



2020
№3(7)

Окружающая среда и энергостудение

Journal of Environmental Earth and Energy Study (JEEES)



<http://www.jeees.ru>

ISSN 2658-6703
(Online)

Окружающая среда и энергосистемы

Journal of Environmental Earth and Energy Study (JEEES)

2020 №3(7)

Научный, образовательный, культурно-просветительский сетевой журнал
Scientific, educational, cultural and educational network Journal

Основан в 2018 году,
1-й номер вышел в январе 2019 г.
Выходит четыре раза в год
при научно-информационной поддержке
Географического факультета МГУ
имени М.В. Ломоносова.

Founded in 2018,
The 1st issue was released in January 2019.
Published four times a year with scientific and
information support
Geographical faculty of Lomonosov Moscow
State University.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации Эл № ФС 77 - 74521 от 7 декабря 2018 г.

Индексируется в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU, Научной электронной библиотеке «КиберЛенинка», Public Knowledge Project, Open Archives Initiative, OpenAIRE



Главный редактор

Залиханов Михаил Чоккаевич, д.г.н., профессор,
академик РАН (МГУ им. М. В. Ломоносова).

Зам. главного редактора

Дегтярев Кирилл Станиславович, к.геогр.н
(МГУ им. М. В. Ломоносова)

Ответственный секретарь

Соловьев Дмитрий Александрович, к.физ.-мат.н.
(ИО РАН).

Редакционная коллегия:

Безруких Павел Павлович, д.т.н., академик-секретарь
РИА (МЭИ)

Березкин Михаил Юрьевич, к.геогр.н (МГУ им. М. В.
Ломоносова).

Бушуев Виталий Васильевич, д.т.н., профессор (ОИВТ
РАН).

Гулев Сергей Константинович, д.ф.-м.н., профессор,
член-корреспондент РАН (ИО РАН).

Дегтярев Кирилл Станиславович, к.геогр.н (МГУ им. М. В.
Ломоносова).

Добролюбов Сергей Анатольевич, д.геогр.н., профессор,
член-корреспондент РАН (МГУ им. М. В. Ломоносова).

Зайченко Виктор Михайлович, д.т.н., профессор (ОИВТ
РАН).

Залиханов Алим Михайлович, к.геогр.н, (МГУ им. М. В.
Ломоносова).

Киселева Софья Валентиновна, к.физ.-мат. н. (МГУ им. М.
В. Ломоносова).

Красовская Татьяна Михайловна, д.геогр.н., профессор
(МГУ им. М. В. Ломоносова).

Моргунова Мария Олеговна, к.э.н. (KTH Royal Institute of
Technology, Sweden).

Нигматулин Роберт Искандрович, д.ф.-м.н., профессор,
академик РАН (ИО РАН).

Тикуннов Владимир Сергеевич, д.геогр.н., профессор (МГУ
им. М. В. Ломоносова).

Показеев Константин Васильевич, д.физ.-мат.н., профес-
сор (МГУ им. М. В. Ломоносова).

Соловьев Дмитрий Александрович, к.физ.-мат.н.,
ответственный секретарь (ИО РАН).

Адрес редакции:

119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, к. 19, НИЛ
возобновляемых источников энергии географического
факультета МГУ им. М.В.Ломоносова
Тел./ факс +7 (499) 939-42-57

e-mail: info@jeees.ru

Официальный сайт журнала <http://jeees.ru>

Окружающая

среда и энерговедение. 2020 №3(7)

Научный, образовательный, культурно-просветительский
сетевой журнал (периодическое сетевое издание)

Редактор К.С.Дегтярев

Корректор К.Г.Горошкин

Верстка М.Ю.Березкин

Перевод на английский язык

К.С.Дегтярев

Подписан в свет 26.10.2020.

Издатель:

Закрытое акционерное общество "Глобализация и
устойчивое развитие. Институт энергетической стратегии"
125009, г. Москва, Дегтярный переулок, д. 9, офис 011.

Тел./факс: +7 (495) 229-4241 доб. 224.

E-mail: guies@guies.ru.

Перепечатка или воспроизведение материалов
номера любым способом полностью или по частям
допускается только с письменного разрешения Издателя.

Учредитель: Соловьев Д.А.

© Редакция журнала

«Окружающая среда и энерговедение», 2020

Государственный Рубрикатор НТИ России
(ГРНТИ): 37; 39; 44; 45

Содержание

В.В. Акимова

Новая «солнечноэнергетическая реальность» США 4

В.И. Борзенко

Водородная энергетика – состояние и перспективы13

В.А. Иваненко

Экологические проблемы России и потенциал энергетики в их
решении.....23

Р.И. Нигматулин

Управляемый термоядерный синтез и будущее энергетики .31

К.В. Чекарев, А.М. Залиханов, Д.А. Соловьев, К.С. Дегтярев

Парусная энергетическая установка, преобразующая энергию
потоков двух сред.....39

В.С. Голубев

Философские проблемы гармоничного развития общества и
окружающей среды.....47

Content

V.V. Akimova

New “solar energy reality” of the USA 4

V.I. Borzenko

Hydrogen energy – state and prospects13

V.A. Ivanenko

Environmental problems of Russia and potential of its power
industry in their solution23

R.I. Nigmatulin

Controlled thermonuclear fusion and future of energy.....31

K.V. Chekarev, A.M. Zalihanov, D.A. Solovyov, K.S. Degtyarev

Wind-driven power machine transforming energy of the two
environs39

V.S. Golubev

The philosophical problems of harmonious development of
society and environment47

УДК 911.9:338.45:620.91 (7.3)

Новая «солнечноэнергетическая» реальность США

Акимова В.В. [0000-0003-0071-1307]

МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия.

Центр стратегий регионального развития, Институт прикладных экономических исследований, РАНХиГС при Президенте Российской Федерации, Москва, Россия

e-mail: varvaraakimova1576@gmail.com

Аннотация. Статья представляет собой географический анализ современного состояния и перспектив развития солнечной энергетики в Соединенных Штатах Америки. В данной работе выявлены основные особенности и закономерности формирования территориальной структуры отрасли в рассматриваемом регионе, а также факторы, обусловившие развитие солнечной энергетики. В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что сейчас наблюдается постепенное расширение географии солнечной энергетики в США, способствуя трансформации территориальной структуры отрасли из моноцентрической в полицентрическую.

Ключевые слова: экономическая география, возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, США.

1 Введение

США на протяжении многих лет являются одним из флагманов развития возобновляемой энергетики, в том числе и солнечной. Развитие солнечной энергетики в США обусловлено перспективностью этого направления с точки зрения обеспечения национальной энергетической безопасности, решения экологических проблем, связанных с выработкой электроэнергии за счет традиционных источников, а также повышения уровня экономического развития энергодефицитных отдаленных регионов страны, не подключенных к единой энергосети. К факторам, способствующим развитию именно этого энергетического направления, также относятся доступность, неисчерпаемость солнечных возобновляемых ресурсов, возможность подстраиваться под запросы каждого кон-

кретного потребителя (вариативность мощностных характеристик, режима работы (без/с доступом к энергосетям) и др.) [1, 2].

Целью данной работы было выявить и объяснить особенности территориальной структуры солнечной энергетики в США и закономерности ее формирования и функционирования.

Теоретической и методологической основой исследования послужили данные Международного энергетического агентства, Управления по энергетической информации США, Европейской обсерватории альтернативных источников энергии, Международного агентства по возобновляемой энергетике и т. д, а также публикации основных новостных порталов в области «зеленых» технологий и солнечной энергетики в частности (CSP Today, PV Insider, Green Tech Media Research и т.д.).

2 Результаты исследования и их обсуждение

США являются одним из мировых центров солнечной энергетики наряду с Китаем, Японией и Германией, в том числе благодаря значительным солнечным ресурсам. В соответствии с отчетом Национальной лаборатории возобновляемых источников энергии фотовольтаические промышленные электростанции могут производить 2232 ТВт*ч/год, индивидуальные установки – 818 ТВт*ч/год [6].

Именно в США в 1978 г. были впервые введены льготные тарифы в отношении солнечной (и ветровой) энергии, которые сейчас активно используются практически во всех странах, где развивается это энергетическое направление. На 2019 г. установленные мощности в стране составили около 75,9 ГВт, что позволило выработать около 2,3% всей электроэнергии в США [3].

Солнечная энергетика в США имеет давнюю историю. По сути, именно там были сделаны первые попытки коммерциализировать производство электроэнергии за счет использования энергии Солнца. Развитие солнечноэнергетической отрасли в стране было вызвано желанием страны обеспечить свою энергетическую безопасность, в том числе за счет диверсификации источников энергии, в связи с «энергетическими шоками» 1973 г. и 1979-1980 гг.

Первую прямую поддержку развитию солнечной энергетики в стране оказала администрация президента Картера. В 1977 г. было создано Министерство энергетики, которому подчинялись все федеральные энергетические агентства. Первым шагом нового руководства стало создание Федеральной энергетической комиссии по регулированию отношений на рынке природного газа, нефти, гидроэнергии и электричества. Создание министерства (которое объединило ряд текущих энергетических проектов Национального научного фонда и Администрации энергетических исследований и разработок) со своим кабинетом министров повысило важность энергетики для американской экономики, ее безопасности и необходимости централизованных НИОКР, в том числе и в отношении ВИЭ, включая и солнечную энергетику. В это же время, наравне с другими

энергетическим законами (о государственной политике в области энергосбережения, о налоговых отношениях в энергетике, о политике в области природного газа, об использовании электростанций и промышленного топлива и т.д.) был принят федеральный закон о регулировании в энергетике, целью которого было создание финансовых стимулов и нормативно-правовой поддержки для развития ВИЭ. В 1978 г. был введен энергетический налог (Energy Tax Act), по которому домовладельцы, вкладывающие деньги в развитие солнечных и некоторых других технологий, получали налоговые кредиты, а коммунальные службы были обязаны покупать электроэнергию, выработанную на солнечных установках. Исполнение данного закона было оставлено на усмотрение каждого отдельного штата, что привело к разнообразию ответных мер, что в свою очередь способствовало росту напряженности между полномочиями и ответственностью штатов и федеральным правительством [4].

Несмотря на данные меры, производство солнечных установок в США было невысоким, так как спроса не было (последствия кризиса были преодолены, обеспечены регулярные поставки нефти и газа). Разработки в области солнечной энергетики носили преимущественно опытно-экспериментальный характер. К середине 1980-х гг. национальные компании-производители фотовольтаических систем продавали свой товар в убыток себе. Президент Рейган в 1988 г. понизил налоговый кредит до 10%, на данном уровне он оставался вплоть до 2005 г., когда президент Буш подписал закон об энергетической политике. Этот закон включал 30% налоговый кредит для домовладельцев, которые устанавливали коммерческие и индивидуальные фотовольтаические системы [59]. В итоге, солнечная энергетика получила необходимые стимулы для дальнейшего своего развития.

Начиная с 2009 г. суммарные установленные мощности в США ежегодно удваивались. Настоящий «солнечный бум» в стране произошел в 2011 г. (Рис.1.) и продолжается до сих пор, что позволило стране переместиться из конца мировой десятки, где она пребывала в 1990-х и 2000-х на второе место (уступая только Китаю) [5, 7, 9, 11].

Для дальнейшего развития данного энергетического направления у США есть все предпосылки: 1) значительный природный потенциал (практически каждый американский штат получает больше солнечной энергии, чем вся Германия); 2) наличие научно-технологической и материальной базы; 3) большое число центров НИОКР, специализирующихся в области возобновляемой энергетики; 4) наличие обширных свободных земельных площадей в штатах с высоким уровнем солнечной радиации, что позволяет активно развивать промышленную фотовольтаику; и 5) активная государственная политика в этой сфере, вылившаяся в набор институциональных мер, способствующих продвижению солнечной энергетики в стране. В настоящее время в 29 штатах введены законы, обязывающие энергоснабжающие компании иметь тот или иной процент возобновляемой энергии в их портфеле получаемой энергии (при этом процент выработки электроэнергии из возобновляемых источников энергии в портфеле энергокомпаний различается: в Нью-Джерси до 22,5%, в Калифорнии 33%, в Сев.

Каролине 12,5%). Большой популярностью пользуются федеральные налоговые льготы, прямые денежные вычеты, специальные энергетические аукционы и т.д.

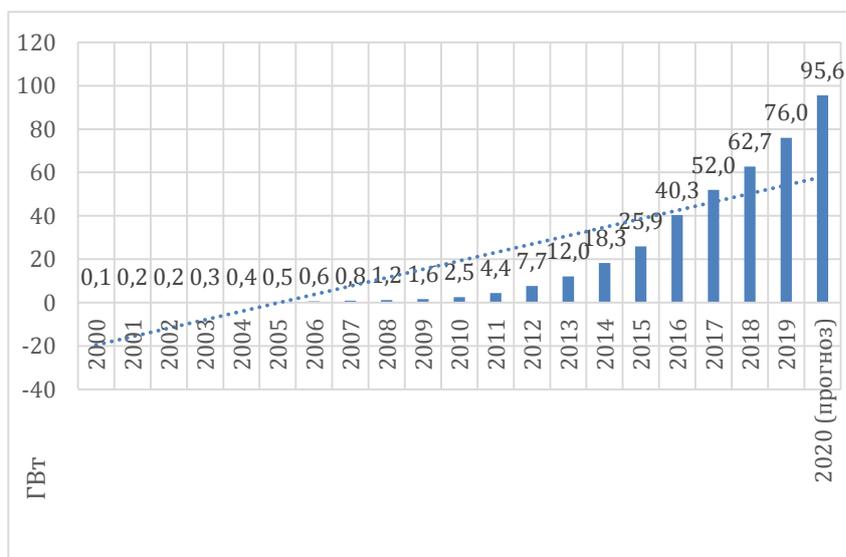


Рис.1 Суммарные установленные мощности фотовольтаической солнечной энергетики в США, ГВт, 2000-2020 г.

Американский «солнечный бум» был во многом вызван неожиданным продлением налоговых льгот для проектов в сфере солнечной энергетики на 5 лет (решение было принято в конце 2015 г.). В рамках принятия данной программы ожидается установка дополнительных 20 ГВт солнечных мощностей. Суммарно проект льгот, по оценкам BNEF [8] (величина которых оценивается в 25 млрд долл.), спровоцирует рост инвестиций в возобновляемую энергетику в США в размере 73 млрд долл. (35 млрд в ветровую, 38 млрд – в солнечную), что обеспечит предложением электроэнергии 8 млн домов в стране. То есть в краткосрочной перспективе принятие данного соглашения оказывает даже большее влияние на развитие солнечной энергетики в США, чем парижское соглашение по климату (COP 21) и план Барака Обамы о чистой энергетике Clean Power Plan. Аналогично были продлены 30% налоговые льготы в сфере солнечной энергетики до 2019 г., хотя должны были истекать в 2016 г. Но их объем должен быть снижен к 2022 г. до 10% [8].

Отдельно необходимо рассмотреть влияние на развитие солнечной энергетики политического курса Дональда Трампа. В 2018 г. в рамках продолжающейся торговой войны между США и Китаем президент Дональд Трамп ввел тарифы на импортные солнечные панели. По сути, необходимость введения тарифов для защиты американского производства и рабочих мест в солнечной энергетике

ке появилась еще в апреле 2017 г., когда обанкротившийся производитель солнечных панелей из Джорджии подал торговую жалобу о том, что поток дешевого импорта поставил их в невыгодное положение. В ответ президент ввел 30% тарифы на импорт солнечной продукции в январе 2018 г. Так, солнечная энергетика в настоящее время является одной из самых быстрорастущих отраслей в Соединенных Штатах: по состоянию на 2018 г. в ней работало более 250 000 человек. С одной стороны, эти введенные тарифы вынудили отменить или свернуть многие проекты и ограничить возможность компаний нанимать больше работников. С другой стороны, они оказывают предполагаемый эффект стимулирования внутреннего производства. Многие компании, производящие солнечные технологии, переходят на автоматизированное производство и, следовательно, станут менее зависимыми от импорта, особенно из Китая. Аналитики считают, что тарифы Трампа оказали явное положительное влияние, так как без них производственные мощности солнечной энергетике в США, вероятно, не выросли бы так значительно — с 1,8 ГВт в 2017 г. до 3,4 ГВт в 2018 г. [7]. Однако из-за растущей зависимости от автоматизации будет создано уже не так много новых рабочих мест, а прибыль будет поступать в другие страны, поскольку многие фирмы являются иностранными. К 2019 г. солнечная энергетика оправилась от первоначальных неудач, связанных с тарифами Трампа, благодаря инициативам различных штатов, таких как Калифорния. Цены на солнечные элементы продолжают снижаться [11].

США представляют собой пример страны, где нет заметного перекоса в тот или иной потребительский сегмент. Если в Японии и Германии доминируют индивидуальные солнечные установки, в Китае и Индии – промышленные, то в США активно развивается и тот, и другой сектор. Рост интереса индивидуальных потребителей к солнечной энергетике в первую очередь был вызван заметным падением цен как на сами солнечные установки, так и на цену «солнечного» киловатта. Так, цена киловатт-часа в США упала с 32,3 цента в 2009 г. до 7,2 цента в 2017 г. и продолжает устойчиво падать, при этом эффективность преобразования солнечной энергии в электричество (КПД солнечных модулей) постоянно повышается благодаря совершенствованию научно-технологического процесса разработки новых решений [9].

Начиная с 2014 г. в стране было введено больше солнечных электроэнергетических мощностей, чем во всех остальных энергетических отраслях – 53% всех новых мощностей. Эта тенденция сохранилась и в 2015 г., и в 2016 г. То есть в США в соответствии с общемировыми тенденциями наблюдается смещение фокуса энергетического развития в рамках возобновляемой энергетике с ветровой к солнечной энергетике.

В последние пять лет в США активно развивается промышленная солнечная энергетика. Из десяти крупнейших в мире солнечных электростанций – 5 американского происхождения, каждая мощностью более 250 МВт (Solar Star (I и II) – 579 МВт (2015 г.), Desert Sunlight Solar Farm – 550 МВт (2015 г.), Topaz Solar Farm – 550 МВт (2014 г.), Copper Mountain Facility – 458 МВт (2010 г.), Agua Caliente Solar Project – 290 МВт (2014 г.)). Пик строительства и ввода в эксплуатацию пришелся на 2015 г. Ожидается, что данная тенденция строитель-

ства и реализации крупных проектов сохранится в стране и в ближайшие годы. В итоге, по данным инвестиционного банка Lazard [10], солнечная энергетика промышленного масштаба в США вместе с ветроэнергетикой стали самыми экономичными способами производства электроэнергии, с которыми может конкурировать лишь комбинированная газовая генерация. Приведенная стоимость производства энергии (LCOE) в ветроэнергетике без учета субсидий составила \$28–54 МВт*ч (наземного базирования), \$64–115 МВт*ч (морского базирования), в промышленной солнечной энергетике – \$32–42, в парогазовой генерации – \$44–68, а для газотурбинных электростанций LCOE равен \$150–199 МВт*ч.

Пространственная структура солнечной энергетике в США носит четко выраженный дихотомический характер (Рис.2). Существуют два региональных полюса, которые генерируют рост отрасли: восточный во главе со штатами Нью-Джерси, Северная Каролина и Массачусетс и западный – с Калифорнией, Невадой и Аризоной. В пределах западного полюса развития, получила распространение преимущественно промышленная солнечная энергетика, что связано с наличием на территории данных штатов обширных пустынных пространств с высоким уровнем солнечной радиации. Исключение составляет Калифорния, где также активно развивается и рынок индивидуальных солнечных установок благодаря наличию потребителя с высоким уровнем доходов и уровнем экологической культуры, поддержанный высоким природным потенциалом. В результате, Калифорния играет роль «солнечноэнергетического хребта» страны, совмещая в себе функции как главного производителя солнечной электроэнергии, так основного «генератора» инноваций в этой сфере.

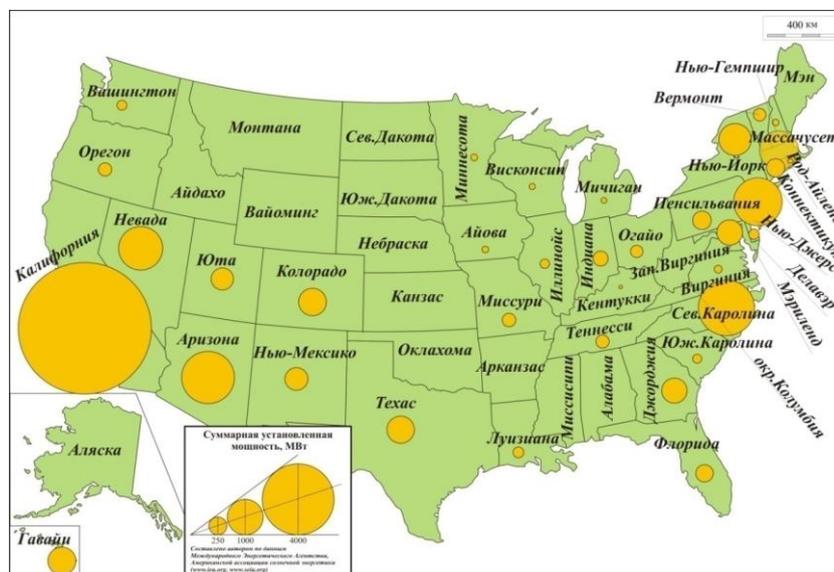


Рис. 2 Солнечная энергетика в США, 2018 г.

Американский подход к развитию промышленной солнечной энергетики отличается от того же европейского. Распространение фотовольтаических СЭС в Европе ограничено земельными требованиями, то есть тем фактором, который для юго-западных штатов не является критическим. При выборе новых территорий для строительства промышленных солнечных электростанций правительство руководствуется тем, чтобы они располагались вблизи от уже существующих линий электропередач, что позволит быстро доставлять электроэнергию в те города, где ее не хватает, тем самым, способствуя созданию системы фотовольтаических станций и их интеграцию в единую энергосистему.

В пределах восточного полюса развитие солнечной энергетики пошло исключительно по пути наращивания индивидуальных солнечных мощностей. Во-первых, это объясняется отсутствием необходимых условий (прежде всего земельных из-за высокой плотности населения) для функционирования систем промышленного масштаба, во-вторых, желанием властей штатов снизить свою зависимость от дорогого импорта электроэнергии (так, Массачусетс является нетто-импортером электроэнергии, как и Нью-Джерси и т.д.), в-третьих, высоким уровнем доходов населения, которое может позволить себе покупку пока еще относительно дорогой солнечной установки. Наращивание солнечной энергетических мощностей в каждом штате активно поддерживается и финансово, и законодательно на федеральном уровне, что находит отражение в энергетической политике властей на региональном уровне.

3 Выводы

Таким образом, в результате проведенного исследования было установлено, что в США солнечная энергетика способна на равных конкурировать с традиционной углеводородной энергетикой. Кроме того, солнечная энергетика начинает постепенно выигрывать государственные и индивидуальные потребительские предпочтения у своего главного конкурента — ветровой энергетике.

Было установлено, что в результате активного развития солнечноэнергетического направления меняется его территориальная структура: от Калифорния-моноцентрической к полицентрической с двумя основными полюсами роста (со старым западным с центром в Калифорнии и с новым восточным многоядерным (центры в Северной Каролине и Нью-Джерси)).

Литература

1. Акимова В. В., Типология стран по уровню развития солнечной энергетики. Вестник Московского университета. Серия 5: География, 2015. №4. С. 89–95.
2. Akimova V. Solar energy production: specifics of its territorial structure and modern geographical trends // GEOGRAPHY, ENVIRONMENT, SUSTAINABILITY. 2018. Vol. 11, no. 3. P. 100–110.

3. Jäger-Waldau A. PV status report 2019: Research, Solar Cell Production and Market Implementations of Photovoltaics, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport, Italy, 2020. 85 p.
4. Platzer M. U.S. Solar photovoltaic Manufacturing: Industry Trends, Global Competition, Federal Support. – Congressional Research Service (CRS), 2015. 31 p.
5. Информационно-аналитические сборники IRENA [Электронный ресурс] // IRENA. Режим доступа: <https://www.irena.org/publications> (дата обращения 10.08.2020).
6. Информационно-аналитические сборники National Renewable Energy laboratory [Электронный ресурс] // NREL. Режим доступа: <https://www.nrel.gov/research/publications.html> (дата обращения 10.08.2020).
7. Информационно-аналитические сборники Photovoltaics report 2009-2019 [Электронный ресурс] // Fraunhofer Institute for Solar Energy. Режим доступа: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/renewable-energy-data.html> (дата обращения 10.08.2020).
8. Официальный сайт Министерства энергетики США [Электронный ресурс]. Режим доступа: www1.eere.energy.gov/solar (дата обращения 30.08.2020).
9. Статистическая база данных EIA [Электронный ресурс] // EIA. Режим доступа: <http://www.eia.gov/beta/international/?fips=su> (дата обращения 10.08.2020).
10. Lazard Levelized cost of energy analysis [Электронный ресурс] // Lazard. Режим доступа: <https://www.lazard.com/media/2392/lazard-s-levelized-cost-of-energy-analysis-90-key-findings.pdf> (дата обращения: 19.08.2020).
11. Renewables 2020 (2020), Global status report. Ren 21 Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf (дата обращения 10.08.2020).

References

1. Akimova V.V. Typology of the countries in terms of the helioenergetics development. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya, 2015. No.4. P. 89–95.
2. Akimova V. Solar energy production: specifics of its territorial structure and modern geographical trends // GEOGRAPHY, ENVIRONMENT, SUSTAINABILITY. 2018. Vol. 11, no. 3. P. 100–110.
3. Jäger-Waldau A. PV status report 2019: Research, Solar Cell Production and Market Implementations of Photovoltaics, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport, Italy, 2020. 85 p.
4. Platzer M. U.S. Solar photovoltaic Manufacturing: Industry Trends, Global Competition, Federal Support. – Congressional Research Service (CRS), 2015. 31 p.
5. Informational and analytical dataset IRENA [Online] // IRENA. Available at: <https://www.irena.org/publications> (accessed 10.08.2020).

6. Informational and analytical dataset National Renewable Energy laboratory [Online] // NREL. Available at: <https://www.nrel.gov/research/publications.html> (accessed 10.08.2020).
7. Informational and analytical dataset Photovoltaics report 2009-2019 [Online] // Fraunhofer Institute for Solar Energy. Available at: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/renewable-energy-data.html> (accessed 10.08.2020).
8. Official website of the Department of Energy of the USA [Online]. Available at: <https://www.energy.gov/> (accessed 30.08.2020).
9. Statistical dataset EIA [Online] // EIA. Available at: <http://www.eia.gov/beta/international/?fips=su> (accessed 10.08.2020).
10. Lazard Levelized cost of energy analysis [Online] // Lazard. Available at: <https://www.lazard.com/media/2392/lazard-s-levelized-cost-of-energy-analysis-90-key-findings.pdf> (accessed: 19.08.2020).
11. Renewables 2020 (2020), Global status report. Ren 21 Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [Online]. Available at: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf (accessed 10.02.2019).

"New solar energy reality" of the USA

V. V. Akimova ^{1,2}

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

² Centre for strategies of regional development, Institute of Applied Economic Research, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia

E-mail: varvaraakimova1576@gmail.com

Abstract. The article is dedicated to a geographical analysis of the current state and prospects for the development of solar energy in the United States of America. This paper identifies the main features and patterns of the formation of the territorial structure of the industry in the region, as well as the factors that determined the development of solar energy. As a result of the study, we can conclude that there is now a gradual expansion of the geography of solar energy in the United States, contributing to the transformation of the territorial structure of the industry from monocentric to polycentric.

Keywords: economic geography, renewable energy sources, solar energy, USA.

УДК 62-622:542.06:542.3.08:54.052

Водородная энергетика – состояние и перспективы

Борзенко В.И. ^[0000-0003-1494-2763]Объединённый институт высоких температур Российской Академии наук (ОИВТ РАН)
Лаборатория водородных энергетических технологий, Москва, Россия

E-mail: h2lab@mail.ru

Аннотация. В статье представлено интервью зам. главного редактора журнала «Окружающая среда и энерговедение» К.С. Дегтярева с заведующим Лабораторией водородных энергетических технологий ОИВТ РАН, кандидатом технических наук Борзенко Василием Игоревичем. Водород рассматривается в качестве одного из главных компонентов новой, неуглеродной, энергетики, хотя первые опыты по энергетическому использованию водорода относятся ещё к началу XIX века. Обсуждаемые темы: что представляет собою водород в качестве источника энергии, какие области применения и перспективы у водородной энергетики.

Ключевые слова: водород, водородная энергетика, экономика, электролиз, экология, аккумуляция энергии

Василий Игоревич, почему на водород в последнее время обращено внимание мировой энергетики, в чём его преимущества и перспективность?



Рис.1. Василий Игоревич Борзенко, зав. Лабораторией водородных энергетических технологий ОИВТ РАН. Источник: сайт ОИВТ РАН

Начнём с уточнения – водород, как таковой, не является источником энергии; надо затратить энергию, чтобы его получить. Водород – это вторичный энергоноситель, но он массово представлен в природе – в воде и в углеводородах. Есть разные технологии его получения.

В последние примерно 20 лет идёт прогресс в водородных технологиях и последовательное снижение стоимости водородных топливных элементов.

Что такое водородный топливный элемент? Это энергохимический генератор, с которым мы проводим реакцию окисления водорода, но без горения, то есть это, по сути, электрохимическая машина, которая не является тепловой машиной - не подчиняется циклу Карно и имеет теоретический КПД, равный 1 (в отличие от двигателей внутреннего сгорания, где составляет 0,3-0,4). Поэтому и началось производство автомобилей на водородных топливных элементах.

Существуют разные типы водородных топливных элементов, но я бы выделил, например, полимерэлектродный, как наиболее маневренный; их промышленное производство сейчас более или менее отлажено.

И, другой драйвер развития водородных технологий – это экология, поскольку при сжигании водорода вы не получаете выбросов парниковых газов, загрязняющих и отравляющих веществ.

Небольшое уточнение – мы сейчас говорим о протии?

Дейтерий, тритий – это изотопы, т.е. атомщики, термояд, это совсем другая история.

Хотя лет 40 назад, когда всё это начиналось, ещё под руководством В.А. Лёгасова, М.А. Стыриковича, Э. Э. Шпильрайна и основателя нашей лаборатории Станислава Петровича Малышенко речь шла именно об атомно-водородной энергетике. Планировалось, что драйвером её развития будет мирный атом, тепловая энергия атомных станций, для производства водорода будут использоваться термохимические циклы разложения воды - и на этом будет построена вся водородная экономика. Но драйвером оказалась возобновляемая энергетика и не в России.

Какие проблемы могут быть с использованием водорода?

Прежде всего, это хранение. Водород очень лёгкий. Для сравнения, хотя по массе теплота сгорания водорода почти в три раза больше, чем у природного газа - метана CH_4 , плотность водорода в обычных условиях почти в 8 раз ниже – 90 граммов против 700 граммов.

И чтобы обеспечить, например, пробег автомобиля в 400 км на водороде, вам необходимо иметь баллон с давлением как минимум 350 атмосфер, а это и затраты на компримирование, и не вполне безопасно ездить на такой «бомбе».

А в обычном газовом баллоне, используемом в автомобилях, сколько атмосфер?

В обычном газовом – 150. Для водорода используются композитные баллоны, выдерживающие до 800 атмосфер. Эта технология отлажена, есть, в том числе, и отечественные баллоны.

Насколько это дорого? Например, если сравнить с установкой газового баллона на автомобиль (где общая стоимость может составить около 40-50 тысяч рублей)?

К сожалению, водород нельзя поставить непосредственно на двигатель внутреннего сгорания из-за проблем с детонацией, поэтому нужен принципиально новый автомобиль - с топливным элементом, электромотором, источником постоянного тока на выходе. Пока цены за пределами. Но многое можно сделать при наличии политической воли. Например, Калифорния объявила, что с 2035 года перестанет продавать новые машины на бензине.

Но тут, скорее всего, речь об электромобилях?

Зависит от того, раньше подтянется к этому времени. У электромобиля тоже хватает проблем, и водород за 15 лет может его и обогнать.

Идёт глобальное потепление, в связи с этим развитыми странами принимаются политические решения - например, Евросоюз планирует полностью избавиться от углерода в экономике к 2050 году. Это означает, что без водорода на транспорте, в ЖКХ, в энергетике не обойтись.

К тому же бурное и даже избыточное развитие возобновляемой энергетики в Западной Европе привело к тому, что девять энергии зачастую некуда и, в целом, возобновляемая энергия носит переменный характер. И для согласования графика нагрузки и потребления могут очень пригодиться водородные системы аккумулирования с понятной примитивной архитектурой – электролизёр, системы хранения водорода и топливный элемент на выходе.

Хотя я слабо верю в мегаваттные уровни топливных элементов. Это возможно в единичных случаях, и это обычно высокотемпературные системы - они не маневренны, как и любая система, требующая разогрева - их нельзя быстро отлаживать, запускать и устанавливать. Оптимально использование водорода для транспортных средств.

Конечно, водород можно и просто сжигать, если его накопили на «провальной» энергии – можно поставить паротурбинные циклы, жечь водород в смеси с кислородом или воздухом и крутить паротурбину. Но КПД здесь уже будет как у тепловой машины – около 30%. В общем, есть масса вариантов.

Но здесь другая проблема – нужно много водорода, и как его извлечь из природы? Сейчас основная его часть производится с помощью паровой конверсии углеводородов – из метана. Но эта технология имеет так называемый карбоновый след, и такой водород напрямую считается «зелёным» не может.

Но какой вообще смысл делать водород из метана, если метан можно сжигать непосредственно?

Смысл есть. Можно выиграть за счёт высокого КПД топливных элементов. Хотя, если посмотреть всю технологическую цепочку «from well to wheel» - от буровой скважины до колеса, то действительно может оказаться, что на газе ездить дешевле.

Поэтому основная ставка сейчас сделана на получение водорода электролизом воды - на использование больших электролизёров, с использованием энергии возобновляемых источников и, тем самым, переход к глобальному рынку водорода.

Электролиз – это дорого?

Если у вас «провальная» энергия, которую некуда девать – то нет. При электролизе на производство 1 м³ водорода затрачивается 4,5 кВтч энергии, это считается хорошим показателем для имеющихся технологий.

Примечание. Теплотворная способность водорода – около 13 МДж/м³, что эквивалентно 3,6 кВтч, т.е. пока при электролизе воды только расход энергии на производство водорода выше его потенциальной энергоотдачи.

Но у водорода есть экологические преимущества перед углеводородами. И производство водорода интересно рассматривать в связке с возобновляемыми источниками – солнечными, ветровыми, приливными станциями.

И сколько нужно воды для получения 1 м³ водорода?

Жидкой воды - немного. Посчитайте по стехиометрии.

Примечание. Масса 1 м³ водорода составляет 0,09 кг, 1 м³ воды – 1000 кг, из которых 11%, или 110 кг, приходится на водород. Таким образом, на производство 1 м³ водорода надо затратить (0,09/1000)/11% = 0,008 м³ (0,8 литра или около 800 граммов) воды.

А что происходит с кислородом при электролизе? Он далее как-то используется?

Как правило, электролизёры настроены на генерацию водорода. Кислород идёт грязный, с парами воды. Но есть системы, которые вам дадут и то, и то, но они будут дороже.

К сожалению, в России производство электролизёров большой мощности практически потеряно. А поскольку без электролиза в энергетике не обойтись, в том числе – в атомной энергетике, то мы сейчас полностью зависим от амери-

канского и европейского оборудования. На мой взгляд, это катастрофическая ситуация при таком огромном потенциальном рынке.

В чём причина? Западная продукция дешевле, качественнее?

Да, западные системы компактнее и экономичнее – в частности, в наших расход электроэнергии на производство 1 м³ водорода – 6-7 кВтч, на 4-5 кВтч мы не выходим. Кроме того, у нас кончились запасы асбеста¹. Сейчас проблему пытаются решить Росатом и Газпром².

Проблема наших экспортёров газа в том, что наш газ в Европе могут не признать «зелёным». Во избежание этого в газ необходимо добавлять водород.

Существующая газотранспортная система (в частности, Северный поток – 2) может транспортировать водород?

Может при небольшой доле водорода в природном газе (до нескольких процентов). Проблема в том, что и наш водород недостаточно «чистый», поскольку делается из метана. Конечно, здесь много политики. Идея ЕС полностью «декарбонизировать» свою экономику к 2050 году представляется мне утопичной, в их программах мало конкретики, но такие цели заявлены.

Отто Андерсен (Otto Andersen) в работе Unintended Consequences of Renewable Energy пишет об опасности утечек водорода...

Угрозы связаны со взрывоопасностью водорода, но это в закрытых помещениях, а не при утечках в открытый воздух.

Чем занимается ваша лаборатория, какие у вас основные направления деятельности?

У нас основных направлений, пожалуй, три.

Первая – это разработка систем хранения водорода. В нашем случае это твердофазные системы хранения, получаемые химической сорбцией водорода металлами с образованием металлгидридов. Водород вступает в химическую реакцию соединения с металлом, в результате чего образуется гидрид.

¹ Асбест используется в электролитических установках для разделения продуктов электролиза

² В июле 2020 года Минэнерго направило в Правительство дорожную карту «Развитие водородной энергетики России» на 2020-2024 годы, согласно которой Газпром и Росатом должны запустить пилотные водородные установки к 2024 году.



Рис. 2. Лабораторное устройство для электролиза отечественного производства, производительностью 300 л/час. Фото К.С. Дегтярева

Преимущества хранения водорода в гидриде в том, что они не требуют высоких давлений хранения и, при этом, обеспечивают высокую плотность хранения, сравнимую с плотностью жидкого водорода. Многие соединения, например, на основе лантана, поглощают водород обратимо при умеренных температурах и давлениях.

Примерно 300 граммов такого интерметаллического соединения заменят баллон с водородом, и такой способ хранения будет безопасным.



Рис. 3. Металлогидридный аккумулятор. Фото К.С. Дегтярева



Рис. 4. Установка для измерения изотерм сорбции – десорбции водорода. Фото К.С. Дегтярева

При этом для десорбции - извлечения водорода из гидрида, достаточно будет поднять температуру на несколько десятков градусов. В сущности, для этого достаточно двух кранов с водой – горячей и холодной. Варьируя разницей температур в сравнительно небольших пределах, можно добиваться изменения давления водорода в широком диапазоне – в зависимости от поставленной задачи. Это, по сути, бесплатный компрессор, работающий с минимальными энергозатратами.

Наша задача на данном направлении – подбор металлических сплавов, проведение сорбции и десорбции водорода в экспериментальном режиме, проверка свойств соединений.

Второе направление работы нашей лаборатории, естественным образом вытекающее из первого - создание интегрированных систем аккумулирования. Мы интегрируем созданные нами системы хранения водорода с топливными элементами и другой водородной инфраструктурой и, в целом, преуспели на киловаттном уровне мощности.

Наконец, третье направление связано с обеспечением гармонизации графиков потребления и нагрузки в существующих энергосистемах. Идея использования водорода для этих целей была предложена ещё лет 30 назад. Речь идёт об аккумулиции избыточной энергии с помощью водорода и кислорода с использованием её в часы пиковой нагрузки – так называемой пиковой надстройки над существующими паротурбинными установками.

Мы ведём здесь разработки, хотя сейчас они, в большей степени, ориентированы на автономные системы и в системы аккумулирования в связке с ВИЭ.



Рис. 5. Водородно-кислородный парогенератор мощностью 20 МВт. Разработка Лаборатории водородных энергетических технологий ОИВТ РАН. Фото К.С. Дегтярева

Ключевыми элементами этой системы являются водород, кислород и парогенератор. Это компактное устройство, созданное по ракетным технологиям, в котором вы осуществляете прямое сжигание водорода и кислорода с образованием пара. Здесь у нас тоже есть некоторые новые идеи, как совместить эту систему с воздушным аккумулярованием.

В качестве резюме – как Вы считаете, что может стать стимулом реанимации и развития водородных технологий и водородной энергетики в России? Пока складывается впечатление, возможно, ошибочное, что главный драйвер – рост экологических требований стран – импортёров российских углеводородов, прежде всего, стран ЕС. А с чем могут быть связаны внутренние предпосылки для развития отечественной водородной энергетики? Где она, в первую очередь, может быть востребована у нас?

Во-первых, слово реанимация здесь неприменимо, водородные технологии в России развивались довольно устойчиво на уровне разработок. Большого отставания нет.

Неравномерный характер режимов работы ветровых и солнечных энергоустановок требует создания системы аккумулярования энергии, позволяющей удовлетворять нужды потребителя по необходимому ему графику нагрузки.

Одним из перспективных путей решения этой задачи является использование водородных систем аккумулирования. В этом случае водород производится электролизом воды за счет электроэнергии от ВИЭ, аккумулируется в системе хранения и используется для производства электроэнергии по необходимому потребителю графику в топливных элементах или других энергоустановках (например, на основе водородо-кислородных или водородо-воздушных паров/газо генераторов). Автономные системы подобной архитектуры весьма актуальны и для условий РФ. На регионы с нецентрализованным энергоснабжением в РФ приходится около 70% территории, где проживает порядка 20 млн. человек и находится до 15% основных фондов. Использование дорогого привозного ископаемого топлива в энергоустановках на двигателях внутреннего сгорания отличается низкой эффективностью и наносит существенный вред окружающей среде. Решением может стать использование возобновляемых источников энергии в сочетании с аккумулированием энергии в виде химической энергии универсального и экологически чистого вторичного энергоносителя – водорода, который может быть с высокой эффективностью преобразован в электричество что позволяет избежать потерь энергии в результате саморазряда и существенно повышает экологическую безопасность по сравнению с аккумуляторными батареями и дизель-генераторами, используемыми для этой цели в настоящее время.

Беседовал К.С. Дегтярев, зам. главного редактора журнала «Окружающая среда и энергоснабжения», н.с. НИЛ возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, к.г.н.

Hydrogen energy - state and prospects

Borzenko V.I. ^[0000-0003-1494-2763]

Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences , Laboratory of
Hydrogen Energy Technologies, Moscow, Russia

E-mail: h2lab@mail.ru

Abstract. The article presents an interview of the deputy editor-in-chief of Journal of Environmental, Earth and Energy Study KS. Degtyarev with the head of the Laboratory of Hydrogen Energy Technologies of the Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences, Ph.D. Vasily Borzenko. Hydrogen is considered as one of the main components of the new non-carbon energy, although the first experiments on the energy use of hydrogen date back to the beginning of the 19th century. The discussed items: what is hydrogen as a source of energy, what are the areas of application and prospects for hydrogen energy.

Key words: hydrogen, hydrogen industry, economy, electrolysis, environment, energy storage

УДК 338.264

Экологические проблемы России и потенциал энергетики в их решении

Иваненко А.И. [0000-0001-9367-8045]

Университет Западного Онтарио, Лондон, Онтарио, Канада

E-mail: ivanenko60@yahoo.com

Аннотация. В статье рассматривается вопрос интеграции государственных планов, связанных с охраной окружающей среды и, политики, направленной на развитие топливно-энергетического комплекса РФ. Анализ, проведенный на основе национальных проектов класса «Экология» и энергетической стратегии РФ, выявил минимальное пересечение двух областей планирования, что указывает на отсутствие комплексного подхода в данном направлении, которое является доминирующим во многих западных странах, озабоченных проблемой глобального потепления. Из этого следует вывод, что борьба с изменением климата не находит своего проявления в планах, установленных правительством РФ в областях экологии и энергетики.

Ключевые слова: проблемы экологии, энергетическая политика, борьба с изменением климата.

1 Введение

Борьба с изменением климата является одной из ключевых задач, стоящих перед правительствами многих западных стран. Основным решением данной проблемы считается изменение установленного баланса производства и потребления энергоресурсов в сторону уменьшения доли в потреблении углеводородных ресурсов и увеличения доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а также за счет дальнейшего энергосбережения. Данные решения находят отражение в национальных программах, направленных на снижение выбросов парниковых газов энергоемкими отраслями экономики.

В подобной постановке вопроса прослеживается зависимость между поставленными экологическими задачами и инструментами энергетической политики, используемыми для их решения. Следовательно, нахождение подобной зависи-

мости указывает на значимость задачи борьбы с изменением климата в национальной политике.

На основе российских национальных проектов класса «Экология» и энергетической стратегии РФ, в данной статье проводится анализ сопоставимости экологических задач и возможных энергетических методов их решения в России, а также обратный анализ сопоставимости энергетических задач и возможных экологических проблем, которые они решают. В заключительном разделе оценивается общий потенциал энергетических инструментов, которые можно применить для решения экологических проблем, решаемых правительством РФ.

2 Схема определения и решения социальных проблем в демократических странах

Общепринятую в демократических странах процедуру выявления и решения социальных проблем, к числу которых относятся вопросы экологии, можно условно разделить на четыре стадии.

На самом первом этапе у группы граждан возникает определенное недовольство сложившимся состоянием дел или динамикой событий, затрагивающих их окружение (например, обнародование плана застройки местного лесного массива). Такие проблемы низового уровня возникают спонтанно, проходят стадию роста недовольства на местах и, обычно по причине отсутствия организованности заинтересованных лиц, переходят на стадию постепенной адаптации к новым условиям. В некоторых случаях проблема приобретает рабочую формулировку в форме общественной организации, что выводит ее на уровень общественного обсуждения в социальных сетях и прочих средствах массовой информации. При дальнейшем росте значимости проблемы, она попадает в поле зрения законодательных органов, которые обсуждают ее и, при наличии достаточной поддержки, легализируют проблему в рамках полномочий соответствующего органа. Официальное законодательное признание проблемы приводит в действие административные органы, которые выделяют ресурсы, необходимые для приведения в действие избранного метода решения проблемы или, при ее неприятии чиновниками, успешно ее саботируют, переводя общественное внимание на что-то другое.

В данной статье рассматриваются только те экологические проблемы, по которым были приняты административные меры по выделению ресурсов на их решение, то есть те проблемы охраны окружающей среды, которые были объявлены в виде федеральных проектов.

3 Экологические проблемы, решаемые правительством Российской Федерации

Бюджет РФ на 2020-2 годы устанавливает государственные расходы на охрану окружающей среды в размере 1,0-2,0% от суммы совокупных федеральных расходов, что ставит данный функциональный класс на 10-е место в общей классификации [1]. Тот факт, что задачи экологии выделены в отдельную статью расходов, позволяет говорить об их признании на самом высоком уровне в иерархии значимости социальных проблем. Однако относительно небольшие расходы бюджета наводят на мысль, что избранные для решения экологические проблемы признаются федеральным правительством нишевыми, то есть не имеющими общегосударственного значения.

Рассмотрение списка приоритетных программ и проектов класса «Экология» подтверждают первоначальное впечатление. Паспорт национального проекта «Экология» определяет 6 ключевых направлений [2]:

1. Эффективное обращение с отходами производства и потребления
2. Снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах
3. Повышение качества питьевой воды для населения
4. Экологическое оздоровление водных объектов
5. Сохранение биологического разнообразия
6. Обеспечение баланса выбытия и воспроизводства лесов

Как видно из списка, поставленные задачи относятся к несвязанным между собой проблемам повышения качества материальных ресурсов (земли и воды) или поддержания воспроизводства биологических ресурсов (животного мира и лесов). Такого рода проблемы были актуальны для западного мира 20-30 лет назад, что позволяет сделать вывод как об отсутствии комплексного подхода к вопросам экологии, так и политики «догоняющего» развития, принятой на уровне федерального правительства РФ.

Рассуждения на тему, почему так получилось и что могут сделать заинтересованные группы для кардинального изменения федеральной политики в отношении экологии, относятся к нормативным исследованиям, которые не затрагиваются в данной статье.

4 Задачи, поставленные федеральным правительством перед энергетической отраслью

Основные положения политики России в области энергетики можно найти в Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года [3]. Надо отметить, что данный документ относится к категории инструментов государственного мониторинга, то есть содержит общие формулировки проблем и устанавливает прогнозные ориентиры, но не приводит данные по выделению ресурсов на исполнение поставленных задач.

Среди приоритетов государственной энергетической политики, которые имеют внутреннюю поддержку и, следовательно, обобщают внутренние проблемы страны, можно выявить три направления:

- обеспечение энергетической безопасности страны в целом и на уровне субъектов, расположенных на геостратегических территориях (таких как Республика Крым и Калининградской области);
- удовлетворение внутреннего спроса на продукцию и услуги в сфере энергетики, в частности максимально возможное использование оборудования, имеющего подтверждение производства на территории РФ;
- максимальное использование преимуществ централизованных систем энергоснабжения.

Остальные приоритеты либо отвечают на проблемы, заявленные внешними заинтересованными сторонами и не имеющими внутренних групп поддержки (переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике), либо имеют декларативный, то есть уведомительный, характер (развитие конкуренции, рациональное природопользование, повышение результативности и эффективности управления энергетической отраслью).

В целом, можно заключить, что цели, поставленные правительством РФ перед энергетической отраслью страны, относятся, в основном, к решению задач национальной безопасности. Стратегия устанавливает приоритетность энергоснабжения для внутренних потребителей, а возможные проблемы с поставками импортного оборудования предлагается решать за счет импортозамещения. Особняком выделяется задача использования централизованных систем энергоснабжения, что может представлять собой попытку правительства РФ использовать конкурентное преимущество советской системы хозяйствования за счет более низких издержек по сравнению с индивидуальными системами обогрева, принятыми в США.

Как видно из приведенного отчета, общая российская проблематика в области энергетики, практически не пересекается с экологическими задачами.

Отдельно стоит отметить роль, отводимую в государственных программах возобновляемым источникам энергии (ВИЭ), особенно в вопросах, связанных с проблемами изменения климата, в западных странах. Государственная программа РФ «Развитие энергетики» содержит подпрограмму «Развитие использования ВИЭ», которая декларирует задачу «развития отечественной научно-технологической базы и освоение передовых технологий в области использования возобновляемых источников энергии» [4]. Реализация подпрограммы должна была увеличить долю установленной мощности генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии, до 0,39% в совокупном объеме генерирующих мощностей Единой энергетической системы России в 2019 году. Подобная формулировка задачи и заявленного показателя указывает, что ВИЭ рассматривается в РФ скорее как объект исследования для определения их практической стоимости, нежели практический метод решения экологических проблем. Однако недавняя существенная корректировка роста плановых показателей доли генерирующих объектов ВИЭ (до 4,5% в 2024) свидетельствует о накопленном положительном опыте и пере-

ходе к практическому применению ВИЭ. Дальнейшее изучение документа позволяет заключить, что основное предназначение ВИЭ видится в развитии распределенной генерации в удаленных и изолированных энергорайонах, то есть в решении задачи устойчивого электроснабжения потребителей, не подсоединенных к Единой энергетической системе России. Вопросы экологии в такой трактовке поставленной задачи не поднимаются, но косвенно могут быть затронуты, например, поскольку используемые сейчас дизельные генераторы будут, вероятно, частично заменены объектами ВИЭ, менее загрязняющие атмосферу.

5 Какие проблемы экологии, принятые правительством РФ, решаемы с помощью энергетических программ

Экологические проблемы, связанные с энергетической отраслью, можно условно разделить на три категории соответственно этапам производства и потребления энергии: экологически вредные отходы производства, потребления и проблемы, которые можно устранить посредством изменения энергоресурса (например, замена угля на природный газ в генерации электроэнергии).

В разделе 2 данной статьи был обозначен список проблем экологии, принятых к решению правительством РФ. Первые три из них могут быть частично решены за счет модификации энергетических цепочек.

Задача сокращения отходов производства и потребления подразумевает такое изменение отходов, которое переводит их в состояние, считающееся, по крайней мере, приемлемым для окружающей среды, а, в идеале, полезным для экономики. На такой результат нацелены проекты по преобразованию органических отходов в биогаз или твердое топливо. В настоящее время, проекты в этой области не выходят на уровень коммерческой окупаемости и, следовательно, требуют государственной поддержки для своего продолжения, что, в свою очередь, указывает на необходимость как установления «социальных издержек» генерации органических отходов, так и планирования дальнейшего использования полученных топливных продуктов.

Проблема снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха, пожалуй, наиболее прямо относится к энергетической отрасли. На ум сразу приходят возможности, предлагаемые в транспорте, например, заменой двигателей внутреннего сгорания на электродвигатели или двигатели, работающие на водороде. Но официально задача ставится иначе: в подпрограмме приводится список крупных промышленных центров (например, Нижний Тагил, Новокузнецк, Чита), что предполагает решения, связанные скорее с изменением структуры производства или его модернизация на местах, нежели с изменением структуры потребления энергии. В данной интерпретации, энергетическая компонента играет вспомогательную роль, оставляемую за ней общими промышленными решениями, связанными с изменением потребления энергии.

Наконец, задача повышения качества питьевой воды для населения может быть расширена за счет привлечения внимания к проблеме водоснабжения в

засушливых районах страны, в частности Республики Крым. Наиболее долгосрочным решением в данном случае был бы ввод в эксплуатацию достаточного количества обессоливающих установок, что потребует значительных затрат энергии. Однако, как и при рассмотрении предыдущей задачи, энергетическая компонента также не является здесь решающей.

6 Заключение

В данной статье ставилась задача очертить круг экологических проблем России и рассмотреть методы их решения с помощью энергетических программ. Конечным результатом статьи было определение потенциала таких программ в рамках установленных экологических задач.

Список экологических проблем России постоянно меняется, но он не представляет реального значения до тех пор, пока составляющие его проблемы не выходят на стадию общественного признания, выражаемого через выделение ресурсов под их решение. Хотя отдельные экологические проблемы могут решаться за счет ресурсов, выделяемых субъектами частного предпринимательства или негосударственными организациями, наиболее значимые российские программы в области охраны окружающей среды финансируются государством, в основном за счет средств федерального правительства. Поэтому в данной статье под термином «экологические проблемы» понимаются те задачи и методы их решения, которые были отобраны федеральным правительством.

Сначала, в статье обобщенно оценивались определенные таким образом задачи с точки зрения энергетики, но такой подход не выявил явной области пересечения экологических задач и энергетических методов их решения. Далее, подход был изменен на противоположный, то есть рассматривались энергетические задачи, поставленные правительством РФ, и их отношение к проблемам экологии. Однако подобное рассмотрение также не выявило пересечения энергетики с проблемами окружающей среды.

В последнем разделе статьи экологические проблемы оценивались с точки зрения возможного применения инструментов энергетической политики для решения поставленных экологических задач. Данный подход выявил некоторый потенциал энергетики, в частности связанный с производством биогаза и твердого топлива из органических отходов, но указал на необходимость государственного вмешательства для успешной реализации проектов, связанных с утилизацией отходов производства и потребления.

Литература

1. БЮДЖЕТ ДЛЯ ГРАЖДАН к проекту федерального закона о федеральном бюджете на 2020 год и на плановый период 2021 и 2022 годов, рабочая ссылка от 26 сентября 2020 г. <https://www.minfin.ru/common/upload/library/2019/10/main/BDG.pdf>
2. Паспорт национального проекта «Экология», рабочая ссылка от 26 сентября 2020 г. https://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy_proekt_ekologiya/
3. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года, рабочая ссылка от 27 сентября 2020 г. <http://government.ru/docs/39847>
4. Государственная программа РФ «Развитие энергетики», в редакции от 26.08.2020 № 1281, рабочая ссылка от 28 сентября 2020 г. <https://minenergo.gov.ru/system/download/323/123783>

References

1. BUDGET FOR CITIZENS for the draft federal law on the federal budget for 2020 and planning period of 2021 – 2022, retrieved September 26, 2020 <https://www.minfin.ru/common/upload/library/2019/10/main/BDG.pdf>
2. Passport of the national project "Ecology", retrieved September 26, 2020 https://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy_proekt_ekologiya/
3. Energy Strategy of the Russian Federation for the period up to 2035, retrieved September 27, 2020 <http://government.ru/docs/39847>
4. State Program of the Russian Federation "Energy Development", version from August 26, 2020 No. 1281, retrieved September 28, 2020 <https://minenergo.gov.ru/system/download/323/123783>

Environmental problems of Russia and potential of its power industry for their solution

V. A. Ivanenko

University of Western Ontario, London, Ontario, Canada

E-mail: ivanenko60@yahoo.com

Abstract. The article examines potential integration of government initiatives in the field of environmental protection and policies aimed at the development of energy sector of the Russian Federation. The analysis, carried out on the basis of national ecological projects and the energy strategy of the Russian Federation, reveals that the two planning areas are practically disjoint. This indicates that integrated approach towards solving the issue of global warming through modification of energy supply and demand patterns, which is dominant in many Western countries, has little political support in Russia. The article concludes that the goal to combat climate change, pronounced by the Russian government, has not been followed through in the factual government plans.

Keywords: environmental problems, energy policy, struggle with climate changes

УДК 539.17

Управляемый термоядерный синтез и будущее энергетики

Нигматулин Р.И. ^[0000-0002-2454-6046]

Институт Океанологии им. П.П. Ширшова, Российская Академия наук, Москва, Россия

Аннотация. В статье представлено интервью зам. главного редактора журнала «Окружающая среда и энерговедение» К.С. Дегтярева с академиком Робертом Искандеровичем Нигматулиным, научным руководителем Института Океанологии РАН. Вопрос освоения новых энергоносителей остаётся одним из ключевых для существования и развития человеческой цивилизации. Одна из важнейших задач на этом пути – добиться управлением энергией термоядерного синтеза. В отличие от классической атомной энергетики, при термоядерном синтезе используется энергия не распада, а слияния ядер атомов. Термоядерная реакция протекает с выделением огромного количества энергии: если 1 кг урана может дать почти столько же энергии, сколько 100 тонн каменного угля, то при термоядерной реакции такое же количество энергии обеспечат 10 граммов смеси изотопов водорода – дейтерия и трития, используемой в качестве энергоносителя. Теоретически, это даст человечеству мощнейший и неограниченный источник энергии, исходя из запасов водорода в природе, при этом, сравнительно чистый в экологическом смысле. В природе термоядерный синтез – превращение ядер водорода в ядра гелия, идёт на Солнце, что и обеспечивает нас солнечной энергией. На термоядерном принципе человек создал водородную бомбу, где идёт неуправляемая термоядерная реакция. Возможно ли взять этот процесс под контроль с целью стабильного получения энергии в мирных целях? Об этом и, в целом, о перспективах мировой энергетики мы беседуем с академиком Р.И. Нигматулиным. Параллельно затрагивается широкий спектр энергетических, экологических и даже социальных вопросов

Ключевые слова: термоядерный синтез, атомная энергетика, экология



Рис.1. Фото Р.И. Нигматулина. Источник: официальный сайт Института Океанологии РАН

Роберт Искандерович, решением задачи управляемого термоядерного синтеза занимаются уже более полувека, но пока дело не дошло до практической реализации. С чем это связано?

Реализована водородная бомба, но про неё мы говорить не будем, а контролируемая реакция термоядерного синтеза и правда пока не получается.

Ещё в 1956 году И.В. Курчатов, основываясь на идеях А.Д. Сахарова и И.Е. Тамма, предложил: будем обжимать плазму магнитным полем, пропустим ток по тороидальной камере, ток будет нагревать плазму до сверхвысоких температур¹. Состав плазмы – смесь дейтерия и трития. Дейтерия на Земле много, но тритий легче поджечь.

Это красивая идея, и тогда она казалась реализуемой в течение нескольких лет. Однако, этим занимаются до сих пор, строят всё более крупные и мощные установки. Сейчас строится мощный реактор ITER во Франции, в исследовательском центре Кадараш. Это международный проект, с участием России, на который будет затрачено \$20-30 млрд., и который к 2035-40 году предполагается запустить.

В России Курчатовский институт также строит термоядерный реактор токамак Т-15МД, запуск которого планируется на декабрь 2020 года.

Конечно, успех этих проектов означал бы решение всех энергетических проблем человечества и «наступление энергетического коммунизма». Но...

Проблема этого способа в том, что обжатие плазмы магнитным полем неустойчиво, всегда будут вырываться отдельные струйки, и уплотнения не получается до сих пор. При этом затраты энергии на порядки выше, чем её выделе-

¹ Метод токамак – тороидальной камеры с магнитными катушками; температура плазмы должна составлять 50-100 млн.⁰С

ние в результате термоядерных актов. Над преодолением этих проблем работает множество людей.

И в последнее время академик Е.П. Велихов, являющийся у нас вдохновителем этой идеи, сказал, что эти реакторы будут, скорее всего, не энергетическими, а будет использован как источник нейтронов. Далее этими нейтронами можно облучать торий, чтобы получать из него топливо, используемое в ядерных реакторах, работающих на тепловых нейтронах. То есть, в данном случае термоядерный реактор будет служить целям создания и обогащения ядерного топлива для классической атомной энергетики. Но в ближайшие 50 лет проблема ядерного топлива для атомных реакторов неактуальна, поскольку урановой руды на Земле много, эта руда на мировом рынке подешевела и составляет 5 – 6% в стоимости электроэнергии на АЭС.

Другой способ реализации управляемой термоядерной реакции – с помощью лазерного обжата. На Западе это установка в Ливерморской национальной лаборатории в США, в России – в Сарове (бывший Арзамас – 16). Но и это очень сложные, дорогостоящие и энергозатратные установки. Например, только один накопитель энергии для лазерного выстрела занимает площадь размером с футбольное поле. При этом КПД лазера 5%-10%, т.е. только такая доля накопленного электричества идёт в лазерную энергию.

На мой взгляд, такие установки – это просто изучение сверхплотного вещества для науки, но не будущие энергетические реакторы.

Наконец, третий способ, который мы с коллегами разрабатывали и подтвердили экспериментально в Оукриджском ядерном центре в США. Идея заключается в том, что термоядерное топливо легче обжимать вязкой инерционной жидкостью, чем оптическим лазерным излучением, это более устойчивая система.

Какая жидкость должна быть?

Нужно взять вещество большой молекулярной массы, потому, что при этом в паре до его диссоциации реализуются меньшие скорости звука², и во столько же раз большие числа Маха. Мы взяли ацетон. В нашем опыте в цилиндрической колбе с дейтерированным ацетоном при сфокусированном акустическом ультразвуковом воздействии создаётся кавитационный сферический кластер диаметром около 1 см из сферических паровых пузырьков. И нам в этих маленьких установках удалось получить нейтронные источники, испускающие примерно полмиллиона термоядерных нейтронов в секунду с энергией 2,5 МэВ. Одновременно с той же производительностью идёт образование ядер трития. Это неоспоримые признаки термоядерного акта.

Результаты были опубликованы в журнале Science, статья *Evidence for Nuclear Emissions During Acoustic Cavitation* [1]. Позже опыты были повторены, и результаты подтвердились. С обзором нашей работы и результатов можно

² Квадрат скорости звука в газе (паре) обратно пропорционален его молекулярной массе.

познакомиться в нашей статье «О термоядерных процессах в кавитирующих пузырьках» [2], опубликованной в «Успехах физических наук» в 2014 году.

Сейчас мы нашли другое вещество, более тяжёлое – тетрадекан. Если у дейтерированной воды молекулярная масса – 20, у дейтерированного ацетона (C_3D_6O) – 64, то у тетрадекана ($C_{14}D_{30}$) с дейтерированным водородом – 228. Сейчас мы проводим расчёты сферического обжатия и предполагаем, что будет более эффективный и устойчивый процесс – более тяжёлый пар, не нужно сам пузырь так сильно обжимать... Тут, конечно, тоже сложная и капризная неустойчивость фокусировки энергии, но, всё-таки, менее капризная и более устойчивая, по сравнению с оптическим обжатием лазерными лучами. При этом тороидальные и лазерные установки обходятся в миллиарды долларов, а мы всё сделали за несколько тысяч, правда, и термоядерная производительность пока очень мала.

Да, наша идея пока не принята большей частью научного сообщества. Более того, мы подвергались не только резкой критике, но и прямым обвинениям в фальсификации результатов, которые, после жёстких дискуссий и разбирательств, не подтвердились, были отвергнуты, и наши результаты публикуются.

Знаете, есть ведь такое, особенно в Америке это заметно – профессионалы, связанные с токамаками и лазерным термоядом, боятся возникновения новых идей.

Несколько неожиданно слышать это про Америку...

Вероятно, потому, что это большие средства, на это отпускаются миллиарды долларов, решает бюджет, конгресс, политики. И тут, представьте, политикам говорят, что есть какая-то новая идея, и надо часть средств выделить на эту новую идею, что может угрожать сокращением финансирования традиционных исследований.

Честно говоря, для меня это стало шоком, хотя я хорошо знаю Америку. Но раньше я думал, что подобное только у нас возможно. Я не говорю, что у нас хорошо, но и там не лучше, а иногда и хуже.

Кстати, почему сейчас в Америке происходят беспорядки под флагом расового равноправия, - Вы не думали? Почему такую великую страну невежественные толпы пытаются поставить народ и его интеллигенцию на колени? Я это связываю с тем, что там 95% населения не получает необходимого школьного образования, овладение которым требуют больших усилий. Да, если вы хотите учиться, вам в США создадут условия. Но такую страсть и способность показывают 1%-2%. Мы все ленивые, если нас не погонять, мы не будем работать как следует. Поэтому моя теорема – народ надо заставлять учиться. Учить синусы, доказывать теоремы, изучать физику, химию и биологию, учить стихи Пушкина, учить прозу Толстого, решать сложные задачи ... Иначе народ вырастает невеждой – тем более, у него сейчас смартфоны, интернет, автомобили, и он чувствует себя умным, но мозги, на самом деле, хилые, неразвитые, и он идёт разрушать своё же государство и культуру.

Возвращаясь к теме термоядерного синтеза...

Пока здесь три значимые идеи: токамак, лазерное обжатие и наша, основанная на ударном воздействии на пузырьковую жидкость. И пока все три далеки от реализации. Но, это уже моё мнение – если Всевышний предусмотрел, что человечество будет использовать термоядерную энергетику, то это будет в пузырьковой жидкости. Это моя точка зрения, её ещё надо отстаивать, но это будет не токамак и не лазер. Энергетические установки для обеспечения человечества энергией не могут быть такими суперсложными.

И долго ждать практической реализации, с Вашей точки зрения?

Я думаю, ситуация прояснится к середине XXI века.

А до этого?

Мы неизбежно будем переходить к безуглеродной энергетике, тем более, есть острые экологические проблемы, выбросы парниковых газов и загрязняющих веществ действительно велики.

Сейчас в качестве способа решения этой проблемы рассматривается, прежде всего, солнечная и ветровая энергетика. Да, она будет развиваться, но энергетических проблем человечества она не решит. Только за счёт солнечной и ветровой энергии мы жить не сможем. Она нестабильна – солнца нет ночью, а в наших широтах его почти нет зимой; ветер тоже дует не всегда. Нужно решать сложнейшую проблему аккумуляции электроэнергии.

И я думаю, что лет через 10 будет ренессанс атомной энергетики, несмотря на то, что США, Германия, Япония от неё сейчас отказываются. Да, после Чернобыля и Фукусимы мы её боимся. Но надо строить более безопасные АЭС. Тем более, нет, и в ближайшие полвека не будет проблемы дефицита уранового сырья, его хватит на многие десятилетия. Хотя в нашей стране урана немного, но его достаточно в Казахстане, Узбекистане, это биржевой товар, и стоит он сейчас дёшево³, а в структуре затрат АЭС доля урана составляет всего 5%-6%. Так что, в ближайшие десятилетия развиваться будет «старая» энергетика, не ториевая, а урановая, на тепловых нейтронах, перспектив развития новой ядерной энергетики пока не просматривается.

³ Стоимость урана на бирже может существенно меняться; в 2020 году он торговался на отметках, близких к \$25 за фунт, или порядка \$60 за 1 кг

А реакторы на быстрых нейтронах, подобные БН-800 на Белоярской АЭС?

Да, это тоже перспектива для энергетики. Но, во-первых, пока это относительно дорого. Во-вторых, при работе реактора на быстрых нейтронах образуется плутоний, а это уже атомная бомба. Это требует строжайшего международного контроля. Законы нераспространения ядерного оружия пока не позволят такую электростанцию продать.

Но в случае с «классической» атомной энергетикой есть экологическая проблема - захоронения отходов...

Да. Проблема захоронения отходов существует. Облучённое, или отработанное, ядерное топливо (ОЯТ) надо где-то складировать. Например, Америка отправляет его в шахты на вечное хранение. Но что значит «вечное»? На сотни и тысячи лет? Тогда неизбежно рано или поздно будет потерян контроль над ним. Но один из выходов в перспективе – использование термоядерных установок, выделяющих нейтроны, для облучения отходов и осуществления трансмутаций, чтобы актиноиды, тысячи и миллионы лет сохраняющие свою активность, превращать в быстро разлагаемые.

А, в целом, подход к экологии не может быть примитивным и должен быть основан на всестороннем анализе. Допустим, солнечная энергетика – экологически чистая? Но ведь, изготовление солнечных батарей – это очень сложное и энергозатратное химическое производство. А потом они отработают, и их надо утилизировать – это тоже экологические и экономические издержки.

Или, другие примеры. В Уфе экологи вывели народ на протесты против строительства пропиленового завода. Завод не построили, но смертность в городе не уменьшилась, а выросла. Почему? Потому, что людям нужен не только чистый воздух, но и работа и заработок. Или Байкал, где печально известный ЦБК уже не работает, но загрязнение от окружающих его электростанций выше и где на окраинах населённых пунктов можно увидеть огромные мусорные свалки, и это тоже в итоге сносится в Байкал.

Больше всего вреда окружающей среде наносят не единичные объекты или аварии, а наша повседневная деятельность. Например, использование интернета в мире – при этом же потребляется огромное количество электроэнергии, даёт больше выбросов CO₂ в атмосферу, чем вся мировая авиация! А из стран мира больше всего на душу населения углерода выбрасывают США – в два-три раза больше, чем в Европе и России.

Возвращаясь к атомной энергетике... Когда я был депутатом Госдумы, я входил в комитет по экологии. И возглавлял общественный Высший экологический совет. И нам приходилось отстаивать закон об облучённом ядерном топливе. Нас обвиняли, что мы хотим ввозить ядерные отходы. Но, например, мы построили АЭС в Иране, а что делать с облучённым ядерным топливом с этой электростанции? Оставлять в Иране? Это очень опасно, исходя из политической ситуации в том регионе. Поэтому мы будем забирать у них отработанное ядер-

ное топливо в виде машинных тепловыделяющих сборок. Имеются технологии его рециклинга, связанного с отделением из отработанного ядерного топлива плутония и урана. А самые долгоживущие актиноиды, составляющие по массе 1% – 2%, можно выделять, остекловывать и возвращать обратно хозяевам АЭС. И всё это за хорошие деньги. А за дополнительную плату можем хранить и у нас. Мы можем это делать – у нас не только огромная территория, но и соответствующие заводы, предприятия, квалифицированные специалисты, которые получают работу и деньги из Ирана.

Ведь экология человека не сводится к чистоте окружающей среды; экология – это и рабочие места; наконец, это культура и знания, отсутствие которых, как мы уже говорили, ведёт к саморазрушению государства и цивилизации.

Если же, резюмируя, говорить о перспективах мировой энергетики, то я вижу такую последовательность:

В первую очередь, мы будем развивать более эффективную урановую ядерную энергетику;

Одновременно, конечно, будет создаваться солнечная и ветровая энергетика;

Далее, пойдёт строительство реакторов на быстрых нейтронах;

И только потом возникнет промышленная термоядерная энергетика, но, в силу своей сложности, это будет к концу 21 века, не раньше. И я думаю, что это будет «пузырьковый термояд», а не токамак и не лазерный термояд – я в это верю больше, но это и правда пока вопрос веры.

Беседовал К.С. Дегтярев, зам. главного редактора журнала «Окружающая среда и энергетика», н.с. НИЛ возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, к.г.н.

Литература

1. Evidence for Nuclear Emissions During Acoustic Cavitation. R. P. Taleyarkhan, C. D. West, J. S. Cho, R. T. Lahey Jr., R. I. Nigmatulin, R. C. Block. *Science* 08 Mar 2002: Vol. 295, Issue 5561, pp. 1868-1873. DOI: 10.1126/science.1067589
2. О термоядерных процессах в кавитирующих пузырьках. Р.И. Нигматулин, Р.Т. Лэхи (мл.), Р.П. Талейархан, К.Д. Вест, Р.С. Блок // *Успехи физических наук* – 2014 – т.184, №4 – С. 947-960. DOI: 10.3367/UFNr.0184.201409b.0947

References

1. Evidence for Nuclear Emissions During Acoustic Cavitation. R. P. Taleyarkhan, C. D. West, J. S. Cho, R. T. Lahey Jr., R. I. Nigmatulin, R. C. Block. *Science* 08 Mar 2002: Vol. 295, Issue 5561, pp. 1868-1873. DOI: 10.1126/science.1067589

2. On thermonuclear processes in cavitation bubbles. R I Nigmatulin, R T Lahey, Jr., R P Taleyarkhan, C D West and R C Block // Uspekhi Fizicheskikh Nauk – 2014 – volume 184, №4 – p. 947-960. DOI: 10.3367/UFNr.0184.201409b.0947

Controlled thermonuclear fusion and future of energy

Nigmatulin R.I.

Shirshov's Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. The article presents an interview of the deputy editor-in-chief of Journal of Environmental, Earth and Energy Study KS. Degtyarev with Robert I. Nigmatulin, an academician of Russian Academy of Sciences. The question of new energy carriers is a key one for human civilization, and one of the principal goals in this way is to reach control on thermonuclear fusion. Differently from classic nuclear energy, thermonuclear fusion uses not decay, but merging of nucleuses. Thermonuclear fusion produces a huge amount of energy: if 1 kg of uranium can give almost as much energy as 100 tons of carbon, then in thermonuclear fusion the same amount energy is produces by only 10 grams of hydrogen isotopes such as deuterium and tritium that are used as energy sources. Theoretically it will give the people the most powerful and unlimited source of energy, taking into account the amounts of hydrogen in nature, and, besides that it would be environmentally clear. Natural thermonuclear fusion – transforming hydrogen into helium takes place on the Sun that supplies us with solar energy. Also the man used this principle for the H-bomb where uncontrolled thermonuclear fusion occurs. But whether it's possible to take this process under control to produce stable and peaceful energy? Academician R.I. Nigmatulin talks about it and on the prospects of the global power industry in general. Simultaneously he touches a wide range of energy, environmental and even social questions.

Key words: thermonuclear fusion, nuclear power industry, environment

УДК 621.3:621.22:620.91

Парусная энергетическая установка, преобразующая энергию потоков двух сред

Чекарев К.В. [0000-0002-5140-5142]^{1,3}, Залиханов А.М. [0000-0002-2540-6045]^{1,4},
Соловьев Д.А. [0000-0001-5591-3067]^{2,5}, Дегтярев К.С. [0000-0002-1738-6320]^{1,6}

¹МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

²Объединённый институт высоких температур РАН, Москва, Россия

³E-mail: kostya-chekarev@yandex.ru,

⁴E-mail: bulungu@yandex.ru

⁵E-mail: dsolp@ya.ru

⁶E-mail: kir1111@rambler.ru

Аннотация. Установки, преобразующие кинетическую энергию ветра в электричество из-за низкой плотности воздуха имеют большие размеры. Предлагается вариант плавающей энергетической установки, в которой энергия ветрового потока преобразуется в энергию водного потока, что позволяет уменьшить размеры преобразователя энергии. Создан макет парусной установки, преобразующей энергию потоков двух сред, и проведены эксперименты. Макет выполнен в виде катамарана, совершающего циклические движения по дуге окружности в заданном угловом интервале. Результаты исследований представлены в данной статье.

Ключевые слова: ветроэнергетика, гидроэнергетика, морские электростанции, патенты, изобретения.

1 Введение

Ветроэнергетика является одной из самых быстро развивающихся отраслей возобновляемой энергетики. По оценкам The Global Wind Energy Council (GWEC), общая мощность ветровых установок в мире в 2019 году увеличилась на 60, 4 ГВт, или на 19% по сравнению с 2018 годом [1]. Десятая часть этого роста, или 6,1 ГВт приходится на оффшорные ветровые электростанции, чья мощность достигла 29 ГВт. Одной из причин, ограничивающих рост оффшор-

ной ветроэнергетики, является их зависимость от глубины моря. Установка оффшорных станций становится слишком дорогой на глубинах свыше 50 метров. Для уменьшения этой зависимости разработаны плавающие ветровые установки, в частности, в 2017 году у побережья Шотландии была запущена экспериментальная плавающая ветроустановка в рамках совместного норвежско-шотландского проекта [2]. В настоящее время у берегов Португалии осуществляется проект строительства плавучей ветроэлектростанции, состоящей из трех турбин суммарной мощностью 25МВт, одна из которых мощностью 8 МВт была запущена в 2019 году [3].

Во всех действующих установках преобразование энергии ветрового потока в электричество осуществляется с помощью ветрового колеса, соединенного с электрогенератором, установленными на высокой мачте. Электрогенератор вращается с помощью моментов аэродинамических сил, действующих на каждую лопасть ветрового колеса. Из-за низкой плотности воздуха момент этих сил растёт за счет увеличения размеров лопастей ветрового колеса, в результате высота конструкций превышает 100 метров. Для обеспечения устойчивости мачты устанавливается на закрепленной на дне платформе, оборудованной вертикальными колоннами со статическим и динамическим балластом, что приводит к удорожанию конструкции.

Нами предложен вариант, позволяющий уменьшить размер преобразователя энергии плавающей энергетической установки [4]. Решить данную задачу помогает факт нахождения плавающей установки в двух средах - воздушной и водной, плотность которой примерно в тысячу раз больше. Если кинетическую энергию воздушного потока преобразовать в кинетическую энергию водного потока, то размеры преобразователя этой энергии можно существенно уменьшить. Такое преобразование можно осуществить с помощью парусной энергетической установки. Предложенный вариант содержит парусный катамаран с двумя мачтами, к корпусам которого снизу прикреплен гидрогенератор, выполненный в виде винта и электрогенератора. При создании парусных энергетических агрегатов проблемой является передача производимого гидрогенератором электричества потребителю. В предлагаемой нами установке для решения этой проблемы гидрогенератор соединяется электрическим кабелем с бумом, закрепленным с помощью груза на морском дне. Кабель от потребителя, через установленное на буме поворотное контактное устройство и идущий от катамарана электрический кабель, соединен с электрогенератором.

Установка работает следующим образом. Катамаран приводится в район нахождения буя, где к электрогенератору подсоединяется идущий от буя электрический кабель. После этого устанавливаются паруса и катамаран отходит от буя. С учетом направления ветра и длины электрического кабеля, идущего от катамарана к бую, автоматически определяется курс катамарана по траектории его движения вокруг буя. Эта траектория может быть представлена в виде равнобедренного треугольника, одна из сторон которого перпендикулярна направлению ветра. При движении катамарана возникает обтекающий его корпус поток, который вращает винт и соединенный с ним электрогенератор. Из-за высокой плотности воды размер винта гидрогенератора оказывается существенно

меньше размера ветрового колеса установки при выработке одинаковой мощности электроэнергии.

При создании парусных энергетических установок, кроме проблемы передачи вырабатываемого гидрогенератором электричества потребителю, возникает проблема с автоматическим управлением движением катамарана. В описанном выше варианте установки автоматическое управление не является простым, поскольку нужно в соответствии с направлением ветра вырабатывать курс катамарана и обеспечивать его движения по этому курсу.

Автоматическое управление следует сделать максимально простым и обеспечивающим надежность работы установки. Было высказано предположение, что такое управление можно реализовать, если траекторию движения катамарана организовать так, чтобы он совершал циклические движения по дуге окружности в заданном угловом интервале с точками поворота, расположенными симметрично относительно направления ветра. В этом случае автоматическое управление его движением сводилось бы к изменению положения парусов. Однако для такого движения катамаран должен иметь специальную конструкцию, в частности, должен быть симметричным относительно носа и кормы. Для проверки возможности реализации такой системы была создана экспериментальная установка, на которой проводились исследования.

2 Экспериментальная установка и методика проведения исследований

Экспериментальная установка включает макет парусного катамарана с гидроагрегатом, экспериментальный бассейн и генератор ветрового потока.

Макет парусной энергетической установки представлен на рис.1 и 2.

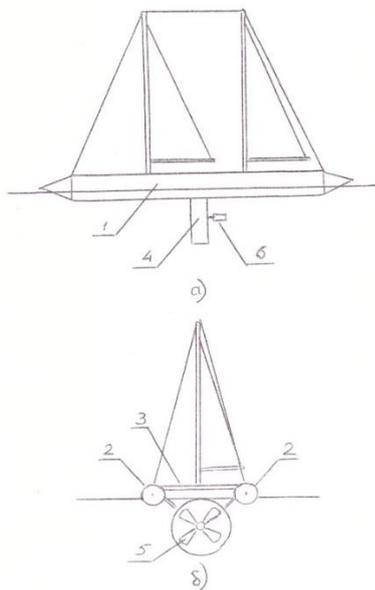


Рис. 1. Схема парусной энергетической установки



Рис. 2. Вид парусной энергетической установки

Макет выполнен в виде симметричной относительно носа и кормы конструкции катамарана, на котором установлены две мачты. Длина катамарана 360 мм, ширина 145 мм, высота мачты 310 мм. К каждой из мачт прикреплен косой парус, сделанный из лавсановой пленки с металлическим напылением. На катамаране установлено поворотное устройство, с помощью которого оба паруса

могут одновременно поворачиваться на 90 градусов. Поворот осуществляется дистанционно по сигналу с пульта управления. На каждом конце катамарана имеется рулевое устройство, с помощью которого можно менять угол пера руля. Снизу к корпусам катамарана прикреплена крыльчатка гидрогенератора диаметром 50 мм.

Экспериментальный бассейн выполнен в виде равностороннего треугольника, одна из сторон которого представляет прямоугольник (рис.3-4). Длина стороны треугольника равна двум метрам, ширина прямоугольника - 40 см, а высота стенок бассейна равна 8 см. В качестве герметичного материала при заполнении бассейна водой использовалась полиэтиленовая пленка. На дне прямоугольника под пленкой находились листы бумаги, на которых была нарисована траектория движения катамарана, представляющая дугу окружности радиусом два метра, центр которой находится в дальнем от прямоугольника углу бассейна. В этом углу располагалось крепёжное устройство, выполненное в виде треугольной пластины с вертикальной стойкой, помещенной в центр дуги окружности, по которой двигался катамаран.

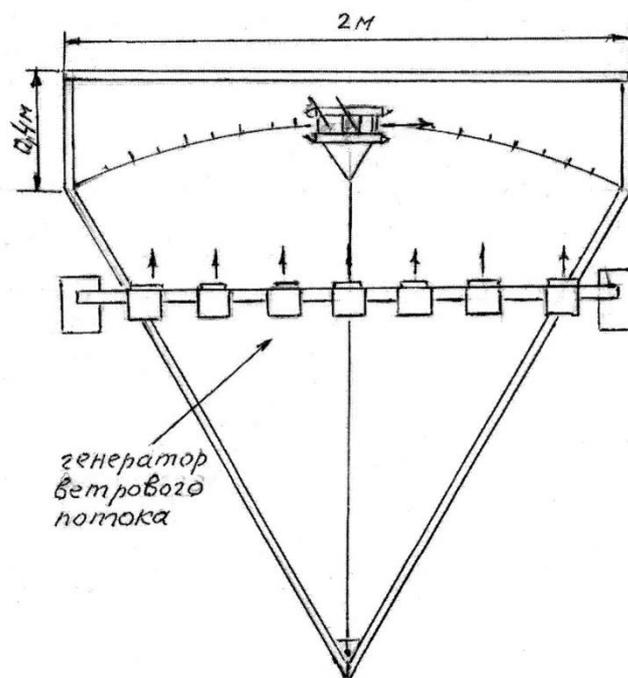


Рис. 3. Схема экспериментального бассейна с катамараном и генераторами ветра



Рис. 4. Вид экспериментального бассейна

Катамаран крепится к нижнему концу вертикальной стойки леской длиной 2 метра и толщиной 0,4 мм, имитирующей кабель-трос в реальном масштабе, по которому вырабатываемое гидрогенератором электричество передается потребителю. Над экспериментальным бассейном располагался генератор ветрового потока. Он выполнен в виде системы вытяжных вентиляторов в количестве 7 штук, расположенных на рейке длиной 2 метра на расстоянии 25 см друг от друга. Концы рейки закреплены на стойках высотой 17 см. При разработке конструкции генератора ветрового потока была получена картина ветрового поля отдельного вентилятора. Производительность каждого вентилятора составляет 100 м. куб/ час, что при площади сечения воздуховода 11 см² соответствует скорости 4,2 м/с. С учетом характера ветрового поля вентиляторов и их расположения на рейке было найдено оптимальное положение генератора ветрового потока относительно траектории движения катамарана, при котором обеспечивается приемлемая равномерность ветрового потока и скорость ветра. Расстояние оказалось равным 60 см при скорости 3,6 м/с. В начале эксперимента катамаран устанавливался в середине траектории своего движения, затем включался генератор ветрового потока, и катамаран начинал двигаться. В точках поворота дистанционно с помощью пульта управления подавался сигнал изменения положения парусов, и катамаран начинал двигаться в обратную сторону. В процессе экспериментов движение катамарана снималось на камеру, установленную на высоте 1,5 м над траекторией движения катамарана. По записям с цифровым индикатором времени строились графики движения катамарана в зависимости от времени и определялась его скорость.

3 Результаты экспериментов и их обсуждение

Вначале были проведены предварительные эксперименты, с целью убедиться в возможности создания предложенной парусной энергетической установки. Эксперименты показали, что такая установка может быть реализована, но для устойчивого циклического движения парусного судна по дуговой траектории придется ввести автоматическое рулевое управление. В процессе экспериментов устойчивость движения катамарана по дуговой траектории обеспечивалась путем подбора нужного положения его рулей. В некоторых экспериментах, после изменения направления движения, катамаран слегка разворачивался и двигался по дуговой траектории. При развороте катамарана меняется эффективная площадь парусов, а следовательно, и скорость движения.

Затем были проведены две серии экспериментов с целью определить, какое сопротивление оказывает гидрогенератор при движении катамарана. Первая серия экспериментов проводилась без гидрогенератора, а вторая серия с гидрогенератором. Средняя скорость движения катамарана без гидрогенератора составляла 12,5 мм/с, а средняя скорость катамарана с гидрогенератором - 7,7 мм/с. Таким образом, при установке на катамаран гидрогенератора его скорость уменьшалась в 1,6 раза.

4 Выводы

Проведенные эксперименты показали, с одной стороны, принципиальную жизнеспособность установки данного типа, с другой – наличие ряда проблем, которые предстоит решить в процессе дальнейших исследований и экспериментов. В частности, эта проблемы оптимальных конструкций парусного судна и гидроагрегата. Далее предстоит оценка энергетической и экономической эффективности таких установок.

Литература

1. Global Wind Report 2019 [электронный ресурс] URL: <https://clck.ru/RUGDm> , дата обращения: 30.09.2020.
2. Плавающие ветряки [электронный ресурс] URL: <http://savenergy.info/page/floating-windmills/> , дата обращения: 30.09.2020.
3. WindFloat Atlantic Project [электронный ресурс] URL: <https://www.power-technology.com/projects/windfloat-atlantic-project> , дата обращения: 30.09.2020.
4. Соловьев А.А., Чекарев К.В., Соловьев Д.А. Парусная энергетическая установка, преобразующая энергию потоков двух сред // Патент РФ № 2 722 760, дата 03.06.2020, URL: <https://edrid.ru/rid/220.018.2431.html> .

References

1. Global Wind Report 2019 [internet resource] URL: <https://clck.ru/RUGDm> , reference date: 30.09.2020.
2. Floating windfarms [internet resource] URL: <http://savenergy.info/page/floating-windmills/> , reference date: 30.09.2020.
3. WindFloat Atlantic Project [internet resource] URL: <https://www.power-technology.com/projects/windfloat-atlantic-project> , reference date: 30.09.2020.
4. Solovyov A.A., Chekarev K.V., Solovyov D.A. Wind-driven power machine, transforming energy of the two environs // Patent of Russian Federation РФ № 2 722 760, date 03.06.2020, URL: <https://edrid.ru/rid/220.018.2431.html> .

Wind-driven power machine, transforming energy of the two environs

Chekarev K.V.^{1,3}, Zalihanov A.M.^{1,4}, Solovyov D.A.^{2,5}, Degtyarev K.S.^{1,6}

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²United Institute for High Temperatures RAS, Moscow, Russia

³E-mail: kostya-chezarev@yandex.ru

⁴E-mail: bulungu@yandex.ru

⁵E-mail: dsolp@ya.ru

⁶E-mail: kir1111@rambler.ru

Abstract. Machines that transform kinetic wind energy into electricity have too large sizes because of low density of air. The authors propose a kind of floating power aggregate, where wind flow energy is converted into water flow energy that allows reducing dimensions of an energy transformer. The authors created a simulator of a wind-driven machine that transformed energy of both environs and performed experiments. The simulator was made as a catamaran that performed cyclical movements along an arc of a ring within the designated angular interval. The article presents the results of these researches.

Keywords: wind energy, hydro energy, marine power stations, patents, inventions.

Философские проблемы гармоничного развития общества и окружающей среды

Голубев В.С.^[0000-0002-2096-5788]

Институт системного анализа РАН, Москва, Россия

E-mail: v.s.golubev@bk.ru

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные философские проблемы мироустройства, развития человеческого общества в гармонии с окружающим миром. Предложена парадигма мироустройства на началах компромисса и гармонии, которая должна прийти на смену либерализму. Показаны исторические пути развития и возможности перехода к системе ценностей социогуманизма. Выносятся на обсуждение обобщенный свод новаций в противопоставлении существующей системе жизнеустройства.

Ключевые слова: философия, гармония, социальный гуманизм, окружающая среда

1 Введение

Успешность развития страны определяется тем, насколько ее функционирование отвечает естественным законам социоприродного развития. Если социальное конструирование не согласуется с этими законами, а наоборот, перпендикулярно им, это ведет к глобальным кризисам. Естественно-гуманитарная наука эргодинамика исследует законы социоприродного развития на основе наиболее общего энергетического подхода [1]. Новый этап исследований основан на сопряжении эргодинамики с триалектикой – наукой о развитии и гармонии в глобальной системе природа–человек–общество [2].

Цель данной работы: на основе законов социоприродного развития дать новую философскую парадигму мира на началах компромисса и гармонии, противостоящей действующей - историю в противовес предыстории.

2 Исторический экскурс

Все, что есть и было в мире человека, названо ранее [2] предысторией. Ее основания – материализм и диалектика. Его сущности отвечают науке предыстории:

- бытие определяет сознание;
- рост бытия определяет рост сознания;
- цель бытия – «борьба», победа.

Генезис указанных сущностей – стихийное развитие. Субъект этого развития - не просто «Человек Разумный» («Homo Sapiens»), а образно говоря, «Человек Стихийно-разумный». Человек выделяется из мира животных наличием разума (и овладением энергией). «Предыстория - «стихийный разум» и его возвышение. Его ограниченность имеет место из-за неполного знания законов социоприродного развития и несовершенной природы человека.

Предыстории отвечает преднаука. Она изучает мир человека, основываясь на индуктивном методе: от эмпирических данных к их теоретическому обобщению. Недостатки индуктивного метода хорошо известны: субъективность, не учет существенных факторов, преувеличение или преуменьшение роли других, т.п. Но главное другое: преднаука (здесь имеется ввиду гуманитарная наука, изучающая «вторую природу»: человека и все, что создано им) исследует мир стихийного развития. Поэтому законы и принципы, которые она формулирует, имеет отношение именно и только к этому миру. Никаких новаций, не относящихся к миру стихийного развития, она не способна дать. Преднаука становится «службой» мира стихийного развития, фактически его «оправдывая».

Установка материализма «бытие определяет сознание» означает: «сознание» «оправдывает» любое «бытие». Отсюда естественным явлением становится социальное и страновое неравенство. Установка «рост бытия опережает рост сознания» - отражение свойства стихийного развития: техно-гуманитарный дисбаланс, неблагоприятный для развития [3]. Установка «цель бытия – «борьба», победа» отвечает закону диалектики «борьбы» противоположностей, отражая неизбежные явления мира стихийного развития: войны, революции, неограниченная конкуренция и т.д.

«История» отвечает другому миру – миру «регулируемого развития». Последнее является разрешением противоположности «управляемое – стихийное развитие», являясь гармоническим сочетанием управляемости и стихийности [2]. Примеры регулируемого развития: для экономики – система налогов, социальная политика и невмешательство государства в рынок; для биосферы – управление антропогенными потоками углекислого газа в атмосферу и невмешательство в биоразнообразие. Научная основа регулируемого развития - учение социального гуманизма и триалектика [1,2]. Его сущности:

- не только бытие определяет сознание, но и сознание определяет бытие;
- рост сознания и бытия сопряжены;
- цель бытия – компромисс, гармония.

Установка социогуманизма «не только бытие определяет сознание, но и сознание определяет бытие» означает: рост «сознания» замедляет и ограничивает рост «бытия». Тем самым социальное расслоение имеет ограничительные рамки. Установка «рост сознания и бытия сопряжены» имеет следствием техногуманитарный баланс в социуме [3]. Установка «цель бытия – компромисс, гармония» отвечает мироустройству будущего, основанному на началах компромисса и гармонии.

Будущее состояние мира отвечает гармосфере, как гармоническому синтезу разума и чувства, человека и природы, науки и искусства. Это будет совсем другой, чем существующий, мир; мир, которым движет не стихия житейского моря, а законы регулируемого развития. Для предьстории первична практика прошлого и настоящего – мира дисгармонии. Для «истории» первичны законы «новой науки», на основаниях которой станет строиться новый мир гармонии.

Подчеркнем существенное отличие гармосферы от ноосферы. Ноосфера предполагает глобальное управление социоприродной эволюцией, что в принципе не возможно (на это потребовались бы нереальные затраты труда и энергии). Ноосфера дисгармонична, так как ее сущность - «борьба» и «победа» составляющей «разум» в противоположности «разум – чувство». В гармосфере же эта противоположность разрешена гармонией разума и чувства.

Итак, сущность развития, согласно триалектике [2] – в разрешении противоположностей. Это происходит двояким способом. Первый - путем разного рода компромиссов между составляющими противоположностей. При этом имеем дело с частичным разрешением противоположностей. Второй - через полное разрешение противоположностей, являющееся их гармоническим синтезом. В результате рождается «новое»: состояние компромисса или гармонии противоположностей - третья составляющая развития (отсюда термин – триалектика).

Триалектика – наука о гармонии экоса (глобальной системы природа-человек-общество) [2]. Предлагается следующая формулировка ее законов.

Первый закон – триадная парадигма развития. Прогресс социоприродных систем реализуется на основе разрешения существующих в мире противоположностей путем рождения «нового», являющегося гармоническим синтезом разрешающихся противоположностей.

Второй закон - разрешение противоположности бытие-сознания. Не только бытие определяет сознание, но и сознание определяет бытие.

Третий закон – от компромисса к гармонии. Движение к состоянию гармонии (новому качеству) происходит через накопление и углубление компромисса (количества).

Четвертый закон. Состояние гармонии отвечает соотношению ее частей по «золотой пропорции».

Поясним эти законы. Первый является альтернативным закону диалектики – развитие через «борьбу» противоположностей. Второй альтернативен закону материализма «бытие определяет сознание». Третий закон соотносится с законом диалектики о переходе количественных изменений в новое качество. Но

при этом поясняется, что количественные изменения – это компромиссы, их накопление и углубления, а новое качество есть состояние гармонии. Наконец, четвертый закон в диалектике аналогов не имеет. Триалетика дополнительно учитывает, по сравнению с диалектикой, явления компромисса и гармонии.

Законы триалектики являются эмпирическими обобщениями явлений Природы. То, что эволюционирующий мир Природы функционирует по закону диалектики «борьбы» противоположностей, является глубочайшим заблуждением человечества [2].

Последним социально-экономическим строем мира предьстории является капитализм. Учение либерализма («рабства свободы», когда свободы не сопряжена с обязанностями) отражает объективное свойство мира стихийного развития - свободу для несправедливости, угнетения, эксплуатации.

Все существующие законы и построения экономики, социологии, политологии, учения о человеке и других гуманитарных наук характеризуют мир предьстории (поскольку они основаны на описании именно этого мира - на основе индуктивного метода). Финальный результат стихийного развития, мира предьстории – возникновение глобальных проблем. Среди них главные: социальное и страновое неравенство, загрязнение окружающей среды, угроза ракетно-ядерной войны, расчеловечивание человека, депопуляция во многих странах.

Дальнейшее развитие, решение глобальных проблем, возможно лишь при переходе от стихийного к «регулируемому развитию», от предьстории к истории, от преднауки к «новой науке». Метод «новой науки» – дедукция: от общей теории социоприродного развития к социуму и человеку. Управление развитием станет основываться на законах «новой науки». Либерализм, капитализм, коммунизм, консерватизм, социализм... - учения предьстории, основанные на индуктивном методе («прошлый век»). Законы предьстории не имеют отношения к законам «истории». «Новая наука» (наука «истории») – естественно-гуманитарный синтез: триалектика, учение социального гуманизма, человековедение, эргодинамика [1,2].

Итак, смысл истории – возвышение человека: траектория от «Человека Стихийно-разумного» к «Человеку Гармоничному» [2]; от преднауки к «новой науке»; от диалектики к триалектике; от дисгармонии к гармонии; от стихийного к регулируемому развитию, основанному на «новой науке».

3 Правила мироустройства на основах компромисса и гармонии

Основываясь на выше изложенном, дадим свод установок мироустройства на основах компромисса и гармонии в противовес существующей системе с ее канонами жизни. Эти установки могут служить основанием для стратегии развития России и одновременно выступать в качестве новой парадигмы мира, противостоящей действующей, истории в противовес предьстории.

Итак, эти новации «против» (существующей системы жизнеустройства) следующие:

- история против предыстории;
- начало истории против конца истории;
- гармония против хаоса;
- гармосфера против ноосферы;
- триалектика против диалектики;
- триадная парадигма развития против диадной парадигмы;
- компромиссы и гармония против «борьбы» противоположностей;
- «регулируемое» (в авторском понимании) развитие против стихийного или тотально управляемого развития;
- интегрализм и социогуманизм против либерализма;
- социогуманизм против материализма и идеализма;
- социальное конструирование согласно триадной парадигме развития против конструирования по канонам диадной парадигмы развития;
- общество социального гуманизма против «общества потребления»;
- социогуманитарное государство против социального;
- благоустройство земного природного Дома и внутреннего мира человека против неоправданной траты (ограниченных) ресурсов на освоение холодного и враждебного человеку космоса;
- гуманизация окружающей среды против защиты (охраны) окружающей среды;
- «культура прогресса» против современной культуры, включающей в себя «культуру регресса»;
- культура для гармоничного развития человека против культуры как сферы услуг;
- техно-гуманитарная гармония против техно-гуманитарного дисбаланса;
- коллективистские формы собственности против государственной или частной собственности;
- кооперация против конкуренции;
- «все в меру» против богатства и сверх богатства;
- «страновой капитал прогресса» против «странового капитала регресса», включающего капитал военно-промышленного комплекса;
- пост сырьевое развитие против сырьевого или не сырьевого развития;
- «экономика развития» против «экономики роста»;
- смешанная планово-рыночная экономика против плановой или рыночной экономики;
- сопряжение установок «экономика для человека» и «человек для экономики» против каждой из них по отдельности;
- «экономическая свобода для социальной справедливости» против антагонизма экономической свободы и социальной справедливости;
- «мы» против «я» и «они»;
- мир с позиции разума против мира с позиции силы;
- разумный компромисс в международных отношениях против политики противостояния;

- «новое» движение за мир против легализации ядерной войны;
 - власть, реализующая социогуманитарный прогресс, против власти недочеловеков и маньяков – власти милитаризма и денег;
 - политическая партия социального гуманизма как центристская против правых и левых партий;
 - суверенная глобализация против глобализации или суверенизации;
 - «открытый патриотизм» против национализма или интернационализма;
 - «евразийство» для России против односторонней ориентации на Европу;
 - «евросейство» (нейтральный статус) для Украины против ее членства в Таможенном или Европейском союзе;
 - «Человек Гармоничный» против «человека экономического» и «человека социального»;
 - «Человек Гармоничный» как разрешающий гуманитарные противоположности («все в меру») против человека «свободного» развития;
 - «права для (лучшего) выполнения обязанностей» против антагонизма прав и обязанностей;
 - «разумное добро» против добра или зла;
 - благополучие против счастья или несчастья;
 - от лжи и коррупции к честности;
 - от жадности и стяжательства к благотворительности и меценатству;
 - от чрезмерного потребления к разумному потреблению «все в меру»;
 - от скуки к любознательности;
 - от трусости и пресмыкательства к мужеству;
 - от неравенства к равенству возможностей;
 - от неустроенности жизни к благополучию;
 - от бездуховности и материальных ценностей к приоритету гуманитарных ценностей;
 - от незнания и неприятия истории страны к «открытому патриотизму»;
 - научная дискуссия против научной цензуры;
 - приоритетные научные направления против изучения «всего»;
 - научная карьера против академической карьеры.
- Данными сопоставлениями ограничимся.

4 Составляющие новой парадигмы мира

Новая парадигма мира выводится дедуктивным методом: от теории социо-природного развития к социуму и человеку. Если для предыстории первична практика прошлого и настоящего – мира дисгармонии, то для «истории» первичны законы «новой науки», на основаниях которой станет строиться новый мир гармонии.

Сформулируем основные установки новой парадигмы.

4.1. *Общее.*

- Триадная парадигма разрешения противоположностей на основе их гармонического синтеза.

- Феномены прогрессивного развития и жизни как разрешение противоположности рассеяние-концентрирование энергии.
- Индивидуальная жизнь как разрешение противоположности бессмертие-смерть.
- От эволюции в неживой природе к возникновению биологической жизни.
- Биосферная функция человека.
- Сотворчество человека и природы.
- Гуманизация окружающей среды.
- Социогуманитарное государство как гармонический синтез капитализма и социализма. При этом от социализма берется цель – гармоническое развитие человека, а от капитализма способ ее реализации – регулируемый рынок.
- Главные составляющие мировоззрения социогуманизма: жизнь – высшая ценность бытия; не только бытие определяет сознание, но и сознание определяет бытие; гуманитарные ценности приоритетны по сравнению с материальными.
- Эволюционная траектория экосоциоприродного развития: либерализм-интегрализм – социогуманизм.

4.1 Гуманитарная сфера

- Высокая культура жизни.
- Гармоничное развитие человека.
- Гармонично-здоровый образ жизни.
- Культура для гармоничного развития человека.
- Разумное добро (образно говоря, «добро с кулаками»).
- Сопряжение прав (свобод) и обязанностей.
- «Человек Гармоничный». Его качества: мудрость и знание, мужество, гуманизм и любовь, справедливость, умеренность, духовность, патриотизм.
- Человековедение – главная наука XXI века, предмет для преподавания в школе и вузе.
- Человеческий капитал как сумма витальной, интеллектуальной и духовной составляющих.

4.2 Экономика и социальная сфера

- Гуманизация экономики.
- Прогрессивное налогообложение с обострением - с целью ликвидации сверхдоходов.
- Разнообразие форм собственности при приоритете коллективистских форм.
- Сверхбогатство антиэволюционно.
- Смешанная планово-рыночная экономика.
- Сопряжение конкуренции и кооперации.
- Сопряжение экономической свободы и социальной справедливости.

- Социальное расслоение – в эволюционно обоснованных пределах.
- Экономика для гармоничного развития человека.
- Этическая трактовка национального богатства (в него не входят ВПК, атомная бомба и др.)

4.3 Геополитика

- Военно-промышленный комплекс – фактор глобального гуманитарного регресса.
- Глобальная политика: от компромиссов к гармонии.
- Суверенная глобализация.
- «Новое» движение за мир, имеющее научную основу: разоружение как условие прогресса, мир с позиции разума, «разумный компромисс» (в идеале «разумная дружба») во внешней политике.
- Триадная парадигма развития как научная основа дипломатии и «нового» движения за мир.

Приоритетом социогуманитарного государства является высокая культура жизни, основанная на следующих главных установках социогуманизма: гармоничное разрешение противоположностей (от компромисса к гармонии), мировоззрение «жизнь – высшая ценность бытия», развитие в направлении «Человека Гармоничного». Этим установкам противостоят все проявления асоциально-го поведения и антагонизма в отношениях между людьми и странами.

При социогуманизме разрешаются следующие противоположности.

4.4 Социум

- богатство – бедность: через средний класс, прогрессивный налог, отторжение сверхбогатства как антиэволюционного явления;
 - права – обязанности: через установку «права для лучшего выполнения обязанностей»;
 - экономическая свобода - социальная справедливость: через установку «экономическая свобода для социальной справедливости»;
 - общенародная - частная собственность: через коллективистские формы собственности;
 - рыночная - плановая экономика: через смешанную планово-рыночную экономику;
 - конкуренция – кооперация: через конкуренцию кооператоров;
 - природа - человек через гуманизацию окружающей среды;
 - противостояние - дружба (в отношениях между государствами): через «разумный компромисс», а в идеале, через «разумную дружбу»;
 - мир - война через установку «мир с позиции разума»;
- и другие.

4.5 Человек

- смерть – бессмертие: через детей;
 - добро – зло: через «разумное добро»;
 - эгоизм – альтруизм: через их гармонический синтез;
 - счастье – несчастье: через благополучие;
 - любовь – секс: через возвышение женщины;
- и другие.

Согласно высокой культуре жизни (мировоззрению социогуманизма «жизнь – высшая ценность бытия») будут отмирать следующие проявления асоциального поведения и культуры регресса:

- преступность;
 - алкоголизм;
 - курение;
 - наркомания;
 - семейные неурядицы;
 - культ силы и денег, прививаемый массовой культурой;
 - войны как проявление регресса;
- и другие.

Данные выше новации объективны, ибо следуют из законов социоприродного развития. Они характеризуют «Третий» (в понятиях триалектики) путь развития, основанный на гармонии – «полном» разрешении существующих в мире противоположностей. Принцип построения мира гармонии - не «А» против «В», а «АВ» (гармонический синтез «А» и «В») против и «А», и «В». Учение социального гуманизма и приведенные новации могут быть ориентиром для развития России и мира в целом. Социальный гуманизм находится в ряду существующих российских разработок прогрессивного будущего: ноосферы и ноосферизма, коэволюции природы и общества, нравственного государства и др. Принципиально новое в учении социального гуманизма, в отличие от перечисленных разработок, – естественно-научная основа этого учения, дедуктивный метод построения: от теории социоприродного развития к социуму и человеку. Тем самым социальный гуманизм отвечает законам социоприродного развития. И в этом перспектива его практической реализации.

5 Заключение

Мир переживает острый системный кризис, в основе которого – кризис человека и модели развития. Мир по-прежнему развивается стихийно. Мир не знает, куда идти. Главный порок существующей материальной цивилизации – низкая «цена» человека, недопустимо низкое место гуманитарных ценностей в их системной иерархии. Мир материализма не отвечает эволюционным требованиям современности с их ресурсными и экологическими ограничениями на экономический рост. В новом столетии предстоит социогуманитарный переход - пере-

ход к новому укладу, где главным двигателем прогресса становится «Человек Гармоничный».

Социогуманитарный переход требует коренного изменения мировоззренческих установок человечества, системы его ценностей и приоритетов. Мировоззрение «Человека Гармоничного» - социогуманизм, согласно которому жизнь – высшая ценность бытия. Диалектика снимается триалектикой. Законы триалектики являются эмпирическими обобщениями явлений Природы. Применительно к социальной жизни законы триалектики относятся к истории (миру гармонии) человечества, которая еще не наступила. В то же время законы диалектики описывают социальную жизнь предыстории (мира дисгармонии) человечества. В становлении нового человека важнейшую роль играет социогуманитарное просвещение. Наука о человеке (человековедение) становится главной наукой XXI век.

Современность отвечает началу перехода от предыстории к истории. Лишь два свидетельства этому. Китай, Вьетнам, а среди постсоветских стран Беларусь и Казахстан перешли на интегральный путь развития – компромиссный между социализмом и капитализмом. Отвечает этому и заявление Президента США Д. Трампа о России, как о конкуренте США. В свете происходящего, когда США рассматривают Россию как противника, такое заявление (если оно будет реализовано) означает отход от «борьбы» и движение к некоторому компромиссу (в качестве последнего выступает конкуренция). Из выше изложенного следует эволюционно обусловленная траектория в отношениях Россия – США: от противостояния через компромисс к сотрудничеству.

Эволюционно обусловленное будущее мира – общество социального гуманизма, главным субъектом которого станет «Человек Гармоничный».

Литература

1. Бушуев В.В., Голубев В.С. Основы эргодинамики. М., Энергия, 2002; Изд. 2-е, испр. и доп., М., ЛЕНАНД, 2012
2. Бушуев В.В., Голубев В.С. Естественно-научные основы социального гуманизма. М., ЛЕНАНД, 2018.
3. Голубев В.С. Культура как «вторая природа» и техно-гуманитарный дисбаланс // Стратегические приоритеты. 2018. № 1, С. 118-123.
4. Богомолов О.Т., Водолазов Г.Г, Глазьев С.Ю. и др. Новое интегральное общество: Общетеоретические основы и мировая практика. М., ЛЕНАНД, 2016.

References

1. Bushuev V.V., Golubev V.S. Fundamentals of Ergodynamics. M., Energy, 2002; Ed. 2nd, rev. and additional, M., LENAND, 2012
2. Bushuev V.V., Golubev V.S. Natural scientific foundations of social humanism. M., LENAND, 2018.

3. Golubev V.S. Culture as a “second nature” and techno-humanitarian imbalance // Strategic priorities. 2018.No. 1, pp. 118-123.
4. Bogomolov OT, Vodolazov GG, Glazyev S.Yu. and others. New integral society: General theoretical foundations and world practice. M., LENAND, 2016.

The philosophical problems of harmonious development of society and environment

Golubev V.S.

Institute for Systems Analysis RAS, Moscow, Russia

E-mail: v.s.golubev@bk.ru

Abstract. The article examines the current philosophical problems of the world order, the development of human society in harmony with the surrounding world. The paradigm of the world order based on compromise and harmony is proposed, which should replace liberalism. The historical paths of development and the possibilities of transition to the system of values of sociohumanism are shown. A generalized set of innovations in opposition to the existing system of life is brought up for discussion.

Key words: philosophy, harmony, social humanism, environment