЧ, так и лазерной энергии связаны выражением [6]:

$$\lambda H = 1,57 R_r R_t, \quad (1)$$

где R_r и R_t соответственно радиусы приёмной и передающей антенны, H - расстояние между ними, λ - длина волны.

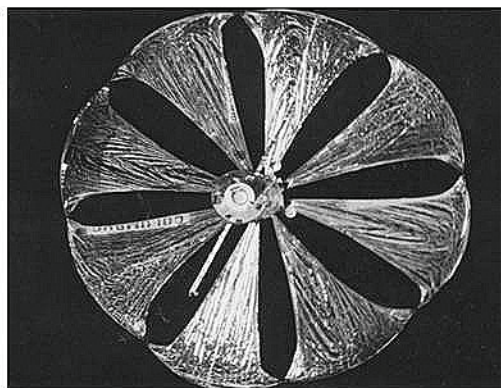


Рис. 3. Эксперимент «Знамя-2» (фото со станции «Мир»), как прототип центробежной лазерной КСЭС.

Отношение $(2R_r/H) = \zeta$ представляет собой расходимость луча. Из выражения (1) видно, что с уменьшением длины волны λ от 10 см (СВЧ – диапазон) до 1 микрона (лазерный диапазон), соответственно, уменьшаются на 5 порядков площади приёмной и передающей антенн. Малая расходимость ($\zeta = 10^{-6}$ радиана) лазерного луча означает, что с геостационарной орбиты ($H = 36000$ км) диаметр пятна на Земле будет $D = \zeta H = 10^{-6} \cdot 3,6 \cdot 10^7 = 36$ м.

Лазерной КСЭС может решаться проблема астероидной опасности. Оценки показывают, что воздействие лазерного излучения от КСЭС мощностью 1 ГВт на астероид массой 10^9 кг сообщит ему ускорение порядка 10^{-3} м/с². Действительно, мощность $1\text{ГВт} = 10^9\text{Вт} = mv^2/2t$, где m - масса пара астероидного вещества, v - скорость пара (примем $v = 10^3$ м/с), t – время воздействия лазерного луча. Сила (тяга) от импульса струи $F = mv/t = 2mv^2/tv = 2 \cdot 10^9 / 10^3 = 2 \cdot 10^6$ Н $= 2 \cdot 10^5$ кг $= 200$ т. Ускорение для астероида массой $M = 10^9$ кг $v/t = F/M = 2 \cdot 10^6 / 10^9 = 2 \cdot 10^{-3}$ м/с². При длительном характере такого воздействия возможно эффективное изменение орбиты астероида.

Возможны две концепции создания КСЭС с лазерным каналом: первая – на базе солнечных батарей, которые запитывают распределённые по их поверхности твёрдотельные ИК лазеры, передающие далее энергию по световодам к общему центру и, далее, к потребителю; вторая – на базе центробежных волоконных лазеров с солнечной накачкой.

По первой концепции уже сегодня за рубежом существует элементная база и разработаны проекты КСЭС с достаточно подробной технико-экономической проработкой [7].

Наиболее эффективной базой вновь создаваемых лазерных систем КСЭС могут стать волоконные лазеры с солнечной накачкой [8]. Международный лазерный Центр при МГУ им. М.В. Ломоносова совместно с ведущими институтами РАН предлагает для повышения эффективности солнечной накачки волоконного лазера использовать особый состав легирования для поглощения спектра флюоресцирующего покрытия поверхности волокна, поглощающего до 95% солнечного спектра, для передачи энергии солнечного спектра в рабочий диапазон 1,06мкм, где атмосфера прозрачна для лазерного луча. Волоконные лазеры целесообразно формировать в космическом пространстве центробежными силами, что значительно эффективнее американских и японских аналогов, базирующихся на многокилометровых каркасных конструкциях солнечных батарей и концентраторов, а также СВЧ концепции. Использование центробежных волоконных лазеров с солнечной накачкой позволяет объединить лазер и источник его питания (Солнце), а также сформировать центробежными силами «поверхность» из лазеров с ориентацией на Солнце для создания относительно простого и дешёвого космического сегмента на мощность от 1 МВт до 1-5 ГВт, что существенно расширит возможности создания систем для широкого круга актуальных задач. Во вновь предлагаемой концепции отпадает необходимость в солнечных батареях, производство которых в России практически отсутствует, а также жёстком каркасе, составляющем значительную часть стоимости КСЭС и опыт создания которых отсутствует в мировой практике. В РКК «Энергия» ещё в 1994г. проработана конструкция агрегата раскрытия тросовой СНЧ антенны диаметром 300м, которая может служить прототипом системы раскрытия центробежных волоконных лазеров. ИРЭ «Полус» (г.Фрязино) имеет значительный опыт по разработке и внедрению волоконных лазеров и мог бы возглавить это направление.

По сравнению с космическими ЯЭУ, в том числе при высоком уровне мощности (МВт – ГВт и более), КСЭС имеют существенные преимущества: по простоте конструкции (не имеют высокотемпературных контуров, ядерного топлива, радиационной защиты, вращающихся генераторов и турбин); экологически чисты, не несут катастрофических последствий при аварии; не имеют проблем с утилизацией или захоронением; выигрывают по стоимостным характеристикам при крупномасштабном производстве; в процессе развития нанотехнологий имеют перспективы к совершенствованию; элементы КСЭС имеют широкое поле космического и наземного использования; могут дать существенный вклад в модернизацию и инновационное развитие экономики России, энергетическую и экологическую безопасность, решение экономических и политических задач.

Для России открывается возможность путем создания КСЭС с лазерным каналом передачи энергии от центробежных волоконных лазеров с солнечной накачкой занять лидирующее место в мировом процессе разработки промышленных КСЭС.

Список литературы

1. Сигов А.С., Матюхин В.Ф. Лазерные системы для беспроводной передачи энергии. //Альтернативный киловатт, 2012. - № 6. - С.21-27.

-
2. Johnson W. N., Akins K., Armstrong J. et al. Space-based Solar Power: Possible Defense Applications and Opportunities for NRL./ NRL/FR/7650-09-10,179, p.101.
 3. Райкунов Г.Г., Верлан А.А., Мельников В.М., Пичхадзе К.М., Сысоев В.К., Харлов Б.Н.. Преимущества космических солнечных электростанций с лазерным каналом передачи энергии. Ж. «Известия РАН» Энергетика №5,2012 С.38-47.
 4. Райкунов Г.Г., Комков В.А., Мельников В.М., Харлов Б.Н. Центробежные бескаркасные крупногабаритные космические конструкции.- М.:ФИЗМАТЛИТ, 2009. 447с.
 5. Андреев В.М.. Высокоэффективные фотоэлектрические преобразователи лазерного и концентрированного солнечного излучения. //Альтернативный киловатт, 2012. - № 6. - С.14-20.
 6. Ванке В.А., Лопухин В.М., Савин В.Л. Проблемы солнечных космических электростанций.//Успехи физических наук. 1977.Т. 123. вып.4. С.633-655.
 7. Сысоев В.К., Пичхадзе К.М., Грешилов П.А., Верлан А.А. Солнечные космические электростанции: пути реализации. - МАИ-ПРИНТ, 2013. - 160с.
 8. Boetti N. «Solar pumping of solid state laser for space mission: a novel approach»,available at: www.polito.it/articles, 2008.

Экспериментальные исследования кинетики процессов окисления твердофазных неорганических энергоносителей в водных растворах щелочей в интервале температур от 30°C до 90°C как приложение к созданию генератора водорода

Мешков Е.А., Власкин М.С.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН), г. Москва, Россия

Полнота реакции окисления неорганических энергоносителей алюминия и кремния в водных растворах щелочей натрия и кальция достигала 92% в зависимости от условий реакции – температуры и кислотности среды.

Наилучшие результаты были получены при окислении алюминиевого порошка ASD-6, средний размер частиц которого составляет 4 мкм.

Исследования были также проведены для более крупных порошков и гранул алюминия и порошка кремния, просеянного через 40 мкм сито.

Абсолютная величина объёма выделившегося водорода для полностью прореагировавшего порошка алюминия сопоставима с объёмом выделившегося водорода при окислении порошка кремния, при котором глубина реакции составила 74%. В обоих случаях величина составила 650 мл водорода при 20 °С.

Были получены зависимости кислотности реакционной среды от времени, которые выявили наличие регенерации щёлочи на уровне 40% от её начального количества.

Глубина реакции при окислении в гидроксиде натрия и оксиде кальция при pH = 12 оказалась одинаковой на уровне 90%.

Исследовалось влияние присутствия гидроксида алюминия в реакционной среде на величину выхода водорода при окислении 100 мкм порошка алюминия в оксиде кальция при различных температурах.

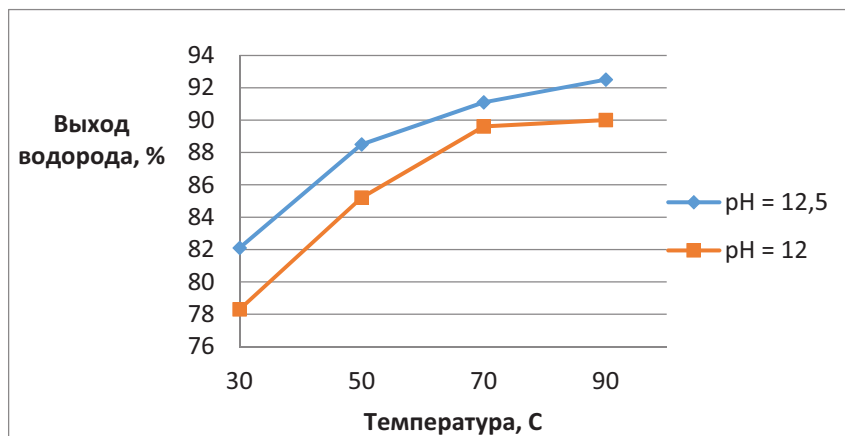


Рис. 1. Величина выхода водорода в процентах от теоретической величины для алюминиевого порошка ASD-6 при окислении в оксиде кальция

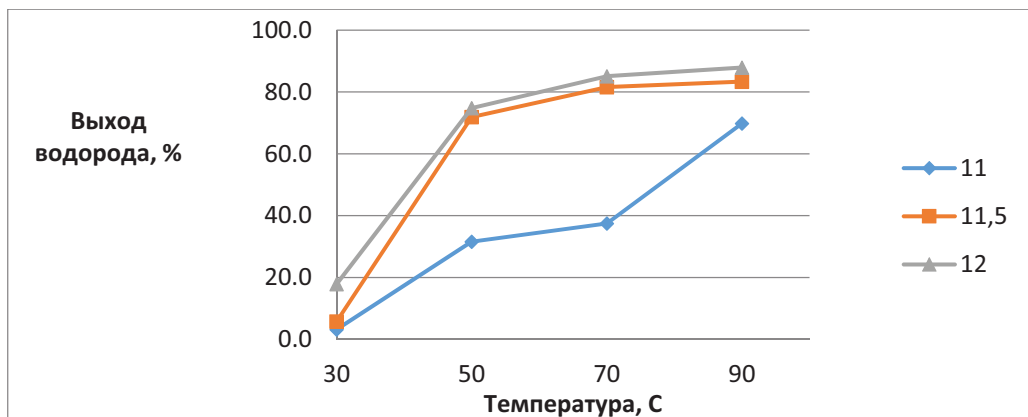


Рис. 2. Величина выхода водорода в процентах от теоретической величины для алюминиевого порошка ASD-6 при окислении в гидроксиде натрия

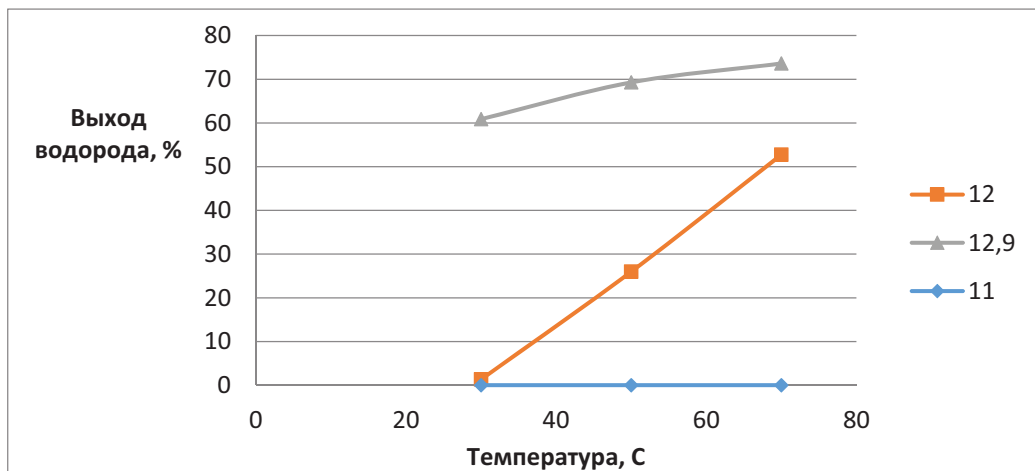


Рис. 3. Величина выхода водорода в процентах от теоретической величины для 40 мкм кремниевого порошка при окислении в гидроксиде натрия

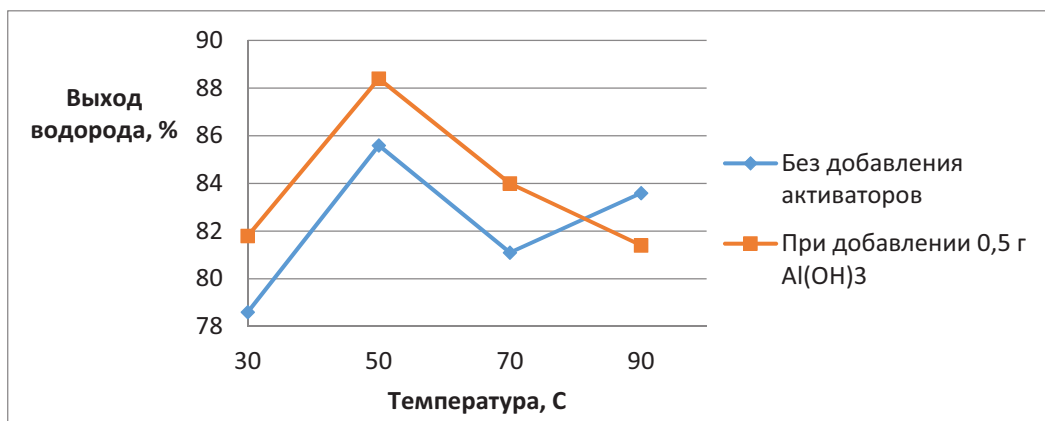


Рис. 4. Величина выхода водорода в процентах от теоретической величины для 100 мкм алюминиевого порошка при окислении в оксиде кальция при $\text{pH} = 12,5$

Достоинства и недостатки отдельных систем и установок энергетики возобновляемых источников энергии

Осадчий Г.Б.

644053, Омск-53, ул. Магистральная, 60, кв. 17

Соотношение между ценами производства и потребления в среднем по России равняется двум, что обусловлено транспортными, снабженческо-сбытовыми, налоговыми и прочими начислениями, а также особенностями хранения реализуемой продукции и обеспечения жизнедеятельности объектов сферы услуг. При этом по отдельным регионам цены потребления различаются значительно. Удельный вес, например, транспортных расходов в цене потребления составляет в среднем около 10%, а при поставке на значительные расстояния — около 50%. Удельный же вес расходов на хранение определяется в основном энергопотреблением.

В результате прибыль производителя сведена к минимуму, а основная часть прибавочной стоимости реализуется в сфере обращения, что снижает рентабельность производства и значительно повышает цену потребления против цены предложения. Львиная доля в разности цен, потребления и производства приходится на то с какой эффективностью, в каком виде и какими средствами проводится энергосберегающая политика не только в сфере услуг, но и в сфере производства энергии. Сфера услуг, особенно связанная с использованием искусственного холода и тепла, сама зависит от цены и дефицита тех или иных видов энергии.

Дефицит энергоресурсов в России обусловлен не только тем, что у нас самая холодная в мире зима и большие расстояния до мест добычи энергоносителей но и потому, что современные системы жизнеобеспечения промышленного производства, жилья, сельского хозяйства, строительства не используют, в частности, для энергосбережения при эксплуатации стационарных энергогенерирующих установок и систем тепловые приводы и резкие сезонные колебания температур, достигающие 50 – 70 °С, а базируются в основном на технологиях времен всеобщей индустриализации страны (первой половины прошлого века).

Значительные финансовые ресурсы, большое количество топлива, а значит и электроэнергии расходуется из-за того, что разнообразные потребители топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в прошедшие годы были переориентированы на использование технологий с применением в качестве универсального вида энергии — электрической энергии.

Централизованное производство электрической энергии с использованием ее для совершения у потребителя необходимых ему видов работ по жизнеобеспечению зданий и производства было выгодно только с экономической точки зрения; когда электрическая энергия отпускалась по льготным тарифам и электрические сети содержались в удовлетворительном состоянии, так как для объектов с низкими объемами потребления, где невозможна унификация это упрощало номенклатуру, в частности механизации, холодо-(тепло)генерирующего и холодо-(тепло)использующего оборудования.

В настоящее время, когда россиянам уже не гарантируется надлежащее электроснабжение и цены на электроэнергию резко возросли, необходимо уже не

только с экологической, но и с экономической точек зрения переход на использование более дешевых видов энергии. При этом необходимо резко сократить потребление высоколиквидной электрической энергии.

Известно, что в процессе добычи, производства, транспортировки, хранения, потребления органических энергетических ресурсов (топлива), на всех перечисленных последовательных этапах продвижения энергии первичных источников и на всех ступенях использования энергии в материальном производстве и сфере услуг в целом **теряется около 90 % энергии по сравнению с первоначальным уровнем.**

Все это приводит к запредельному потреблению ТЭР и расходу средств на борьбу с загрязнением окружающей среды и **связано оно в первую очередь с большим количеством технологических переделов, которым подвергаются органическое топливо и генерируемые виды энергии на пути к потребителю,** ведущих к тому же к резкому удорожанию традиционного энергоснабжения.

Одним из путей снижения доли в разности цен, потребления и производства является выработка необходимых видов энергии на децентрализованных (удаленных) территориях за счет использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

В электронных изданиях широко представлены под различными названиями многочисленные системы и установки энергетики ВИЭ, каждая из которых имеет в зависимости от географического положения потребителя энергии, режима эксплуатации, временных потребностей в тех или иных видах энергии свои преимущества и недостатки.

Предлагается оценка достоинств и недостатков отдельных систем и установок энергетики ВИЭ, призванных обеспечивать водоснабжение, выработку механической и электрической энергий производство холода и тепла в средней полосе России. **Возможности энергетики ВИЭ по обеспечению этими видами энергии приведены в таблицах 1 – 10.**

Это — сводный анализ наиболее эффективных; с точки зрения минимизации: энергетических потерь; расхода создаваемых человеком материалов; отрицательного воздействия на окружающую среду и человека, технологий использования в средней полосе России наиболее распространенных видов ВИЭ — энергии Солнца, в том числе, аккумулируемой солнечным соляным прудом [1] и ветра (ВЭУ).

Конечно, перечень, ВИЭ для водоснабжения может быть расширен за счет гидроэнергии, ДВС, работающих на биогазе и т.п.

Однако гидроэнергия — это источник энергии ограниченного использования, а биогаз, как высоколиквидное топливо, более всего подходит для применения в ДВС транспортных средств.

Акцентирование внимания на том, что в системе солнечного водоснабжения нет использования электроэнергии; обуславливается не только тем, что использование электричества для целей водоснабжения не выгодно в стационарных условиях (даже в условиях сверхплотной городской застройки) не только с энергетической точки зрения. А потому, что медики объявили об открытии новой болезни, присущей современной цивилизации — синдрома электромагнитной гиперчувствительности (СЭГ).

СЭГ проявляется у людей, проживающих вблизи источников сильного электромагнитного излучения — высоковольтных линий электропередач, передатчиков и т.п.

Среди наиболее часто встречающихся симптомов СЭГ выделяют головную боль, воспаление глаз, головокружение, тошноту, кожную сыпь, припухлость лица, слабость, быструю утомляемость, боли в суставах и мышцах, зуд в ухе, тяжесть в животе, затруднение дыхания и нарушение ритма сердца. Мощность радиоволн в

крупных городах в 2 млн раз превосходит естественный фон, который создает Солнце. Кроме радиоволн есть и множество других источников электромагнитного излучения — электропроводка, телевизоры, компьютеры, осветительные приборы и так далее. Жители Северной Америки подвергаются в среднем в два раза большему воздействию электромагнитных полей, чем в Европе. Это связано с тем, что в США напряжение в электрической сети вдвое меньше европейского стандарта (100 В против 220 В), а ток, соответственно, в 2 раза больше. Тактика лечения СЭГ до сих пор не разработана. По всей видимости, аналогичное воздействие оказывает электромагнитное излучение, особенно высокой плотности на другие живые организмы (животных, птиц, рыб, растения).

Следовательно, водоснабжение за счет использования энергии солнечных соляных прудов и ветра (без промежуточной выработки электрической энергии) повышает его (водоснабжения) экологическую безопасность.

Таблица 1 – Достоинства и недостатки систем и установок энергетики ВИЭ, призванных обеспечивать водоснабжение в средней полосе России

ВИЭ	Тип системы (установки)	Преимущества	Недостатки	Область применения
Солнце	ФЭП — насос	Малые габариты	Малый Киум* Деградация электрической энергии. Большое количество технологических переделов	В условиях сверхплотной городской застройки и размещения производств
	Гелиоводомёт с солнечным соляным прудом [1]	Работа на аккумулярованной солнечной энергии до 2-х недель. Температура нижней границы термодинамического цикла водомёта около 0 °С. Аккумуляция теплоты для использования зимой. Нет использования электроэнергии	Значительные площади и объемы пруда и котлована со льдом. Наличие большого концентратора солнечной энергии	В местностях с низкой плотностью проживания и размещения производств
	Гелиоводомёт с солнечным коллектором	Минимальное количество технологических переделов. Малые размеры	Малый Киум. Рассеивание тепла термодинамического цикла.	В условиях плотной городской застройки
Ветер	ВЭУ — насос	Использование механической энергии для привода насоса	Малый Киум. Негативное влияние шума на окружающих	В местностях со сверхнизкой плотностью проживания

* коэффициент использования установленной мощности

Таблица 2 – Достоинства и недостатки систем и установок энергетики ВИЭ, призванных обеспечивать производство механической энергии в средней полосе России

ВИЭ	Тип установки (системы)	Преимущества	Недостатки	Область применения
Солнце	ФЭП — электродвигатель	Малые габариты	Малый Киум Деграация электрической энергии. Большое количество технологических переделов	В условиях сверхплотной городской застройки и размещения производств
	Тепловой двигатель, работающий от энергии солнечного соляного пруда [1]	Работа на аккумулированной солнечной энергии до 2-х недель. Минимальное количество технологических переделов. Создание запаса тепла для зимнего использования.	Значительные площади и объемы пруда и котлована со льдом. Наличие большого концентратора солнечной энергии	В местностях с низкой плотностью проживания и размещения производств
	Тепловой двигатель, работающий от энергии солнечного коллектора	Минимальное количество технологических переделов. Малые размеры	Малый Киум. Рассеивание тепла термодинамического цикла.	В условиях плотной городской застройки.
Ветер	ВЭУ	Минимальное количество технологических переделов.	Малый Киум. Негативное влияние шума на окружающих.	В местностях со сверхнизкой плотностью проживания.

Таблица 3 – Достоинства и недостатки систем и установок энергетики ВИЭ, призванных обеспечивать производство электрической энергии в средней полосе России

ВИЭ	Тип установки (системы)	Преимущества	Недостатки	Область применения
Солнце	ФЭП	Минимальное количество технологических переделов. Малые габариты	Малый Киум Большая стоимость	В условиях городской застройки и размещения производств
	Гелио-электростанция, с солнечным соляным прудом [1]	Работа на аккумулированной солнечной энергии до 2-х недель. Создание запаса тепла для зимнего использования.	Большие площади и объемы пруда и котлована со льдом. Наличие большого концентратора солнечной энергии	В местностях с низкой плотностью проживания

	Гелио-электростанция, с солнечным коллектором	Малые размеры	Малый Киум. Рассеивание тепла термодинамического цикла.	В условиях плотной городской застройки.
Ветер	ВЭУ	Возможность генерирования электроэнергии в условиях полярной ночи.	Малый Киум. Негативное влияние шума на окружающих.	В местностях со сверхнизкой плотностью проживания.

Таблица 4 – Эксплуатационные характеристики электрогенерирующих установок в средней полосе России

Тип установки	Период эксплуатации	Неблагоприятные климатические факторы	Киум
С солнечным соляным прудом	Весна, лето, осень	Ветер, пыль	100 %
С ФЭП	Круглый год при наличии резервного источника электроэнергии	Град, пыль, дождь, снег, ветер, холодная погода	<<100 %
С солнечным коллектором		Штиль. Обледенение. Порывы ветра	
С ВЭУ			

Таблица 5 – Экономические особенности электрогенерирующих установок для средней полосы России

Тип установки	Используемые природные материалы		Остальные используемые материалы	
	перечень	срок службы	перечень	срок службы
С солнечным соляным прудом	Вода, соль, грунт, глина, галька, песок >90 % от веса системы	Не ограничен	Металл, пластики, стекло теплоизоляция	До 25 лет
С солнечным коллектором	—	—		
С ВЭУ	—	—	Бетон, металл, пластики	До 25 лет
С ФЭП	—	—	Моно(мульти)-кристаллический кремний	До 25 лет

Таблица 6 – Социальные и экологические характеристики электрогенерирующих установок в средней полосе России

Тип установки	Влияние на занятость населения	Влияние на энергетическую безопасность	Воздействие на окружающую среду
С солнечным соляным прудом	Создаются новые постоянные рабочие места.	Уменьшается зависимость территориального образования, производства и быта от поставок электроэнергии	—
С солнечным коллектором			Вредные выбросы от резервного источника
С ВЭУ			
С ФЭП*			

*загрязнение окружающей среды при изготовлении

При производстве механической и электрической энергии от ВИЭ не используется вода в том традиционном виде, в качестве теплоносителя-охладителя, как при работе ТЭЦ. И это придает этим технологиям более высокую эпидемиологическую безопасность.

Вода — естественный природный теплоноситель, с её помощью отводятся избытки тепла от агрегатов традиционных тепловых электростанций при производстве электроэнергии. Её надо охлаждать и, охлажденную, вновь вернуть на предприятие, замкнув тем самым производственный цикл.

В современной энергетике используются в основном два способа её охлаждения — в градирнях и прудах-охладителях. Градирни при своем зарождении служили при добыче соли выпариванием. Сегодня они используются как устройства для охлаждения воды воздухом в оборотной (циркуляционной) системе водоснабжения. Они дожили до наших дней, достигнув циклопических размеров: более 120 м в высоту и 400 м² в основании.

Градирни отрицательно воздействуют на среду обитания с эпидемиологической точки зрения. Градирня — это постоянный источник питательной среды для бактерий и микроводорослей: здесь нет губительного действия солнечного света, зато есть теплая вода — благодатнейшая среда для их развития. Теплая вода взаимодействует и с элементами конструкции, и с охлаждающей системой.

Борьба с микрофлорой внутри градирни (подкисление, фосфатирование, хлорирование, газация и т. д.), отрицательно влияет на саму конструкцию. Вместе с испаряемой водой (испарение 1 % воды понижает её температуру на 6 °С, что и является целью работы градирни), как отмечают экологи, рассеиваются патогенные бактерии и вирусы, что приводит к росту заболеваний в районах, находящихся рядом с градирней. Для архитекторов градирня — яркий пример антиэкологической, агрессивной визуальной среды для зрительного восприятия, для биологов — невозможность использовать теплую воду, прошедшую градирню, для любого биологического производства. Для энергетиков и покупателей энергии тоже с относительной ценностью: охлаждение водой увеличивает издержки на производство электроэнергии на 5 % (сухой более чем на 25 %), КПД электростанции снижается при этом на 1 % (с сухой — на 6 – 8 %), а для населения это рост тарифов. **При использовании градирни порочен сам принцип «охлаждения ради охлаждения», без какой либо пользы, без попыток заставить теплую воду работать и вывести её из категории «тупикового» продукта с «отрицательной» стоимостью** (с учетом затрат на отвод тепла в атмосферу). Тем более что по мере развития и совершенствования

традиционной энергетики растет и температурное качество теплой воды: если у ТЭС зимой она не повышается выше $+8 - 11^{\circ}\text{C}$, то у АЭС зимой она не опускается ниже $+18 - 20^{\circ}\text{C}$, а летом поднимается до $+35 - 40^{\circ}\text{C}$.

Таблица 7 – Достоинства и недостатки системы холодотеплоснабжения на базе солнечного соляного пруда и котлована со льдом/талой водой для средней полосы России

Тип системы	Преимущества	Недостатки	Дополнительные виды энергоснабжения
Холодоснабжения [1]	Работа на аккумулированной солнечной энергии прудом до 2-х недель. Максимальная холодопроизводительность в солнечные дни. Не требуется резервного источника холода и тепла. Трансформация солнечной энергии в холод с коэффициентом $\gg 1$. Аккумулирование низкопотенциальной теплоты для зимы. Нет использования электроэнергии	Большие площадь и объем пруда и котлована. Наличие большого концентратора солнечной энергии	Подогрев воздуха и воды в солнечном соляном пруду до $70 - 80^{\circ}\text{C}$. Охлаждение* воздуха и воды в котловане со льдом до 0°C .
Теплоснабжения [1]	Трансформация тепловой энергии в теплоту с коэффициентом $\gg 1$. Аккумулирование льда для лета. Нет использования электроэнергии	Использование органического топлива для работы зимой хладомёта	Подогрев зимнего воздуха в котловане с талой водой до $+2^{\circ}\text{C}$

* использование естественного холода в холодосистемах производственного цикла обеспечивает снижение энергозатрат при генерации холода в 8 – 10 раз. Холод котлована можно использовать летом для охлаждения аккумуляторных батарей ВЭУ, трансформаторов, инверторов, теристоров и т.п.

Таблица 8 – Эксплуатационные характеристики системы холодотеплоснабжения для средней полосы России

Тип системы	Период эксплуатации	Неблагоприятные климатические факторы	Киум
Холодоснабжения	Весна, лето, осень	Пыль, ветер	100 %
Теплоснабжения	Работа в отопительный сезон	—	

Пруд зимой можно использовать в качестве ледяного катка

Солнечный соляной пруд и котлован со льдом/талой водой рассмотренных выше систем в течение всего периода эксплуатации можно использовать и в качестве противопожарных водоемов, которые могут оставаться таковыми и после прекращения работ систем.

Запас воды на тушение пожара должен быть достаточным для подачи 10 л/с в течение 3 часов. Такое количество может храниться в котловане глубиной 1,5 м с зеркалом 70 м^2 [2].

Таблица 9 – Экономические особенности системы холодотеплоснабжения [1] для средней полосы России

Тип системы	Используемые природные материалы		Остальные используемые материалы	
	перечень	срок службы	перечень	срок службы
Холодо-снабжение	Вода, соль, грунт, глина, галька, песок >95 % от веса системы	Не ограничен. Пригодны для повторного использования	Металл, пластики, тепло-изоляционные материалы	До 25 лет
Тепло-снабжение				

Таблица 10 – Социальные и экологические характеристики системы холодотеплоснабжения для средней полосы России

Тип системы	Влияние на занятость населения	Влияние на энергетическую безопасность	Воздействие на окружающую среду
Холодо-снабжение	Создается новое производство	Уменьшается зависимость территориального образования, производства и быта от поставок топлива и электроэнергии	—
Тепло-снабжение	Создаются новые рабочие места		Вредные выбросы от источника тепловой энергии

Статистический анализ пожаров на объектах хранения, переработки и транспорта нефти и нефтепродуктов, проведенный за последние 10 лет XX века, показывает, что из 200 пожаров более 80 % произошло в наземных резервуарах. В резервуарах с сырой нефтью — 26 %, с бензином — 49 %, а в резервуарах с мазутом, дизельным топливом и керосином — 24 %. Кроме этого, имели место пожары в насосных станциях по перекачке нефтепродуктов и нефтей, на железнодорожных и автомобильных эстакадах.

При пожарах сгорело несколько миллионов тонн нефти и ее производных, а для локализации и тушения пожаров, потребовалось огромное количество воды, а на привод противопожарной техники израсходовано несколько миллионов литров топлива.

За последние 5 лет XX века в лесах, находящихся в ведении Федеральной службы лесного хозяйства России, зарегистрировано 81,2 тыс. пожаров. Около 80 % пожаров в лесном хозяйстве возникает по вине человека, 20 % — от грозных разрядов. В густонаселенных районах большинство пожаров возникает, как правило, не от гроз, а по вине человека. Места возгораний здесь сравнительно доступны, но при значительном их количестве нередко оказывается невозможным без достаточного количества воды, имеющимися силами и средствами своевременно потушить все очаги. Пожары возникают на лесозаготовках, лесоперевалах, на базах прописки энергетических средств — тракторов, сложных специализированных машин предназначенных для лесовосстановления и так далее.

Эти пожары, входящие в число пожаров по вине человека, и приведшие к сгоранию и повреждению заготовленной древесины, зданий, сооружений, машин и так далее в прямом ущербе от лесного пожара занимают весьма скромное место — 2%.

Львиная доля затрат приходится на тушение — это оплата привлеченных сил и средств пожаротушения, их обслуживание, расходы на использование авиации — 33 %.

Огромный расход воды и топлива при тушении пожаров леса, нефти и ее производных обуславливается тем, что высокая температура пламени (до 1200 °С) требует тепловой защиты близлежащей заготовленной древесины, установок, емкостей, арматуры, заполненных, как правило, взрывоопасными средами. Для исключения перегрева, возгорания, взрыва, их надо поливать водой, т. е. большая доля топлива и воды в противопожарной технике расходуется на локализацию пожаров. Отсутствие достаточного количества воды приводит к выходу огня на «простор».

Рассредоточенность пунктов хранения и отпуска нефтепродуктов, заготовки, переработки и хранения древесины диктует, при плохих дорогах, развитие сети альтернативного пожаротушения среднего звена. Необходимо иметь достаточные в течение всего года запасы воды, позволяющей до прибытия штатных пожарных самим не только локализовать пожар, но и быстро его ликвидировать с минимальными энергетическими и материальными затратами, с минимальной тепловой нагрузкой на биосферу.

В настоящее время для борьбы с лесными пожарами Вырицкий ОМЗ выпускает высоконапорные мотопомпы МЛВ-1, МЛВ-2/1,2, плавающую МЛП-0,2, а ЦОКБ “Лесмаш” - низконапорную МЛН-3/0,35.

Высоконапорные мотопомпы, особенно МЛВ-2/1,2, хорошо зарекомендовали себя при тушении лесных пожаров, и с успехом могут применяться для локализации и тушения пожаров в жилищно-коммунальном секторе.

При выводе систем на базе солнечных соляных прудов и котлованов из эксплуатации в выемках прудов и котлованов можно также возводить сооружения для выращивания грибов. В пруд и котлован закачивать грунтовые воды для «выдержки» и подогрева перед поливом. А также для замочки деревянных бочек. Для испытания крупногабаритных изделий на герметичность, на коррозионную стойкость в морской воде. Для флотации.

Вода в отличие от пластмасс, используемых в солнечных коллекторах, не разрушается от ультрафиолетовых лучей. Срок эксплуатации её не ограничен.

Немаловажен и такой факт. Утилизация систем энергетики ВИЭ не идёт ни в какое сравнение с проблемами, с которыми сталкиваются АЭС, — некуда девать отработанное ядерное топливо, нет хранилищ по международным меркам, которые были бы признаны безопасными. Хранилища пристанционные переполнены. Атомные станции, многие из них уже отслужили свой срок, и их надо выводить из строя. Однако на вывод из строя требуются такие же деньги, как на строительство атомных станций (2000 – 3000 \$/кВт), этих денег атомная энергетика тратить не хочет. Поэтому они правдами и неправдами продлевают срок службы атомных станций ещё на 10 – 15 лет, надеясь, что проблема будет решена после того, как они уйдут от службы. Это делает российскую атомную энергетику ещё более опасной. Нельзя ездить без конца на автомобилях — они стареют. Как вы его ни ремонтируете, старый автомобиль есть старый автомобиль, он гораздо более опасный, чем новый автомобиль. Примерно в таком же состоянии находится не только атомная энергетика, но как показала жизнь и ГЭС.

Все окружающие нас предметы, машины, изделия имеют определенные этапы жизненного цикла: проектирование, производство, эксплуатация, образование отходов. Далее происходит их утилизация.

Чрезвычайно важная и быстро надвигающаяся на нас проблема — это проблема потребления ресурсов. Это принципиально новый подход к технологии производства продукта.

Стратегической перспективой для решения этой проблемы является, глобальный рециклинг, когда практически все ресурсы, возможно, использовать в производстве, кроме полигонов твердых бытовых отходов, которые необходимо временно захоронить в ожидании развития новых технологий их использования или уничтожения.

Важнейшей задачей остается и необходимость создания материалов, которые можно было бы использовать, в глобальном рециклинге, что позволяет исключить такие понятия, как отходы. Природа дала нам такой материал, и он издревле был познан, принят человечеством — это драгоценные металлы: золото, серебро, а в настоящее время и элементы платиновой группы. Дело в том, что коэффициент их повторного использования составляет 97 – 99 %. При современных технологиях коэффициент использования чисто углеродистых графитовых материалов, углеродных волокон 85 – 90 %. Однако объемы первых групп крайне низкие и какой-либо существенной роли они не играют. Серьезной проблемой становятся цветные металлы с точки зрения их производства и высоких затрат энергии.

Значительный интерес представляет рециклинг цветных металлов (алюминиевых сплавов, титановых, медных и некоторых других) с коэффициентом использования 75 – 80 %.

Использование железного лома и его сплавов, воспроизводство которых составляет 65 %, давно признано одним, из наиболее эффективных.

И в тоже время одним из наиболее распространенных методов утилизации органосодержащих отходов в постсоветских странах является их захоронение или складирование. Это влечет за собой ряд проблем — отчуждение территорий, загрязнение атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и грунтовых вод. Такие методы также не оправданы с экономической точки зрения, т.к. являются затратными и ставят предприятие в зависимость от сторонних организаций.

И, как известно более 70 % производимых человеком материалов, веществ не имеют природных утилизаторов.

Эти проблемы также можно отнести к критериям оценки эффективности инновации, в том числе в энергетике ВИЭ.

Конечно, энергетика ВИЭ не может идти по пути автомобилистов, использующих утилизацию дорогих металлов для защиты окружающей среды. Глушители европейских автомобилей оснащены катализатором из платины и палладия. С их помощью можно почти полностью избавиться от угарного газа в выхлопе автомобиля, а большую часть оксидов азота превратить в безвредные соединения. Однако эти металлы очень дороги и со временем расходуются.

Поэтому в энергетике ВИЭ нужно стремиться создавать технологии с высокими коэффициентами использования существующих природных материалов и повторного использования этих материалов, и материалов, из которых изготавливается оборудование.

Целый ряд экологических факторов утилизации, влияющих на жизнь и здоровье людей, развитие экосистем связан с производством. Рассмотрим это на примере аэропорта. Его деятельность, связана, в частности, с эксплуатацией и обслуживанием наземных средств передвижения, зданий и сооружений и основана, на использовании добытого и переработанного топлива, масел, специальных жидкостей и т.п. Это также усиливает техногенную нагрузку на окружающую среду. Действительно, любое предприятие, в том числе авиатранспортное, вовлекает в сферу производства сырье и природные ресурсы, а обратно в окружающую среду направляет лишь одни отходы. А ведь авиапредприятия, в том числе аэропорты, как правило, расположены обособленно за пределами города, имеют санитарно-защитные зоны и зоны

безопасности. Абсолютное большинство из них имеют собственные автономные, котельные и мощные резервные дизельгенераторы.

Экологический эффект вывода, например, котельных их из эксплуатации — улучшение среды обитания человека и условий труда. Он выражается в уменьшении загрязнений и концентраций вредных веществ в атмосфере, воде, почве, увеличении площадей пригодных земель, природных зон и ландшафта, сокращении уровня шумов и вибраций. Вот где поле деятельности для энергетики ВИЭ

Реализация природоохранных мероприятий способствует улучшению здоровья населения, росту продолжительности жизни и т.д., предотвращению нежелательных ситуаций, способных приводить к тяжелым социальным последствиям и материальным потерям.

При демонтаже, разделке оборудования традиционной энергетики, в зависимости от используемых технологий утилизации, загрязняющие вещества могут поступать в окружающую природную среду в виде газо-и парообразных химических соединений, растворов, аэрозолей, пыли и других видов отходов. При ликвидации градилен необходимо предусмотреть не распространение болезнетворных микробов и бактерий. Необходимо защитить население от влияния пыли золоотвалов — этого отрицательного фактора работы ТЭЦ, ТЭС. И здесь может прийти на помощь солнечная энергетика, способная обеспечить выкачивание и перемещение больших объемов воды не только для ирригации, сельского хозяйства, пожаротушения, дегазации, дезинфекции, осушение водоемов, бассейнов и колодцев, но и полив золы, для предотвращения её уноса.

Рассмотрим с этой точки зрения материалы, используемые в солнечном соляном пруду и котловане. Нет ли необходимости при их утилизации создавать специальные технологии переработки, захоронения (как для ядерных отходов) и т.д., с расходом энергии при уничтожении.

При утилизации солнечного соляного пруда — выпаривании воды из рассола, теплый водяной пар можно направлять для обогрева теплиц (грибниц). Вода, как элемент мироздания, занимает место по жизнестойкости после воздуха, а уже потом идет земля (грунт).

Оставшийся после выпаривания естественным путем воды из рассола пруда слой соли в пруду можно использовать для создания лечебных солевых комнат. При выпаривании, можно получить идеальную ровную поверхность большой площади. На этой поверхности можно монтировать (стыковать) перед сваркой или клепкой крупногабаритные изделия. При монтаже на такой поверхности можно получать идеальные посадочные (стыковочные, присоединительные) поверхности в одной плоскости или строго параллельные. Цена такой соляной поверхности может даже превышать первоначальную стоимость всего пруда с системами энергообеспечения. Соль убивает микробы и потенциальных возбудителей болезней. Для справки: только, на высохших соляных прудах, которые считаются самыми ровными твердыми поверхностями на земле, фиксируются рекорды скоростей автомобилей.

После прекращения работы системы очищенные пруд и котлован можно использовать в качестве летних плавательных бассейнов и зон отдыха для людей, плохо переносящих летний зной.

Список литературы

- 1 Осадчий Г.Б. Солнечная энергия, её производные и технологии их использования (Введение в энергетику ВИЭ) / Г.Б. Осадчий. Омск: ИПК Макшеевой Е.А., 2010. 572 с.
- 2 Кумин В.Д. Электрофицированные установки для водоснабжения// Механизация и электрификация в сельском хозяйстве. 1996. № 3. С. 13 – 16.

Составляющие экономической эффективности использования систем и установок энергетики возобновляемых источников энергии

Осадчий Г.Б.

644053, Омск-53, ул. Магистральная, 60, кв. 17

Существует и предлагается много различных методик расчета и показателей эффективности производства энергии, в том числе при использовании экологически более чистых технологий её генерирования.

Вот некоторые из них.

Коэффициент окупаемости при оценке и выборе проекта (энергосистемы) выступает в качестве неизвестного, которое находится из равенства приведенных денежных поступлений за весь срок службы проекта и приведенных капитальных вложений по его реализации [1]

$$\int_0^T K_t \times e^{-r_n \times t} \times dt = \int_0^T D_t \times e^{-r_n \times t} \times dt,$$

где r_n — коэффициент приведения (окупаемости) капиталовложений, алгебраическая величина; T — срок службы проекта (его временной горизонт), в годах; D_t — денежные поступления от реализации проекта, рассматриваемые как результат функционирования авансированного капитала, год t ; K_t — капитальные вложения в течение t года.

В данном случае коэффициент окупаемости — это заданный «изнутри» рамками конкретного проекта показатель (его «внутренняя доходность»), значимость которого для лица принимающего решения не распространяется на другие проекты. Он является показателем максимально возможного уровня рентабельности капиталовложений для конкретного проекта.

Анализ приведенной формулы позволяет «увидеть» экономический смысл соизмерения затрат и результатов при их приведении (дисконтировании). Речь идет о нахождении ориентира, позволяющего учитывать стоимостные взаимосвязи, полноценно раскрывающиеся в рамках всего планового горизонта. Нахождение этих ориентиров для конкурирующих проектов позволяет как бы «спроецировать» последствия альтернативных способов приложения капитала на сходную ситуацию.

Важнейшим этапом принятия решений является сравнение полученных коэффициентов окупаемости с нормативом окупаемости, т.е. его минимально приемлемым значениям. В условиях различных временных горизонтов, динамик и величин денежных поступлений, различных производственных программ и капитальных затрат по их реализации заданные показатели эффективности используемых средств должны сравниваться по своим относительным значениям, подразумевающим существование «извне» заданного, т.е. не из среды рассматриваемых проектов, показателя эффективности капиталовложений.

Этот показатель представляет собой минимальное значение окупаемости, требуемое конкретной областью приложения капитала эффективности его единицы во времени и называется критической (пороговой) ставкой дисконтирования. Его значение является нормативом окупаемости для данной компании, или совокупности рассматриваемых проектов, или отдельно взятого проекта.

Здесь же необходимо остановиться на следующем: поскольку критическая ставка дисконтирования (r_k) представляет собой минимально приемлемый коэффициент окупаемости, то проекты, чьи расчетные коэффициенты удовлетворяют условно $r_n \geq r_k$, считаются эффективными и могут быть приняты к производству.

При выборе варианта из числа многих представленных технических решений с однократными капитальными вложениями и мало меняющимися по годам эксплуатационными расходами (для систем и установок энергетики возобновляемых источников энергии (ВИЭ)), показателем сравнительной экономической эффективности капитальных вложений является минимум годовых приведенных затрат [2]:

$$\mathcal{E}_{i\text{пр}} = C_i + E_n \times K_i,$$

где $i = 1, 2, 3, \dots, n$ – число сравниваемых вариантов; C_i – эксплуатационные расходы по рассматриваемым вариантам; K_i – капитальные вложения по тем же вариантам; E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Критерием выбора проекта для реализации в этом случае является минимум приведенных затрат. Но сравнение вариантов необходимо осуществлять по приведенным затратам за расчетный период.

А вот если эксплуатационные расходы (особенно стоимость топлива, для традиционной энергетики) растут с течением времени равномерно, т.е. прямолинейно зависят от времени, то приведенные затраты за расчетный год будут составлять:

$$\mathcal{E}_{i\text{пр.р}} = K_i \times E_n + C_{i\text{р}},$$

где $C_{i\text{р}}$ – эксплуатационные расходы в расчетном году, равные C_{i1}, β_i, t_p ; C_{i1} – эксплуатационные расходы первого года эксплуатации после осуществления K_i , т.е. после сдачи объекта строительства в эксплуатацию; β_i – темп роста эксплуатационных расходов; t_p – расчетный год.

Следовательно, $\mathcal{E}_{i\text{пр.р}} = K_i \times E_n + C_{i1} \times \beta_i \times t_p$.

Однако, если изменение стоимости топлива не предсказуемо, то рост эксплуатационных затрат не может быть определен, что вносит неопределенность при принятии решений по использованию той или иной системы или оборудования традиционной энергетики или энергетики ВИЭ.

С определенными упрощениями эффективность по сроку окупаемости системы энергетики ВИЭ может быть рассчитана по формуле

$$T = K / (Q \times C_3),$$

где: K — удельная сметная стоимость системы, руб.; Q — годовое количество энергии, вырабатываемое системой, МВт·ч (холода, теплоты и т.д.); C_3 — стоимость замещающей энергии (холода, теплоты и т.д.), руб./(МВт·ч).

Однако и здесь непрогнозируемая растущая стоимость топлива вносит свою неопределенность. Кроме того, для предлагаемой системы всегда можно найти такие удаленные местности, или режимы работы замещающего оборудования (котельной, работающей только летом, отсутствие ЛЭП) где стоимость замещающей энергии обеспечивает приемлемый срок окупаемости. В качестве примера. Тарифы на электроэнергию для промышленных предприятий в декабре 2000 г. отличались по субъектам РФ в 30 раз, а для населения в 10 раз [3].

Следовательно, оценка систем энергетики ВИЭ в сравнении с традиционной энергетикой по приведенным затратам, сроку окупаемости — это не те единственные критические показатели, по которым можно судить об эффективности использования ВИЭ, поскольку кроме всего прочего её системами и установками вырабатывается «зеленая» энергия.

По мнению ряда ученых; Х.З. Барабанер, В.М. Никитин, Т.И. Клокова [4], использование в качестве критериев эффективности производства показателей: увеличения объемов производства продукции, валового и чистого дохода, сокращение

затрат труда, материальных ресурсов, роста фондовооруженности, стоимости рабочего места установленного киловатта, снижения приведенных затрат **недостаточно определяет** реальную динамику технического и технологического уровня производства, т.к. эти критерии относительны и неточны. Величина стоимостных показателей определяется через цены (как выражение стоимости продукта), которые не всегда отражают общественно необходимые издержки производства. Поэтому исследователи предлагают такой показатель, который позволял бы более достоверно определить затраты на производство и, не подменяя стоимостных показателей, дополнял бы их и корректировал. Таким показателем по их мнению, должна являться **энергоёмкость**, отражающая затраты энергии на протяжении жизненного цикла производства продукта: от добычи сырья до получения готового изделия (энергии). Они считают, что энергетические показатели предпочтительны потому, что они наиболее соответствуют экономическим критериям эффективности общественного производства, отражая затраты совокупного труда на получение продукта в энергетических единицах, и могут служить реальной основой ценообразования, связанной с учетом затрат в системе «добыча — переработка — выпуск конечного продукта». Энергетический подход позволяет сравнивать неоднородные потребительские стоимости, производства в различных отраслях. Решение этих вопросов непосредственно смыкается с использованием энергетических показателей для прогнозирования технических средств, т.к. оно требует определения энергоёмкости машин и оборудования, играющей роль структурообразующего фактора.

По мнению авторов, применение энергетического критерия для технико-экономических оценок, планирования и учета открывает новые аспекты совершенствования хозяйственного механизма и стимулирования научно-технического прогресса в энергетике, или любой другой отрасли.

Однако в таком показателе также заложена неопределенность — изменение цены «энергоёмкости» при низком коэффициенте использования установленной мощности, изменении КПД в течение срока службы проекта (машины) и т.д. Кроме того в нем (показателе) как и в остальных, приведенных выше не находят свое отражение дополнительные социально-экологические преимущества получаемые при использовании систем и установок энергетики ВИЭ. А ведь известно, что российские и зарубежные оценки прямых социальных-экономических **затрат**, связанных, с вредным воздействием электростанций, вырабатывающих электроэнергию за счет сжигания органического топлива: включая болезни и снижение продолжительности жизни людей; оплату медицинского обслуживания, потери производства, снижения урожая, восстановления лесов и ремонт зданий в результате загрязнения воздуха, воды и почвы дают величину, **добавляющую около 75 % мировых цен** на топливо и энергию. По источнику [5] **эти затраты для угольных ТЭС выше.**

Кроме того, сравнительную экономическую оценку (энергоёмкость), например, теплоснабжения от сжигания дров и солнечной энергии, очень трудно привести к одному знаменателю. Ведь экономические потери от вырубki леса выражаются в уменьшении продуцирования кислорода, поглощения вредных газов, насыщения воздуха фитонцидами и т.д. Лес дает 40 % кислорода земной атмосферы, а океан 60 %. Охранно-защитные и рекреационные функции лесов, само собой, разумеется, являются не перевозимыми.

Конкурентоспособность энергогенерирующего предприятия (производства) в целом, как и машиностроительного предприятия [6], представляет собой среднеарифметическое, или средневзвешенное, число конкурентоспособности отдельных видов энергии выпускаемых предприятием:

$$J_{\text{предпр}} = \left[\frac{(\sum_{j=1}^m J_{j/1} + \sum_{j=1}^m J_{j/2} + \dots + \sum_{j=1}^m J_{j/m})}{m} + \frac{(\sum_{k=1}^n J_{k/1} + \sum_{k=1}^n J_{k/2} + \dots + \sum_{k=1}^n J_{k/n})}{n} + \frac{(\sum_{p=1}^r J_{p/1} + \sum_{p=1}^r J_{p/2} + \dots + \sum_{p=1}^r J_{p/r})}{r} \right] / P,$$

где $J_{\text{предпр}}$ — конкурентоспособность предприятия (производства) относительно конкурентов; $J_{j/1}$ — относительная конкурентоспособность j -й продукции предприятия к продукции первого конкурента; m — количество конкурентов по j -й продукции; $J_{k/1}$ — относительная конкурентоспособность k -й продукции предприятия к продукции первого конкурента; n — количество конкурентов по k -й продукции; $J_{p/1}$ — относительная конкурентоспособность p -й продукции предприятия к продукции первого конкурента; r — количество видов продукции на данном предприятии; P — количество конкурентов.

В свою очередь конкурентоспособность — экономическая эффективность систем энергетики ВИЭ напрямую зависит от показателя децентрализации потребителя энергии — чем удаленнее потребитель от основных магистралей, и чем меньше энергопотребление, тем более выгодно освоение систем работающих от ВИЭ. В этой связи может быть использовано много методик и показателей оценки эффективности использования ВИЭ в сферах производства, быта, отдыха и т.д. не обращаясь к критерию конкурентоспособность.

Опираясь на эти положения, рассмотрим работу Проекта — системы холодотеплоснабжения [7], обеспечивающей выработку холода и горячей воды в летний период и теплоты в зимний.

Экономическая эффективность проектов, подобных этому, обычно складывается из социального, экономического и экологического эффектов, или из социально-эколого-экономической эффективности.

С учетом приведенных критериев рассмотрим эколого-социально-экономическую эффективность системы холодотеплоснабжения по сравнению с традиционным холодоснабжением и теплоснабжением.

При этом возьмем за основу, близкую к современным воззрениям, по мнению автора, методику определения эффективности использования ВИЭ исследователей А.М. Некрасова и В.В. Фураева из МЭИ [8]. Дополнив её рядом новых показателей, в том числе приведенных учеными, проводившими экономические исследования в области топлива и энергетики [9, 10] и многих других.

При определении для зональной экосистемы эколого-социально-экономической эффективности системы холодотеплоснабжения (любой из технологий энергетики ВИЭ), будем пользоваться, показателями приведены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структура дополнительного экономического эффекта системы холодотеплоснабжения (отдельно взятой системы энергетики ВИЭ).

Рисунок 1 содержит основные составляющие дополнительной эффективности почти каждой, отдельно рассматриваемой технологии энергетики ВИЭ, без учета формирования на зональную экосистему многогранных социальных и вторичных (сопутствующих) экономических эффектов (результатов).

Народнохозяйственный эффект использования системы холодотеплоснабжения, как и любой технологии энергетики ВИЭ, состоит не только в производстве **холода и теплоты**, но и в **сохранении** при этом органического топлива в недрах (в том числе за счет использования зимой биометана). Это — **принципиальное** преимущество всей энергетики ВИЭ, и его необходимо учитывать при определении эффективности использования её систем и установок по сравнению с установками, использующими органическое топливо.

Ведь при сохранении топлива не возникает (не растет) в этой сфере глобальный «экономический долг поколения» (GED), который достиг астрономических размеров.

Поэтому **основной** полезный результат от использования системы холодотеплоснабжения может быть представлен в виде суммы двух слагаемых

$$V = V_1^x + V_2^x + V_1^T + V_2^T,$$

где V_1^x — полученный холод; V_2^x — сохранение топлива при получении холода; V_1^T — полученная теплота; V_2^T — сохраненное топливо при получении тепла.

Поскольку V_1^x можно выразить через эквивалентное количество топлива, равное V_2^x , а V_1^T через V_2^T , то

$$V = 2V_1^x + 2V_1^T.$$

Эти равенства, с соответствующей корректировкой, применимы ко всем технологиям использования ВИЭ. Они позволяют учесть принципиальную особенность ВИЭ — **возобновляемость**. Обычно при сравнении энергоустановок, использующих ВИЭ и органическое топливо, учитывается тождество сопоставимых вариантов в части V_1^x , V_1^T . Например, считается, что гелиоустановка эффективна, если затраты на неё не превышают затраты на топливо, которое израсходует установка такой же мощности на органическом топливе. **А такое преимущество при**

использовании, например, энергии Солнца, как сохранение органического топлива, остается вне поля зрения.

Экономия ресурсов становится все более важной задачей, и учет многогранных последствий от их сохранения, несомненно, будет давать более объективную оценку эффективности использования ВИЭ и энергосбережения.

Народнохозяйственный эффект от сохранения запасов органического топлива в недрах при использовании ВИЭ должен оцениваться как

$$\mathcal{E}_1 = k_{\text{пот}} \times V_{\text{т}} \times \text{ц, руб.}$$

где $V_{\text{т}}$ — количество топлива сэкономленного у конечного потребителя в год; $k_{\text{пот}}$ — коэффициент учитывающий потери первичного (находящегося в недрах) топлива при движении его к конечному потребителю: при добыче, обогащении, транспортировке, переработке, распределении и т.п., когда в среднем теряется до 90 % от находящегося в недрах ($k_{\text{пот}} \gg 1$); ц — удельная оценка (цена) сохранения в недрах органического топлива.

Методологию оценки эффективности гелиоохладильника в части V_1^x можно свести к сравнению с холодильником и соразмерными установками, вырабатывающими для него, электроэнергию и ЛЭП.

А методологию оценки эффективности предложенной системы зимнего теплоснабжения в части V_1^T можно свести к сравнению с котельной на органическом топливе. С учетом того, что для теплоснабжения зимой, используется биометан, выработанный из отходов на сопрягаемой территории. Следовательно, система зимнего теплоснабжения, состоящая из солнечного соляного пруда, котлована с водой, теплоприводного теплового насоса (ТН_{ТП}), теплообменников, арматуры, может рассматриваться и как бы дополнительным, усложняющим элементом к традиционному отоплению на органическом топливе (газе). С той лишь разницей, что при её работе используется гораздо меньше по объему «местный» биометан, вместо «привозного» природного газа. Кроме того поскольку система теплоснабжения, её основные элементы, летом используются в составе системы холодоснабжения, то при сравнении **капитальные затраты** на сооружение пруда, котлована и т.д. должны быть **соразмерно распределены** между этими двумя предложенными системами, органически объединенными в одну — систему холодотеплоснабжения.

При определении эффективности системы холодотеплоснабжения требуется также учет и анализ расхода не только денежных ресурсов (капитальных вложений, текущих затрат), но также сырьевых, топливных, транспортных, материальных и трудовых ресурсов в натуральном выражении, изменения которых для сравниваемых вариантов надо определять последовательно.

Полное сопоставление по каждому виду ресурсов для системы холодотеплоснабжения можно вести по соотношению

$$\Delta P_i = P_i^{\text{трад}} + p_i^T \times V_{\text{т}} - P_i^c - p_i^{\text{био}} \times V_c,$$

где ΔP_i — изменение в затратах $i_{\text{го}}$ ресурса; $P_i^{\text{трад}}$ — затраты $i_{\text{го}}$ ресурса на, соразмерные по мощности системе холодотеплоснабжения, традиционные установки выработки холода и тепла; p_i^T — удельные затраты $i_{\text{го}}$ ресурса на 1 т топлива; P_i^c — затраты $i_{\text{го}}$ ресурса на систему холодотеплоснабжения; $p_i^{\text{био}}$ — удельные затраты $i_{\text{го}}$ ресурса на 1 т биометана; V_c — количество использованного зимой биометана системой теплоснабжения.

Сопоставления, учитывающие только топливные составляющие будем вести без учета $P_i^{\text{трад}}$ и P_i^c .

Значение ΔP_i со знаком минус будет означать, что по данному виду ресурса система холодотеплоснабжения менее эффективна традиционных систем выработки холода и теплоты.

Годовая экономия топлива B в натуральном выражении у потребителя и связанная с его поставками потребителю оценивается как

$$B = B_T + B_{\text{тр.т}} + B_{\text{тр.э}},$$

где B_T — экономия топлива при выработке холода и теплоты; $B_{\text{тр.т}}$ — экономия топлива за счет отказа от транспорта высвобожденного топлива B_T ; $B_{\text{тр.э}}$ — экономия топлива за счет уменьшения потерь при транспортировке от ТЭЦ, ТЭС произведенной энергии (электроэнергии, теплоты) конечному потребителю и т.п..

Экономия топлива при выработке холода и теплоты системой холодотеплоснабжения определяется при условии такой же обеспеченности потребителей холодом и теплотой, что и в варианте на органическом топливе. С учетом радиационных характеристик конкретной местности (зональной экосистемы), КПД (эффективности) системы.

Количество топлива, которое понадобится на доставку топлива B от места его добычи к месту потребления находится на основе данных о расходовании топлива соответствующим магистральным и внутрирайонным транспортом. Экономия топлива на внутрирайонный транспорт особенно значительна при использовании системы холодотеплоснабжения в удаленных и труднодоступных районах. *Так стоимость доставки топлива для удаленных потребителей сильно зависит от расстояния его транспортировки автомобильным транспортом. Как известно, сопротивление качению грузового автомобиля на пневмоколесах в 6 – 9 раз выше, чем у железнодорожного вагона, катящегося по рельсам. По этой причине и удельные затраты энергии на перевозку, например, угля на грузовиках, в 2 – 4 раза выше, чем на железнодорожном транспорте.* При этом необходимо также учитывать, что, например, коэффициент сохранности угля при транспортировке на дальние расстояния составляет 0,83 – 0,85, а коэффициенты сохранности угля при погрузочно-разгрузочных работах и хранению: по количеству — 0,90 – 0,92, по качеству — 0,93 – 0,95.

Количество топлива (энергии) которое требуется для транспорта произведенной энергии (электроэнергии, теплоты) конечному потребителю зависит от мощности генерирующей системы (установок). Обычно в производственно-транспортных задачах на размещение и мощность любого предприятия оказывают влияние противодействующие факторы. Так с увеличением мощности предприятия уменьшаются удельные производственные затраты, но зато увеличивается радиус транспорта продукта. Это в полной мере относится и к производству и транспорту энергии (электроэнергии, тепла) ТЭЦ, ТЭС.

Изменение потребности в основных материалах (например, стального проката) в натуральном выражении равно

$$\Delta M = M^{\text{трад}} + (M_{\text{доб}} + M_{\text{тр}}) \times B - M^c - M_{\text{выр}} \times B_c,$$

где $M^{\text{трад}}$ — расход материалов на, соразмерные по мощности системе холодотеплоснабжения, традиционные установки выработки холода и тепла; $M_{\text{доб}}$, $M_{\text{тр}}$ — удельные расходы материалов соответственно на добычу и транспорт топлива; M^c — расход материалов на систему холодотеплоснабжения; $M_{\text{выр}}$ — удельный расход материалов на выработку биометана и его хранение.

При этом расход материалов учитывается как для единовременных $M_{\text{ед}}$, так и текущих нужд $M_{\text{тек}}$. Соизмерение этих разновременных затрат осуществляется посредством нормативного коэффициента эффективности E_n .

Тогда потребность в материалах для традиционных установок выработки холода и тепла определяется так

$$M^{\text{трад}} = E_n \times M_{\text{ед}}^{\text{трад}} + M_{\text{тек}}^{\text{трад}}$$

А потребность в материалах для системы холодотеплоснабжения определяется так

$$M^c = E_n \times M_{\text{ед}}^c + M_{\text{тек}}^c$$

Расход материалов на добычу $M_{\text{доб}}$ и транспорт топлива $M_{\text{тр}}$ определяется так

$$M_{\text{доб}} = E_{\text{н}} \times M_{\text{ед}}^{\text{доб}} + M_{\text{тек}}^{\text{доб}},$$

$$M_{\text{тр}} = E_{\text{н}} \times M_{\text{ед}}^{\text{тр}} + M_{\text{тек}}^{\text{тр}},$$

где $M_{\text{ед}}^{\text{доб}}$, $M_{\text{ед}}^{\text{тр}}$, $M_{\text{тек}}^{\text{доб}}$, $M_{\text{тек}}^{\text{тр}}$ — потребности в материалах соответственно на создание мощностей по добыче и транспорту топлива и на текущие нужды.

А расход материалов на выработку биометана $M_{\text{выр}}$ определяется так

$$M_{\text{выр}} = E_{\text{н}} \times M_{\text{ед}}^{\text{выр}} + M_{\text{тек}}^{\text{выр}},$$

где $M_{\text{ед}}^{\text{выр}}$, $M_{\text{тек}}^{\text{выр}}$ — потребности в материалах на создание мощности по выработке биометана и на текущие нужды.

При уменьшении потребления, например, стального проката не растет в этой сфере глобальный «экономический долг поколения» (GED).

Изменение трудовых затрат при одинаковых выработках холода и теплоты в нормо-часах равно

$$\Delta T = E_{\text{н}} \times T_{\text{трад}} + (T_{\text{доб}} + T_{\text{тр}}) \times B - E_{\text{н}} \times T_{\text{с}} - T_{\text{выр}} \times B_{\text{с}},$$

где $T_{\text{трад}}$ — трудовые затраты на возведение, соразмерных по мощности системе холодотеплоснабжения, традиционных установок выработки холода и тепла; $T_{\text{доб}}$, $T_{\text{тр}}$ — удельные трудовые затраты в нормо-часах соответственно при добыче и транспорте топлива; $T_{\text{с}}$ — трудовые затраты на возведение системы холодотеплоснабжения; $T_{\text{выр}}$ — удельные трудовые затраты при выработке биометана и его хранении

Трудовые затраты определяются с учетом единовременных и текущих затрат труда.

Изменение численности рабочей силы

$$\Delta n_p = \frac{\Delta T}{f_{\text{эф}}^p},$$

где $f_{\text{эф}}^p$ — эффективный (плановый) фонд времени одного работника, ч/год.

Изменение потребности в капитальных вложениях (руб.)

$$\Delta K = E_{\text{н}} \times K^{\text{трад}} + (K_{\text{доб}} + K_{\text{тр}}) \times B + E_{\text{н}} \times K_{\text{пож}}^{\text{трад}*} - E_{\text{н}} \times K^{\text{с}} - K_{\text{выр}} \times B_{\text{с}},$$

где $K^{\text{трад}}$ — капитальные затраты на, соразмерные по мощности системе холодотеплоснабжения, традиционные установки выработки холода и тепла; $K_{\text{доб}}$, $K_{\text{тр}}$ — удельные капитальные затраты соответственно на добычу и транспорт топлива (с учетом отчуждаемой земли, затрат в инфраструктуру); $K_{\text{пож}}^{\text{трад}*}$ — капитальные затраты на возведение, соразмерного по запасам воды в пруду и котловане, традиционного противопожарного водоема; $K^{\text{с}}$ — капитальные затраты на систему холодотеплоснабжения; $K_{\text{выр}}$ — удельные капитальные затраты на систему выработки биометана и его хранение.

* поскольку пруд и котлован с талой водой могут одновременно являться и противопожарными водоемами, изменение потребности в капитальных вложениях, например, для жилья, малого производства, фермерского хозяйства может быть учтено как предотвращенный расход части средств на водоем, благодаря использованию для этих целей пруда и котлована системы холодотеплоснабжения. Так к пожароопасным помещениям: класса П-II относятся деревообделочные цеха, малозапыленные помещения мельниц и элеваторов, зернохранилища; класса П-Па относятся складские помещения для хранения горючих материалов, коровники, свинарники и другие животноводческие помещения при хранении на чердаках сена и соломы и т.д.

Ущерб от лесных пожаров в 2010 г., с учетом уничтоженных огнем деревьев, составил свыше 15 млрд рублей.

Объем противопожарного водоема для сельского дома должен быть таким, чтобы при тушении пожара расход воды был не менее 10 л/с в течение 3 часов. Объем воды в водоеме должен быть более 100 м³.

Помимо использования котлована в качестве противопожарного водоема, он может использоваться в качестве своеобразного щита от оползней. Расположенный между склоном и зданием он может служить поглощающим резервуаром, малой и средней емкости, «буферной зоной» от оползней, селевых потоков, кампепавов и т.д. Такое расположение котлована, конечно же, имеет для этой функции свою отдельную ценность, помимо того, что он является источником низкопотенциальной энергии (тепла/холода).

Для справки: суммарные капиталовложения при комбинированной схеме энергоснабжения могут быть выражены в рублях, в общем виде:

$$K_{\text{комб}} = c_{\text{тэц}} \times N_{\text{тэц}} + c_{\text{д.т}} \times B_{\text{тэц}},$$

где $c_{\text{тэц}}$ — удельные капиталовложения в ТЭЦ, руб./кВт; $B_{\text{тэц}}$ — годовой расход топлива на ТЭЦ, т у.т.; $c_{\text{д.т}}$ — удельные капиталовложения в добычу и транспорт топлива, руб./т у.т. [11].

Определение изменения текущих затрат в части обеспечения топливом выработки холода и теплоты

$$\Delta C = (C_{\text{доб}} + C_{\text{тр}}) \times B - C^c,$$

где $C_{\text{доб}}$, $C_{\text{тр}}$ — текущие затраты (себестоимость добычи и транспорта топлива) для традиционных установок; C^c — текущие годовые затраты на биометан, для системы теплоснабжения.

Солнечная энергия является экологически чистым видом топливно-энергетического ресурса (ТЭР), что необходимо учитывать в виде экологического эффекта. Воздействие выбросов (CO₂) при сжигании биометана (зимой для привода в работу компрессора системы) на окружающую среду условно принимаем **нулевым**, поскольку в природных условиях из органической биомассы (отходов), которая обеспечила получение биометана в биореакторе, в атмосферу за счет естественного брожения выделился бы биометан. А вот преобразование органических отходов в биометан и удобрения необходимо учитывать в виде экологического эффекта, уменьшающего загрязнение окружающей среды далеко не безвредными отходами животноводства.

Использование биометана не требует очистных сооружений для предложенной системы холодотеплоснабжения (очистка биогаза от вредных газов осуществляется в технологическом цикле биогазовой установки).

Поэтому экологический эффект $\mathcal{E}_{\text{эк}}$ (руб.) может быть учтен как предотвращенный ущерб благодаря отсутствию вредных выбросов в результате использования солнечной энергии системой (дезинфекция отходов животноводства при получении биометана условно не учитывается).

$$\mathcal{E}_{\text{эк}} = \sum_{t=1}^t [N_{\text{выб}}^{\text{атм}} \times (\pm y^{\text{атм}}) + N_{\text{выб}}^{\text{почв}} \times (\pm y^{\text{почв}}) + N_{\text{выб}}^{\text{вод}} \times (\pm y^{\text{вод}})] \times B$$

где $N_{\text{выб}}^{\text{атм}}$, $N_{\text{выб}}^{\text{почв}}$ и $N_{\text{выб}}^{\text{вод}}$ — количество вредных выбросов различных видов t в атмосферу, почву и воду соответственно, при сжигании 1 т топлива; $y^{\text{атм}}$, $y^{\text{почв}}$ и $y^{\text{вод}}$ — удельный ущерб от этих выбросов в атмосфере, почве и воде (минус это когда выбросы положительно влияют, например, на почву — для известкования кислых почв и удобрения используется зола, которая имеет полезные микроэлементы и соединения калия).

Удельный ущерб ($y^{\text{атм}}$) при одинаковых выбросах в атмосферу для каждой экосистемы свой, он зависит от предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ $\chi_q^{\text{атм.г}}$, которые зависят от двух факторов:

$$\chi_q^{\text{атм.г}} = f(G_q^{\text{атм.г}}, T_q^{\text{атм.г}}),$$

где $\chi_q^{\text{атм.г}}$ — предельно допустимый выброс в q -вещества в атмосферу r -пункта; $G_q^{\text{атм.г}}$ — предельно допустимая концентрация q -вещества в атмосфере r -пункта; $T_q^{\text{атм.г}}$ — метеорологический коэффициент разбавления q -вещества в воздухе r -пункта (если котельная расположена на берегу моря, то днем, когда дуют морские бризы (ветер с моря на сушу) будет «закрывается» выбросами одна и та же часть суши, что резко уменьшает фотосинтез. На удалении от берега ветер часто меняет направление, из-за этого удельный ущерб за счет разбавления будет другим);

Считается, что оба фактора в большинстве случаев количественно известны. Задача стоит в определении достаточно обоснованных величин $\chi_q^{\text{атм.г}}$. От достоверности этих показателей, зависит надежность расчетов.

Также можно определять удельные ущербы $u^{\text{почв}}$ и $u^{\text{вод}}$, при этом при одинаковых выбросах в почву и воду для каждого вида почв и водного объекта они будут свои в зависимости от коэффициентов разбавления и т.д.

Аналогично можно определять экологический эффект $\Delta_{\text{экс.д.}}$ как предотвращенный ущерб благодаря уменьшению вредных выбросов при создании и добыче энергоносителя [7].

При оценке ущерба водным объектам можно исходить из уровня содержания растворимого кислорода (РК) в воде и органических отходов.

Так же как и при загрязнении воздуха, почти нет предела разнообразию загрязнителей, которые могут сбрасываться, и сбрасываются в **водную среду**. Это термальные и радиоактивные загрязнители; происходящие изменения в качестве окружающих вод. Они имеют различные последствия для человека и живого мира, тем самым сокращая ценности, которые могут быть прямо или, косвенно получены человеком из окружающей среды. Основные источники органических разлагаемых загрязнителей вод — это промышленность, ТЭЦ, ТЭС, сельское хозяйство, бытовое хозяйство и слив дождевых вод в городах. Если сброс органических загрязнителей в конкретном месте не слишком большой, содержание РК в реке (водоеме) сначала уменьшается до определенного уровня, а затем снова восстанавливается (при условии, что не происходит других сбросов по течению реки). А если объем сброшенных в воду органических веществ, превышает определенный уровень, процесс их разложения может привести к истощению РК.

Ущерб от многих промышленных стоков очень высок — содержание кислорода в воде резко снижается, т.к. эти стоки часто имеют **биологическую потребность в кислороде** намного выше, чем коммунально-бытовые стоки.

Высокие уровни РК — от 7 до 8 частей на миллион (мг/л) — необходимы для некоторых важных сортов рыбы (8 – 10 мг/л — стадия насыщения кислородом в большинстве рек и озер России в летний период). Для большинства же рыб более низкие уровни кислорода — 4 – 5 мг/л — вполне подходящие для жизненного цикла. Однако при уровне РК ниже 2 – 3 мг/л могут выживать только карп и некоторые другие не столь ценные сорта рыбы.

Кроме уменьшения РК как такового, сброс органических отходов может иметь и другие нежелательные последствия для водных источников. В ходе их разложения образуются питательные вещества для водорослей, и стимулирующие их рост. Опасность чрезмерного роста водорослей и эвтрофикации водоемов — одна из наиболее трудноразрешимых задач в управлении качеством водной среды, особенно в озерах, заливах и эстуариях.

Неразлагаемые загрязнители вод не перерабатываются речной биотой. Для большинства из этих загрязнителей единственные существенные изменения, которые могут происходить в поверхностных водах — растворение и осаждение, в подземных водах — осаждение и абсорбция. Эта группа состоит из различных неорганических

химикатов, включая тяжелые металлы, частицы почвы и разные типы коллоидных веществ. Когда все эти вещества накапливаются в достаточно больших объемах, они могут оказаться ядовитыми по отношению к некоторым формам жизни, привести к помутнению вод, порождать неприятные запахи, увеличивать жесткость воды и, особенно в присутствии хлоридов, вызывать коррозию металлов.

Как видно из анализа определяющих экологическую эффективность показателей, использование ВИЭ позволяет существенно уменьшить нагрузку на биосферу, понизить эргодемографический индекс территории.

Однако, Природа слишком сложна чтобы можно было однозначно утверждать, что ущерб можно **достоверно** определять по таким простым параметрам, и вот почему. Потенциальное генетическое разнообразие особей внутри любого вида животных и растений равно 10^{50} . Приблизительно тем же числом ($10^{45} - 10^{48}$) оценивается количество всевозможных вариантов окружающей эти виды среды. Любой практически неповторимый организм может попасть во все многообразие ситуаций среды жизни, не только абиотической, но и внутри своего вида (в микропопуляциях, популяциях), а также внутри минузии, консорции, биоценоза. Даже если считать несущественной генетическую разнокачественность организмов, а пытаться управлять лишь средой жизни, то в каждый из моментов придется перебирать около 10^{50} вариантов. Для управления необходимо знать то, что есть сейчас и что будет в ближайшем и отдаленном будущем, то есть если принять на себя прогноз развития природных систем, то число вариантов безмерно возрастает.

Вот наглядный пример тому, что способность экосистем к самоочищению и самовосстановлению неоднозначна.

На Крайнем Севере самоочищение рек происходит фактически на расстоянии до 2000 км от источника загрязнения, в то время как в умеренной зоне этот процесс может завершиться всего в пределах 200 – 300 км.

Экономия органического топлива — это и экономия кислорода, расходуемого при сжигании топлива. Представляется, что эффект от сохранения кислорода может быть выражен следующим образом:

$$\mathcal{E}_k = (N_k^T \times B - N_k^{\text{био}} \times B_c) \times \mathcal{Z}_k, \text{ руб}$$

где N_k^T , $N_k^{\text{био}}$ — количество кислорода, необходимое соответственно для сжигания 1 т замещаемого топлива и биометана, кг/т; $\mathcal{Z}_k$ — затраты на производство кислорода, руб./кг.

Необходимо также учитывать, что при доставке топлива к отдаленным потребителям транспортом расходуется также много кислорода.

Эффект от высвобождения рабочей силы может быть учтен как прирост чистой продукции

$$\mathcal{E}_{\text{тп}} = \Delta n_p \times P_{\text{тп}},$$

где $P_{\text{тп}}$ — средний объем чистой продукции в год на одного работника.

Определенный интерес представляет использование отходов сжигания, например, угля, торфа и сланцев. Зола угольная и сланцевая широко используется для раскисления почв и производства углетуков (удобрений) стимуляторов роста растений. Зола подмосковных углей содержит 37 – 38 % окиси алюминия, а нефелиновый концентрат кольских апатитовых месторождений — всего 29,5 %. Зола торфа востребована в фармакологии.

Эффект от использования этих отходов (угля, сланцев) может быть учтен согласно [12] следующим образом (если на них есть покупатель)

$$\mathcal{E}_{\text{отх}} = V_{\text{уг}} \times \frac{C_3 \times C_{\text{отх}}}{C_3} \times k_{\text{зам}}, \text{ руб.}$$

где $V_{\text{уг}} = V_{\text{уг.т}} + V_{\text{уг.тр}}$ (т) — годовая экономия угля в натуральном выражении ($V_{\text{уг.т}}$ — экономия угля при получении холода и теплоты; $V_{\text{уг.тр}}$ — экономия угля за счет

отказа от транспорта высвобожденного угля $V_{\text{уг.т}}$); C_3 — цена заменяемого сырья, массой равной количеству отходов образовавшихся, при сжигании 1 т угля (сланца), руб./т; $C_{\text{отх}}$ и C_3 — содержание полезного компонента соответственно в отходах и в заменяемом кондиционном сырье, %; $k_{\text{зам}}$ — коэффициент замены.

При сооружении для системы холодоотеплоснабжения котлованов под солнечный соляной пруд и котлован со льдом верхний плодородный слой земли (чернозём, гумус) может быть продан, а значит эффект от его реализации будет снижать стоимость системы холодоотеплоснабжения. А если он будет использован для улучшения плодородия почвы собственника системы холодоотеплоснабжения, то годовой эффект от этого будет выражаться в повышении урожая выращиваемых культур, компенсируя уменьшение площади участка, использованной под пруд и котлован.

Одним из действенных методов снижения издержек производства является система поставок комплектующих, сырья, топлива «точно вовремя». На заводах, фабриках в Западной Европе это позволяет сократить на $\frac{2}{3}$ площади складских помещений, часто снизить в два раза потребность в персонале, занимающемся транспортировкой грузов внутри территории предприятия. Снизить уровень запасов. [13]. Благодаря этому улучшаются показатели использования оборотных средств.

В результате ускорения оборачиваемости (например, в результате снижения производственных запасов оборотных средств) достигается определенный экономический эффект.

Эффект (экономия оборотных средств на топливо) от того, что система холодоотеплоснабжения летом не нуждается в привозном топливе, а зимой в минимальном объеме может быть выражен следующим образом [9].

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{об}} = P_{\text{с}} (\mathcal{E}_{\text{об}}^{\text{т}} / P_{\text{град}} - \mathcal{E}_{\text{об}}^{\text{био}} / P_{\text{с}}), \text{руб.}$$

где $P_{\text{с}}$, $P_{\text{град}}$ — сумма полученная от реализации энергии выработанной соответственно системой холодоотеплоснабжения и традиционными установками выработки холода и тепла; $\mathcal{E}_{\text{об}}^{\text{т}}$ — средняя стоимость оборотных средств (топлива) при работе энергоустановок на органическом топливе; $\mathcal{E}_{\text{об}}^{\text{био}}$ — средняя стоимость оборотных средств (биометана) при работе системы.

Стоимость оборотных средств (топлива) может быть определена так

$$\mathcal{E}_{\text{об}}^{\text{т}} = k_{\text{тр.заг}} \times V_{\text{тек.з}} \times C_{\text{т}}, \text{руб.}$$

где $V_{\text{тек.з}}$ — текущие и страховые запасы топлива на складе, т; $C_{\text{т}}$ — стоимость 1 т топлива, находящегося на складе, руб.; $k_{\text{тр.заг}}$ — коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы на приобретение топлива (топлива, находящегося в пути).

Текущие и страховые запасы топлива на складе можно определить следующим образом

$$V_{\text{тек.з}} = k_{\text{стр.зап}} \times (V_{\text{ср.сут}}^{\text{х}} \times b_{\text{х}} + V_{\text{ср.сут}}^{\text{т}} \times b_{\text{т}}) \times D_{\text{з}} \times Q_{\text{усл}} / Q_{\text{н}}^{\text{п}},$$

где $V_{\text{ср.сут}}^{\text{х}}$ — среднесуточная выработка холода, МДж; $V_{\text{ср.сут}}^{\text{т}}$ — среднесуточная выработка теплоты, кВт·ч; $b_{\text{х}}$, $b_{\text{т}}$ — удельные расходы топлива на выработку холода и теплоты, кг/кВт·ч; $D_{\text{з}}$ — норма текущих запасов топлива (зависит от удаленности потребителя топлива от основных транспортных магистралей и их состояния), суток; $Q_{\text{усл}}$, $Q_{\text{н}}^{\text{п}}$ — теплота сгорания единицы условного и натурального топлива, кДж/кг; $k_{\text{стр.зап}}$ — коэффициент, учитывающий страховой запас топлива.

Эффект от экономии оборотных средств будет способствовать уменьшению социальной напряженности. Ведь очень часто предприятия привлекают в качестве оборотных средств различного рода устойчивые пассивы. А это может приводить к задолженности рабочим и служащим по заработной плате, к задолженности по отчислениям в фонды и инспекции. Сохраняются средства, предназначенные для использования в последующем периоде (оплата отпусков работникам, текущий

ремонт, выплата вознаграждений и пр.). Не образуется задолженность за электроэнергию, телефон и т.д. Все эти средства формально не принадлежат предприятию, но по действующей практике расчетов они постоянно находятся в распоряжении предприятия и используются ими для покрытия потребности в оборотных средствах.

При использовании солнечной энергии, энергии воды/льда и биометана отсутствуют риски, возникающие, например, при использовании угля, сжиженного газа, мазута, когда при их доставке возможно проникновение, закрепление или распространение вредных организмов (в том числе колорадских жуков, саранчи), заболеваний, переносчиков болезней или болезнетворных организмов, а также сорных растений транспортными средствами. Не нужны обязательные и дорогостоящие, при их надлежащем исполнении, ветеринарно-санитарные и фитосанитарные меры и процедуры.

В качестве примера важности фитосанитарного контроля можно привести следующий факт, правда, не касающийся поставок топлива.

В июле 2012 г. в Омскую область на Лузинский комбикормовый завод доставили партию шрота соевого из Приморского края железнодорожным транспортом, в которой специалистами Россельхознадзора при проведении карантинного фитосанитарного досмотра партии были обнаружены семена амброзии полыннолистной. Вес груза — 126 тонн. Данный сорняк опасен как для растений (амброзия засоряет все полевые культуры, подавляя их рост и развитие), так и для здоровья человека. В период цветения сорняк выделяет огромное количество пыльцы, которая, попадая в организм человека, вызывает аллергию. Чтобы предотвратить распространение этого сорняка по области, было принято решение отправить засоренные партии шрота соевого на промышленную переработку, в ходе которой семена карантинного сорняка будут лишены жизнеспособности.

Поэтому ветеринарно-санитарный эффект $\mathcal{E}_{в-с}$ может быть учтен как предотвращенный ущерб благодаря отсутствию завоза топлива, а с топливом вредных организмов и переносчиков болезней, сорных трав при использовании системами солнечной энергии и биометана:

$$\mathcal{E}_{в-с} = \sum_1^{\xi} N_{в-с} \times y \times B, \text{ руб.}$$

где $N_{в-с}$ — количество вредных живых существ, сорных растений различных видов ξ , могущих проникнуть на территорию, при завозе 1 т топлива; y — удельный ущерб от этих вредных живых существ и сорных растений различных видов ξ .

Исходя из изложенного дополнительный экономический эффект использования системы холодотеплоснабжения будет следующим (**дополнительно к эффекту, связанному с произведенным холодом и теплом**)

$$\mathcal{E} = (\pm \Delta K) + \Delta C + \mathcal{E}_{зк} + \mathcal{E}_к + \mathcal{E}_{тп} + (\pm \mathcal{E}_{отх}) + \mathcal{E}_{в-с} + \Delta \mathcal{E}_{об} + \mathcal{E}_1.$$

Кроме рассмотренных эффектов, использование системы холодотеплоснабжения способствует решению социальных задач за счет сокращения тяжелого труда по добыче топлива, улучшению условий труда и быта людей на рассредоточенных объектах, в том числе за счет ликвидации сквозняков. Широко известно, что от сквозняков, как правило, заболеваемость особенно в производственных цехах возрастает примерно в два раза, а потери рабочего времени из-за болезни — до 50 %. Ликвидация сквозняков при использовании системы холодоснабжения позволит, как бывает от других мероприятий, повысить производительность труда примерно на 8 %.

Использование энергетики ВИЭ, для обеспечения бесперебойного энергоснабжения сегодня выходит на одно из первых мест. Это связано с тем, что экономические потери **при отсутствии** бесперебойного энергоснабжения на железнодорожном транспорте, в сельском хозяйстве сродни потерям, которые будут наблюдаться на любом производстве **непрерывного цикла**, будь то

металлургический цех (завод) или, например, нефтеперерабатывающая установка при отключении электроэнергии. В силу **биологических особенностей** сельскохозяйственного производства восполнить в таких случаях потери продукции нельзя ни за счет сверхурочной работы, ни за счет форсированных режимов. Потерю продукции можно не допустить только путем ввода дополнительных производственных мощностей при надежном энергообеспечении производства, хранения, переработки.

Несомненно, что эффективность использования технологий энергетики ВИЭ с течением времени будет возрастать. Этому будет способствовать и все большая необходимость экономии топлива, и технический прогресс, и совершенствование организации создания и применения установок ВИЭ.

Кроме определения прямого экономического эффекта, существуют методики определения различных сопутствующих внедрению новшеств экономических эффектов (дополнительных показателей).

Часть показателей эффективности отдельных технологий энергетики ВИЭ, можно определять как сопутствующие экономические эффекты следующим образом.

Дополнительный экономический эффект от дополнительных объемов работ ($Э^{доп}$, руб.), выполненных работниками, высвободившимися в результате применения энергии, вырабатываемой по любой из технологий энергетики ВИЭ, в местах где она раньше не применялась, и от вторично используемых рабочих можно определять по формуле [14].

$$Э^{доп} = (C_{н-qi} \times Ч_v \times t_v + З_{пр} \times K_3) \times K_{оф.п.н} + E_n \sum_{i=1}^{i=T_{др}} (З_{сби i} + З_{ов i}) \times \alpha_t,$$

где $C_{н-qi}$ – средняя тарифная ставка для данной категории, работающих и среднего разряда работ, руб./ч; $Ч_v$ – численность высвобождаемых рабочих (трудовых ресурсов), чел.; t_v – трудоемкость годового объема работ, выполняемых высвободившимися рабочими, чел.ч; $З_{пр}$ – заработная плата (основная и дополнительная) производственных рабочих с отчислением на социальное страхование, руб.; K_3 – коэффициент, выражающий отношение заработной платы промышленно-производственного персонала к заработной плате производственных рабочих, ед.; $K_{оф.п.н}$ – коэффициент, учитывающий выплаты и льготы из общественных фондов потребления, ед.; E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; $З_{сби i}$ – ежегодные приведенные затраты на социально-бытовую инфраструктуру (рассчитывается исходя из средней нормы удельных затрат на эту сферу $З_{сби ср}$), руб.; $i (i = 1, 2, \dots, T_{др})$ – период осуществления дополнительных работ по созданию социально-бытовой инфраструктуры и подготовке рабочих кадров, год; $З_{ов i}$ – ежегодные приведенные затраты на обучение и воспроизводство рабочей силы, руб.; α_t – коэффициент приведения разновременных затрат к расчетному периоду.

Этот дополнительный экономический эффект можно распространить и на семьи. Ведь по расчетам П.Я. Пирхавки, в сельской семье из 4-х человек один взрослый полностью занят работой по обеспечению дома водой, топливом, приготовлением пищи и т.п. На это затрачивается до 3000 часов в год. Следовательно, применение энергетического оборудования для обработки почвы, ухода за растениями и животными, отопления помещений, приготовления пищи имеет как социальное, так и экономическое значение.

Возникает сопутствующий эффект также в добывающих и перерабатывающих сырье отраслях, в машиностроительном комплексе, что будет оказывать влияние на улучшение инвестиционной политики в стране.

Следует учитывать, также, что при применении предлагаемых новых ресурсосберегающих технологий отпадает необходимость: в геолого-разведочных работах. В производстве значительной части опытно-экспериментального производства, приборов и оборудования для проведения испытаний, станочного парка опытного производства и т.п., для создания новых материалов. Отпадает необходимость в увеличении пропускной способности транспортной инфраструктуры, т.к. при сооружении солнечных соляных прудов и котлованов будут использоваться в основном природные **«готовые и вечные»** материалы, и не требуется транспорт топлива в прежних объемах.

Сопутствующий экономический эффект от уменьшения инвестиций в добывающих отраслях ($\mathcal{E}_{\text{ип.до}}^c$) в расчете на одну технологию энергетики ВИЭ (экономическая оценка экологического эффекта) [14]:

$$\mathcal{E}_{\text{ип.до}}^c = E_n \sum_{i=1}^{i=T_{\text{доп}}} (K_{\text{гр.пт}} \times \alpha_t + K_{\text{шт}} \times \alpha_t + K_{\text{р.зт}} \times \alpha_t)_t, \text{ руб.}$$

где $K_{\text{гр.пт}}$ – единовременные затраты на геолого-разведочные работы в t -м году, руб.; $K_{\text{шт}}$ – единовременные затраты на строительство шахт, бурение скважин в t -м году, руб.; $K_{\text{р.зт}}$ – единовременные затраты на рекультивацию земель в t -м году, руб.; $t(t = 1, 2, \dots, T_{\text{доб}})$ – инвестиционный период в добывающих отраслях, год.

Сопутствующий экономический эффект от уменьшения инвестиций в строительство машиностроительных заводов ($\mathcal{E}_{\text{ин.м}}^c$) в расчете на одну технологию энергетики ВИЭ (систему холодоотеплоснабжения) [14]:

$$\mathcal{E}_{\text{ин.м}}^c = E_n \sum_{i=1}^{i=T_3} K_{3t} \times \alpha_t, \text{ руб.}$$

где K_{3t} – единовременные затраты на строительство в t -м году машиностроительных заводов (цехов, участков) для выпуска оборудования традиционной энергетики, использующего органическое топливо, руб.; $t(t = 1, 2, \dots, T_3)$ период строительства заводов (цеха, участков), год.

Методический принцип, примененный при определении величины сопутствующего эффекта $\mathcal{E}_{\text{ин.м}}^c$ (так же, как и $\mathcal{E}_{\text{ип.до}}^c$ и указанный ниже $\mathcal{E}_{\text{ип.тр}}^c$), является достаточно научно обоснованным, т.к. учитываемое при расчете прямого экономического эффекта изменение экономических показателей до и после широкого использования **«готовых и вечных»** природных материалов для принципиально новой технологии, производится на основе цен, отражающих сложившуюся структуру промышленности и капитальных вложений в неё. Поэтому вновь требующиеся капитальные вложения, исключаемые в этом случае, правомернее учитывать отдельно в качестве сопутствующего эффекта. Утверждение отдельных экономистов о том, что подобный эффект уже учтен в цене продукции, правомерны только в тех случаях, когда эти цены пересмотрены с учетом вновь примененных капитальных вложений.

Сопутствующий экономический эффект от уменьшения инвестиций в транспортном строительстве ($\mathcal{E}_{\text{ип.тр}}^c$, руб.) в расчете на одну технологию энергетики ВИЭ (для примера взята железная дорога):

$$\mathcal{E}_{\text{ип.тр}}^c = E_n \sum_{i=1}^{i=T_{\text{тр}}} (K_{\text{жд}t} \times \alpha_t + K_{\text{зд}t} \times \alpha_t + K_{\text{лок}t} \times \alpha_t + K_{\text{вар}t} \times \alpha_t)_t,$$

где $K_{\text{жд}t}$ – единовременные затраты на строительство железных дорог в t -м году, руб.; $K_{\text{зд}t}$ – единовременные затраты на строительство зданий и сооружений инфраструктуры железных дорог в t -м году, руб.; $K_{\text{лок}t}$ – единовременные затраты на приобретение в t -м году локомотивов (тепловозов, электровозов), руб.; $K_{\text{вар}t}$ – единовременные затраты на приобретение в t -м году железнодорожных вагонов, платформ, цистерн и т.п., руб.; $t(t = 1, 2, \dots, T_{\text{тр}})$ инвестиционный период, год.

Определение сопутствующего эффекта $\mathcal{E}_{\text{ип.тр}}^c$ представляет собой важную часть общего расчета социально-экономической эффективности ускорения и расширения сфер использования технологий энергетики ВИЭ, т.к. средняя стоимость

строительства объектов железнодорожного транспорта **возрастает в разы**. Увеличение сметной стоимости транспортного строительства связано в основном с объективными причинами, такими, как увеличение ширины земляного полотна и толщины балластного слоя, преимущественное использование тяжелых рельсов, железобетонных шпал и т.п.

На всех видах транспорта наблюдается также тенденция возрастания стоимости подвижного состава в связи с его техническим совершенствованием. Увеличивается и оплата труда транспортных работников.

Нельзя обойти стороной и такой важный дополнительный показатель комплексного (полноты) использования солнечной энергии, и её производных как фондоотдача.

Оценка методов, способствующих полному использованию солнечной энергии, и её производных (теплоты/холода различных температурных диапазонов) может производиться на основе показателя фондоотдачи. Однако, если фондоотдача рассматривается применительно к одному **изолированному** технологическому переделу (производству), то, как правило, когда комплексность (полнота) использования, например, сырья (за счет попутного извлечения компонентов) возрастает, фондоотдача падает. И на основании этого комплексность использования сырья, ошибочно считается экономически не целесообразной. Подобные заключения не вызывают сомнения, если рассматривается «локальная» фондоотдача без учета экономии капитальных вложений в результате отказа от сооружения специализированных производств.

В случае комплексного (более полного) использования солнечной энергии коэффициент фондоотдачи Φ_n следует рассчитывать с учетом экономии капитальных вложений в топливную базу, транспорт топлива и в сооружение специализированных производств по формуле:

$$\Phi_n = \frac{T_k}{O_k - \sum_{i=1}^m k_1 \times Z_i},$$

где T_k — конечная продукция (теплота и холод различных температурных диапазонов, востребованные в зависимости от времени года) в денежном выражении; O_k — основные фонды предприятия при комплексном использовании солнечной энергии; k_1 — удельные капитальные затраты на производство единицы энергии (продукции) с учетом вложений в топливную базу, транспорт топлива и в сооружение специализированных производств при получении этой энергии из солнечной энергии; Z_i — количество дифференцированных видов энергии получаемых из солнечной энергии ($i = 1, 2, \dots$); m — порядковый номер дифференцированного вида энергии.

Таким образом, с учетом перечисленных выше факторов фондоотдача имеет другую «положительную» тенденцию — возрастает на каждый процент повышения комплексности использования ВИЭ.

Сооружение пруда и котлована и использование аккумулированных видов энергии, фондоемкость и фондоотдача также находятся в зависимости от коэффициента комплексности полученной энергии:

$$\Delta\Phi_o = \frac{Q_{и.э}}{\Phi},$$

где $\Delta\Phi$ — фондоотдача; $Q_{и.э}$ — объем полученной энергии; Φ — основные фонды.

Как видно, полное определение эколого-социально-экономической эффективности любой системы энергетики ВИЭ должно рассматриваться с учетом приведенных зависимостей охватывая многие отрасли промышленности, сельского хозяйства, транспорта, экономики, социальной сферы и т.д.

Поэтому определение дисконтированных чистых денежных поступлений или чистой приведенной величины дохода (NPV), характеризующей общий, абсолютный результат инвестиционного Проекта (систем и установок энергетики ВИЭ), надо вести

с учетом социально-эколого-экономических преимуществ энергетики ВИЭ по предлагаемой автором формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{\zeta \times (k_3 \times B_t - C_t)}{(1+r)^t}, \text{ руб.}$$

где B_t – выгода (доход) от Проекта в году t , руб.; k_3 – коэффициент учитывающий дополнительную социально-эколого-экономическую эффективность использования оборудования энергетики ВИЭ на рассматриваемой территории; $\zeta = -$ коэффициент учитывающий опережающий рост цен на энергию, произведенную посредством сжигания органического топлива, а также сезонные эксплуатационные расходы и издержки, при производстве этой энергии; C_t – затраты на Проект в году t , руб.; r – ставка дисконта; n – число лет жизни Проекта.

Примечания:

1) величина коэффициента k_3 возрастает до значений (1,5 – 1,75) при возведении системы энергетики ВИЭ в пригородных, курортных, заповедных зонах и т.д.

2) значение коэффициента ζ снижается по мере снижения, темпа роста стоимости традиционно генерируемых видов энергии в России.

3) ставка дисконта r снижается по мере становления (развития) энергетики ВИЭ.

Приведенная структура составляющих дополнительного социально-эколого-экономического эффекта системы холодотеплоснабжения (отдельно взятой системы энергетики ВИЭ) показывает, как взвешенно нужно подходить к анализу эффективного использования новых технических решений. А ведь часто при освоении различных по климатическим условиям и предназначению территорий выбор того или иного источника энергоснабжения поручают людям далеким не только от энергетики ВИЭ, но и от традиционной, топливной энергетики. Игнорируется выработанное годами правило, использовать знания специалистов. Ведь химик берет данные по электричеству от электрика; физиолог справляется о геологии у геолога — каждый из них счел бы наглостью со стороны другого, если бы тот произнес суждение не по своей отрасли науки.

И странно, истинно странно, что это разумное правило совершенно отбрасывается, когда дело касается децентрализованного энергоснабжения или обеспечение энергией угнетенных с экологической точки местностей. Как часто некоторые из числа корифеев традиционной энергетики, без сомнения крупные специалисты в своей отрасли знания, считают себя компетентными высказывать догматические суждения по актуальности и социально-эколого-экономической эффективности новых направлений энергетики ВИЭ. А также всему, что к ней относится, не будучи свидетелями ни по одному из её «феноменов» и часто совершенно не имея представления о её принципах и практике.

Список литературы

- 1 Наука в современной капиталистической экономике/ Под ред. С.М. Никитина. М., Наука, 1987. 240 с.
- 2 Экономика железнодорожного транспорта / Под ред. И.В. Белова. М.: Транспорт, 1983. 351 с.
- 3 Мастепанов А.М. Экономика и энергетика регионов Российской Федерации / А.М. Мастепанов, В.В. Саенко, В.А. Рыльский и др. М.: Экономика, 2001. 476 с.
- 4 Методические вопросы развития энергетики сельских районов / Х.З. Барабанер, В.М. Никитин, Т.И. Клокова и др. Иркутск, СЭИ, 1989. 260 с.
- 5 Копылов А.Е. Экономические аспекты выбора системы поддержки использования возобновляемых источников энергии в России / А.Е. Копылов // Энергетик. 2008. № 1–С. 7 – 10.
- 6 Воронов А.А. К оценке уровня конкурентоспособности машиностроительных предприятий / А.А. Воронов // Машиностроитель. 2000. № 12. С. 27 – 29.

-
- 7 Осадчий Г.Б. Солнечная энергия, её производные и технологии их использования (Введение в энергетику ВИЭ) / Г.Б. Осадчий. Омск: ИПК Макшеевой Е.А., 2010. 572 с.
 - 8 ТРУДЫ МЭИ. Тематический сборник. Нетрадиционные источники энергии. Выпуск 619 / Под ред. Б.И. Казанджана. М.: МЭИ, 1983, 141 с.
 - 9 Экономика добычи и переработки топлива / Ред. коллегия Б.А. Давыдов, Е.Л. Кантор, П.Н. Евстратов. Тула: ТПИ, 1977. 130 с.
 - 10 Падалко Л.П. Экономика и управление в энергетике / Л.П. Падалко. Минск: Высшая школа, 1987. 240 с.
 - 11 Паршуков Н.П. Источники и системы теплоснабжения города / Н.П. Паршуков, В.М. Лебедев. Омск: Омская областная типография, 1999. 168 с.
 - 12 Марченко О.В. Оценка экономичности использования энергии ветра для производства водорода/ О.В. Марченко, С.В. Соломин // Энергетика, экология, энергосбережение, транспорт: труды 3-й международной науч.-техн. конф./ Иртышский филиал ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта», Омск, 2007. С. 214 – 221.
 - 13 Методы снижения издержек производства. Перевод с англ., нем., яп., / Под ред. Б.И. Майданчик, Г.В. Сергеева. М.: Экономика, 1987. 150 с.
 - 14 Конов Ю.П. Ускорение использования изобретений / Ю.П. Конов, С.Ф. Мазнев. М.: Машиностроение, 1980. 152 с.

Высокоэффективные электронно-волновые преобразователи микроволн в системе солнечных космических электростанций

Пирогов Ю.А.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

Обсуждаются возможности передачи солнечной энергии по микроволновому лучу с борта геостационарных или низкоорбитальных спутников. В таких системах солнечная энергия с помощью полупроводниковых фотодетекторов преобразуется в ток питания микроволновых генераторов, посылающих микроволновый луч на Землю без потерь в земной атмосфере практически при любых погодных условиях. Последнее достоинство микроволновых солнечных космических электростанций (СКЭС) может быть успешно реализовано лишь при высокой эффективности и надежности преобразования микроволновой энергии на поверхности Земли в постоянный (или промышленной частоты) электрический ток. В отличие от традиционных полупроводниковых преобразователей, создающих мощные помехи в окружающем радиопространстве и весьма чувствительных к перегрузкам, приводящим полупроводниковые устройства к выходу из строя, в настоящем сообщении предлагается использовать циклотронные электронные преобразователи (ЭЦП) микроволн, обладающие уникальными характеристиками. Прежде всего, их КПД преобразования составляет величину более 80% (реализовано на лабораторных образцах) при преобразовании сигналов мощностью от 1 до 10 кВт и более. Они совершенно не боятся перегрузки и дееспособны без утраты качества функционирования после воздействия мегаваттных мощностей. Широкий динамический диапазон и отсутствие возбуждения паразитных частот не нарушают действие радиочастотных устройств, находящихся в ареале приемных ректенн СКЭС. К тому стоимость ЭЦП в расчете на единицу преобразуемой мощности на один-два порядка меньше, чем у полупроводниковых преобразователей. Ясно, что такие устройства могут эффективно использоваться не только в схемах СКЭС, но и во всех системах беспроводной передачи энергии, как на Земле, так и на трассах Земля-воздух и обратно для энергообеспечения беспилотных летательных аппаратов, доставки энергии в труднодоступные горные районы, снабжения энергией береговых арктических станций с борта атомоходов, передачи энергии через проливы между островами, обмена энергией между летательными и космическими аппаратами и т.п. Актуальность разработок микроволновых систем БПЭ и для их обеспечения ЭЦП стала особенно явной в связи с намерением целого ряда стран (США, Япония, Китай, Индия, Россия) создать в ближайшие годы (2016-2025 гг.) мощные солнечные электростанции с передачей энергии по микроволновому каналу и базированием излучающих микроволновых антенн на геостационарных или околоземных орбитах. Несмотря на значительные затраты по созданию космических систем стоимость получаемой таким способом электроэнергии, как показали японские исследователи, может оказаться почти на порядок меньше стоимости энергии, получаемой традиционными наземными средствами.

Проведение сравнительных испытаний фотоэлектрических модулей различных типов

**Попель О.С., Тарасенко А.Б., Михайлин С.В., Усанов А.Б., Титов В.Ф.,
Габдерахманова Т.С.**

Москва, Россия, Объединенный институт высоких температур РАН

Бурное развитие фотоэнергетики в последнее десятилетие привело к появлению как минимум десятка технологий и сотен производителей фотоэлектрических модулей. С целью определения рабочих характеристик модулей в реальной эксплуатации Объединенным институтом высоких температур РАН совместно с ЗАО «Энергетические проекты» создан и укомплектован стенд сравнительных испытаний фотоэлектрических модулей в условиях г. Москвы. Разряд установленных на крыше модулей различных типов ведется с помощью экстремальных регуляторов на блок нагрузки с выдачей излишков энергии в аккумуляторную батарею, основная роль которой сводится к поддержанию работоспособности регулятора. Модуль (модули) каждого типа работают со своим регулятором, блоками аккумуляирования и нагрузки. Нагрузка представляет собой лампы накаливания с мощностью, позволяющей полностью рассеять энергию, выработанную модулями. Этим обеспечивается работа всех модулей в равных условиях и их полная разрядка в течение каждого цикла (сутки).

Система измерений позволяет регистрировать данные о токе и напряжении в цепях модуля, нагрузки и аккумуляторной батареи каждого модуля, приходящей солнечной радиации. Регистрация данных осуществляется 1 раз в 5 секунд. В число расчетных параметров входят мгновенная мощность модуля, усредненное за день значение интенсивности солнечной радиации за день, мгновенное значение КПД модуля, выработанная за день каждым модулем электрическая энергия, ее отношение к пиковой мощности и площади модуля. Наибольший интерес представляет собой выработка электроэнергии каждым модулем, приведенная к его пиковой мощности (так как параметры сравниваемых модулей различаются). Этот параметр наравне со стоимостью опорных конструкций и систем преобразования для данного типа модулей позволит выделить наиболее перспективные с технико-экономической точки зрения технологии, а длительные испытания модулей позволят получить данные об их деградации в реальных условиях.

С февраля 2014 г. система находится в опытной эксплуатации. Полученные в настоящее время результаты позволяют говорить о том, что наилучшую выработку в различных погодных условиях обеспечивают тонкопленочные модули на основе композитов CuInGaSe_2 . Также показано, что в пасмурную погоду тонкопленочный фотоэлектрический модуль тандемного типа на основе аморфного и микрокристаллического кремния и двусторонний монокристаллический фотоэлектрический модуль обеспечивают лучшую выработку энергии, чем модули на основе моно- и мультикристаллического кремния. Наихудшие результаты по выработке демонстрирует тонкопленочный модуль на основе аморфного кремния.

Возобновляемые источники энергии в мире и в России

Попель О.С.

Москва, Россия, Объединенный институт высоких температур РАН



КРАСНОДАРСКИЙ ВЕСЕННИЙ ФОРУМ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ
И ИННОВАЦИИ



г. Сочи, 30 мая 2014 г.

«ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В МИРЕ И В РОССИИ»

д.т.н., проф. Попель О.С.

Председатель Научного совета РАН по нетрадиционным возобновляемым источникам энергии

Зам. директора по науке ОИВТ РАН

Тел./факс: (495) 484-23-74, O_Popel@oivtan.ru,
<http://olegpopel.blogspot.com>

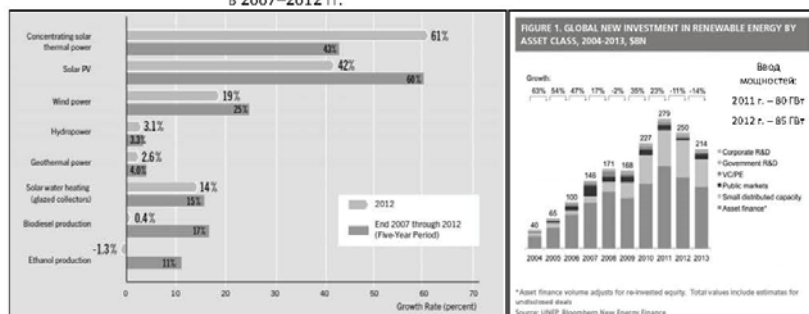


Объединенный институт высоких температур РАН

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В МИРЕ

Средние годовые темпы роста мощности энергоустановок на ВИЭ и производства биотоплив в 2007–2012 гг.

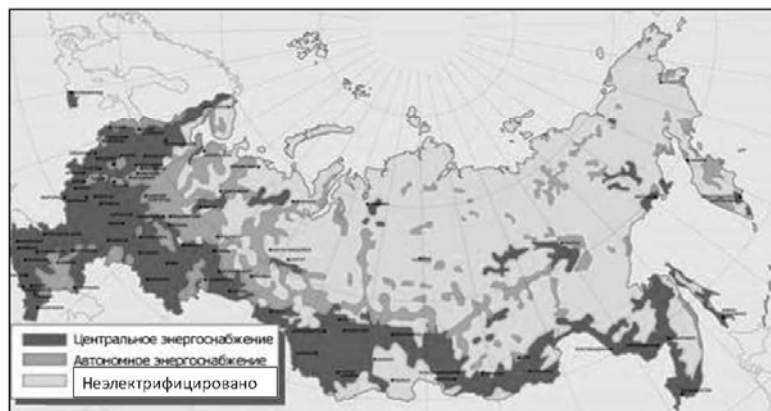
Рост инвестиций в развитие нетрадиционных ВИЭ



В 2013 году суммарная установленная мощность энергоустановок на нетрадиционных ВИЭ превысила 530 ГВт и более чем в полтора раза превысила суммарную мощность действующих в 32 странах мира 439 ядерных энергетических реакторов, равную 340 ГВт!

В 2013 году ввод энергоустановок на ВИЭ составил 43,6% от суммарного ввода электрических мощностей в мире! Доля вырабатываемой на ВИЭ электроэнергии возросла с 7,8% в 2012 г. до 8,5% в 2013 г.

Централизованное и автономное энергоснабжение на территории России

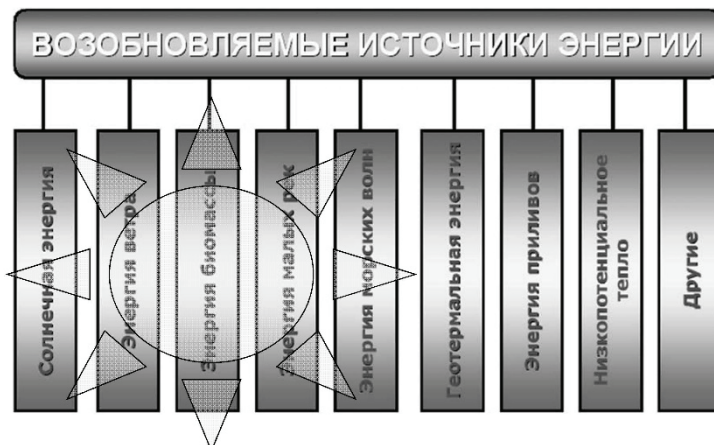


Наличие огромных территорий с децентрализованным и автономным энергоснабжением потребителей на привозном дорогом топливе коренным образом отличает Россию от стран-лидеров по освоению ВИЭ!

Аргументы в обоснование необходимости расширения масштабов использования ВИЭ в России

- 2/3 территории страны - вне сетей централизованного энергоснабжения (население около 20 млн чел., районы с наиболее высокими ценами и тарифами на топливо и энергию (более 25 руб./кВтч));
- 2. Более 50% регионов страны энергодефицитны (завоз топлива, импорт э/э) – задача повышения региональной энергетической безопасности;
- 3. Газифицировано около 50% населенных пунктов (в сельской местности – менее 35%);
- 4. Котельные на угле и жидком топливе – локальные загрязнители окружающей среды.
- Автономная энергетика развивается опережающими темпами – ввод до 2010 г дизельных и бензогенераторов единичной мощностью до 100 кВт превышал ввод крупных электростанций! Этот спрос – эффективная ниша для продвижения ВИЭ.
- В зонах централизованного энергоснабжения структура энергоснабжения особенно небольших населенных пунктов (электроэнергия - из сети, тепло – от котельных) неэффективна и не обеспечивает энергетической безопасности потребителей. Оптимальное сочетание централизованной и распределенной энергетики с использованием ВИЭ – магистральный путь инновационного развития российской энергетики.

Спектр ВИЭ и технологий их преобразования в полезные виды энергии широк. Теоретически в любой географической точке можно обеспечить энергоснабжение любого потребителя за счет ВИЭ. Главный вопрос какие технологии использовать и сколько это будет стоить? Поиск оптимальных технических решений (только ВИЭ или гибридизация) – сложная научно-техническая проблема, требующая современных методов анализа



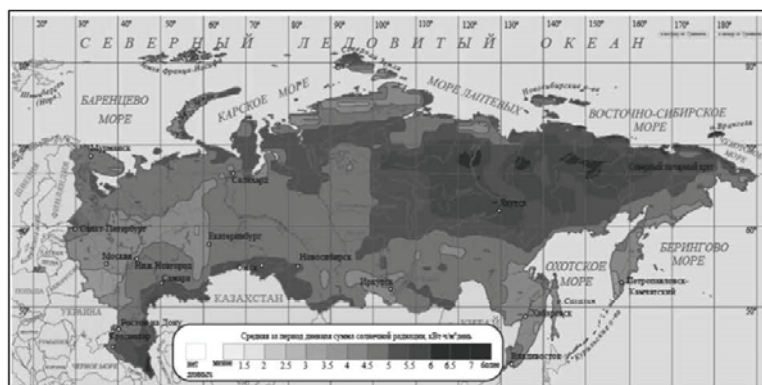
**Суммарная среднедневная
солнечная радиация на наклонную
поверхность южной ориентации с
углом наклона равным широте
местности (год)**



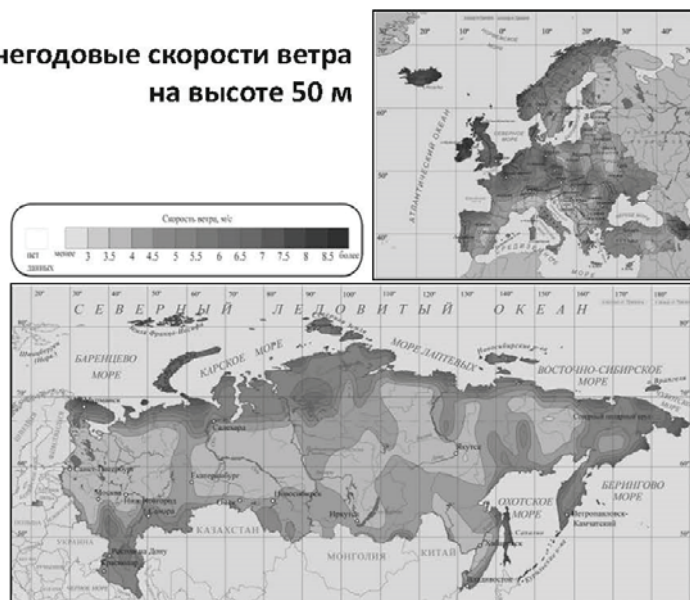
**Прямая среднедневная солнечная
радиация на следящую за солнцем
поверхность (год)**



Прямая солнечная радиация на следящую за Солнцем поверхность
(период: апрель - сентябрь, кВтч/м²день)



**Среднегодовые скорости ветра
на высоте 50 м**



**Установленная мощность вводимых объектов ВИЭ для конкурсного отбора (МВт)
и структура генерирующих мощностей энергоустановок на ВИЭ,
планируемая на 2020 г.**



к 2020 году должно быть введено
3,6 ГВт ветростанций,
1,5 ГВт фотоэлектрических энергоустановок и
около 0,75 ГВт малых ГЭС.

Ожидаемая суммарная мощность всех
электростанций на ВИЭ к 2020 году –
около 6 ГВт

**Степени локализации по видам объектов ВИЭ
на 2014...2017 год**

Вид объекта / год	2014	2015	2016	2017
ВЭС	35%	55%	65%	65%
СЭС	50%	50%	70%	70%
МГЭС	20%	20%	45%	45%

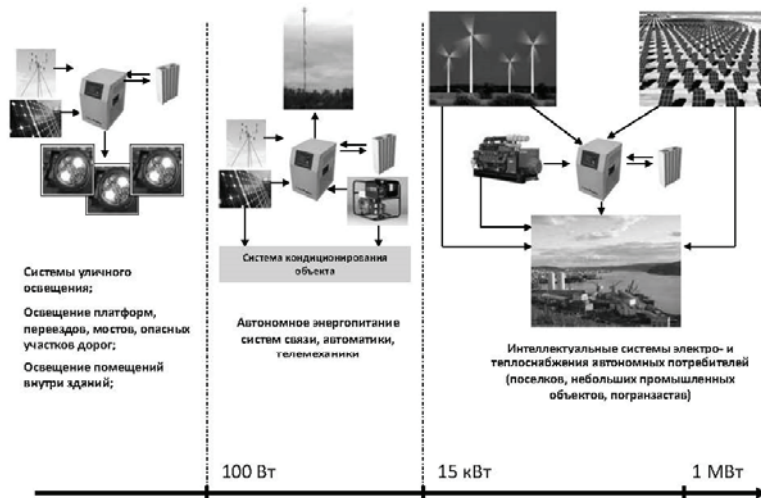
ПЛАНЫ СТРОИТЕЛЬСТВА СЭС И ВЭС ПО МЕХАНИЗМУ ДПМ ДО 2020 ГОДА



9 фотоэлектрических станций в
Ставропольском крае,
Липецкой, Астраханской,
Волгоградской, Оренбургской
областях, в Республиках
Башкортостан, Калмыкия,
Хакасия и Алтай

Наименование проекта	Местонахождение объекта	Плановый год ввода	Установленная мощность МВт
ВЭС «Аксарайская»	Астраханская область	2016	15
ВЭС «Фрутово»	Астраханская область	2017	15
ВЭС «Аэропорт»	Оренбургская область	2017	15
ВЭС «Новосергиевская»	Оренбургская область	2017	15
ВЭС «Карсу»	Ульяновская область	2017	15
ВЭС «Ишеево»	Ульяновская область	2017	15
ВЭС «Новая Майя»	Ульяновская область	2017	15

МОЩНОСТНОЙ РЯД ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК



ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗОВАННЫХ ПРОЕКТОВ



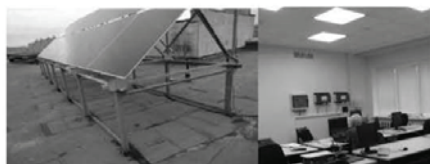
Портативная гибридная энергоустановка с токооплачиваемыми фотоэлектрическими модулями (0,5 кВт) разработана по заказу ЗАО «Ротек», 2012 г. Выставка «Урал-Иннопром 2012».



Экспериментальный образец гибридной солнечно-ветровой энергоустановки мощностью 3 кВт в ОНБТ РАН



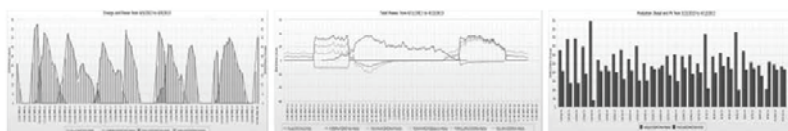
Учебно-демонстрационная автономная солнечная энергоустановка в Научно-исследовательской лаборатории БИЗ в МГУ (Географический факультет)



Солнечная энергоустановка, работающая параллельно с централизованной сетью, разработанная по заказу ЗАО «Ротек», Чебоксарский Государственный Университет им. Н.И.Ульянова, 2012 г.



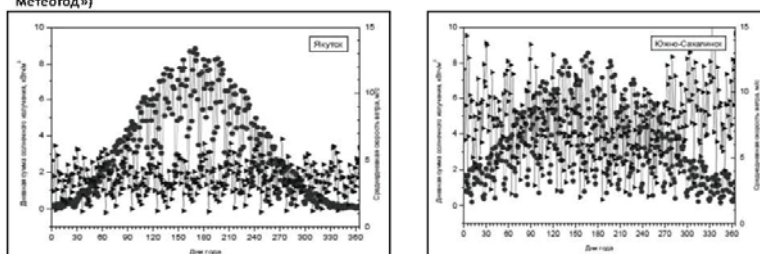
Автономная гибридная энергоустановка (разработка концепции и технической документации), разработанная по заказу ЗАО «Ротекс», Яйлю, Республика Алтай, 2013 г.



Ведется удаленный мониторинг и анализ работы энергоустановки. Существенный прикладной интерес представляют данные за год.

Научно-технические проблемы разработки, создания и применения энергоустановок на ветровой и солнечной энергии в изолированных системах включают:

- выбор источников для достоверной оценки ресурсов солнечной и ветровой энергии в месте предполагаемого создания энергоустановки и суточных и сезонных графиков изменения энергетических потоков («типичный метеодод»)



- разработку достоверных динамических моделей компонентов энергоустановок: фотоэлектрических преобразователей, ветроустановок, накопителей энергии, дизель- или бензогенератора,
- достоверное моделирование суточных и сезонных графиков нагрузки (электрической, тепловой) потребителя,
- создание достоверной базы данных технических характеристик оборудования различных производителей
- разработку динамических математических моделей энергоустановок, включая систему автоматического управления, обеспечивающих обоснование выбора оптимальной (на основе экономического анализа) конфигурации и состава энергокомплексов с учетом режимов поступления первичных источников энергии и графиков нагрузок,

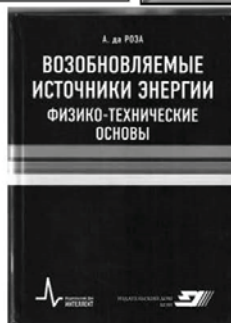
СТЕНДОВЫЙ КОМПЛЕКС «АТОН» ОИВТ РАН

**НЕДАВНО ВЫШЕДШИЕ
ПУБЛИКАЦИИ**

Заказ: Издательский дом
«Интеллект»
Тел. (495) 579-96-45;
E-mail: id-intellect@mail.ru

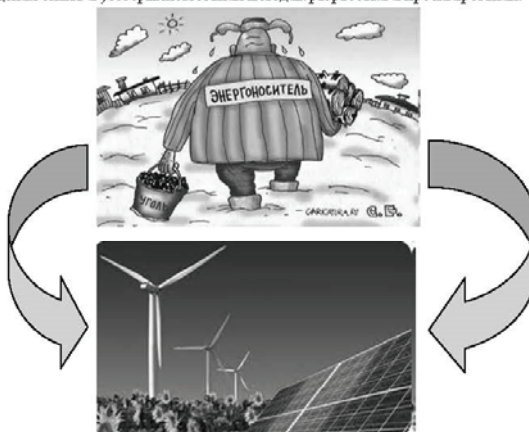


ГИС «ВИЭ России»: www.gis-vie.ru



Разработка и создание систем автономного энергоснабжения на базе ВИЭ является относительно новой и во многом специфичной для российских условий практически важной задачей, успешное решение которой может обеспечить существенную экономию традиционных энергоресурсов, повышение надежности энергоснабжения потребителей и снижение затрат на энергоснабжение

Указанная задача является наукоёмкой и требует тесной кооперации разработчиков и научных организаций как на стадии обоснования выбора оптимальной конфигурации и состава энергокомплексов на основе их достоверного динамического моделирования, так и на стадии создания и дальнейшей эксплуатации с целью обобщения опыта и усовершенствования методик разработки и проектирования.



Мероприятия REENFOR-2014: www.reenfor.org

В 2014 году в рамках REENFOR, при поддержке и участии Минобрнауки РФ, ОАО «РусГидро», РФФИ и других партнеров Форума, планируется провести ряд конференций, совещаний, семинаров и молодежных научных школ, посвященных актуальным проблемам развития возобновляемой энергетики.

Среди таких мероприятий:

1. Конференция «Возобновляемая энергетика – точка роста высокотехнологичной экономики»
(30 мая, г. Сочи)/

2. Международная конференция «Возобновляемая энергетика. Прикладные аспекты разработки и практического использования»

Конференция пройдет совместно с 10-й Международной конференцией «Физико-химические проблемы возобновляемой энергетики» (30 июня - 2 июля, г. Черноголовка, Московской области)/

Участников REENFOR-2014 также приглашаем посетить:

- **12-е Совещание с международным участием «Фундаментальные проблемы ионки твердого тела».**

Во время совещания будет организована Научная школа для молодых ученых по импедансной спектроскопии. (3-5 июля 2014 г., Черноголовка).

3. Второй Международный форум «Возобновляемая энергетика: Пути повышения энергетической и экономической эффективности» - REENFOR-2014 (10-11 ноября, г. Москва)

4. Молодых специалистов приглашаем принять участие в IX Научной молодежной школе «Возобновляемые источники энергии» (11-13 ноября 2014 г., в МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва)



Девятая всероссийская
научная молодежная школа

**«ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ
ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ»**

11-14 ноября 2014 г., Москва,
МГУ имени М. В. Ломоносова



9th Young
Researchers School

**“RENEWABLE
ENERGY SOURCES”**

11-14 November 2014,
Lomonosov MSU, Moscow, Russia

Оргкомитет IX Всероссийской научной молодежной Школы «Возобновляемые источники энергии» приглашает студентов, магистрантов, аспирантов, молодых научных сотрудников, преподавателей, принять участие в очередной IX Школе, которая состоится 11-14 ноября 2014 г. на Географическом факультете Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований.

Традиционные Всероссийские Школы по ВИЭ проводятся в МГУ имени М. В. Ломоносова с 1999 г. Школы проводятся географическим факультетом МГУ имени М. В. Ломоносова в сотрудничестве с институтами Академии наук РФ (ИВЕТ РАН, ГИУ ВИСХ и др.).

В предыдущей Школе, прошедшей в 2012 г., приняло участие более 300 человек, с ее материалами можно ознакомиться на сайте http://www.geogr.msu.ru/structure/fabs/vie/VIII_nauch_school/

The organizing committee of 9th Young Researchers School "Renewable Energy Sources" with the great pleasure invites students, PhD students, postgraduates, young researchers and lecturers to join our next 9th meeting, which will take place in Moscow, Russia on 11-14 November 2014 at the Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University (MSU), with the financial support of Russian Foundation for Basic Research.

Young Researchers Schools on renewable energy has been launched in 1999 at Lomonosov MSU. The conference is organized by the Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University in cooperation with the institutes of Russian Academy of Sciences (Joint Institute for High Temperatures RAS, VIESH, etc.). Previous School, held in 2012, has gathered over 300 participants.

Presentations and lectures of the previous conference can be found on the Faculty of Geography web page http://www.geogr.msu.ru/structure/fabs/vie/VIII_nauch_school/

Исследование водородсорбционных свойств сплава $\text{La}_{0.9}\text{Ce}_{0.1}\text{Ni}_5$

Романов И.А., Столяров Д.Е.

ОИВТ РАН, Москва, Россия

Компактные и безопасные системы хранения и очистки водорода на основе обратимых металлгидридов типа AB_5 активно исследуются и разрабатываются во многих отечественных и зарубежных лабораториях [1,2]. В таких устройствах используют высокодисперсные (размер индивидуальных частиц 1-10 мкм) водородпоглощающие материалы на основе интерметаллических соединений. При сорбции и десорбции водорода объем индивидуальных частиц может изменяться до 25%, тепловой эффект реакции составляет десятки килоджоулей на моль водорода (обычно от 25 до 40 кДж/моль), а эффективная теплопроводность мелкодисперсной системы составляет от 0,1 до 1 Вт/мК и зависит от давления водорода.

При теоретическом анализе и моделировании тепловых процессов в металлгидридных дисперсных системах и разработках металлгидридных реакторов для систем аккумулирования и очистки водорода первостепенное значение имеет получение точных опытных данных по фазовым диаграммам (РСТ-изотермы) водородпоглощающих материалов. Методы и техника измерений сорбционных характеристик (фазовой РСТ-диаграммы) водородпоглощающих материалов имеет ряд особенностей, существенно определяющих точность получаемых данных. Это – низкая эффективная теплопроводность и, в ряде случаев, проницаемость экспериментальных образцов дисперсных материалов, которые приводят к большим временам достижения термодинамического равновесия в термостатируемой системе, особенно при низких температурах, и их возрастанию с увеличением размеров системы. Кризисные явления в металлгидридных системах приводят к дополнительному возрастанию времени достижения равновесия. Уменьшение размеров образца позволяет ускорить эксперимент, однако при этом снижается точность измерения РСТ-изотермы, так как возрастает погрешность определения количества сорбированного и десорбированного водорода.

Цель данной работы – измерение водородсорбционных свойств сплава $\text{La}_{0.9}\text{Ce}_{0.1}\text{Ni}_5$ для определения возможности его использования в системах топливообеспечения низкотемпературных топливных элементов с твердополимерным электролитом киловаттного класса мощности. Измерения проводились в диапазоне температур от 20 до 80°C на установке УС 150 (рис 1) с помощью модифицированного метода Сиверта [3]. Установка позволяет измерять изотермы сорбции и десорбции образцов водородпоглощающих материалов массой от 10 до 800 г при температурах от -30 до 400°C и давлении водорода до 15 МПа.

Перед исследованием водородсорбционных свойств сплава был проведен его рентгеноструктурный анализ, который проводился на дифрактометре URD-6 с использованием излучения CuK_α и никелевого фильтра. Условия съемки были следующие: 25 – 90 (2 θ), шаг 0.05°, 1 или 3 сек. в точке. Уточнение дифракционных профилей проводилось по методу Ритвельда [4] при использовании программы Jana-2006. Точность определения периодов решетки составляла $\pm 0.001 - 0.005\%$, массового соотношения фаз 1 – 2 %.

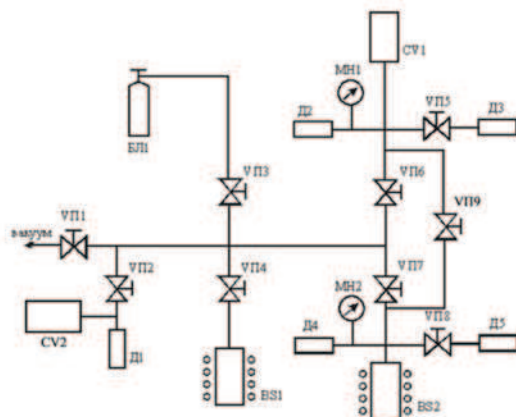


Рис.1. Установка для измерения изотерм сорбции и десорбции водорода УС 150. БЛ1 – баллон с водородом; ВП1-9 - вентили; BS1 – аккумулятор водорода, заполненный LaNi₅; BS2 – рабочий автоклав; CV1 - буферный автоклав CV2 – вакуумная емкость; Д1 – датчик абсолютного давления (0-1 атм); Д2, Д4 – датчики избыточного давления (1-150 атм); Д3, Д5 – датчики избыточного давления (1-10 атм).

Анализ рентгенограмм показал, что образец является однофазным, поскольку идентифицированы все пики на рентгенограмме. Интерметаллическое соединение La_{0.9}Ce_{0.1}Ni₅ кристаллизуется в структурном типе CaCu₅, описывается в пространственной группе rb/mm , параметры кристаллической решетки:

$$a = 5,001 \text{ \AA};$$

$$c = 3,987 \text{ \AA};$$

$$\text{рентгеновская плотность сплава } d = 8,314 \text{ г/см}^3.$$

Для исследования водородсорбционных характеристик был использован образец сплава массой 50,01 г. Изотермы десорбции водорода представлены на рис. 2.

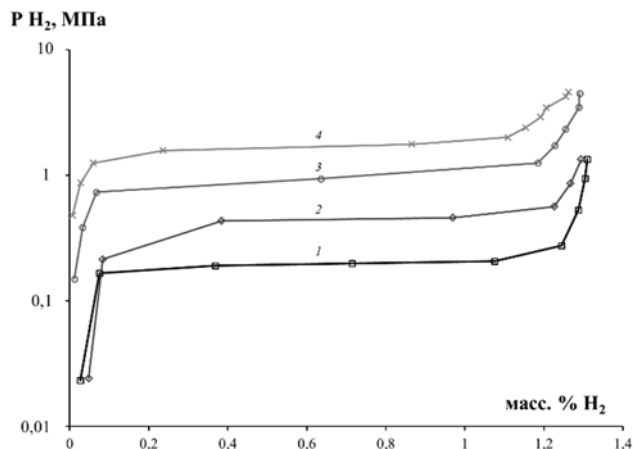


Рис. 2 Изотермы десорбции водорода сплава La_{0.9}Ce_{0.1}Ni₅ при температурах 20°C – 1, 40°C – 2, 60°C – 3 и 80°C – 4.

Процесс сорбции-десорбции водорода интерметаллическими соединениями обладает одной существенной особенностью – равновесное давление плато десорбции водорода всегда ниже равновесного давления сорбции. Для описания этой разницы используется величина гистерезиса давления, для расчета которой были измерены изотермы сорбции водорода при температурах 20 и 40°C, которые представлены на рис. 3. Водородсорбционные характеристики сплава $\text{La}_{0.9}\text{Ce}_{0.1}\text{Ni}_5$ представлены в таблице 1.

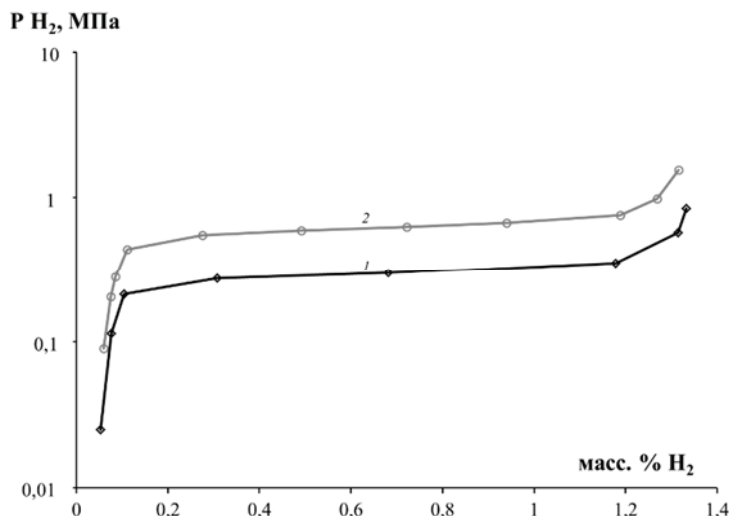


Рис. 3 Изотермы сорбции водорода сплава $\text{La}_{0.9}\text{Ce}_{0.1}\text{Ni}_5$ при температурах 20°C – 1 и 40°C – 2.

Сорбционные свойства образцов сплава $\text{La}_{0.9}\text{Ce}_{0.1}\text{Ni}_5$.

Температура		$C(\text{H}_2)_{\text{max}}$ масс. %	P_{eq} МПа		ΔH^{des}_0 кДж/моль	ΔS^{des}_0 Дж/моль·К	K_h
°C	К		сорбция	десорбция			
20	293	1.3	0.292	0.196	30.7 ± 0.2	110 ± 2	0,354
40	313	1.3	0.634	0.445			
60	333	1.3		0.922			
80	353	1.3		1.685			

Результаты исследований показывают, что сплав $\text{La}_{0.9}\text{Ce}_{0.1}\text{Ni}_5$ может быть использован для систем очистки и хранения водорода, интегрированных с энергоустановками на основе водородовоздушных топливных элементов с твердополимерным электролитом киловаттного класса мощности.

Авторы выражают благодарность Минобрнауки РФ за финансовую поддержку исследований (государственные контракты №№ 14.BVV.21.0042 и НШ 123.2012.8 под рук. ак. А.Е. Шейндлина), Российскому Фонду Фундаментальных Исследований (гранты 13-08-01045, 13-08-01312 и 14-08-92001), а также членам лаборатории Водородных энергетических технологий ОИВТ РАН за обсуждение работы, полезные советы и практическую помощь в исследованиях.

Список литературы

1. Вербецкий В.Н., Митрохин С.В. Гидриды интерметаллических соединений–синтез, свойства и применение для аккумуляирования водорода // Междун. науч. журн. “Альтернативная энергетика и экология”. 2005 г. Т. 30. № 10, 1-61 стр.
2. Тарасов Б.П., Бурнашева В.В., Лотоцкий М.В., Яртысь В.А. «Методы хранения водорода и возможности использования металлогидридов»// Альтернативная энергетика и экология. 2005 г, №12, 14–37 стр.
3. Малышенко С.П., Романов И.А. «Исследование термодинамических свойств водородпоглощающего сплава $\text{LaFe}_{0.1}\text{Mn}_{0.3}\text{Ni}_{4.8}$ для систем аккумуляирования и очистки водорода» // Теплофизика Высоких Температур 2014, том 52, № 3, с. 415–422
4. Ковба Л.М. Рентгенография в неорганической химии. М.: Изд. МГУ. 1991. 256с.

Формирование каталитического слоя для топливной ячейки с низким содержанием платины

Сохорева В.В., Дуброва Н.А.

Томский политехнический университет, Томск, Россия

В работе исследовалась возможность снижения платиновой загрузки при формировании тонких слоев Pt-C для полимерных мембранных электродных блоков при достаточной газопроницаемости а также для увеличения электрической и протонной проводимости. Каталитический слой формировался на обеих поверхностях мембраны с использованием магнетронного распыления комбинированной мишени из поликристаллического углерода и платины а также на поверхности углеродной бумаги.

Введение

Альтернативные автономные источники электрической энергии интересуют исследователей уже больше, чем половину века. В настоящее время исследователи заинтересовались созданием твердотельных автономных источников, в которых химическая энергия водорода преобразуется в электрическую. Топливные элементы с твердотельным электролитом – полимерной протонопроводящей (ТЭ) одна из самых перспективных разработок этого направления исследований [1]. Основной целью исследователи считают создание новой технологии полимеров с протонопроводящими свойствами, с коммерчески приемлемой ценой. В мембранно-электродном блоке (МЭБ) протонообменная мембрана размещена между каталитическими и газодиффузионными слоями. Каталитический слой, состоящий из мелкодисперсной платина в растворенном протонопроводящем полимере, механически наносится (намазыванием) на поверхность непосредственно на мембрану или на углеродную бумагу. При этом необходимыми являются следующие условия – должен быть хороший транспорт реагентов (наличие пор, плотный контакт с мембраной и фаза с электрической и протонной проводимостью).

Основной целью исследований было снижение платиновой загрузки при достаточной газопроницаемости.

Формирование каталитического слоя путем магнетронного распыления

В настоящей работе представлены результаты исследований формирования каталитического слоя для МЭБ каталитического слоя при помощи ионного распыления. Использование ионного распыления позволит снизить загрузку платины, что выгодно с экономической точки зрения и позволит создавать слои с более высокой протонной и электронной

Большинство теорий ионного распыления разработано для довольно узких, диапазонов энергий ионов или типов соударений. Наиболее строгая и законченная теория катодного распыления аморфных и поликристаллических материалов разработана Зигмундом [2]. В эксперименте проводилось совместное распыление платины и углерода. Для эксперимента была изготовлена графитовая мишень, диаметром 60 мм. На графитовой мишени располагались кусочки листа платины толщиной 200 мкм (рис.1.). Напыляемый слой наносился на протонопроводящую пленку ПВДФ, разработка ФТИ Томского политехнического университета[2] и

углеродную бумагу Toray TGPН-120. Формирование платино-углеродных наноструктурированных слоев осуществлялось при использовании комплекта вакуумного оборудования кафедры ВЭП ФТИ НИ ТПУ. Расчеты проведенные нами показали, для создания загрузки платины $0,05 \text{ мг/см}^2$ необходимо распылять в течение 30 с площадь платины $\sim 200 \text{ мм}^2$.

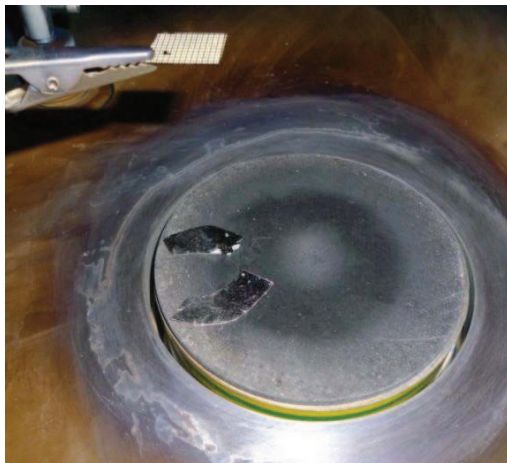


Рис. 1. Графитовая мишень с кусочками платины

На практике же, при таком распылении, толщина осажденной пленки получалась очень тонкой и островковой, при этом пленка была оптически прозрачной. Измерить её толщину не удалось. Для исследования режимов формирования пленки в качестве подложки использовали образец «свидетель» из электрохимически полированного кремния. Пленки напылялись при следующих режимах

1. $h=7 \text{ см}$, $S_{Pt} = 2 \text{ см}^2$, $P = 1.2 \cdot 10^2 \text{ Па}$, $U=963\text{В}$, $I=0,53\text{А}$, $t=90 \text{ с}$;
2. $h=7 \text{ см}$, $S_{Pt} = 1 \text{ см}^2$, $P = 1.2 \cdot 10^2 \text{ Па}$; $U=963\text{В}$, $I=0,53\text{А}$; $t=90 \text{ с}$;
3. $h=14 \text{ см}$, $S_{Pt} = 1 \text{ см}^2$, $P = 1.2 \cdot 10^2 \text{ Па}$; $U=963\text{В}$, $I=0,53\text{А}$; $t=120 \text{ с}$;
4. $h=14 \text{ см}$, подложка смещена относительно расположения Pt, $S_{Pt} = 1 \text{ см}^2$, $P = 1.2 \cdot 10^2 \text{ Па}$; $U=963\text{В}$, $I=0,53\text{А}$; $t=180 \text{ с}$;

Исследование толщины проводилось на сканирующем нанотвердомере. Как следует из рисунка, представленного ниже, при режиме № 1 толщина пленки около

30 нм. Принцип определения толщины на сканирующем нанотвердомере прост: на алмазную иглу прикладывается определенная нагрузка, в зависимости от твердости материала, глубина проникновения иглы в образец различна. При переходе иглы из одного материала в другой, наблюдается изменения угла кривой, которая показывает глубину проникновения иглы.

При режимах 2, 3, 4 пленки толщина пленок была $\ll 30 \text{ нм}$, и поэтому мы остановили свой выбор на режиме-1. Состав полученной пленки определялся с помощью микроанализатора микроскопа Hitachi TM-1000. Исследуемая пленочная структура помещался в вакуумную камеру микроскопа, электронный пучок направлялся на исследуемый образец. Энергия пучка электронов микроанализатора

– 10 КэВ, глубина проникновения электронов значительно больше толщины нашей пленки. С помощью анализатора микроскопа был определен элементный состав полученных пленок Pt-C. в Pt-71,6 %) Более точно состав напыленных пленок исследовался при помощи метода РОР (резерфордского обратного рассеяния).

Полученная пленка Pt-C состояла из 28% массового количества углерода и 71,6% платины. Содержащийся углерод в каталитическом слое обеспечивает электронный

перенос, а также создает рыхлую аморфную структуру пленки, которая необходима для газового транспорта реагентов и проникновения ионообменного раствора мономера на всю толщину каталитической пленки. Режимы и состав пленок исследовался на образцах «свидетелях». Каталитический слой Pt-C наносился при режиме 1 непосредственно на протонопроводящую мембрану с целью создания плотного контакта с мембраной. Однако, в этом случае из-за нагрева мембраны происходила её деформация и растрескивания напыленного каталитического слоя. Для предотвращения деформации необходимо охлаждать подложку или отводить электроны, которые её разогревают.

При напылении каталитического слоя на углеродную бумагу, каталитический слой повторял рельеф бумаги, то есть увеличилась эффективная площадь катализатора, но контакт с протонообменной мембраной был несколько хуже, чем в случае прямого нанесения пленки. Нами было реализовано напыление наноструктурированных Pt-C как на протонообменную мембрану, так и на углеродную бумагу (рисунки 3 -6).

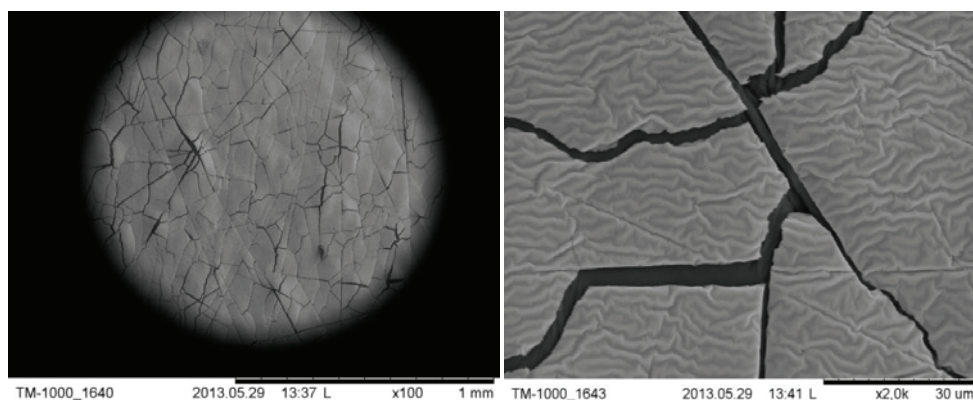


Рис. 2. Микрофотографии каталитического слоя на протонообменной мембране: а) увеличение 100-кратное, б) увеличение 2000-кратное

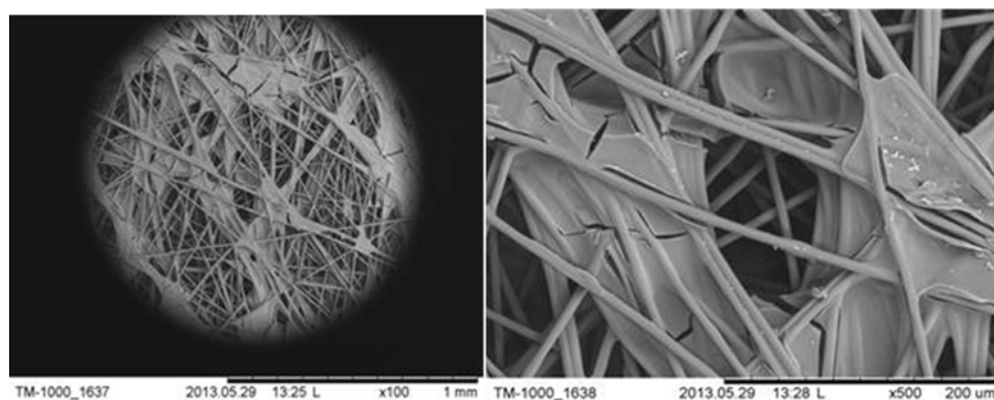


Рис.3. Микрофотографии каталитического слоя на углеродной бумаге: а) увеличение 100-кратное, б) увеличение 500-кратное

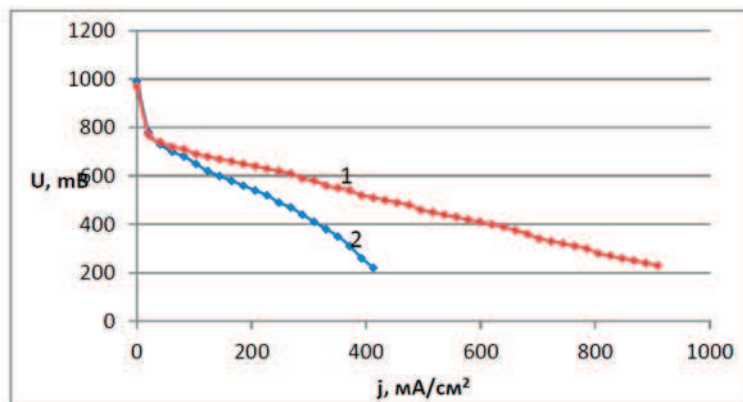
Были собраны мембранно-электродные блоки с напыленной на мембрану пленкой Pt-C. В этом случае на поверхность мембраны, и углеродной бумаги, между которой мембрана запрессовывалась термически, наносился тонкий слой протонопроводящего полимера. Для получения МЭБ с каталитическими слоями на углеродной бумаге

также происходила пропитка бумаги раствором жидкого протонопроводящего полимера для придания слою протонной проводимости. После этого производилось горячее прессование при температуре 120°C и давлении 10 кг/см², в течение 90 с. Измерения вольт-амперных характеристик проводились с помощью системы тестирования топливных элементов SMART 2.

Измерения производились на:

1. МЭБ1, полученной в результате магнетронного распыления каталитического слоя на мембрану из радиационно- химически модифицированного поливинилиденфторида ПВДФ

2. МЭБ 2, полученной в результате магнетронного распыления каталитического слоя на углеродную бумагу.



Вольт-амперная характеристика ТЭ представлена на рисунке 3.24, где кривая 1 - МЭБ1, кривая 2 - МЭБ2. Из рисунка хорошо видно, что ВАХ МЭБ1 демонстрирует лучшую нагрузочную характеристику по сравнению с МЭБ2.

Заключение

Таким образом, полученные результаты позволяют рассматривать возможность получения каталитического слоя Pt-C методом магнетронного распыления как весьма перспективный метод создания МЭБ с загрузкой платины в диапазоне 0,05 мг/см² или менее.

Авторы выражают благодарность сотрудникам кафедры ВЭП НИ ТПУ Янину Сергею Николаевичу и Юрьеву Юрию Николаевичу за помощь при магнетронном распылении образцов.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках реализации государственного задания Минобрнауки России на 2014-2016 годы по теме № 1750.

Список литературы

1. Добровольский Ю.А., Укше А.Е., Левченко А.В., Архангельский И.В., Ионов С.Г., Авдеев В.В., Алдошин С.М. Материалы для биполярных пластин топливных элементов на основе протон проводящих мембран//Российский химический журнал (Журнал РХО им. Д.И.Менделеева).-2006- № 6.- С.83-94
2. Sigmund P. Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B (1987).
3. Головкин В. М. , Сигфуссон Т. И. , Сохорева В. В. , Тюрин Ю. И. Получение протонообменной полимерной мембраны для топливного элемента при помощи радиационно-химического воздействия // Известия вузов. Физика. - 2012 - Т. 55 - №. 11/2. - С. 383-386

Водородные паротурбинные системы аккумулирования энергии для возобновляемой энергетики

Счастливцев А.И., Малышенко С.П., Борзенко В.И.

ОИВТ РАН, Москва, Россия

Введение

Потребность в создании эффективных аккумулирующих систем растет с каждым годом. В централизованной энергетике с установленной мощностью в десятки гигаватт это связано с необходимостью сглаживания неравномерности энергопотребления с дневные и ночные часы, выходные и т.д. В автономной энергетике, по мере развития и увеличения доли энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии, проблема с аккумулированием электроэнергии стоит наиболее остро. Не секрет, что возобновляемые источники энергии не могут обеспечить гарантированное энергоснабжение потребителя, поскольку сильно зависят от внешних факторов. В этом случае требуется установка аккумулятора. Наиболее распространенными аккумуляторами киловаттного уровня мощности в настоящее время являются электрохимические аккумуляторы, среди которых одними из самых перспективных являются литий-ионные. Вместе с тем, они отличаются высокой стоимостью и низким ресурсом, ограниченным несколькими тысячами циклов заряда-разряда. Это гарантирует их работу, в случае использования на энергоустановках ВИЭ, в течении 3...5 лет, а далее требуется их полная замена. Таким образом, разработка дешевого и эффективного аккумулятора, обладающего ресурсом не менее 20 лет, является актуальной задачей.

Одним из решений этой проблемы является создание водородной системы аккумулирования энергии [1-3]. Коротко принцип ее работы можно описать следующим образом: при избыточном производстве электроэнергии она используется для получения водорода в электролизере, который хранится в баллонах под высоким давлением, а в случае необходимости он используется для производства электроэнергии. При этом возможны два основных пути создания таких систем, отличающиеся устройством преобразования водорода в электроэнергию. Первый – это топливные элементы, второй – энергоустановка на основе паровой или газовой турбины [4, 5]. В случае с топливными элементами за последние годы достигнут большой прогресс и начинается их внедрение в частности в автомобильном транспорте. При этом, до сих пор эти установки отличаются низкой удельной мощностью и относительно высокой стоимостью. Для уровня мощностей в десятки киловатт и до нескольких мегаватт наиболее эффективными могут оказаться энергоустановки с паровыми или газовыми турбинами, для которых накоплен большой опыт успешной эксплуатации на протяжении более 200 лет, при этом их стоимость может быть существенно ниже [6, 7]. В частности современные турбины обладают высокой удельной мощностью и ресурсом более 200000 часов. В данной работе рассмотрена возможность использования турбин для создания водородной системы аккумулирования энергии.

Выбор оптимального схемного решения

Простейшая схема водородного аккумулирования энергии на основе паровой турбины состоит из системы производства водорода и кислорода (электролизер), системы их хранения (газовые баллоны, металлогидриды), водородно-кислородного парогенератора и паротурбинной установки.

Отличительной особенностью такой установки является наличие в ее составе водородно-кислородного парогенератора, который может обеспечить производство водяного пара сверхкритических параметров с температурой до 1700 °С. При этом его КПД составляет 98...99 %, а удельная мощность достигает более 400...500 кВт/кг [8, 9]. Рассмотрим основные варианты создания паротурбинной энергоустановки на его основе:

- Вариант № 1: паротурбинная установка высокого давления с температурой на входе до 700...800 °С и давлением 280...350 атм;
- Вариант № 2: высокотемпературная паротурбинная установка среднего давления с температурой пара на входе до 1700 °С и давлением до 70 атм;
- Вариант № 3: паротурбинная установка низкого давления с температурой пара на входе до 1000 °С и давлением до 45 атм.

Особенностью Варианта № 1 является возможность создания паротурбинной установки с высоким КПД до 52...54 %. Следует отметить, что подобные установки мегаваттного уровня мощности уже созданы и успешно работают в Дании, Японии, Германии и США. При этом разработаны перспективные схемы с несколькими промежуточными перегревами КПД которых достигает более 60 % [10]. Вместе с тем, следует отметить, что такие установки обладают очень долгим временем запуска, низкой маневренностью, высокой сложностью и дороговизной, в результате чего их применение в качестве основного узла аккумулирующей системы представляется затруднительным. Следует также отметить сложность создания подобных систем при мощностях менее 1 МВт.

Положительным отличием Варианта № 2 от № 1 является повышение маневренности энергоустановки и снижение времени запуска более чем в 20 раз за счет уменьшения толщины стенок паровой турбины. При этом в Варианте № 2 возможно обеспечение относительно высокого КПД до 41...44 %. Недостатком данного варианта является необходимость охлаждения паровой турбины, что приведет к ее удорожанию и усложнению конструкции. Такой вариант возможен для применения в аккумулирующих системах, работающих продолжительное время и требующие включения не более 40 раз в год.

Для водородных аккумулирующих систем, в которых требуется многократное включение более 300 раз в год, высокая маневренность, минимальное время запуска (менее 15 секунд) и стоимость наиболее предпочтительным является вариант № 3. Существенным недостатком такого варианта является снижение КПД до 24...32 %, при этом, в случае использования отводимого тепла для подогрева и отопления общий КПД может составить более 80 %.

Испытания водородно-кислородного парогенератора тепловой мощностью до 250 кВт

Одним из ключевых элементов водородной системы аккумулирования энергии является водородно-кислородный парогенератор. Отметим его основные особенности:

- а) Высокие удельные тепловые нагрузки на стенки камеры сгорания (КС) и ограничение расхода воды, подаваемой на ее охлаждение. Для повышения тепловой эффективности парогенератора вода, поступающая на охлаждение внутренней стенки КС используется в дальнейшем для снижения температуры

продуктов сгорания с 3300...3700 К до 800...1700 К. В результате общие тепловые потери при работе парогенератора на основном режиме не превышают 0,1...0,3 %. Однако, при реализации такой схемы охлаждения, возникает жесткое ограничение на расход охлаждающей воды, при этом чем выше температура пара нужна потребителю, тем меньше должен быть расход воды на охлаждение. В результате одной из основных проблем при создании парогенератора является разработка конструкции КС, способной надежно работать в заданных условиях. Это требует поиска ее оптимальной конструкции: с внешним охлаждением внутренней стенки, комбинированным водородно-водяным охлаждением, создание вихревых КС и т.д.;

- б) Для повышения эффективности и безопасности работы парогенератора требуется обеспечить полноту сгорания водорода в кислороде близкую к 100 %, при стехиометрическом соотношении компонентов. Согласно методам проектирования жидкостных ракетных двигателей, для определения объема КС, необходимого для эффективного сгорания горючего, используется т.н. приведенная (или характеристическая) длина камеры сгорания, которая может быть определена по следующей формуле [11]:

$$L_{г\delta} = \frac{V_{\dot{e}} \cdot p_{\dot{e}} \cdot A(\gamma)}{G_{\dot{e}} \cdot \sqrt{R_{\dot{e}} \cdot T_{\dot{e}}}} \quad (1)$$

где V_k - объем КС [м³], p_k - давление в КС [Па], G_k - расход компонентов в КС [кг/сек], R_k - универсальная газовая постоянная [Дж/(моль·К)], T_k - температура продуктов в КС [К].

Значения $L_{пр}$ зависят от вида применяемого топлива и определяются экспериментально, в частности для смеси водород-кислород эта величина составляет 0,25...1 м [11]. Следует отметить, что смещению в область меньших значений $L_{пр}$ способствует более интенсивное смешение подаваемых компонентов, повышение давления и температуры в КС и использование предварительной газификации или подогрева компонентов. Из формулы (3.1) видно, что для увеличения приведенной длины КС необходимо либо увеличивать ее объем, либо давление продуктов сгорания, поскольку все остальные параметры являются либо постоянными, либо ограничены конструкцией. Таким образом, одной из основных задач, при создании эффективного водородного парогенератора, является разработка оптимизированных конструкций камеры сгорания и смесительного элемента (СЭ);

- с) Пар на выходе из водородного парогенератора должен иметь неравномерность температур не более 25...40 К. Для обеспечения равномерной температуры генерируемого пара необходимо обеспечить интенсивное смешение охлаждающей воды с продуктами сгорания. В частности это может быть достигнуто за счет использования резкого расширения продуктов сгорания в камере испарения. В этом случае необходимо разработать такую компоновку камеры испарения, которая обеспечит выполнение заданных условий.

На рис. 3.1 представлены результаты измерений давления в камере испарения, расхода охлаждающей воды и давления охлаждающей воды в баке-аккумуляторе. Из рис. 3.1 видно, что давление в камере испарения водородно-кислородного парогенератора стабильно и составляет 28...30 атм. Повышение давления наддува воды с 12 секунды обусловлено увеличением тепловой мощности водородно-кислородного парогенератора с 80 до 100 кВт.

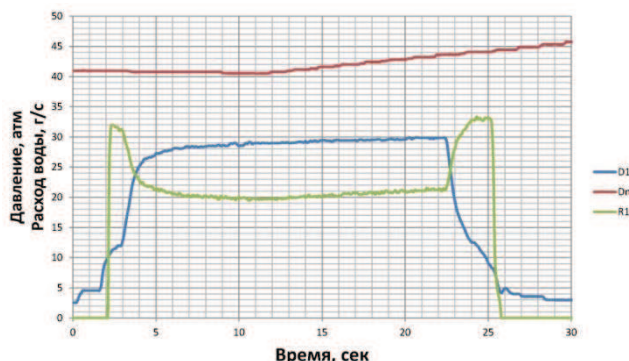


Рис. 1 - Давление в камере испарения (D1), расход охлаждающей воды (R1) и давление охлаждающей воды в баке-аккумуляторе (Dn)

Для определения состава пара на выходе из водородно-кислородного парогенератора были проведены два испытания. Замеры проводились при выходе водородно-кислородного парогенератора на заданный режим. Результаты измерения состава пара на выходе из водородно-кислородного парогенератора приведены в таблице.

Таблица. Состав пара на выходе из водородно-кислородного парогенератора

Компонент	Запуск №1	Запуск №2
Водород, % (об.)	менее 0,01	менее 0,01
Кислород, % (об.)	0,73	1,08

Выводы

(1) Рассмотрена схема водородной аккумулирующей системы на основе паротурбинной энергоустановки и проведен ее анализ. Для водородных аккумулирующих систем, в которых требуется многократное включение более 300 раз в год, высокая маневренность, минимальное время запуска (менее 15 секунд) и стоимость наиболее предпочтительным является вариант с паротурбинной установкой низкого давления и температурой пара на входе до 1000 °С и давлением до 45 атм.

Показано, что несмотря на относительно небольшую стоимость аккумулируемой электроэнергии, наиболее оптимальным для такого типа установок является их применение в качестве резервных или аварийных источников энергии, что связано с низким коэффициентом рекуперации.

(2) Создан и испытан один из основных узлов водородной системы аккумулирования энергии – водородно-кислородный парогенератор. Приведены результаты испытаний водородно-кислородного парогенератора тепловой мощностью до 250 кВт. Показано, что температура генерируемого пара достигает 1300 К при давлении до 30 атм., при этом неоднородность температур в камере испарения не превышает 40 градусов, что позволяет минимизировать тепловые напряжения в паровой турбине. Анализ состава генерируемого пара показал, что содержание не прореагировавших компонентов водорода составляет менее 0,01 % (об.), а кислорода от 0,7 до 1,1 % (об.).

Список литературы

[1] Малышенко С.П. «Водород как аккумулятор энергии в электроэнергетике», Российский химический журнал, т.41, с. 112-120, 1997.

-
- [2] Charles W. Forsberg “Future hydrogen markets for large-scale hydrogen production systems” *Hydrogen Energy*, V.32, I.4, P. 431-439, 2007.
- [3] H.J. Sternfeld, P. Heinrich. “A demonstration plant for the hydrogen/oxygen spinning reserve”, *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 14, Issue 10, 1989, Pages 703-716.
- [4] Dennis R.A., “Hydrogen combustion in near zero emissions IGCC: DOE Advanced turbine program”. ASME/IGTI Turbo Expo 2008, Berlin, Germany, June 9-13, 2008.
- [5] Mori H., Sugishita H. «A study of 50 MW hydrogen combustion turbines», *Hydrogen Energy Progress XII Proceeding of the 12th World Hydrogen Conference*, Buenos Aires, Argentina, 21-26 June, p. 54-58, 1998.
- [6] Steward D., Saur G. «Lifecycle cost analysis of hydrogen versus other technologies for electrical energy storage», Technical report NREL/TP-560-46719, November 2009, U.S. Department of Energy.
- [7] Schoenung S.M. «Characteristics and Technologies for Long-vs. Short-Term Energy Storage. A Study by the DOE Energy Storage Systems Program», SANDIA REPORT SAND2001-0765, 2001. <http://prod.sandia.gov/techlib/access-control.cgi/2001/010765.pdf>
- [8] Malysenko S.P., Gryaznov A.N. «High-pressure H₂/O₂ – steam generators and they possible applications», *International Journal of Hydrogen Energy*, № 29, p. 589-596, 2004.
- [9] Hans J Sternfeld : “The DLR H₂/O₂ steam generator and it’s application for the power industry”, *Perspectives in Energy*, v.3, p. 17-25, 1994-1995.
- [10] International clean energy network using hydrogen conversion (WE-NET). Annual summary reports on results. NEDO. Japan, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998.
- [11] Добровольский М.В. «Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования» Учебник для вузов. – 2-е изд. перераб. и доп./ под ред. Д.А. Ягодникова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. -488 с.: ил.

Полимерные нанокомпозиты для органических солнечных элементов

Тамеев А.Р., Ванников А.В.

Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Россия

Повышение эффективности фотопреобразования органического солнечного элемента (ОСЭ) напрямую связано с повышением поглощения солнечного света, фотогенерации и транспорта носителей заряда в фотоактивном слое и с улучшением переноса носителей заряда между его функциональными слоями. Применение полимерных нанокомпозитов, включающих в состав наноразмерные частицы полупроводников, углеродных соединений, металлов, - одно из активно исследуемых направлений в разработках высокоэффективных ОСЭ. Узкозонные π -сопряженные полимеры и их композиты с фуллереном $PC_{71}BM$ расширяют спектр поглощения фотоактивного слоя в ближнюю ИК-область в ОСЭ на основе объемного гетероперехода (ОГП) [1].

В докладе рассмотрены фотоэлектрические процессы (1) в полимерном нанокомпозите, содержащем наночастицы полупроводника (например, квантовые точки $CdSe$) [2], которые выступают в роли электроноакцепторного компонента аналогично фуллерену в типичном ОГП, (2) в тройном нанокомпозите на основе двухкомпонентного ОГП, сенсibilизированного молекулами красителя (фталоцианина или порфирина металла). Формирование протяженных наноструктур (стеков) молекул красителя способно улучшать транспорт носителей заряда в ОГП согласно предложенному механизму [3]. Введение в электропроводящий полимер графена в концентрации ниже порога перколяционной проводимости приводит к повышению проводимости слоя на порядок величины [4], что улучшает перенос носителей заряда между фотоактивным слоем и прозрачным электродом ОСЭ. Наконец, обсуждено влияние наночастиц благородных металлов, помещенных в структуру ОСЭ, на повышение фототока за счет возрастания концентрации свободных носителей заряда под действием электромагнитного поля, генерируемого плазмонами наночастиц при поглощении света.

Список литературы

1. S.H. Park, A. Roy, S. Beauprer, et al., Nature Photonics 3 (2009) 297-303.
2. S. Daineko, A. Tameev, M. Tedoradze, I. Martynov, M. Artemyev, I. Nabiev, A. Chistyakov, Appl. Phys. Lett. 103 (2013) 063302.
3. V.R. Nikitenko, A.R. Tameev, A.V. Vannikov, Organic Electronics. 12 (2011) 589-594.
4. О.Д. Омельченко, О.Л. Грибкова, А.Р. Тамеев, А.В. Ванников, Письма в ЖТФ. 40 (18) (2014) 66-71.

Состояние и перспективы солнечной энергетики на кремнии

Теруков Е.И.

НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А.Ф. Иоффе
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН

Бурное развитие солнечной энергетики ставит вопрос, на основе какого материала будет реализован спрос на эффективные фотоэлектрические модули? Современные солнечные модули можно изготавливать на основе следующих полупроводниковых материалов: GaAs, c-Si, a-Si, CIS и CdTe. Солнечные элементы на красителях и органике мы не рассматриваем как кандидатов для применения в большой энергетике в связи с низким КПД и нерешенностью проблем с их долговременной стабильностью.

На сегодняшний день основной объем рынка солнечной энергетики обеспечивается солнечными элементами на кристаллическом (41 %) и поликристаллическом кремнии (45 %). Остальные 14 % рынка занимают тонкопленочные солнечные модули на основе пленок a-Si, CIS и CdTe.

Исходя из перспектив развития рынка, учитывая такие факторы как наличие исходных компонент в земной коре, а также вопросы, связанные с экологией (как на этапе формирования, так и утилизации солнечных модулей) мы придерживаемся точки зрения о бесперспективности решения задач большой наземной энергетики, ориентируясь на такие материалы, как CdTe, CIS и GaAs. На наш взгляд, кремний был и остается основным материалом на рынке солнечной энергетики и имеет перспективы, как в плане увеличения эффективности, так и снижения стоимости вырабатываемой энергии.

Развитие солнечной энергетики на кремнии основывается на совершенствовании «классических» кристаллических кремниевых элементов, эффективность которых достигает 25 %, разработке гетероструктурных солнечных элементов n-c-Si/p-a-Si:H (HIT-heterojunction with intrinsic thin layers) с КПД 24,7 % и совершенствовании тонкопленочных, многокаскадных солнечных модулей на основе аморфного кремния.

В перспективе возможно решение вопросов перенесения (нанесения) тонких пленок кристаллического кремния на стекло или другие подложки методами spin-off или плазмохимического осаждения, что позволит снизить стоимость за счет уменьшения толщины солнечного модуля и увеличить эффективность за счет возможности формирования многопереходных модулей на базе кристаллического кремния.

Дальнейшее улучшение основных параметров солнечных модулей на основе аморфного кремния связано с решением целого ряда как научных, так и инженерных проблем. В научном плане это касается решения вопросов организации оптического поглощения света в активных слоях модуля, улучшения качества активных слоев в гетерокаскадах и самих гетеропереходов, улучшения дизайна модулей, позволяющего уменьшить площадь мертвых зон на поверхности модуля.

Анализируя возможности совершенствования тонкопленочных солнечных модулей на основе кремния можно сказать, что в этой области возможно увеличение КПД модулей до 14–15 %, разработка новых многопереходных структур на основе более дешевых, высокоэффективных материалов, использование альтернативных

конструкций модуля (новые подложки и новые технологии корпусирования), адаптации новых удачных технологических решений к условиям промышленного производства.

Развитие геотермальных энерготехнологий

Томаров Г.В.

ЗАО «Геотерм-ЭМ», Россия

Среди различных ВИЭ геотермальные энергетические технологии достигли наибольшей коммерческой зрелости и успешно конкурируют на рынке энергетических услуг с другими способами получения энергии. Несмотря на относительно небольшую суммарную установленную мощность современных геотермальных электростанций (ГеоЭС) по сравнению, например, с ветроагрегатами и солнечными установками, общая выработка электроэнергии на ГеоЭС в мире достаточно высока. Это обусловлено тем, что коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) ГеоЭС в несколько раз превышает этот показатель для установок, использующих энергию ветра или солнца.

В настоящее время геотермальной энергетике присущи принципиальные преимущества:

- низкая себестоимость электроэнергии;
- независимость от климатических условий и погоды;
- высокая экологичность.

Проведен анализ состояния и долгосрочных перспектив развития геотермальной энергетики за рубежом и в России. Рассмотрены тенденции совершенствования геотермальных энерготехнологий. Дана оценка развития перспективных бинарных энергоблоков для производства электроэнергии на основе использования низкотемпературных геотермальных и других источников тепла.

Основной прирост мощностей ГеоЭС в ближайшей перспективе будет обеспечиваться благодаря широкомасштабному освоению низкотемпературных геотермальных источников с использованием бинарных технологий, в долгосрочной перспективе – на основе освоения технологий с геотермальными циркуляционными системами. Определен перечень приоритетных и наиболее подготовленных к реализации геотермальных проектов в России.

Перспективные технологии переработки растительной биомассы в экологически чистые топлива и электроэнергию

Тюрина Э.А.

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск, Россия

Актуальность энерготехнологической переработки древесной биомассы в синтетические жидкие топлива (СЖТ) и электроэнергию на основе методов каталитического получения жидких топлив из продуктов газификации растительной биомассы обусловлена, с одной стороны, высокой ценой квалифицированного жидкого топлива в отдаленных районах Сибири и Дальнего Востока, с другой стороны, значительными запасами древесной биомассы в этих районах. Совмещение химических процессов с выработкой электроэнергии повышает эффективность переработки техногенных отходов. Анализ технологий переработки различного органического сырья, выполненный в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, выявил целесообразность комбинирования химической технологии переработки с производством электроэнергии. Энергетическая и экономическая эффективность такой комплексной технологии значительно выше, чем отдельных производств.

Технологическая схема ЭТУ на основе биомассы. На рис.1 приведена расчетная схема ЭТУ. В газогенераторе GAK осуществляются процессы газификации древесной биомассы на паровоздушном дутье, охлаждение продуктов газификации в топке газогенератора. В блоке генерируется острый пар и пар низкого давления, которые идут в энергоблок на выработку электроэнергии. В блоке синтеза осуществляется процесс каталитического синтеза метанола, а также генерация пара низкого давления, поступающего в отсеки паровой турбины. Блок имеет последовательные ступени синтеза с различным числом параллельно работающих реакторов в каждой ступени. В энергетическом блоке происходит сжигание продувочного газа, поступающего из блока синтеза, в камере сгорания газовой турбины KCL, охлаждение продуктов сгорания и выработка электроэнергии в газовой и паровой турбинах.

Математическая модель блока газификации включает модели реакционных камер газогенератора, радиационных и конвективных теплообменников, в которых продукты газификации охлаждаются водой или паром, систем очистки синтез-газа. Математические модели теплообменников ориентированы на определение требуемой площади поверхности нагрева и других конструктивных характеристик. Математическая модель блока синтеза включает модели компрессоров синтез-газа, каталитических реакторов, регенеративных газо-газовых теплообменников и холодильников-конденсаторов. Математическая модель энергетического блока состоит из математических моделей расширительной и основной газовых турбин, воздушного компрессора, камеры сгорания продувочного газа, паровой турбины и котла-утилизатора.

Технологическая схема блока газификации. В данном материале представлены технологическая схема блока газификации на основе древесной биомассы, как нового элемента технологической схемы ЭТУ (рис.2). Блок газификации состоит из

газогенераторов с кипящим слоем, выносных и встроенных циклонов, скруббера мокрой золоочистки, системы глубокой очистки продуктов газификации и системы получения воздуха.

Рассматриваемый в работе газогенератор представляет собой агрегат, состоящий из двух корпусов. В одном, реакторе, располагается кипящий слой и надслоевое пространство, окруженные испарительными экранами, в другом - система конвективных газопаровых и газоводяных теплообменников, предназначенных для охлаждения продуктов газификации, и встроенные циклоны. Для возврата отделенных в циклонах частиц золы и угля в кипящий слой используется часть направляемого на дутье пара. Шлак из реактора газогенератора направляется в охладитель, где охлаждается водой.

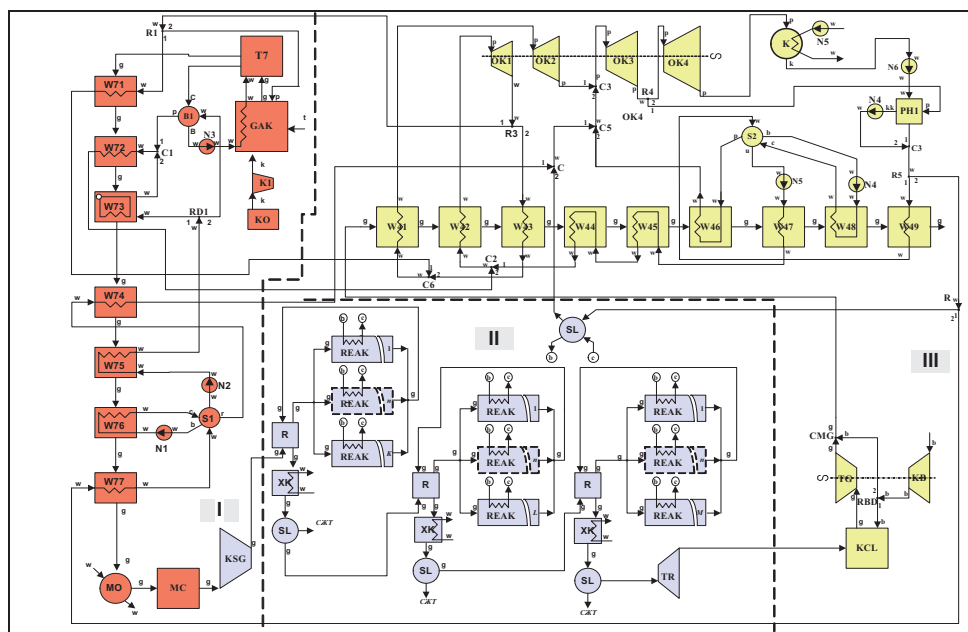


Рис.1. Расчетная схема ЭТУ синтеза метанола и производства электроэнергии с газификацией древесной биомассы:

T7 – радиационный теплообменник на продуктах газификации, GAK – газогенератор, КО – блок получения воздуха, K1 – кислородный компрессор, W71-W77 – конвективный теплообменник на продуктах газификации, B1, S1, S2, S3 – барабан-сепаратор, C, C1-C6 – смеситель потоков воды или пара, R, R1-R5 – разделитель потока воды или пара, N1-N6 – насос, RD1 – разделитель потока воды или пара долевой, Y1, Y2 – сухой уловитель золы, KSG – компрессор мокрой золоочистки, MC – система удаления излишнего CO₂, R – регенеративный газо-газовый теплообменник, SL – сепаратор СЖТ, XK – холодильник-конденсатор, REAK – адиабатная зона реактора синтеза СЖТ, TP – расширительная газовая турбина, KCL – камера сгорания газовой турбины, TG – основная газовая турбина, KB – компрессор воздушный, RBD – разделитель потока воздуха, CMG – смеситель потоков газа и воздуха, OK1-OK4 – отсеки паровой турбины, W41-W49 – конвективные газопаровые теплообменники котла-утилизатора, K – конденсатор паровой турбины, PH1 – регенеративный подогреватель низкого давления. Обозначение потоков: t-уголь, k-кислород, p-пар, w-вода, пар, газопаровая смесь, охлаждающая вода, g-продукты конверсии, синтез-газ, продувочный газ, продукты сгорания, b-воздух, kk-конденсат, u, b, c-вода на циркуляционный насос, 1, 2 – разделение, смешивание потоков. I – блок получения синтез-газа, II – блок синтеза СЖТ, III – энергетический блок.

Процесс газификации биомассы происходит в реакционной камере газогенератора в кипящем слое при температуре около 1173 К и давлении 2 МПа на паровоздушном дутье. Пар на процесс газификации топлива отбирается из холодной нитки промпрегрева в энергоблоке. Генераторный газ, выходящий из кипящего слоя, охлаждается в испарительных экранных поверхностях в надслоевом пространстве, а затем в системе конвективных теплообменников. Питательная вода для охлаждения продуктов газификации поступает из энергоблока. Полученный в результате пар различных параметров направляется в отсеки паровой турбины энергоблока и используется для выработки электроэнергии.

В блоке предусматривается очистка продуктов газификации. Грубая сухая очистка от частиц золы происходит во встроенных циклонах газогенератора и в выносном циклоне. Тонкая очистка газа от пыли производится в скруббере мокрой золоочистки. Кроме этого, предусмотрена очистка продуктов газификации от соединений серы и излишнего CO_2 в системе глубокой очистки газа.

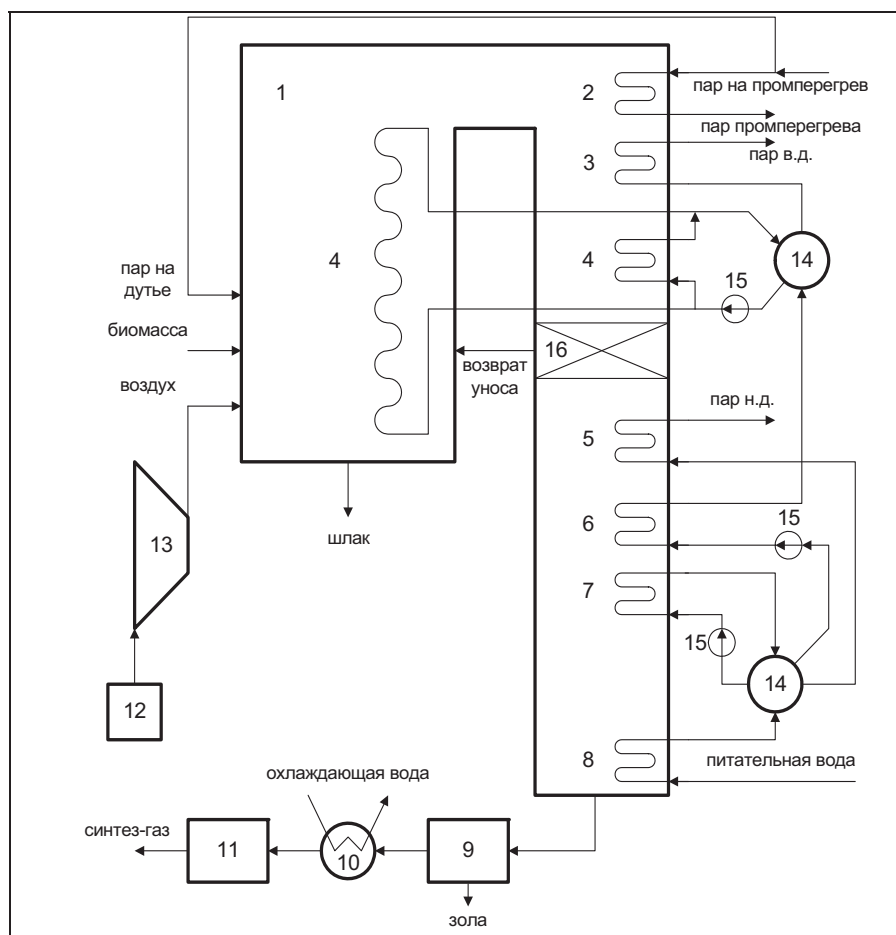


Рис. 2. Технологическая схема блока газификации: 1 - реактор газогенератора, 2 - промежуточный перегреватель, 3 - перегреватель острого пара, 4 - испаритель пара высокого давления, 5 - перегреватель пара низкого давления, 6 - экономайзер пара высокого давления, 7 - экономайзер пара низкого давления, 8 - питательная вода, 9 - выносной циклон, 10 - скруббер, 11 - система глубокой очистки газа, 12 - система подачи воздуха, 13 - воздушный компрессор, 14 - барабан-сепаратор, 15 - насос, 16 - встроенные циклоны.

Результаты исследований. На основании расчета технологических схем ЭТУ определяются такие технико-экономические показатели, как производство СЖТ и электроэнергии (при заданном расходе топлива), коэффициент полезного действия установки, мощности механизмов собственных нужд, величины поверхностей нагрева теплообменных аппаратов, капитальные вложения и др.

Целью исследований, проводимых на математических моделях ЭТУ, является определение оптимальных параметров установок и изменения их технико-экономических показателей в зависимости от условий функционирования (цен на топливо, оборудование, продукцию). В качестве критерия при сопоставлении вариантов может приниматься внутренняя норма возврата капиталовложений (IRR), чистая дисконтированная стоимость проекта и др.

Анализ технологических схем ЭТУ показывает, что фактором, наиболее сильно влияющим на стоимость всех блоков установки, ее энергетическую эффективность и технико-экономические показатели, является соотношение между производством метанола и выработкой электроэнергии. Поэтому проведена оптимизация данного соотношения и определены соответствующие им технико-экономические показатели. Основными параметрами, обуславливающими это соотношение, являются расход пара и воздуха на дутьё в газогенератор, что определяет состав синтез-газа, и количество параллельно включенных реакторов в ступенях блока синтеза, что в свою очередь характеризует степень превращения синтез-газа в метанол. Рассмотрены варианты оптимизационных расчетов при различной стоимости электроэнергии, отпускаемой ЭТУ.

При определении оптимальных вариантов ЭТУ решались задачи нелинейного математического программирования, смысл которых состоит в нахождении параметров установки (состава дутья в газогенераторы, объема катализатора в реакторах синтеза, температур и давлений рабочих тел парогазовой установки и др.), которые обеспечивают минимальное значение цены на производимое СЖТ при заданных уровнях внутренней нормы возврата капитальных вложений, ценах на потребляемое топливо и отпускаемую электроэнергию с учетом физико-технических ограничений на параметры установки.

На рис.3 представлены основные показатели полученных результатов оптимизации параметров ЭТУ в зависимости от стоимости электроэнергии.

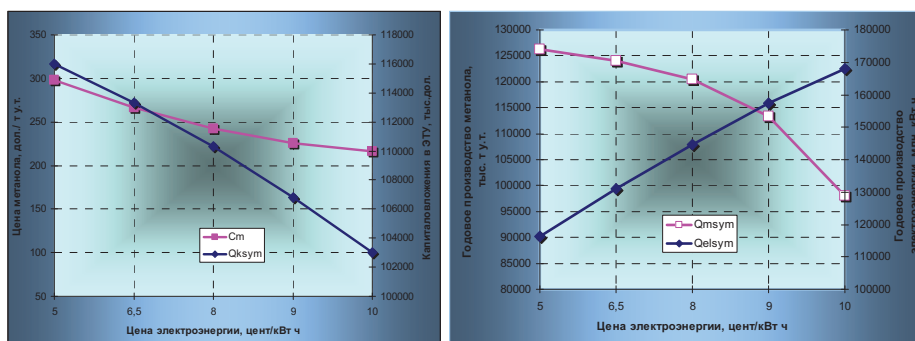


Рис.3. Зависимости основных показателей оптимальных вариантов ЭТУ от стоимости отпускаемой электроэнергии.

Выполненные исследования показали, что комбинированное производство электроэнергии и метанола на основе биомассы повышает термический КПД процесса на 10% и уменьшает инвестиции на 10-15% по сравнению с раздельным

производством. При внутренней норме возврата капиталовложений 15% стоимость метанола из биомассы составит 250-300 дол./т у.т. при цене биомассы 50-70 дол./т у.т. При такой стоимости метанол может конкурировать с как котельно-печным, так и моторным топливом в восточных регионах России.

Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы»

Шашкин А.П.

Министерство образования и науки РФ



Министерство образования и науки
Российской Федерации

Федеральная целевая программа
«Исследования и разработки по приоритетным
направлениям развития научно-технологического
комплекса России на 2014-2020 годы»

Утверждена Постановлением Правительства
Российской Федерации от 21 мая 2013 года № 426

ФЦП Исследования и разработки 2014-2020

Минобрнауки России

**Цель Программы:**

формирование конкурентоспособного и эффективно функционирующего сектора прикладных научных исследований и разработок

Задачи Программы:

1. Поддержка прикладных научных исследований и экспериментальных разработок, направленных на создание продукции и технологий, выполняемых по приоритетам;
2. Обеспечение системного планирования и координации исследований и разработок (ИиР);
3. Обеспечение возможности решения сектором ИиР качественно новых по объему и сложности научно-технологических задач;
4. Обеспечения интеграции российского сектора ИиР в глобальную международную инновационную систему;
5. Повышение результативности сектора ИиР.

Объемы и источники финансирования Программы, млн. рублей:

Всего за 2014 - 2020 годы –	239 062,621
в том числе	
средства федерального бюджета –	197 682,426 (- 4 546,344)
средства внебюджетных источников –	41 380,195 (+ 4 585,195)

Основные акценты:

Поддержка исследований и разработок по приоритетным направлениям
Адресная поддержка инфраструктуры науки

ФЦП Исследования и разработки 2014-2020

Минобрнауки России

**Ключевые инициативы**

1. Адресность финансирования	• Переход от массовой поддержки исследований к работе с наиболее успешными научными коллективами.
2. Переход к грантовому финансированию	• В центре внимания – прикладные научные аспекты проекта • Стоимость проекта не влияет на победу.
3. Контроль достижения результатов	• Научные результаты – научная общественность. Достижение научной результативности. Карта науки. • Выполнение программы – Минобрнауки России - Показатели и индикаторы ФЦП.
4. Финансовый контроль исполнения проекта	• Оценка стоимости ресурсов (заявка). • Подтверждение стоимости ресурсов (отчетность). • Контроль выделения ресурсов (отчетность).

**Преимственность**

- Преимственность по отношению к ФЦП ИиР 2007-2013;
- Инструмент реализации ГП «Развитие науки и технологии»;
- Направления реализации соответствуют приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, утвержденным указом Президента РФ № 899 от 07.07.2011

• Индустрия наносистем.
• Информационно-телекоммуникационные системы.
• Рациональное природопользование.

• Транспортные и космические системы.
• Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика.
• Науки о жизни.

Отличия

Большая часть финансирования осуществляется на конкурсной основе посредством проведения открытых конкурсов в соответствии с Гражданским Кодексом Российской Федерации (в ФЦП ИиР 7-13 основным инструментом финансирования являлись открытые конкурсы в соответствии с 94-ФЗ).

Поддержка прикладных научных исследований и экспериментальных разработок, имеющих конкретного (промышленного) потребителя результата.



**Основные изменения ФЦП «Исследования и разработки»
во исполнение поручений Президента Российской Федерации
(№ Пр-3048 от 16.11.2012 г., № Пр-3086 от 27.12.2013 г., № Пр-46 от
14.01.2014 г.).**

1. Выполняемые в рамках Программы проекты определены как прикладные научные исследования и разработки, характеризующиеся:
наличием конкретного потребителя результата,
привлечением средств индустриального партнера для софинансирования работ,
сформулированными результатом и требованиями к качественным и количественным характеристикам результата,
разрабатываемая отчетная научно-техническая документация должна включать эскизную (рабочую) техническую (конструкторскую, программную, технологическую и т.п.) документацию в соответствии с требованиями общетехнических и организационно-технических систем стандартов.
2. Технологические платформы включены в перечень инициаторов прикладных научных исследований и разработок, поддерживаемых в рамках Программы.
3. Предусмотрена возможность предъявления требований по софинансированию и дальнейшему внедрению результатов работ к технологическим платформам и предприятиям реального сектора экономики.
4. Увеличены требования по привлечению внебюджетного софинансирования проектов.



Блоки Программы

Блок 1	«Проведение прикладных научных исследований и разработок по приоритетам развития научно-технологической сферы»
Блок 2	«Международное сотрудничество»
Блок 3	«Инфраструктура исследований и разработок»
Блок 4	«Материально-техническая база»
Блок 5	«Управление реализацией Программы»



Мероприятия и бюджетное финансирование Блока 1 Программы (млрд. руб.)

Блок / Мероприятие Программы	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Всего 2014-2020 гг.	Доля, %
Блок 1. Проведение прикладных научных исследований и разработок по приоритетам развития научно-технологической сферы	12,141	13,917	15,682	18,000	18,400	18,800	19,200	116,139	58,75
Мероприятие 1.1. Проведение исследований, направленных на формирование системы научно-технологических приоритетов и прогнозирование развития научно-технологической сферы	0,506	0,537	0,562	0,650	0,700	0,740	0,780	4,474	2,26
Мероприятие 1.2 Проведение прикладных научных исследований для развития отраслей экономики	2,900	3,040	3,120	3,210	3,300	3,370	3,450	22,390	19,28
Мероприятие 1.3 Проведение прикладных научных исследований и разработок, направленных на создание продукции и технологий	6,735	7,140	7,600	8,240	8,300	8,390	8,520	54,925	27,78
Мероприятие 1.4 Проведение прикладных научных исследований, направленных на решение комплексных научно-технологических задач	2,000	3,200	4,400	5,900	6,100	6,300	6,450	34,350	9,43
Всего по Программе	22,403	23,733	25,409	28,784	30,771	32,463	34,119	197,682	100

ФЦП Исследования и разработки 2014-2020

Минобрнауки России



Мероприятия 1.2 и 1.3 Программы

Мероприятие 1.2	Мероприятие 1.3	
Проведение прикладных научных исследований для развития отраслей экономики	Проведение прикладных научных исследований и разработок, направленных на создание продукции и технологий	
Формирование тематики	директивно или отбор инициативных предложений	
Вид конкурсов	открытый конкурс по Гражданскому кодексу Российской Федерации с возможностью отбора нескольких победителей в рамках одного конкурса (зонтичные лоты)	
Финансирование	субсидия для финансового обеспечения (возмещения) затрат, связанных с выполнением прикладных научных исследований и экспериментальных разработок	
Объем проекта	до 20 млн. руб. в год	до 50 млн. руб. в год
Софинансирование	от 20%	от 40%
Сроки	Не менее 20% объема привлекаемых внебюджетных средств должно быть затрачено на выполнение прикладных научных исследований и экспериментальных разработок по проекту.	
	Привлечение к внебюджетному софинансированию проектов и дальнейшему практическому использованию (коммерциализации) результатов конкретных потребителей результатов работ.	
	краткосрочные (1-2 года) долгосрочные (3 года) 4-5 лет - многоэтапные	среднесрочные (2-3 года)

8

ФЦП Исследования и разработки 2014-2020

Минобрнауки России



Основные требования к проектам мероприятий 1.2 и 1.3 Программы

направлены на создание новой продукции и технологий с целью создания конкретного образца (типа изделия, материала) или исследования особенностей его функционирования, или применения
есть конкретный потребитель результата, в лице индустриального партнера - организации реального сектора экономики
индустриальный партнер привлекает внебюджетные средства в объеме не менее 10 % от общего объема внебюджетных средств для софинансирования работ по проекту
сформулированы результат и требования к видам работ, качественным и количественным характеристикам результатов
сформулированы требования к разрабатываемой отчетной научно-технической документации, включая техническую (конструкторскую, программную, технологическую) документацию в соответствии с требованиями СРПП, ЕСКД, ЕСПД, ЕСТД
заключено соглашение между Участником конкурса и индустриальным партнером о дальнейшем использовании результатов прикладных научных исследований (и экспериментальных разработок)
обязательным результатом на заключительном этапе работ должна являться разработка технических требований и предложений по разработке, производству и эксплуатации продукции с учетом технологических возможностей и особенностей индустриального партнера - организации реального сектора экономики

ФЦП Исследования и разработки 2014-2020

Минобрнауки России



Результаты выполнения проектов

Мероприятие 1.2	Мероприятие 1.3
1) разработанные новые технические (технологические) решения и результаты интеллектуальной деятельности, полученные при исследовании свойств и (или) особенностей функционирования и (или) применения (материалов, устройств, процессов) с использованием созданных макетов, моделей, экспериментальных образцов	и (или) опытных образцов
2) , отраженные в научно-методической, нормативно-технической, эскизной технической (конструкторской, программной, технологической) документации и направленные на решение практических задач;	
3) проекты технических заданий на последующие опытно-конструкторские работы (опытно-технологические работы) для создания новых видов продукции и технологий;	
и (или) на последующие прикладные научные исследования	
4)	комплект технической документации, отражающий новые технические (технологические) решения подтвержденные результатами исследовательских и других испытаний моделей, макетов, натурных составных частей изделий и экспериментальных образцов продукции в целом в условиях, как правило, имитирующих реальные условия эксплуатации (потребления), и предназначенный для использования в последующем промышленном внедрении.

ФЦП Исследования и разработки 2014-2020

Минобрнауки России



Дальнейшее использование результатов

До объявления конкурса должен быть заключен договор о дальнейшем использовании результатов прикладных научных исследований (и экспериментальных разработок) между участником конкурса и индустриальным партнером работ по проекту (потенциальным потребителем результатов работ), который определяет:
1. Осуществление Сторонами коммерциализации результатов интеллектуальной (научно-технической) деятельности, полученных в рамках Проекта. 2. Взаимодействие Сторон в процессе выполнения Проекта в части совместной подготовки и согласования отчетной документации по Проекту. 3. Финансирование Индустриальным партнером работ по Проекту за счет собственных средств. 4. Распределение прав на результаты, в том числе материальные, полученных в ходе выполнения Проекта. Договор вступает в силу в случае признания заявки, поданной Участником конкурса, победившей в конкурсе и заключения между Минобрнауки России и Участником конкурса Соглашения о предоставлении субсидии.



Данные реализации мероприятий 1.2 и 1.3 Программы в 2014 году

Распределение заявок на участие в конкурсе по федеральным округам Российской Федерации



Поддержка проектов в области возобновляемой энергетики

ФЦП Исследования и разработки 2007-2013

Всего 167 проектов, в том числе:

- 154 НИР общим объемом финансирования 1 530,80 млн. рублей (бюджет 1 078,28 млн. рублей, внебюджет 452,52 млн. рублей)
- 13 ОКР общим объемом финансирования 3 146,15 млн. рублей (бюджет 1 879,00 млн. рублей, внебюджет 1 267,15 млн. рублей)

Общий объем финансирования 4 676,95 млн. рублей.

Объем средств федерального бюджета 2 957,28 млн. рублей, объем привлеченных средств 1 719,67 млн. рублей.

ФЦП Исследования и разработки 2014-2020 (к текущему моменту)

- 16 проектов общим объемом финансирования 954 млн. рублей
- объем бюджетного финансирования 499 млн. рублей;
- планируемый объем привлеченных средств 455 млн. рублей

ФЦП Исследования и разработки 2014-2020

Минобрнауки России



**Перечень
приоритетных научных задач, решение которых требует использования
возможностей федеральных центров коллективного пользования научным
оборудованием**

- Исследование структуры и фундаментальных свойств материи, в том числе в экстремальных состояниях, на базе уникальных установок мегакласса с целью создания принципиально новых технологий.
- Исследование и разработка физических принципов и технических решений эффективной и безопасной гибридной ядерной энергетики.
- Разработка математических моделей и программно-алгоритмического обеспечения для систем с экстремальным параллелизмом и решение пилотных задач науки и техники.
- Мозг – исследование и моделирование структуры, функций и механизмов когнитивной деятельности с целью изучения природы патологий, разработки принципиально новых медицинских технологий и создания мозго-машинных систем.
- Исследование структуры и функций биологических систем с целью изучения природы социально-значимых заболеваний и разработки новых лекарственных препаратов.
- Формирование сети национальных центров генетических коллекций лабораторных животных для моделирования патологий человека и испытаний новых лекарственных препаратов.
- Исследование, разработка и создание гибридных, биоподобных и искусственных биологических материалов, структур и систем.
- Исследование и разработка материалов с принципиально новыми свойствами на основе методов атомно-молекулярного конструирования.
- Разработка новых методов переработки и использования возобновляемого и техногенного сырья.

ФЦП Исследования и разработки 2014-2020

Минобрнауки России



**ПОРУЧЕНИЯ ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ
СЕТИ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ НАУЧНЫМ
ОБОРУДОВАНИЕМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИМ ИНФРАСТРУКТУРНУЮ ПОДДЕРЖКУ В СФЕРЕ
ПРИОРИТЕТНЫХ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПОИСКОВЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
(от 18 октября 2013 г. № Пр-2426)**

**ПРИОРИТЕТНАЯ НАУЧНАЯ ЗАДАЧА В ОБЛАСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ:
РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО И
ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ**

- Формирование научного совета.
- Отбор центров коллективного пользования научным оборудованием для включения в сеть федеральных центров коллективного пользования.
- Отбор научно-исследовательских проектов и формирование на их основе среднесрочных (до пяти лет) программ научных исследований, проводимых на базе федеральных центров коллективного пользования научным оборудованием и финансируемых за счет бюджетных ассигнований федерального бюджета.
- Определения на конкурсной основе организаций, на базе которых могут быть созданы новые федеральные центры коллективного пользования научным оборудованием в случае отсутствия у существующих федеральных центров необходимого оборудования для проведения научных исследований в рамках приоритетных научных задач.
- Закупка нового оборудования для федеральных центров коллективного пользования научным оборудованием, финансирование программ научных исследований и мониторинг результативности их деятельности в рамках реализации государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013 - 2020 годы.

ФЦП Исследования и разработки 2014-2020

Минобрнауки России



**Постановление № 220 от 9 апреля 2010 года
«О МЕРАХ ПО ПРИВЛЕЧЕНИЮ ВЕДУЩИХ УЧЁНЫХ
В РОССИЙСКИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ, НАУЧНЫЕ УЧРЕЖДЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ АКАДЕМИЙ НАУК И
ГОСУДАРСТВЕННЫЕ НАУЧНЫЕ ЦЕНТРЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»**

- Привлечение ученых с мировым именем.
- Создание научных лабораторий сопоставимых с ведущими лабораториями мира.
- Стимулирование притока молодежи в науку и образование.
- Создание устойчивых связей с ведущими зарубежными научными школами.
- Трансфер в экономику перспективных разработок.

ФЦП Исследования и разработки 2014-2020

Минобрнауки России



**Постановление № 220 от 9 апреля 2010 года
«О МЕРАХ ПО ПРИВЛЕЧЕНИЮ ВЕДУЩИХ УЧЁНЫХ
В РОССИЙСКИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУЧНЫЕ УЧРЕЖДЕНИЯ
ГОСУДАРСТВЕННЫХ АКАДЕМИЙ НАУК И
ГОСУДАРСТВЕННЫЕ НАУЧНЫЕ ЦЕНТРЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»**

	2010–2012 годы	2013–2016 годы
Объем бюджетного финансирования	8,31 млрд руб.	12,013 млрд руб., в т. ч. в 2014 г. — 3,025 млрд руб.
Требования по софинансированию	Нет	25% от размера гранта
Участники	Высшие учебные заведения	Высшие учебные заведения, научные учреждения, государственные научные центры
Размер гранта	150 млн руб.	90 млн руб.
Личное руководство лабораторией	Не менее 4 месяцев в год	Не менее 4 месяцев в год

ФЦП Исследования и разработки 2014-2020

Минобрнауки России



**Постановление № 220 от 9 апреля 2010 года
«О МЕРАХ ПО ПРИВЛЕЧЕНИЮ ВЕДУЩИХ УЧЕНЫХ
В РОССИЙСКИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУЧНЫЕ УЧРЕЖДЕНИЯ
ГОСУДАРСТВЕННЫХ АКАДЕМИЙ НАУК И
ГОСУДАРСТВЕННЫЕ НАУЧНЫЕ ЦЕНТРЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»**

	2010–2012 годы 1 и 2 конкурс	2013–2016 годы 3 и 4 конкурс
Количество областей наук	21	36
Экспертиза	Международная	Международная
Количество экспертов	1299	1650
Кол-во заявок	1024	1223
Конкурс	13,3	14,7
Победители	77	83
Российские ученые	41	37
в т. ч. проживающие за рубежом	34	23
Иностранные ученые	36	46
Продление на 2013–2015 годы финансирования проектов 2010 и 2011 годов	57 проекта из 77-ти	

ФЦП Исследования и разработки 2014-2020

Минобрнауки России



**Направления исследований ведущих ученых,
привлеченных в российские вузы в рамках конкурсов 2010-2011 гг.**



Энергоустановки на основе солнечных модулей для энергоснабжения удаленных потребителей

Госконтракт № 16-526.12.6017, объем бюджетного финансирования 150 млн. руб., объем привлеченных средств 151 млн. руб., период реализации 14.10.2011-25.05.2013



Энергоустановка на базе дизель-генератора и тонкопленочных фотоэлектрических модулей в пос. Яйлю, Республика Алтай

В результате выполнения работ:

- разработаны, изготовлены и введены в эксплуатацию автономные гибридные энергоустановки на дизельном топливе и солнечной энергии мощностью до 125 кВт для обеспечения электроэнергией удаленных потребителей;
- создано экспериментальное производство фотоэлектрических модулей для солнечных энергоустановок (бизнес-кооперация с ООО «Хевел»);
- образец энергоустановки введен в эксплуатацию в п. Яйлю (Республика Алтай) с населением 180 человек для полного энергообеспечения (свет, электричество) всех домохозяйств;
- заключены соглашения с правительством Республики Алтай о развитии внедрения энергоустановок в ряде горноалтайских областей, в том числе с возможностью сетевого распределения вырабатываемой электроэнергии;
- опытные образцы солнечных модулей размещены на базе двух ВУЗов: ФТИ им. А.Ф.Иоффе и Чувашского государственного университета им. Н.И.Ульянова.

Преимущества разработки:

- экономия более 20% дизельного топлива автономной гибридной энергоустановки; в летние месяцы - более 80%, за счет выработки электричества солнечными модулями;
- снижение тепловых потерь и повышение КПД фотоэлектрического модуля не менее 10,1 % по сравнению с аналогами;
- стоимость 1 Вт пиковой мощности фотоэлектрического модуля составляет 0,8 дол. США против 3 дол. США у существующих аналогов.

ФЦП Исследования и разработки 2014-2020

Минобрнауки России

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ

ШАШКИН АНТОН ПАВЛОВИЧ

Департамент науки и технологий

Начальник отдела энергоэффективности, рационального природопользования и транспортных систем

Тел.: +7 495 629 4683

E-mail: shashkin-ap@mon.gov.ru

<http://минобрнауки.рф/>

Высокоэффективный активированный уголь для симметричных суперконденсаторов с водным и неводным электролитом

Янилкин И.В., Саметов А.А., Вервикишко Д.Е., Атаманюк И.Н., Школьников Е.И.

Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия

В Объединенном институте высоких температур РАН совместно с ООО «ТЭЭМП» ведутся работы в области симметричных суперконденсаторов (СК) с сернокислотным и органическим электролитом. Высокоэффективный активированный уголь (АУ) для электродов разработан в тесном сотрудничестве с Латвийским государственным институтом химии древесины.

Метод получения углеродных сорбентов предусматривал 2-х стадию термическую обработку. На 1-ой стадии исходный материал (опилки древесины березы, фракция 0,2-0,4 мм) подвергали предпиролизу в атмосфере азота при 400°C в течение 150 мин. Скорость подъема температуры 4 °C/мин.

На 2-ой стадии карбонизованный материал импрегнировали водным раствором NaOH (50 вес.%). Массовое отношение исходного карбонизованного материала к активатору варьировали в пределах 1:1-4. Полученную смесь подвергали активации при температурах 600-850°C, продолжительность 90-180 мин. Продукт пиролиза промывали деионизованной водой, кислотой и затем водой до pH фильтрата выше 5. АУ сушили при 105°C. Содержание золы, в полученных АУ, составляло 0,1-0,4%. Для достижения максимальных удельных характеристик (Ф/г) варьировались параметры активации угля: температура активации и массовое соотношение щелочь/уголь. На Рис. 1 и 2 приведены электрохимические и физико-химические параметры некоторых из разработанных АУ для СК с сернокислотным электролитом.

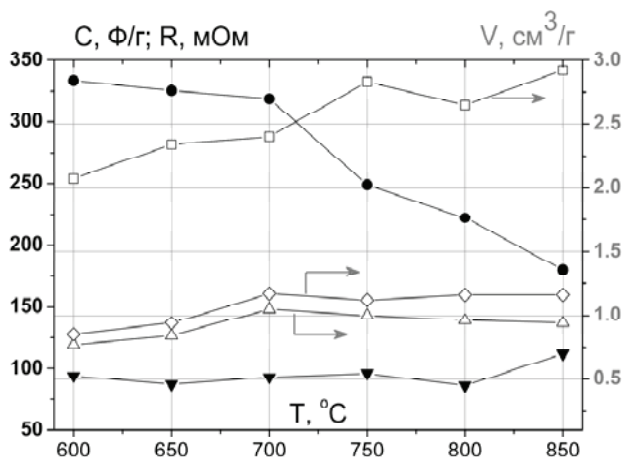


Рис. 1. Зависимость удельной емкости (●), объема пор в электроде (□), объема пор, полушириной менее 2 нм (Δ) и 20 нм (◇), внутреннего сопротивления СК (▼) от температуры активации угля при массовом соотношении щелочь/уголь 2.

Повышение температуры активации негативно сказывается на электрических свойствах угля. Емкость при температуре активации 700 °С составляет 320 Ф/г, при 850 °С ее значение уменьшается до 180 Ф/г. Понижение температуры активации до 600 °С привело к незначительному повышению емкости до уровня 330 Ф/г.

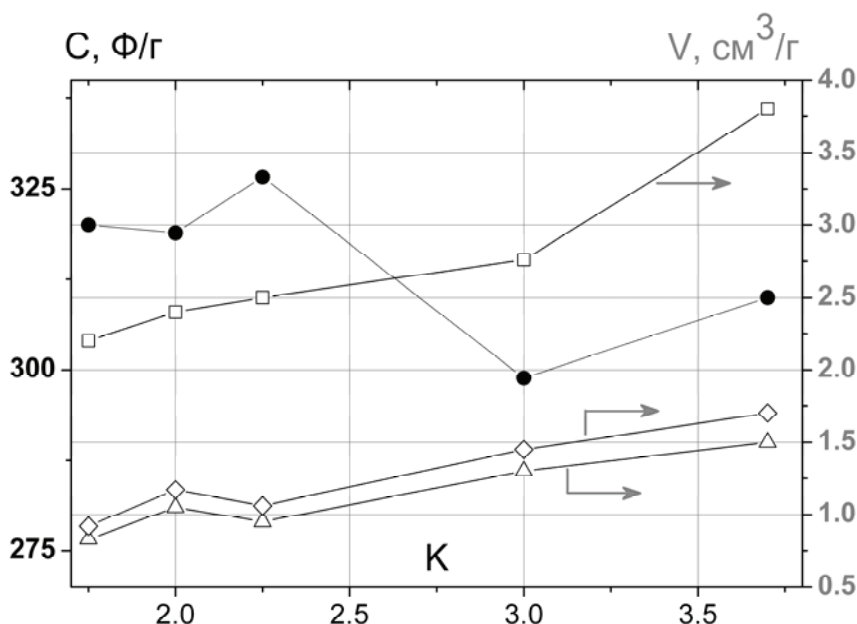


Рис. 2. Зависимость удельной емкости (●), объема пор в электроде (□), объема пор, полушириной менее 2 нм (Δ) и 20 нм (◇) от массового соотношения активатор/сырье при активации угля с температурой 700 °С.

Уменьшение количества катализатора приводит к уменьшению объема пор с радиусом менее 2 нм. Главным образом за счет этого, уменьшается и общее количество электролита в электроде. При этом можно считать, что электрическая емкость практически не зависит от количества катализатора при проведении активации в таком температурном режиме (700 °С). При малом количестве катализатора емкость составила около 320 Ф/г, что незначительно превышает емкость при соотношении K=3,7 (310 Ф/г).

В результате, за счет варьирования параметров активации угля, были созданы 2 угля: один для сернокислотного электролита (уголь Т-3), второй – для органического (уголь Т-4). Сравнение (все электроды изготавливались и испытывались в ОИВТ РАН в одинаковых условиях) данных углей с ведущими мировыми аналогами показали конкурентоспособность углей Т-3 и Т-4 (Табл. 1-2). Электроды изготавливались методом каландрирования. В качестве связующего использовали водную суспензию фторопласта Ф-4Д.

Табл. 1. Сравнение характеристик суперконденсаторов с электродами, изготовленными из углей ведущих мировых марок и угля Т-4, с органическим электролитом (1 М тетраэтиламмония тетрафторборат в ацетонитриле).

Уголь	Толщина электрода, мкм	Удельная емкость угля, Ф/г	Удельная емкость угля, Ф/см ³	R, мОм	Энергоемкость Вт·ч/кг; разряд 8-10с	Энергоемкость, Вт·ч/кг; разряд 170-200с	КПД, %; заряд-разряд 12 мА/см ² 0-2.5 В
Energ 2 P2 (США)	145	111	50.0	280	21.1	23	95.6
Energ 2 V2 (США)	140	105	69.1	316	19.6	22.3	94
УЕС-8 (Китай)	150	144	93.5	300	23.7	30	90.4
NORIT DLC SUPRA (Нидерланды)	150	86	53.8	260	16.3	18.3	94
Kuraray YP 50F (Япония)	145	102	60.4	650	15.5	22	89
Kuraray YP 80F (Япония)	140	103	42.6	400	18.4	21.8	89
ХН-002О (Китай)	110	128	73.1	240	25	27.8	95.4
Т-4 (ОИВТ-ТЭМП)	110	152	98.7	255	26.3	31.5	92.5

Табл. 2. Сравнение характеристик суперконденсаторов с электродами, изготовленными из углей ведущих мировых марок и угля Т-3, с сернокислотным электролитом (4.9 М).

Марка угля	Емкость, (Ф/г)	Удельное сопротивление, Ом*см	Объем пор, радиусом менее 10 нм, см ³ /г	Объем электролита, см ³ /г	Удельная энергоемкость на ячейку, Втч/кг
Kuraray YP-50F (Япония)	182	4	0.8	1.35	1.81
EnerG2 V2 (США)	182	4	0.8	1.29	1.85
ХН-001W (Китай)	254	4.4	1	1.67	2.4
Ткань УВИС-АК Т-0.41 (Россия)	211	7.5	0.37	1.17	2.35
Maxsorb-3 (Япония)	320	-	-	2.8	-
Т-3 (ОИВТ-ТЭМП)	390	4.6	0,46	1,4	3.06

Емкость угля в сернокислотном электролите достигает 390 Ф/г при разряде током 0,3 А/г, в органическом (1 молярный тетраэтиламмония тетрафторборат в ацетонитриле) 165 Ф/г при разряде током 0,7 А/г.

Изготовленный СК (на водном электролите) был подвергнут ресурсным испытаниям. Было проведено более 150 000 циклов, в течение которых емкость суперконденсатора не снизилась. Недостатком такого СК является довольно быстрый саморазряд: напряжение на СК падает до половины начального значения за 100 часов. Был предложен возможный механизм саморазряда: образование перекиси и её диффузия на другой электрод. Причем критической величиной при таком механизме является наличие кислородных групп в системе (на поверхности или в объеме). Барботирование электролита перед сборкой немного уменьшает саморазряд СК. Также уменьшает величину саморазряда увеличение толщины сепаратора. Все это косвенно подтверждает теорию о диффузии перекиси через сепаратор.

Авторы выражают благодарность Долголаптеву А.В. (ООО «ТЭЭМП», Москва, Россия).

A new generation of supercapacitors based on conjugated polymers and carbon materials with specified dimensions of conjugated fragments

Gorbatsevich A.A., Kobryanskii V.M.

P.N. Lebedev Physical Institute of RAS, Moscow, Russia

Existing supercapacitors can be divided into two types. These are classic ionic supercapacitors in which, when the current is flows, the charge accumulates at the interface between the electrolyte and electrodes and the electrochemical supercapacitors in which electrochemical reactions proceed on the electrode surface.. Supercapacitors are also being developed in which the one electrode is working on the mechanism of charge separation and the second due to the electrochemical reaction.

Each of these types of supercapacitors has advantages and disadvantages. Classic ionic capacitors have a long term sevicability and have no restrictions on the number of charge / discharge cycles. However, they have low energy storage capacity and a high degree of self-discharge. The traditional approach to the problem of the increasing the density of energy stored in these types of supercapacitors is connected with increasing of porosity of the electrode materials. It is known however that porous carbon material together with a high specific surface fraction, have also the high carrier mobility, which leads to a substantial extent dependence of operating viltage on the discharge voltage. Energy capacity electrochemical supercapacitors is significantly higher, but their stability is not enough for widespread use.

The analysis shows that, despite in significant progress, the parameters of all existing types of modern supercapacitors do not meet the basic practical applications.

The present report first time describes the electrode materials for supercapacitors based on a new generation of highly ordered and low defect conjugated polymers and carbon materials, in which the field of electronic delocalization is given by introducing to the conjugated system of carbon atoms splitters and meta-substituted benzene rings. For creation of such materials two new approach have been developed.

It is known that the electrochemical capacity, number of cycles the charge - discharge and long-term stability of ionic batteries and capacitors on the basis of currently used polymers, carbon and inorganic materials is depends on the content of chemical, structural and supramolecular defects. Therefore, a special place in the list of issues that need to be solved for creation of high electrical capacity storage on the basis of organic macromolecular compounds and carbon materials is development of methods for preparation of materials with low defect concentration and evaluation criteria of defects content in these materials. The creation of such materials is the most important and, at the same time, the most difficult task in a number of pressing issues that need to be solved for creation high-capacity electrical energy storage which are competitive with internal combustion engines.

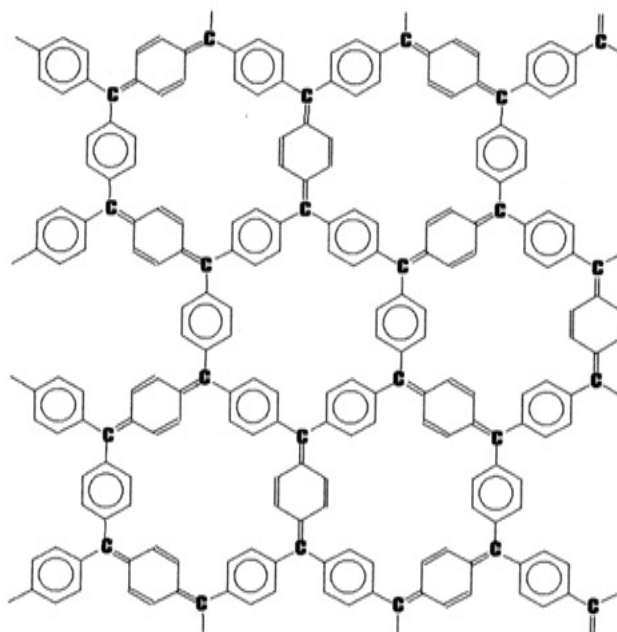
There can be a very large variety of chemical, conformation and supra-molecular defects in solid matter. Defects are formed in the processes of chemical synthesis and solid phase formation. The most highly ordered and low-defect solid state specimens are inorganic mono-crystals. While using special methods for chemical cleaning of the initial substances/compounds and due to controlled crystal growth inorganic mono-crystals can acquire less than 10^{-7} molar percent of admixtures (defects). Amorphous, ceramic,

polymeric, carbon and nanostructure materials, as a rule, contain considerably more defects than inorganic mono-crystals. Besides, the important feature about these materials is that they differ from inorganic mono-crystals by a larger variety of defects inherent in them. For this reason research workers can hardly succeed in their efforts to establish not only the concentration, but also the structure of defects in these materials. Long-term efforts experienced by thousand research workers reveal that standard methods of chemical synthesis and solid state formation can hardly be used to manufacture highly ordered and low-defect amorphous, ceramic, conjugated polymeric and carbon materials for applications in electro-physics and optoelectronics. In this report stereo-specific catalysis, self-organization and matrix synthesis are used to produce highly ordered and low-defect conjugated polymers, carbon materials and hetero-structures thereof. The gist of these methods consists in high mobility of chemical groups and matrix identification of structural fragments at all stages of synthesis and solid phase formation. High mobility allows influencing defects in materials by changing the conditions of self-organization. Matrix identification is a boundary condition facilitating to combine the process of solid phase formation with a "pushing out" effect from the highly ordered phase of alien and/or defect molecules. This approach was implemented earlier for creating of low defect polyacetylene [1].

The second approach aims at creating a new type of carbon and / or conjugated polymer materials, theoretically calculated electrochemical capacity of which exceeds the electrochemical capacity of graphene.

One of the central problems in design and development of materials for supercapacitors is providing conditions for a substantial increase in the density of the polarization charge. The main direction of solving this problem is creation of materials and structures with an extensive surface, providing an effective increase in the area of the capacitor plates. Particular attention is paid to the surface electronic structure of the material, which ultimately determines the electrical properties of the electrodes. Limiting case of systems with an extensive surface can serve as branching linear polymer molecules. The electronic structure of such systems is not well understood. Recently it was shown [2] that in the bulk materials on the basis of quasi one dimensional structures forming the branching point (Y-junction), there is a special type of electronic states localized at the branch point. The nature of these states is purely topological in nature and not directly related to the specific Coulomb interactions (localized state is formed for both electrons and holes). Topological related condition branching structures in bulk may lead to significant increase in capacitance of capacitor structures based on such materials. The results of studies of the electronic structure of branching carbon materials obtained by first-principles simulations based on the density functional method, related to the occurrence of localized topological states, showed the possibility of using them to create a new generation of supercapacitors. To implement a new type of electrode materials branch points should be arranged in an ordered structure. This may be achieved by creating of a new type of carbon based materials in which the structure of the conjugated moieties are linked through a quinoid structure or meta-substitution of benzene nucleus. Thus, ideology systems with extend surface can be extended to molecular level.

The structure of one of the new 2D materials is presented below:



This material is capable to form donor-acceptor complexes with molecules of electrolyte. It has a much lower density than graphite and forms the channels through which electrolyte ions can diffuse into the material.

The methods of synthesis and criteria for evaluation of conjugation length (delocalization region) and concentration of defects in conjugated polymers, carbon nanotubes and graphene materials with high surface area using a combination of methods gently pulsed pump-probe spectroscopy and pulsed Raman spectroscopy were developed. Methods are used to create a new class of conjugated polymers of carbon materials theoretical energetic capacity of which exceeds energetic capacity of graphene.

Literature

1. V.M. Kobryanskii, Highly ordered and low defect electroactive conjugated and composite materials. Proceedings of plenary lectures of XI Conference "Chemistry and physical chemistry of oligomers" Chernogolovka-Moscow-Yaroslavl, 2013. P. 46-65.
2. A.A.Gorbatsevich, M.N. Zhuravlev, Topological bound states.. Letters to JETP, 90, 634 (2009).

Experimental investigations of a metal hydride reactor

Blinov D.V., Borzenko V.I., Dunikov D.O., Romanov I.A.

Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences

Introduction

Hydrogen energy storage systems are perspective way for the load management especially at kW level of renewable energy power production. The use of solid-state reversible hydrogen storage in metal hydrides is of considerable practical interest for this technology [1, 2].

Typical metal - hydrogen reaction isotherm can be divided into three areas as hydrogen pressure grows [3]: hydrogen solution in metal (α -phase); co-existence of saturated hydrogen solution and hydride ($\alpha+\beta$ phase); hydrogen in hydride (β -phase). In two-phase area a “plateau” exists, where the pressure change is small and hydrogen absorption and desorption can be considered to take place at constant pressure and temperature, as a first approximation. This feature is useful for application in hydrogen storage devices. If the inlet pressure in metal hydride reactor is higher than equilibrium at corresponding temperature for the hydrogen absorbing alloy, hydrogen is absorbed with heat release, if lower than desorption with heat consumption takes place.

In metal hydride devices hydrogen absorbing material is usually a fine dispersed powder. Technical problems of the development of efficient hydrogen storage systems are connected above all with the necessity to arrange efficient heat and mass transfer for the reliable absorption and desorption reaction heat supply or removal. In the charge or discharge process of metal hydride reactor two main stages could be detected with transition between the stages accompanied by heat and mass transfer crisis inside the bed [4, 5]: in sub-critical mode the process is limited by hydrogen flow to particles of hydrogen absorbing material at absorption or from particles at desorption (hydrogen filtration or valve capacity) and in super-critical mode by intensity of heat transfer from the bed to the walls of the reactor. Crisis is accompanied by rapid decrease of absorption or desorption in metal hydride devices and one should be able to predict the crisis occurrence for the avoidance of super-critical mode.

The task of detailed calculation of metal hydride device operation is a complicated scientific problem since the system of unstationary heat and mass transfer equations system should be solved for the porous medium with respect to chemical reactions. This task very often cannot be solved reliably because the data on reaction kinetics of hydrogen-metal interaction, thermodynamic, physical and chemical properties of hydrogen absorbing material must be involved, which in most cases, are not available with sufficient precision.

Together with this, for engineering means at development of metal hydride devices design and their integration into bigger systems, simplified mathematical models can be used for the optimization of reactors design and evaluation of their efficiency.

The aim of this work is to build a simplified, experimentally verified, balance mathematical model of the processes in metal hydride hydrogen storage reactor giving the main operational features of the device for the engineering purposes and permitting to avoid complicated task of heat and mass transfer calculation in fine dispersed bed of hydrogen absorbing material.

Experiment

For experimental verification of the model we use the RSP-3 reactor [5, 6]. The reactor is presented in Fig. 1 and consists of seven water cooled cartridges filled with 5 kg of $\text{LaFe}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{Ni}_{4.8}$ alloy, which was activated in 10+ charge/discharge cycles. For the temperature range from 0 to 100°C the maximum hydrogen capacity is $C_{\max} = 1.35 \pm 0.01\%$ mass and the maximum reactor capacity is 750 st.l H_2 . State of charge *SOC* and depth of discharge *DOD* of the reactor are determined as:

$$\text{SOC} = 1 - \text{DOD} = X = \frac{C}{C_{\max}} \quad (1)$$

where *X* is dimensionless fraction of transformed solid phase in the gas-solid chemical reaction.

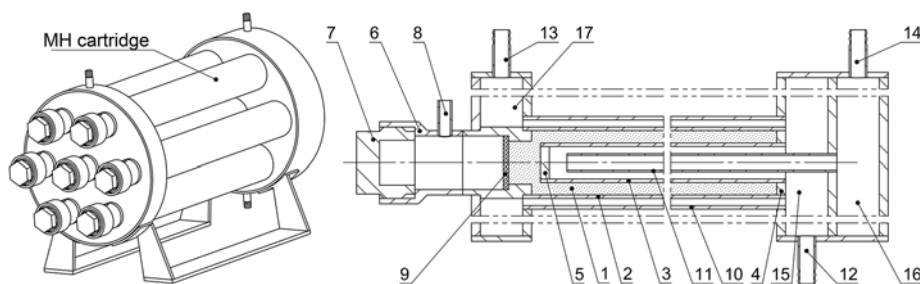


Figure 1. The RSP-3 metal hydride reactor. 1 – metal hydride bed; 2 – reaction chamber outer tube; 3 – reaction chamber inner tube; 4, 5 – bungs; 6 – cartridge neck; 7 – plug; 8 – hydrogen inlet; 9 – filter; 10 – cartridge shell; 11 – internal heat exchanger inner tube; 12, 13, 14 – water nozzles; 15, 16, 17 – water collectors.

The RSP-3 reactor is installed in an experimental test bench 12-04 JIHT RAS and provided with connection to a gas supply (hydrogen, nitrogen), a hot and cold water supply (from 10 to 95°C and from 0.05 to 0.3 kg/s), a vacuum system and an automatic control system. Before each experiment the reactor is fully discharged and evacuated. During experiments the reactor is charged with pure hydrogen from a standard 40 l gas cylinder (15 MPa max pressure) or from a PEM electrolyzer HPAC 10 (ITM POWER).

The gas flow at the inlet/outlet valve of the reactor is controlled and measured by a Bronkhorst EL-FLOW Select mass flow meter/controller F-202AC-RAA-55-V, the pressure inside the reactor and the gas supply is measured by Aplisens pressure transmitters model PC28, the water temperature is measured by thin film platinum sensors Heraeus M422, 1 kΩ. The experiments was controlled using LabView software, discretization 1 Hz.

Two discharge techniques are used. The first one is a “hot start”: the reactor is charged, preheated by hot water and discharged (the outlet valve to atmosphere is opened) from a point of thermal equilibrium and constant pressure inside the reactor. The second technique is a “cold start”: the reactor is charged, cooled by water at near ambient temperature until thermal equilibrium and constant pressure are reached and discharged by simultaneous opening of outlet hydrogen valve and inlet valve for hot water.

Discharge rates are classified using C-rate method similarly to batteries, the C-rate equal to 1 corresponds to discharge of the maximum hydrogen capacity 750 st.l within 1 hour or 12.5 st.l per minute. Results for several C-rates are presented in Fig. 2 and Table 1. The reactor cannot be fully discharged with a constant flow rate, for each temperature of hot water and C-rate there exists a moment of crisis at which the hydrogen flow drops under the constant value. Thus nominal capacity is less than maximum value and depends on

temperature of heating water. On the other hand the discharge rate is practically independent from the flow rate of water in the reactor’s heat exchanger and from the “hot or “cold” start mode, for example curves for the experiments B and C are very close and C is not shown in Fig. 2, because B and C are practically indistinguishable. The pressure at the “hot” start is much higher (Fig. 3) and it is unsafe to use the “hot” start at high SOC values due to possible uncontrolled pressure rise. For example for the experiment F the maximum pressure for the “cold” start is 12.36 bar and a possible equilibrium pressure inside the reactor for the temperature 83.9°C is estimated as 145 bar which is higher than maximum developed pressure for the RSP-3 reactor. Pressure and flow oscillations for several experiments (A, C, D in Figs. 2 and 3) are connected with the flow controller. It requires a certain pressure drop to operate.

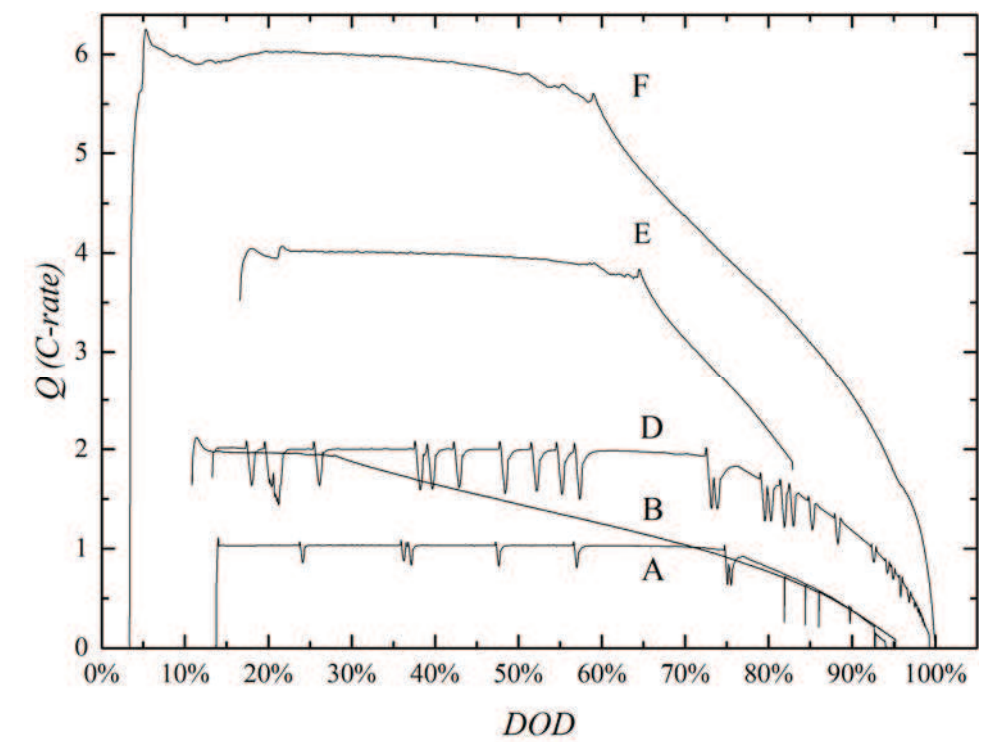


Figure 2. Hydrogen flow at the RSP-3 reactor outlet for different C-rates and heating water temperatures (see Table 1 for description).

Table 1. Experimental results for the RSP-3 reactor discharge with constant hydrogen flow

Experiment	A	B	C	D	E	F
Discharge flow, st.l	12.8	24.7	24.8	24.7	49.4	74.4
C-rate	1.02	1.97	1.98	1.97	3.95	5.95
Start mode	hot	hot	cold	cold	hot	cold
T, °C	60.4	60.3	60.4	71.7	82.7	83.9
Charged, st.l	647	669	632	690	626	725
Initial SOC, %	86.27	89.2	84.27	92	83.47	96.67

Discharged, st.l	604	634	582	685	500	722
P_{start} , bar	4.39	6.24	0.78	1.38	7.98	7.73
P_{max} , bar	4.39	6.24	2.26	3.97	7.98	12.36
P_{end} , bar	1.13	1.19	1.15	1.19	3.36	1
Discharge time, min (DOD 20-80%),	35.85	26.18	26.22	18.78	9.95	7.35
Discharge time, min (DOD 20-90%)	46.12	36.28	37.85	26.11	n/a	10.93

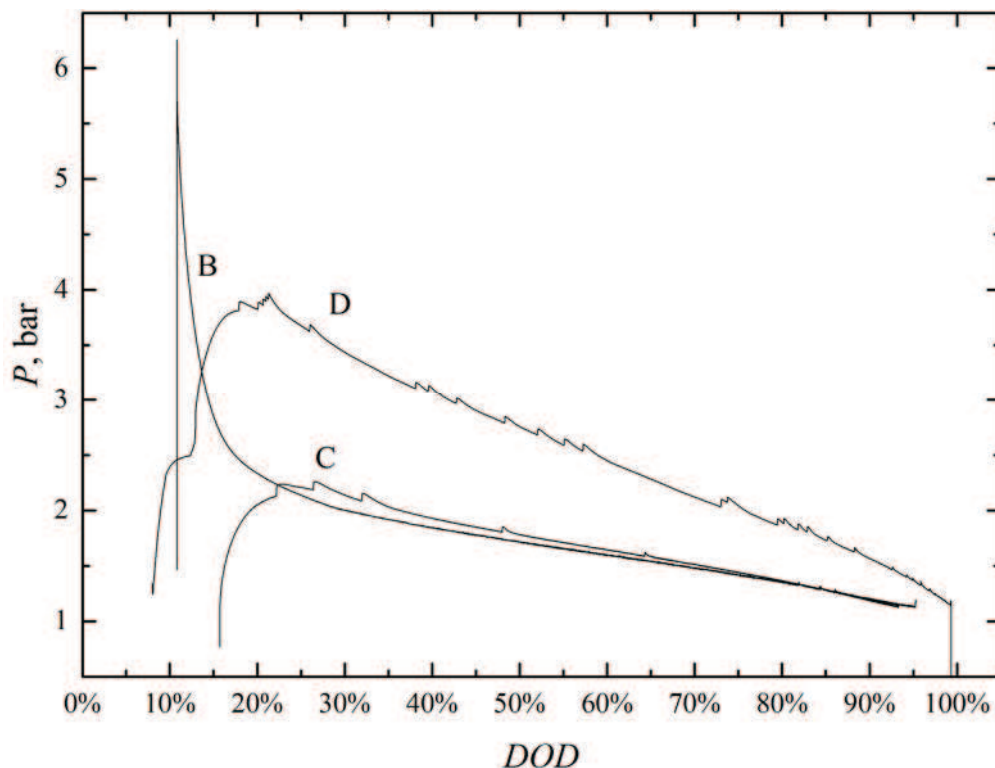


Figure 3. Pressure inside the RSP-3 reactor outlet for different C-rates and heating water temperatures (see Table 1 for description).

Conclusions

The metal hydride reactor filled with the AB₅-type (LaFe_{0.5}Mn_{0.3}Ni_{4.8}) alloy was investigated with respect to the hydrogen discharge rates. Discharge rates are classified using C-rate method similarly to batteries, the C-rate equal to 1 corresponds to discharge of the maximum hydrogen capacity 750 st.l within 1 hour or 12.5 st.l per minute. The reactor cannot be fully discharged with a constant flow rate, for each temperature of hot water and C-rate there exists a moment of crisis at which the hydrogen flow drops under the constant value, and the nominal capacity of the reactor is less than maximum value and depends on temperature of heating water reaching up to 80% of maximum capacity if sufficient heat transfer is provided.

We are grateful to the Ministry of Education and Science of Russian Federation (contract # 14.BBB.21.0042) and Russian Foundation for Basic Research (joint Russia-Taiwan project # 14-08-92001) for the financial support.

References

1. Verbetsky, V.N., et al., *Metal hydrides: properties and practical applications. Review of the works in CIS-countries*. International Journal of Hydrogen Energy, 1998. **23**(12): p. 1165-1177.
2. Sandrock, G. and R.C. Bowman, *Gas-based hydride applications: recent progress and future needs*. Journal of Alloys and Compounds, 2003. **356-357**: p. 794-799.
3. Kolachev, B.A., S. R.E., and A.A. Ilyin, *Hydrogen absorbing alloys (in Russian)*. 1995, Moscow: Matallurgy.
4. Borzenko, V., D. Dunikov, and S. Malyshenko, *Crisis phenomena in metal hydride hydrogen storage facilities*. High Temperature, 2011. **49**(2): p. 249-256.
5. Dunikov, D., V. Borzenko, and S. Malyshenko, *Influence of impurities on hydrogen absorption in a metal hydride reactor*. International Journal of Hydrogen Energy, 2012. **37**: p. 13843-13848.
6. Minko, K.B., V.I. Artemov, and G.G. Yan'kov, *Numerical simulation of sorption/desorption processes in metal-hydride systems for hydrogen storage and purification. Part II: Verification of the mathematical model*. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2014. **68**(0): p. 693-702.

Comparative tests of different PV modules types

Popel O.S., Tarasenko A.B., Mikhaylin S.V., Usanov A.B., Titov V.F., Gabderahmanova T.S.

Moscow, Russia, Joint Institute for High Temperatures

The rapid development of photovoltaics during the last decade caused at least a dozen of technologies and hundreds of photovoltaic modules manufacturers arise. In order to determine the performance of PV modules during the actual operation in Moscow conditions Joint Institute for High Temperatures, Russian Academy of Sciences together with JSC "Energy Projects" created and launched system for PV modules comparative tests. Various types PV modules were mounted on the roof of one Institute building. Modules were discharged on accumulator batteries through maximum power point tracking charge controller (MPPT CC). Electric loads were adjusted for accumulator full discharge during night to provide equal discharge conditions for all modules, because otherwise MPPT CC couldn't take energy from modules. Module of each type work for its controller, storage unit and load to avoid mutual influence of different modules.

The measurement system allows to register data on the current and voltage in the module circuit, battery and load of each module, incoming solar radiation through piranometer. Registration occurs once in every 5 seconds. Automatically calculated parameters include the instantaneous module power output, averaged value of the solar radiation per day intensity, the instantaneous efficiency of the module estimated through each module electrical energy production for 5 seconds, solar radiation and module area. The greatest interest is the generation of electricity from each unit to its peak power (to compare parameters for different size and peak power modules). This parameter taking into account the module, support structures and voltage conversion systems cost of for each type of modules will show the most promising PV technologies from technical and economic point of view. Long-term modules testing will provide some data on their degradation in the real climate conditions.

Since February 2014 the system has been in trial operation. Currently obtained results showed that the best energy output in different weather conditions have provided thin-film modules based on CuInGaSe_2 (CIGS) composites. Tests also showed that in cloudy weather thin film tandem-type photovoltaic module based on amorphous and microcrystalline silicon and monocrystalline photovoltaic module bilateral provide better energy production than modules based on mono- and multicrystalline silicon. Worst results in the energy output have been demonstrated by thin-film module based on amorphous silicon.

State and prospects of silicon PV Industry

Terukov E.I.

TF TE Ioffe R&D Center
Ioffe Physical Technical Institute

Rapid growth of PV industry raises the issue of key raw material selection for cell production. Modern solar modules are made of following semiconductor materials: GaAs, c-Si, a-Si, CIS and CdTe. We will not consider dye-sensitized and organic solar cells as candidates for large-scale PV energy production due to their small efficiencies and unresolved problems with their long-term stability.

Most of the solar modules today in the market are made of crystalline silicon (41%) and polycrystalline silicon (45%). About 14% are made of thin film solar cells based on a-Si, CIS and CdTe.

According to perspective of market development and taking into account such factors as the availability of raw materials on Earth, issues related to the environment (at both stages: of manufacturing and utilization of solar modules), we assume that it would be futile to solve the problem of large scale PV energy production focusing on materials such as CdTe, CIS and GaAs. In our view, silicon has been and still is the main material for the solar energy market and has a potential of increasing the efficiency and cost reduction.

The progress of silicon PV industry is based on improvement of "classic" crystalline silicon cells, the efficiency of which reaches 25%, development of heterostructure solar cells n-c-Si/p-a-Si:H (HIT-heterojunction with intrinsic thin layers) with 24.7% efficiency and thin film multijunction solar modules based on amorphous silicon. The solution to the issue of crystalline silicon thin films deposition on glass or other substrates by spin-off or plasma enhanced CVD seems in prospect. Reducing the thickness of the module will allow to cut the cost, and capability of multijunction modules based on crystalline silicon formation will increase the efficiency.

Further improvement of the basic parameters of solar modules based on amorphous silicon is related to the solution of a number of scientific and engineering problems. In scientific terms, it is due to the organization of optical absorption of light in the active layers of the module, quality of the active layers in heterojunctions improvement, developed design of modules that reduce the area of dead zones on the surface of the module.

Analyzing silicon based thin-film solar modules improvement opportunities we can say that there are following challenges in this sector:

- efficiency of the modules should be increased up to 14-15%;
- development of new multijunction structures based on high-performance materials with lower cost;
- improved designs of the module (new substrates and new packaging technology);
- adaptation of new successful technology solutions to the conditions of industrial production.

Development of Geothermal Power Engineering

Tomarov G.V.

Geotherm

Among different renewable energy resources, geothermal power technologies can best compete with other energy generation methods in commercial terms. Despite the relatively small total installed capacity of current geothermal power plants, it is high enough. This is because the installed capacity utilization factor in plants exceeds this parameter for wind or solar energy facilities by several times.

The principal advantages of geothermal power engineering application are the following:

- the low net price of electric power;
- the independence on climatic conditions; and
- high ecological compatibility.

Analysis of the state and prospects of geothermal energetics development in Russia and foreign countries is carried out. Trends of improving the geothermal energy technologies are considered. An estimation of the development of promising binary power units for electric energy production by using low-temperature geothermal and other heat sources is given.

The basic increase of power plant capacities will be ensured due to large-scale exploration of low-temperature geothermal sources with using the binary technologies in the near future and the technologies with the geothermal circulation systems in the far future. The geothermal projects being dominant and best suited to be implemented in Russia are estimated.

Perspective technologies for processing plant biomass into eco-friendly fuel and electricity

Tyurina E.A.

Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Irkutsk, Russia

The paper deals with mathematical modeling of energy-technological installations (ETI) the combined production of electricity and synthetic liquid fuels – SLF (methanol or dimethyl ether) from woody biomass. These models were used for determination of optimal designs and optimal relation between the methanol and electricity production. The studies performed showed that the combined production of electricity and methanol based biomass increases thermal efficiency of the process by 10% and decreases investments by 10-15% against their separate production. At an internal rate of investment of 15% the SLF cost from biomass will amount to \$250-300/t c e, if the biomass cost is \$50-70/t c e. At such cost SLF can compete with both liquid household and motor fuels.

Complex geophysical investigations aiming at identification of geothermal deposits in Armenia

Vardanyan K.S., Karapetyan J.K.

Institute of Geophysics and engineering seismology after A. Nazarov, NAS RA, Gyumri, Armenia

The continuous growth of power consumption on the background of absence of considerable reserves of traditional forms of utilities in Armenia makes apply new approaches for a more correct and goal-oriented investigations of geothermal resources in the territory as alternative energy sources.

In spite of enough advantageous conditions, as the modern tectonic activation, widespread development of newest-volcanism, considerable occurrences of thermomineral sources, high values of geothermal gradient and heat flux, being evidence of existence of huge masses of depth heat in the territory subsurface which is superheated to the level enabling the rentable commercial exploitation, there weren't found out any sites of geothermal energy, but definite areas for their search and exploration have been singled out.

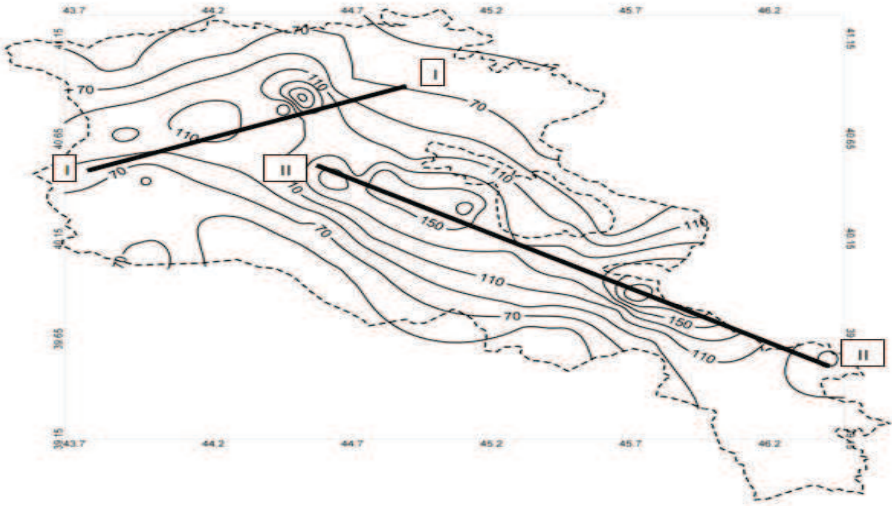
Zoning of Armenian territory according to the characteristics of prospectivity of finding out geothermal energy sources requires execution of goal-oriented complex of geophysical investigations on territory subsurface at the level of modern scientific achievements.

As the target of complex geophysical investigations anomalous objects in the Earth's crust should be, revealed by methods of abyssal geophysics.

Complex geophysical investigations aiming at identification of geothermal deposits in Armenia were carried out in the area of Jermaghbyur geothermal anomaly. As a result of these investigations the prospectivity of Jermaghbyur geothermal system was confirmed as a geothermal deposit of fracture-vein character, prospective sites for location of two exploration boreholes were localized.

On the basis of experience and taking into account the disadvantages of investigation on Jermaghbyur geothermal anomaly a joint project is suggested for carrying out complex geophysical investigations in the area of intense heat flux disturbances which are contoured by the isolines 110mVt/m^2 and 130mVt/m^2 in the directions I and II (Fig.)

It is suggested to carry out deep geological and geophysical investigations using methods of refracted waves correlation, seismic luminescence, magneto-telluric sounding and high-precision gravimetry.



The heat flux map of the territory of Armenia taking into account the relief corrections
— 70 — are the heat flux isolines, mVt/m2

Experimental-training power plant on the basis of bilateral PV modules

Zaytsev S.I.¹, Kiseleva S.V.¹, Shakun V.P.¹, Tarasenko A.B.², Mihailin S.V.², Titov V.F.², Par I.T.²

¹ - Scientific Research Laboratory for Renewable Energy Sources

Geographic Faculty, Moscow State University; ² - Joint Institute for High Temperatures, RAS
Moscow, Russia

When designing a solar power the calculation of the energy balance and an adequate assessment of solar radiation at the site of installation is an important aspect. Joint Institute for High Temperatures and Geography Faculty of Lomonosov Moscow State University specialists established domestic climate database, Resources of renewable energy in Russia Atlas [1, 2] and are developing geographic information system (GIS) "Renewable energy sources" [3]. For the development of GIS, assess the applicability of its data for the design of autonomous solar power, development and verification of engineering design methodologies and expand research and educational facilities, autonomous educational demonstration power plant "Fial-1" has been developed and produced. The unit has a peak power of 360 W photovoltaic modules. A program of its trial operation and laboratory work based on it has been organized. During the 2013 test and operational modernization of monitoring has been conducted; the incident solar radiation was monitored too. Also data verification of insolation, obtained in the experiment, with data MSU meteorological observatory and results of many years of satellite observations (database NASA SSE) was performed.

During the trial operation of the power plant the first data on the energy balance has been received, the efficiency of the system was evaluated. The problem of mismatch stress on the battery, comprising two series-connected battery (12 V) was identified. This leads to an accelerated aging of them. This fact raises questions about the application of systems for balancing stress, as the problem of imbalance is related as to lithium-ion batteries and lead-acid systems. To use the power plant project in the educational process cycle laboratory practical tasks were developed.

Алфавитный указатель авторов

Blinov D.V.	236
Borzenko V.I.	236
Dunikov D.O.	236
Gabderahmanova T.S.	241
Gorbatsevich A.A.	233
Karapetyan J.K.	245
Kiseleva S.V.	247
Kobryanskii V.M.	233
Mihailin S.V.	247
Mikhaylin S.V.	241
Par I.T.	247
Popel O.S.	241
Romanov I.A.	236
Scalet M.	20
Shakun V.P.	247
Sørensen J.	8
Tarasenko A.B.	241, 247
Terukov E.I.	242
Titov V.F.	241, 247
Tomarov G.V.	243
Usanov A.B.	241
Vardanyan K.S.	245
Zaytsev S.I.	247
Аблаев Г.М.	26
Абрамов А.С.	26
Анарбаев А.И.	80
Атаманюк И.Н.	229
Афанасьев В.П.	29, 33
Бабаев Б. Д.	43
Бабаев Б.Д.	38, 54
Балакина Ю.А.	68
Баранов О.А.	144
Бердин В.Х.	20
Блинов Д.В.	48, 106
Борзенко В.И.	48, 204
Ванников А.В.	209
Варданян К.С.	52
Варфоломеев С.Д.	18
Вервикишко Д.Е.	229
Власкин М.С.	152
Волшаник В.В.	54
Выграненко Ю.К.	26
Габдерахманова Т.С.	184
Годин М.А.	110
Головков В.М.	64
Горбацевич А.А.	59
Гордин С.А.	63

Гринкруг М.С.	63
Дуброва Н.А.	64, 200
Дуников Д.О.	48, 106
Елистратов В.В.	11
Ермоленко Б.В.	68
Ермоленко Г.В.	68
Жилина Д.В.	26
Зайцев С.И.	79
Захидов Р.А.	80
Ибраев Р.Э.	141
Ирха В.А.	84
Кабаков В.И.	105
Казаков А.Н.	106
Карапетян Дж.К.	52
Кашарин Д.В.	110
Кашарина Т.П.	110
Кашманов И.А.	114
Киселева С.В.	79
Клименко А.В.	127
Клычев Ш.И.	80
Кобрянский В.М.	59
Коломиец Ю.Г.	141
Коноплев Г.А.	33
Коржова Е.С.	144
Кукин А.В.	26
Левицкий В.В.	26
Лопатин Д.С.	144
Мальшченко С.П.,	204
Мешков Е.А.	152
Михайлин С.В.	79, 184
Няпшаев И.А.	26
Обозов А.Д.	141
Окулов В.Л.	8
Орехов Д.Л.	33
Осадчий Г.Б.	154, 165
Пар И.Т.	79
Пашенко А.С.	84
Пирогов Ю.А.	183
Попель О.С.	141, 184, 185
Романов И.А.	196
Сазонов А.Ю.	26
Саметов А.А.	229
Семенов А.В.	26, 29
Скалет М.	20
Сон Э.Е.	14
Соренсен Е.	8
Сохорева В.В.	64, 200
Столяров Д.Е.	196
Счастливцев А.И.	204
Тамеев А.Р.	209
Тарасенко А.Б.	79, 184
Теруков Е.И.	26, 29, 33, 210

Титов В.Ф.	79, 184
Ткачева Н.А.	63
Томаров Г.В.	13, 212
Тумановский А.Г.	16
Тюрина Э.А.	213
Усанов А.Б.	184
Фрид С.Е.	141
Хохлов А.Р.	14
Чеботарев С.Н.	84
Шакун В.П.	79
Шашкин А.П.	218
Шварц М.З.	26
Школьников Е.И.	229
Щенникова Г.Н.	54
Янилкин И.В.	229