

2021
№3(11)

Окружающая среда и энергостудение

Journal of Environmental Earth and Energy Study (JEEES)



<http://www.jeees.ru>

ISSN 2658-6703
(Online)

Окружающая среда и энергоснабжение

Journal of Environmental Earth and Energy Study (JEEES)

2021 №3(11)

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.т.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 Искандерович, д.ф.-м.н., профессор,
академик РАН (ИО РАН).
Панченко Владимир Анатольевич, к.т.н., доцент (Российский
университет транспорта (МИИТ))
Показеев Константин Васильевич, д.физ.-мат.н., профессор
(МГУ им. М. В. Ломоносова).
Рафикова Юлия Юрьевна, к.геогр.н. (МГУ им. М. В.
Ломоносова)
Соловьев Дмитрий Александрович, к.физ.-мат.н.,
ответственный секретарь (ИО РАН).
Тикунов Владимир Сергеевич, д.геогр.н., профессор (МГУ им.
М. В. Ломоносова).

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 энергетическое развитие. 2021 №3(11)

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 30.09.2021.

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 энергетическое развитие», 2021

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

Содержание

Друзья и коллеги

П.П. Безруких – поздравление с юбилеем4

В.А. Бутузov, П.П. Безруких, С.В. Грибков

Сто лет развития ветроэнергетики в России. Часть 1.8

К.С. Дегтярев

Географические основы возобновляемой энергетики25

Н.В. Ларин

Строение Земли и водородная энергетика43

Д.А. Соловьев, А.М. Залиханов

Климатические изменения и энергетика: влияние, прогнозы и
последствия62

В.Л. Сывороткин

Водородная дегазация Земли и экологические проблемы.....75

Content

Friends and colleagues

P.P. Bezrukih - congratulations on the anniversary4

V.A. Butuzov, P.P. Bezrukih, S.V. Gribkov

The Hundred Years of Wind Industry Development in Russia. Part
1.....10

K.S. Degtyarev

Geographical Fundamentals of Renewable Energy25

N.V. Larin

Constitution of Earth and Hydrogen Energy43

D.A. Solov'yev, A.M. Zalihanov

Climate Change and Energy: Impact, Forecasts and Consequences
.....62

V.L. Syvortkin

Hydrogen Degasation and Environmental Problems75

П.П. Безруких – поздравление с юбилеем



Поздравление с юбилеем!

13 сентября 2021 года исполнилось 85 лет со дня рождения одного из основоположников отечественной возобновляемой энергетики доктора технических наук, заслуженного энергетика Российской Федерации Павла Павловича Безруких.

П.П. Безруких родился в далекой сибирской деревне Ярки Богучанского района Красноярского края. После окончания школы в 1953 году поступил и в 1959 году окончил Московский энергетический институт по специальности «Электрические станции, сети и системы». По окончании института поехал к себе на родину на строительство знаменитой Братской ГЭС, где участвовал в монтаже и наладке электроснабжения котлована 2-ой очереди, электрооборудования уникальных двухконсольных кранов, монтаже электроснабжения правобережного поселка строителей и подстанции 110 кВ. Этот опыт практической работы на ГЭС и последующая работа в Энергосетьпроекте (1961-67 гг.), связанная с пуском

в работу электрооборудования и гидроагрегатов Братской, Рыбинской, Можайской, Кременчугской ГЭС, а также шеф-монтаж и пуско-наладка оборудования ГЭС Меттур-Туннель в Индии, предопределили его дальнейший жизненный путь, связанный с гидроэнергетикой и другими возобновляемыми видами энергии.

В период 1986-2004 гг. Павел Павлович работал в системе Минэнерго, пройдя путь от старшего референта отдела энергоснабжения и экологии аппарата Бюро Совета Министров СССР по ТЭК до начальника Управления научно-технического прогресса Минэнерго РФ. В этот период им активно продвигалась работа по реализации программ и проектов развития нетрадиционной энергетики в новых экономических условиях, по разработке программы энергообеспечения районов Крайнего Севера за счет использования возобновляемых источников энергии. Развивалось сотрудничество в области возобновляемой энергетики с зарубежными странами: США, Индия, Дания, Финляндия и др. Координировалась работа по созданию производства оборудования ВИЭ на отечественных предприятиях. И все эта работа проводилась в условиях значительного противодействия сторонников развития органической энергетики. Примером такого противостояния может явиться история с принятием первого Закона о поддержке ВИЭ в 1999 году.

В 1971 году П.П. Безруких защитил кандидатскую, а в 2003 году докторскую диссертацию на тему «Научно-техническое и методологическое обоснование ресурсов и направлений использования возобновляемых источников энергии», которая сформировала современные научно-методологические основы использования ВИЭ на основе достоверной оценки валовых, технических и экономических ресурсов.

Под его руководством впервые в России разработана в 1993 г. «Концепция развития и использования возобновляемой малой и нетрадиционной энергетики в энергетическом балансе России», а в 1997 – 2003 гг. были разработаны разделы по возобновляемой энергетике Энергетической стратегии России на период до 2020 и 2030 года, на основе которых в 2008 году Правительством Российской Федерации принято распоряжение о достижении к 2020 г. в общем производстве электроэнергии доли возобновляемой энергетики в объеме 4,5%, создавшее основу для развития нормативно-правовой базы по ВИЭ в России и принятия Программы «ДПМ ВИЭ 1,0».

С 2004 по 2013 год П.П. Безруких работал Заместителем генерального директора "Института энергетической стратегии", а с 2013 по 2019 год - заведующим отделением энергосбережения и возобновляемых источников энергии ОАО «ЭНИН им. Г.М. Кржижановского».

Павел Павлович Безруких автор более 200 научных и научно-популярных публикаций, статей, справочников, обзоров, учебных пособий, монографий, в том числе наиболее значимые: 1. Безруких П.П., Старков А.Н., Ландберг Л. (Дания),

Борисенко М.М. Атлас Ветров России. Russian Wind Atlas. На русском и английском языках, Москва., 2000 г., 560 стр., 2. Безруких П.П., Стребков Д.С. «Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технологии». Москва, ГНУ ВИЭСХ, 2005 г. - 264 стр. 3. «Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России», под редакцией П.П. Безруких, Санкт-Петербург, изд. «Наука» 2002 г., 314 стр. 4. П.П. Безруких «Ветроэнергетика. Справочное и методическое пособие». М.: ИД «Энергия», 2010г., 320 с. 5. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива (показатели по территориям) // сост. П. П. Безруких и др. ; под ред. Безруких П. П. М. : ИАЦ Энергия, 2007. 272 с. 6. Безруких П.П., Васильев Ю.С., Елистратов В.В., Сидоренко Г.И. «Оценка ресурсов возобновляемых источников энергии», учебно-справочное пособие, г. Санкт-Петербург, Изд-во Политехнического университета, 2008. 250 с. 7. «Оборудование возобновляемой и малой энергетики», справочник – каталог, под редакцией Безруких П.П. М: Изд-во «ООО ИД Энергия», 2005. 245 с.



Рис. 1. Книги П.П. Безруких по ветроэнергетике

Безруких П.П. постоянно ведет общественно-научную работу, был заместителем председателя секции НТС Госстандарта «Топливо-энергетический комплекс», членом Совета институтов «Энергосетьпроект» и ВНИИНМАШ, членом секций НТС Минтопэнерго РФ, Миннауки РФ и Геокома РФ. В настоящее время Безруких П.П. является членом НТС «РУСГИДРО», членом секции Экспертного совета по законодательному регулированию распределённой энергетики, включая возобновляемые источники энергии Комитета по энергетике ГД, членом экспертного совета конкурсов «Надежда России» и «Инженер года», проводимых Российским союзом научных и инженерных общественных объединений.

В 2002 году постановлением Президиума Координационного Совета РосС-НИО Безруких П.П. назначен и работает по настоящее время Председателем Комитета Российского Союза НИО по проблемам использования возобновляемых

источников энергии, а в 2003 году решением Комитета Торгово-промышленной палаты РФ по энергетической стратегии и развитию топливно-энергетического комплекса назначен Председателем подкомитета по использованию возобновляемых источников энергии; в 2004 году Безруких П.П. избран действительным членом Российской Инженерной академии (РИА) и назначен секретарём секции «Энергетика», обязанности которого исполнял до октября 2019 года, в настоящее время он является членом Президиума РИА.

П.П. Безруких ежегодно выступает с докладами на двух – трех значимых научных конференциях по проблемам, сценариям и направлениям развития возобновляемой энергетики, прежде всего - на организованной им в 2003 году и проводимой ежегодно в Москве международной научно-практической конференции «Возобновляемая и малая энергетика». С момента основания в 1999 году Павел Павлович постоянно участвует в регулярно проводимой Научно-исследовательской лабораторией возобновляемых источников энергии Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова Международной конференции и молодежной школе «Возобновляемые источники энергии».

В последние годы П.П. Безруких выступал с докладами на Московском форуме «Энергетика и гражданское общество- 2019», Международном Косыгинском форуме, в 2020 году - на Каспийском энергетическом форуме с ключевым докладом «О возможности развития энергетики Каспийского региона по низкоуглеродному сценарию», VII Научно-прикладной международной конференции в Красноярске «Экологические и экономические приоритеты альтернативной, малой распределенной энергетики», в 2021 году – на международной конференции «Особенности и основные направления развития электроснабжения удаленных и изолированных территорий», на Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию Инженерной академии СССР, Российской и Международных академий» и многих других.

Павел Павлович имеет звания Заслуженный энергетик Российской Федерации (2002 г.). Заслуженный работник Минтопэнерго России (1996 г.). Почетный работник топливно-энергетического комплекса (2004 г.).

Друзья и коллеги, научная и инженерная общественность, энергетики России искренне поздравляют Павла Павловича с 85-летним юбилеем, желают ему крепкого здоровья, творческого долголетия, позитивного отношения к окружающему миру, новых свершений в области энергетической науки и использования возобновляемых источников энергии на благо России.

Друзья и коллеги.

УДК: 621.311.24

Сто лет развития ветроэнергетики в России. Часть 1.Бутузов Виталий Анатольевич^{[0000-0003-2347-9715]1},Безруких Павел Павлович^{[0000-0003-0906-1339] 2},Грибков Сергей Владимирович^{[0000-0002-6174-7437] 3}¹Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Россия,
Краснодар²Национальный исследовательский университет "МЭИ", Россия, Москва³Научно-инженерный центр "Виндэк", Россия, Москва¹E-mail: butuzov@newmail.ru²E-mail: bezruky80veter@yandex.ru³E-mail: windec@mail.ru

Аннотация. Ветроэнергетика мира в 2019 г. при мощности 650,7 ГВт занимала второе место в возобновляемой энергетике (ВЭ). В России мощность ветроэлектростанций (ВЭС) в том же году составила 630,5 МВт. Указаны финансовые механизмы для стимулирования строительства ВЭС, основные инвесторы и изготовители оборудования. Представлен анализ 100 летнего развития отечественных научных школ, реализации их концепций, основные конструкции ВЭУ. Отмечена роль основателя российской ветроэнергетики членкора Н.Е. Жуковского и его учеников, деятельность институтов ЦАГИ, Центрального ветроэнергетического, Института электрификации и механизации сельского хозяйства, НПО «Ветроэн». Указаны основные достижения советской ветроэнергетики: ВЭС в Балаклаве (100 кВт, 1931 г.), ветродвигатели ВД-8 (1300 шт., 1936 г.), арктические ветроэлектростанции ЦВЭИ-Д-12 (15 кВт, 1936 г.), ветродизельная станция (ВДС) в Казахстане (400 кВт, 1957 г.). Описаны первые ветропарки стран СНГ, в Крыму общей мощностью 110 МВт на основе ВЭУ КБ «Южное» (г. Днепропетровск), в п. Куликово Калининградской области – 5,1 МВт. Приведен перечень основных ВЭС и ВДС России. Дана оценка перспектив развития российской ветроэнергетики.

Ключевые слова: ветроэнергетика, ветроустановка (ВЭУ), ветроэлектростанция (ВЭС), ветродвигатель, ветроколесо, ветродизельная станция (ВДС), ветряные мельницы, лопасти, мачта, электрогенератор, инерционный аккумулятор, Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ), Северный морской путь (СМП).

1 Вступление

По данным всемирной ассоциации ветроэнергетики WWEA 2019 г. установленная мощность ветроэлектростанций (ВЭС) мира составляла 650,7 ГВт. В России по состоянию на 01.09.2020 г. установленная мощность наиболее крупных 22 сетевых ВЭС составляла 336 МВт. Самая большая российская ветроэлектростанция мощностью 150 МВт была построена в 2020 г. в Республике Адыгея (рис. 1). Определенное развитие в изолированных энергорайонах Крайнего Севера и Камчатки получили ветро-дизельные комплексы. Ускорение темпов развития российской ветроэнергетики с 2019 г. определялось государственной поддержкой и созданием законодательной базы, участием мощных финансовых структур ГК «Росатом», ГК «РосНАНО» и ПАО «ЭНЕРГОСЕРВИС» с организацией в России на шести заводах производства оборудования ВЭУ. Россия имеет столетнюю историю развития научных и конструкторских ветроэнергетических школ, опыт серийного производства и эксплуатации ВЭС, в том числе для арктических и антарктических условий. В ближайшие годы в России предстоит воссоздать научные и инженерные ветроэнергетические организации.



Рис. 1. Адыгейская ВЭС

2 Научно-техническая школа Н.Е. Жуковского

Теоретические основы ветроэнергетики России в начале XX века были заложены член-корреспондентом Российской Императорской Академии наук (АН), профессором московского технического училища (ИМТУ) Николаем Егоровичем Жуковским (1847-1921гг.) (рис. 2), и его учениками, докторами технических

наук В.П. Ветчинкиным, Н.В. Красовским, Г.Х. Сабининым, Г.Ф. Проскурой. Владимир Петрович Ветчинкин (1888-1950 гг.) (рис. 3) был самым близким учеником Н.Е. Жуковского. Его отличала широта научного кругозора: аэрогидродинамика, ветроэнергетика, теория ракетного движения и космических полетов. В.П. Ветчинкин в 1914 г. на основе теории Н.Е. Жуковского идеального гребного винта ввел понятие коэффициента преобразования энергии ветра и предложил теорию идеального ветряка, а в 1920 г. Н.Е. Жуковский в статье «Ветряные мельницы НЕЖ» и двух других статьях дополнил ее до так называемой классической теории ветряка [1]. В созданном Н.Е. Жуковским, 1 декабря 1918 г. Центральном аэрогидродинамическом институте (ЦАГИ) В.П. Ветчинкин возглавил отдел № 1 по общетеоретическим исследованиям. Д.т.н. В.П. Ветчинкин был главным экспертом СССР по ветроэнергетике и блестящим ее популяризатором.

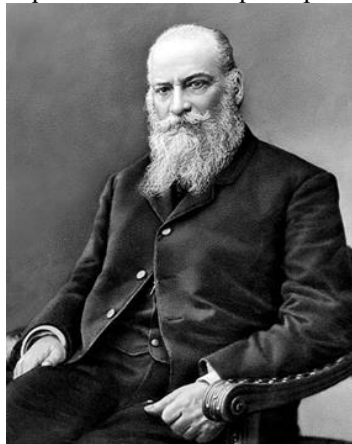


Рис. 2. Жуковский Н.Е.



Рис.3 Ветчинкин В. П.

Николай Валентинович Красовский (1891-1957гг.) (рис. 4), выпускник ИМТУ, в 1919 г. возглавил отдел ветряных двигателей (ОВД) ЦАГИ. В 1923 г. он завершил сооружение ветряной испытательной станции в ЦАГИ (Москва) [2]. Н.В. Красовский, Г.Х. Сабинин, В.Р. Секторов в 1930 г. разработали проект первой советской сетевой Балаклавской ВЭС мощностью 100 кВт. В ОВД ЦАГИ под руководством Н.В. Красовского А.И. Макаревским были разработаны методы расчета на прочность крыльев и башен ветродвигателей [3]. Григорий Харлампиевич Сабинин (1884-1968гг.) (рис. 5), участвовал в разработках всех конструкций ветродвигателей ЦАГИ. Основное направление его деятельности – разработка систем регулирования частоты вращения ветродвигателей, создание поворотных лопастей и управление ими с помощью вспомогательного стабилизатора-руля (1922 г.), одновременно исполняющего функцию регулирующего органа [4]. В 1926 г. он опубликовал статью о расчете поворотных лопастей [5], а в 1927-1928 гг. испытал их в натурных условиях. Результаты исследований идеального ветряка были изложены им в 1929 г. в статье [6], а в 1931 г. теория аэродинами-

ческого расчета ветряных двигателей была описана в работе [7], согласно которой, максимальный коэффициент использования энергии ветра ветроколесом равен 0,687.



Рис.4 Красовский Н.В.



Рис.5. Сабинин Г.Х.

3 Ветроустановки ЦАГИ: концепции и конструкции

В основе создаваемых ветродвигателей ЦАГИ были результаты теоретических и экспериментальных работ. В 1923 г. был построен ветросиловой испытательный стенд ЦАГИ, а в 1924 г. под руководством Н.В. Красовского была спроектирована, изготовлена и установлена на Бакинских нефтяных промыслах первая, работающая ветроустановка ЦАГИ с самоустанавливающимися лопастями и регулятором, предложенным Г.Х. Сабининым, для привода глубинных насосов нефтяных скважин с диаметром рабочего колеса 14 м и мощностью 36,8 кВт[4]. В последующие годы работа ЦАГИ по ветроэнергетике велась по двум основным направлениям. Для сельскохозяйственного назначения (привод насосов, мельниц) были созданы многолопастные тихоходные ветродвигатели ТВ-5, ТВ-8, УВД-8 с диаметрами рабочих колес соответственно 5 и 8 м. Ветродвигатель ТВ-5 при мощности 1,8 кВт имел 18-24 лопастей и обеспечивал подъем воды с расходом 3,5 м³/час на высоту 70 м. Наибольшим спросом пользовались ветродвигатели ТВ-8, производство которых в 1936 г. достигло 1300 шт.

Второе направление деятельности ЦАГИ – создание быстроходных трехлопастных ветродвигателей и ветроустановок с регулированием числа оборотов за счет изменения углов поворота лопастей с помощью регулятора стабилизатора руля разработки Г.Х. Сабинина.

По заказу дирекции Северного Морского пути (СПМ) ЦАГИ, а с 1930 г. его преемник Центральный ветроэнергетический институт (ЦВЭИ) разработали несколько конструкций ВЭУ, которые эксплуатировались на десятках полярных станций от Баренцева моря до Чукотки при аномальных атмосферных условиях: скорость ветра до 40 м/с, температура воздуха до минус 40°C. Были разработаны,

изготовлены и испытаны трехлопастные быстроходные ветродвигатели: ЦВЭИ Д-8, ЦВЭИ Д-10 с диаметром рабочих колес 8 м. В 1935г. был создан ветродвигатель 3ЦВИЭ Д-12 с диаметром ветроколеса 12 м и мощностью генератора до 15 кВт. Конструкция этих ветроустановок предусматривала вертикальную червячную трансмиссию от ветроколес к электрогенераторам у основания башни[8]. Практическое применение этих ВЭУ с 1932 г. по 1945 г. позволило определить, что они обладают наилучшими эксплуатационными показателями. В СССР больше всего было произведено ветродвигателей Д-12 разных типов – 1500 шт. Были созданы полярные ветро-дизельные станции (ВДС) в составе ветродвигателя с генератором мощностью 15 кВт, дизельной станции такой же мощности, электрических аккумуляторов из расчета времени запуска резервной дизельной станции. Срок эксплуатации таких ВЭС в арктических условиях превышал 12 лет[8].

В 1931 г. по чертежам ЦАГИ была построена первая в СССР сетевая Балаклавская ВЭС под г. Севастополем мощностью 100 кВт (рис. 6), которая до 1940 г. была самой мощной ВЭС мира. Главным теоретиком создания аэродинамической схемы ВЭС был В.П. Ветчинкин, а испытателем – В.Р. Секторов. Технические решения оказались удачными и обеспечили ее работу до 1942 г. (11 лет) до разрушения во время войны. Конструкция данной ВЭС предвосхитила современную концепцию создания ветроэлектростанций: трехлопастное рабочее колесо, с возможностью регулирования углов поворота лопастей, соосное расположение рабочего колеса, редуктора и генератора в гондоле. В статье [9] представлены результаты опытной эксплуатации ВЭС с 1931 по 1933 г.г., в том числе при скоростях ветра 30 м/с. В статье [10] В.Р. Секторов приводит результаты опытной эксплуатации ВЭС, на многие годы определившей развитие мировой ветроэнергетики.



Рис. 6. Ветродвигатель ВИМЭ Д-30 в Балаклаве

Под руководством В.П. Ветчинкина и при финансовой поддержке ЦАГИ в 1931 г. было завершено сооружение Курской ВЭС мощностью 3,5 кВт с первым в мире инерционным аккумулятором. Изобретатель Анатолий Георгиевич Уфимцев (1880-1936 гг.), получил охранное свидетельство СССР на эту станцию еще в 1918 г. Её строительство с участием государственных и частных средств, в т.ч. М. Горького продолжалось с 1923 по 1931 г. У своего дома в центре Курска А.Г. Ефимцев построил башню высотой 42 м с трехлопастным колесом диаметром 10 м. Лопасты имели регулируемые углы поворота. Перед генератором постоянного тока, мощностью 3,5 кВт, впервые в мире был установлен инерционный аккумулятор в виде стального диска диаметром 950 мм и весом 328 кг, размещенного в вакуумированном корпусе. Это устройство позволяло сглаживать пульсации ветра и обеспечивать работу генератора при его отсутствии. Данная ВЭС обеспечивала электроснабжение и отопление дома, мастерской А.Г.Ефимцева и уличного освещения до 1936 г. ВЭС и при скорости ветра 4 м/с выдавала мощность 1,5 кВт и при отсутствии ветра могла работать до 16 часов.

На Первой Всесоюзной ветроэнергетической конференции (1932 г., г. Харьков) отмечалось, что в СССР разработкой ветродвигателей занимаются в основном ЦВЭИ (г. Москва) и Украинский институт промэнергетики (г. Харьков, руководитель лаборатории д.т.н., а впоследствии академик УАН Г.Ф. Проскура). В 1931 г. в СССР работало 100 тыс. ветряных мельниц единичной мощностью от 2 до 8 кВт и с общей установленной мощностью 515 МВт [11].

По ряду причин деятельность ЦВЭИ была прекращена в 1935 г., а отдел ветроэнергетики в ЦАГИ был воссоздан только в 1946 г. по инициативе В.П. Ветчинкина. В последующие годы ЦАГИ, несмотря на наличие ведущих специалистов в области ветроэнергетики, не удалось восстановить свой былой научный потенциал, и возглавить возрождение ветроэнергетики в России.

4 Проекты мегаваттных ВЭС

По результатам успешной работы Балаклавской ВЭС по инициативе руководителя тяжелой промышленности (Наркомтяжпром СССР) Григория Константиновича Орджоникидзе (1886-1937) в 1932 г. был объявлен конкурс на разработку эскизного проекта ВЭС мощностью 5 МВт. В конкурсе участвовали три организации. Институтом ЦВЭИ (ведущий конструктор В.В. Уткин-Егоров) был представлен проект ВЭС типа ЦВЭИ – Д-100 мощностью 5 МВт с высотой мачты 65 м и диаметром трехлопастного ветроколеса 100 м. Такая станция имела свой аналог, как указывает Секторов В.Р. в статье [10], что Балаклавская ВЭС была уменьшенной копией ЦВЭИ-Д-100. Ранее этот же институт разработал проект ВЭС ЦВЭИ-Д-50 мощностью 1 МВт для электрификации Хибин Кольского полуострова и ирригации Заволжья.

Второй участник конкурса – Украинский институт промышленной энергетики (г. Харьков) представил проект ВЭС мощностью 4,5 МВт с высотой мачты 150 м и четырехлопастным ветроколесом. Победителем конкурса в 1933 г. стал эскиз-

ный проект «Икар» далекого от ветроэнергетики Проектного бюро № 14 угольной промышленности (авторы Юрий Васильевич Кондратюк (1897-1941 г.г.) и П.К.Горчаков). Проект ВЭС-2-Д-60 предусматривал строительство 165 м железобетонной башни, сооружаемой методом скользящей опалубки, с тросами растяжки (конструктор этой и будущей Останкинской телевизионной башни - Н.В. Никитин). На башне одно под другим располагались два трехлопастных ветроколеса диаметром по 60 м для мощности ВЭС 5 МВт. Разворот ВЭС на ветер производился всем стволом с опорой на гидравлический подпятник фундамента основания. Между рабочими колесами и генераторами были предусмотрены гидравлические мультипликаторы для повышения числа оборотов с 20 до 600 об/мин. Расчетные параметры, описание конструкции ВЭС приведено в статье [12]. При решении вопроса о победителе конкурса большое значение имела поддержка конструкции Ю.В. Кондратюка ведущим экспертом СССР по ветроэнергетике В.П. Ветчинкиным.

В 1936 г. в Крыму в 4 км от горы Ай-Петри был построен железобетонный фундамент ВЭС мощностью 5 МВт. Работа над техническим проектом ВЭС-2-Д-60 продолжалась до апреля 1938 г., когда было принято решение о разработке и изготовления уменьшенной модели ВЭС-2-Д-20 мощностью 100 кВт с двумя ветроколесами диаметром по 20 м. ВЭС-2-Д-20 была изготовлена в 1941 г. на Перовском механическом заводе (г. Москва), однако начало войны и гибель на ней Ю.В. Кондратюка прекратили дальнейшее развитие этого проекта. Фундамент и мачта ВЭС-2-Д-20 высотой 60 м была смонтирована у платформы Перловка на экспериментальной базе Проектно-экспериментальной конторы треста «Теплоэлектропроект».

5 Ветродвигатели института механизации сельского хозяйства

После ликвидации ЦВЭИ развитие его идей и конструкций в СССР осуществлялось в основном в ВНИИ механизации и электрификации сельского хозяйства (ВИМЭ), куда в 1936 г. был назначен руководителем лаборатории ветроэнергетики Ефим Михайлович Фатеев (1890-1965) (рис. 7), работавший в 1925-1930 г.г. инженером в ЦАГИ, а в 1930-1932 г.г. в ЦВЭИ. Под его руководством с учетом опыта эксплуатации в арктических условиях в тридцатые годы была создана ветроустановка 3 ЦВЭИ – ВИМЭ Д-12, мощностью 10 кВт., а после войны совместно с В.И.Сидоровым установка ВИМЭ Д-18с вертикальной трансмиссией, мощностью 28 л.с. при скорости ветра 8 м/с, показавшая хорошие эксплуатационные показатели, как в арктических условиях, так и при использовании в сельском хозяйстве [13].



Рис. 7 Фатеев Е.М.

По завершению войны в 1945 г. в ВИМЭ были разработаны новые конструкции ветряных двигателей типа Д-8, Д-10, Д-12. ВИМЭ, а с 1957 г. ВИЭСХ имел опытный завод в Москве, испытательный полигон в Армавире и был основным разработчиком зарядных ВЭС малой мощности. Им были в 1938 г. созданы зарядные ветроустановки ВИМЭ Д-3 мощностью 300 Вт и ВИМЭ Д-5 мощностью 2 кВт с регулируемыми лопастями. Аналогичные ВЭС разрабатывал и производил Всесоюзный институт сельскохозяйственного машиностроения в Москве – ВИСХОМ Д-3 мощностью 1 кВт. В таблице 1 представлены данные об основных разработчиках ВЭС в СССР. В 1946 г. был разработан ветродвигатель ВИМЭ Д-18 ГУСМП с трехлопастным рабочим колесом со стабилизатором регулирования с вертикальной трансмиссией и на его основе ВЭС с синхронным генератором мощностью 25 кВт и генератором постоянного тока мощностью 40 кВт.

Таблица 1. Основные институты – разработчики ветроэнергетики СССР с 1920 по 1995 гг.

Годы	Институты-разработчики	Марки серийных ветродвигателей, ветроустановки ветроэлектростанций
1	2	3
1920-1930	Центральный аэро-гидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского (ЦАГИ), Москва	<u>ВЭС</u> Д-14 (Баку) Д-30 (Балаклава) Курская ВЭС <u>Ветродвигатели:</u> ТВ-5; ТВ-8

1930-1935	Центральный ветроэнергетический институт (ЦВЭИ), Москва	<u>ВЭС</u> ЦВЭИ-8, 3ЦВЭИ-12; ЦВЭИ-30; ЦВЭИ-Д-50 ЦВЭИ-Д-100
1932-1941	Украинский институт промышленной энергетики, Харьков	<u>Крымская ВЭС</u> ВЭС-2-Д-60
1935-1945	Всесоюзный институт сельскохозяйственного машиностроения (ВИСХОМ), Москва	<u>ВЭУ</u> ВИСХОМ Д-3
1935-1967	Всесоюзный институт механизации и электрификации сельского хозяйства, (ВИМЭ), г. Москва, с 1957 - ВИЭСХ	<u>ВЭУ и ВЭС</u> 3ЦВЭИ – ВИМЭ Д-12; ВИМЭ Д-18
1954-1975	Истринский филиал ВНИИ электромеханики (ВНИИЭМ), Московская область	<u>ВЭУ</u> Д-18-СУ-3
1975-1995	НПО «Ветроэн» г. Истра Московская область	<u>ВЭУ и ВЭС</u> АВЭУ-6-4 АВЭС-16 АВЭС-100 АВЭС-250

6 Всесоюзный институт сельскохозяйственного машиностроения (ВИСХОМ)

ВИСХОМ - Научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения им. Горячкина В.П., был создан в 1928 г. Им было разработано ряд ветроэнергетических установок малой мощности, в том числе модернизированная установка ВИСХОМ Д-3, которая изготовлялась из менее дефицитных материалов и обеспечивала возможность массового выпуска [14]. ВЭУ комплектовалась генератором постоянного тока мощностью 1 кВт.

В 1940 г была разработана ветроэлектрическая установка ВИСХОМ РД– 1,5, отличающаяся сравнительно простой конструкцией. ВЭУ имела центробежный регулятор частоты вращения ветроколеса, за счет поворота лопастей относительно маха 2 в сторону флюгерного положения лопасти.

В 1941г. по заданию СМП для электроснабжения арктической автоматической радиометеостанции была разработана ветроустановка с прямым приводом магнитоэлектрического многополюсного генератора от ветроколеса ВИСХОМ УД – 1,9 с центробежным регулятором, который мог работать в широком диапазоне ветров вплоть до 50 м/с. Автором разработки был Уткин-Егоров[13].

В 90-е годы НИИ был приватизирован, после чего его деятельность начала постепенно угасать. И в 2016 году ВИСХОМ прекратил существование.

7 Арктический опыт эксплуатации ВЭС

После сельскохозяйственных объектов вторым по объемам применения рынком ветродвигателей в СССР были полярные станции Северного Морского пути (СМП) в Арктике. Инициатором их массового применения был начальник СМП И.Д. Папанин, а непосредственным внедрением и обслуживанием руководил Владимир Иосифович Сидоров (рис.8). Он с 1934 г. занимался эксплуатацией арктических ВЭС, а на полярной станции острова Новая Земля в 1936 г. проводил эксперименты по получению водорода методом электролиза на ВЭС и работе на нем поршневой электростанции взамен бензина (в течение часа).



Рис.8. В.И. Сидоров

В его книге [8] представлен анализ результатов эксплуатации ветродвигателей на станциях СМП с 1932 по 1945 г.г. После войны там работало 49 ветроэлектростанций, в т.ч. 17 ВЭС Д-12 мощностью по 15 кВт, 22 ВЭС Д-5, мощностью по 2,6 кВт и 10 ВЭС ВИСХОМ Д-3 мощностью по 1 кВт. При этом ВЭС -12 работали по 12 лет, а ВЭС типа ВИСХОМ УД – 1,9 мощностью 100 Вт для электропитания радиостанций без обслуживания работали по 20 месяцев. Срок окупаемости ВЭС составлял 4-5 лет. С 1932 г по 1940 г. за счет эксплуатации ВЭС количество завозимого топлива уменьшилось в три раза. Интерес представляют рекомендации по устройству фундаментов, борьбе с инееобразованием и прочее. Приведена 10-летняя статистика отказов и экономических показателей эксплуатации ВЭС. Практика арктической эксплуатации показала следующую конфигурацию энергоустановки: ВЭУ мощностью 15 кВт, резервная дизельная электростанция, емкость электрических аккумуляторов выбиралась из расчета времени запуска резервной ДЭС. В 1946 г. на полярных станциях СМП были установлены ВЭС ВИЭМ Д-18 с синхронным генератором мощностью 40 кВт и вертикальной

трансмиссией. Был сделан вывод, что для бесперебойной надежной работы ветроустановок любой мощности требуется грамотное техническое обслуживание, что весьма актуально и в наши дни. В.И.Сидоров в 1947 г. на Всесоюзной научно-технической конференции доложил результаты создания и многолетней эксплуатации ветроводородной системы в арктических условиях.

8 Истринский филиал ВНИИ электромеханики

В 1948 г. в составе СМП под руководством В.И. Сидорова была организована Научно-исследовательская лаборатория (НИЛ), а в 1949 г. на ее базе постановлением правительства СССР в г. Истре Московской области, также под руководством В.И. Сидорова, была создана Центральная научно-исследовательская лаборатория по ветродвигателям и ветроустановкам (ЦНИЛВ) с подчинением союзному министерству тракторного и сельскохозяйственного машиностроения. В 1954 ЦНИЛВ во главе с В.И. Сидоровым была преобразована в Истринский филиал ВНИИ электромеханики, (ВНИИЭМ), в котором было создано конструкторское бюро и опытное производство. В 1949 г. в г. Истра была построена ВЭС мощностью 50 кВт с полным циклом получения водорода по новой технологии электролиза воды. Дальнейшее развитие водородной энергетики В.И. Сидоров связывал со строительством 5 мегаваттных ВЭС конструкции Ю.Н. Кондратюка. В 1957 г. Истринский филиал ВНИИЭМ (ИФ ВНИИЭМ) построил в совхозе «Авангард» Целиноградской области Казахстана ветродизельную электростанцию (ВДС) мощностью 400 кВт. Она состояла из двенадцати трехлопастных ВЭС типа Д-18-СУ-3 с соосным расположением генераторов постоянного тока и лопастей единичной мощностью по 40 кВт, которые были установлены на расстоянии 200-260 м друг от друга. ВЭС работали совместно с двумя дизель-генераторами мощностью по 200 кВт. Их совмещение обеспечивалось преобразователями постоянного тока. Данная ВЭС успешно работала 7 лет с 1957 по 1964 г. В отдельные месяцы выработка ВЭС достигала 55 % [13,14].

В ИФ ВНИИЭМ под руководством лауреата Государственной премии В.И. Сидорова велись работы по созданию серии новых ветроэнергетических установок мощностью от 1 до 30 кВт вплоть до 1975 года.

9 Объединение «ВЕТРОЭН»

В конце пятидесятых годов в СССР научные и конструкторские работы продолжались в ЦАГИ, ВИМЭ (с 1957 г. – ВИЭСХ), ВИСХОМ, ВНИИЭМ. Ветродвигатели производились 44 заводами, а максимальное их количество (9142 шт.) было выпущено в 1955 г. В 1956 г. в стране работали 3000 шт. зарядных ВЭС (ВЭ-2) мощностью по 100 Вт. В регионах, например в Краснодарском крае ветродвигатели ТВ-8 обеспечивали до 30% энергопотребления животноводства. В пятидесятые годы в связи с массовой электрификацией колхозов и совхозов с их подключением к централизованному электроснабжению началось сворачивание

ветроэнергетики. В стране практически остались только три две организации разработчиков ветродвигателей: ЦАГИ, ВИЭСХ в Москве и ВНИИЭМ в г. Истра. Эти организации в 1960 – 70 годах разработали для сельского хозяйства более 5 новых ветряных водоподъемных установок [14].

В 1975 г. на базе коллектива отдела ветроэнергетики, руководимого В.И. Сидоровым Истринского филиала ВНИИЭлектромеханики, В.И. Сидоровым было организовано НПО «Ветроэн» Министерства водного хозяйства СССР, в задачи которого входили: научные и конструкторские разработки, выполнение проектов привязки ВЭС, серийное производство, обслуживание и ремонт. По существу это было единственным в СССР предприятием полного цикла изготовления оборудования ветроэнергетики.

Производство ВЭУ было организовано в ряде филиалов НПО «Ветроэн»: в г. Астрахань, в г. Уфа, а также в Киргизии (г.Фрунзе) и в Казахстане (Караганда).

Самой работоспособной конструкцией ветродвигателя НПО был АВЭУ-6-4, мощностью 4 кВт (рис. 9), разработанная к.т.н. В.Е. Федотовым в Истринском филиале ВНИИЭМ и представленная на госиспытания в 1970 г. Она имела рабочее колесо с двумя лопастями диаметром 6 м. Высота опорной мачты 9 м, диапазон рабочих скоростей ветра 5-40 м/с, виндовый механизм разворачивал двигатель на ветер. Главное достоинство этого агрегата – надежность и устойчивость в работе, высокое качество работы центробежно-аэродинамического регулятора частоты вращения ветроколеса. Длительные испытания АВЭУ-6-4 на Мархотской испытательной базе НПО (п. Кабардинка г. Геленджик) показали, что при скорости ветра 40 м/с частота тока генератора четко ограничивается верхним пределом частоты 52,5 Гц. [16]. В 1972 г. производство АВЭУ-6-4 было начато на заводе «Тяжэлектромаш» в г. Фрунзе, а с 1977 г. на астраханском заводе «Ветроэнергомаш». В восьмидесятые годы на этом заводе ежегодно производились до 500 ВЭУ типа АВЭУ-6-4. В 1990, г. в РСФСР только в сельском хозяйстве эксплуатировались 2000 АВЭУ-6-4. Положительный пяти летний опыт эксплуатации этих агрегатов был накоплен на Новолазаревской антарктической станции при температурах до минус 50 °С и скорости ветра до 40 м/с. В 1981-1985 г.г. там работали на обогрев помещений 4 агрегата, а с 1986 г. – шесть, каждый из которых в год замещал 4 т дизельного топлива. Наибольшее количество АВЭУ-6-4 – 26 шт. на одном объекте (рыбзавод) было установлено в восьмидесятых годах XX века на острове Саарема в Эстонии, которые обеспечивали подогрев воды. Новое некомпетентное руководство НПО «Ветроэн» додумалось объединить большинство этих ВЭУ и на параллельную работу. В результате чего большинство из них довольно быстро вышло из строя. Чем серьёзно было подорвано доверие к малой ветроэнергетике.

НПО «Ветроэн» также серийно производило зарядные ветроагрегаты мощностью 100-250 Вт и водоподъемные агрегаты механического типа производительностью до 1 м³/ч. Удачными конструкциями отличались электродиализная опреснительная установка УВЭО-0,5 со среднесуточной производительностью при скорости ветра 4 м/с при минерализации воды до 6 г/л, двухлопастная ВЭУ с центробежным регулятором вращения ветроколеса «Шексна-05» мощностью 500 Вт, выпускавшиеся Рыбинским заводом радиоприборостроения.

В девяностые годы прошлого века главным конструктором Л.И. Терентьевым были разработаны перспективные модели АВЭУ-16, АВЭС-100, АВЭС-250. Двухлопастная ветроустановка АВЭУ-12 мощностью 16 кВт предназначалась к производству на заводе в Уфе, однако производство так и не было начато. АВЭС-100, мощностью 100 кВт была разработана для автономного режима работы, а АВЭС-250 – для параллельной работы с энергосистемой. В этих моделях созданных Л.И. Харитоновым [14] применялось ветроколесо с тремя стеклопластиковыми лопастями, гидравлический привод разворота лопастей, устройство автоматической раскрутки кабеля. В 1992 г. производство АВЭС – 250 было начато в НПО «Южное» (г. Днепропетровск).

На Воркутинской ВЭС (на водозаборе в 32 км от г. Воркуты) в экспериментальном режиме работали пять из шести установленных АВЭС – 250 с 1995 по 2006 гг. В сооружении и эксплуатации в первые годы Воркутинской и Анадырской ветростанций определяющую роль сыграл руководитель «Ветроэна» тех лет Новак Юрий Иванович и главный инженер Шеин Василий Яковлевич. Особо следует отметить очень сильный в те годы коллектив научно-исследовательского и проектного института «ПечорНИИпроект» (г. Воркута), специалисты которого в содружестве с Воркутинским филиалом бывшего Всесоюзного института мерзлотоведения им. Герсенванева (СОНИИОПС) разработали и запатентовали уникальную конструкцию сборного железобетонного "надземного" фундамента ВЭУ для вечномерзлых грунтов. Конструкция этого фундамента была применена и на Анадырской ВЭС

В 2001 г. на мысе Обсервация Чукотского автономного округа НПО «Ветроэн» совместно с ГKB «Южное» (г. Днепропетровск, Украина) была построена Анадырская ВЭС мощностью 2,5 МВт, на которой были установлены 10 ветроагрегатов АВЭ-250 СМ в северном исполнении, произведенные ГKB «Южное». На первом этапе до 2002 г. ВЭС работала параллельно с ДЭС поселков Шахтерский и Угольные Копи. Были опробованы режимы поагрегатной остановки двигателей ДЭС до полного замещения при порывах ветра до 40 м/с и температуре воздуха до минус 40°C [15]. В 2002 г. ВЭС была переключена на совместную работу с Анадырской ТЭЦ мощностью 10 МВт. В 2016-2018 гг. 6 шт. агрегатов АВЭ -250 СМ были заменены на 6 датских установок Micon 530 единичной мощностью по 250 кВт, а также выполнена модернизация 4 шт. АВЭ – 250СМ.

К середине 80-х годов относится серьезнейшая попытка возродить на новом техническом уровне ветроэнергетику Советского Союза, предпринятая Бюро Совета Министров СССР по топливно-энергетическому комплексу. Результатом сложнейшей аналитической, согласовательной и организационной работы ученых, сотрудников министерств, Комитетов и Бюро по ТЭК явилось Постановление Совета Министров СССР от 17 сентября 1987 года № 1052 "Об ускоренном развитии ветроэнергетической техники в 1989-1995 годах".

На одного из авторов этих строк были возложены обязанности "выпускающего" этого Постановления и контроль за его выполнением. Как единственный из оставшихся в живых свидетель "борьбы" за утверждение Постановления свидетельствую о решающей роли в продвижении Постановления Председателя

Бюро СМ СССР по ТЭК, заместителя Председателя Совета Министров СССР Бориса Евдокимовича Щербины. С его непосредственной помощью были преодолены основные трудности в согласовании документа на уровне Президиума Совмина СССР. Всего в Постановлении задействовано 9 Министерств и Комитетов, АН СССР, 5 Союзных республик. Нельзя не отметить комплексный характер Постановления, в котором предусмотрены государственные цели по выпуску ветроустановок, определена производственная база, предусмотрено соответствующее финансирование, названы конкретные исполнители, а также предусмотрены меры по преодолению существующих в то время организационных и экономических барьеров.

В соответствии Постановлением направлении создания и использования ветроустановок:

- на научно-производственное объединение "Ветроэн" Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР возлагались функции головной организации по созданию и внедрению в народное хозяйство автономных ветроэнергетических установок мощностью до 100 кВт.

- на Министерство энергетики и электрификации СССР возлагались функции головного министерства по проектированию, строительству и эксплуатации ветроэлектрических станций мощностью более 100 кВт, предназначенных для работы в энергосистемах, а также разработку технических требований на оборудование таких станций.

К тому времени существовало небольшое производство автономных ВЭУ. В Постановлении было предусмотрено резкое его расширение, а именно произвести ветроэлектрические установки единичной мощности до 100 кВт в 1988-1990 годах 14,3 тыс. комплектов общей мощностью 67 МВт, а в 1991-1995 годах – 43 тыс. комплектов общей мощностью 217 МВт.

Что касается "системных" ВЭУ, то на момент выпуска Постановления не было серьезных исследований по возможному размещению ВЭС, а также отсутствовали серьезные работы по конструкции ВЭУ, отсутствовала и производственная база. Т.е. весь научный и производственный потенциал бы фактически потерян.

Надо сказать, что руководство НПО "Ветроэн" оказалось не способно ни технически, ни организационно к выполнению поставленных задач, хотя и выступало одним из инициаторов в подготовке Постановления. Они решили спрятаться за непоставку Минэлектротехпромом СССР генераторов мощностью 4, 8, 16 и 30 кВт и таким образом уйти от ответственности, угробив порученное дело.

В Министерстве энергетики и электрификации СССР под руководством заместителя Министра Дьякова А.Ф. были разработаны проекты системных ВЭУ единичной мощностью 250 и 1000 кВт и проект Калмыцкой ВЭС мощностью 22 МВт. В МКБ "Радуга" (г.Дубна, Московской обл.) под руководством академика РАН Селезнева И.С. был разработан, изготовлен и впоследствии смонтирован на упомянутой ВЭС первый агрегат мощностью 1000 кВт. Однако, из-за недофинансирования довести ветроустановку не удалось и работы были прекращены на долгие годы.

Продолжение в следующем номере

Литература

1. Жуковский Н.Е. Полное собрание сочинений, публицистика. Том 6. Винты, ветряки, вентиляторы. Аэродинамическая труба. М.-Л.: ОНТИ НКТП СССР. Главная редакция авиационной литературы. 1937.
2. Красовский Н.В. Новое крыло для русской ветряной мельницы / Труды ЦАГИ. Выпуск №3 . 1923.
3. ЦАГИ. Основные этапы научной деятельности 1918-1968. М.: Машиностроение. 1976. 352с.
4. Энциклопедия по машиностроению XXL оборудование, материаловедение, механика.<https://mashxxl.info/page/111.204197022095020254060128125183030078204157081/9/07/2020>
5. Сабинин Г.Х. Гироскопический эффект ветряных двигателей и расчет поворотных ветряков / Труды ЦАГИ. Выпуск 22.1926.
6. Сабинин Г.Х. Теория идеального ветряка / Труды ЦАГИ. Выпуск 32. 1929.
7. Сабинин Г.Х. Теория аэродинамический расчет ветряных двигателей //Труды ЦАГИ. Выпуск 104. 1931.
8. Сидоров В.И. Ветро двигатели в Арктике. Издание второе дополненное. Издательство СМПИ. М.-Л. 1946. 169с.
9. Секторов В.Р. Балаклавская опытная ветроэлектростанция // Электричество. 1933. №19. С.51-54
10. Секторов В.Р. Современное состояние проектирования и опытного строительства крупных ветроэлектрических станций.//Электричество. 1933. №2. С.9-13.
11. Ананьев А.А., Седых С.Г., Шаманин В.С. Проблема использования ветра в СССР // Электричество. 1932. №14. С.716-718.
12. Горчаков П.К., Кондратьев Ю.В. Основные характеристики и перспективы ветроэнергетики // Электрические станции. 1939. № 10,11. С. 24-30.
13. Фатеев Е.М. Ветро двигатели и ветроустановки. М. ОГИЗ – Сельхозиздат. 1948.
14. Харитонов В.П. Автономные ветроэлектрические установки. М.2006.
15. Лось С.И. Козак А.Р. Ветро дизельные станции на основе ветроэлектрических агрегатов АВЭ -250 СМ // Развитие возобновляемых источников энергии в России: возможности и практика (На примере Камчатского края) Сборник М.: ОМННО «Совет Гринпис»2006. С.49-51
16. Затопляев Б.С. Ветропарк в пос. Куликово Калининградской области // Энергия: экономика, техника, экология. 2018. № 2. С.58-65.

References

1. Zhukovskij N.E. Polnoe sobranie sochinenij, publicistika. Tom 6. Vinty, vetryaki, ventilyatory. Aerodinamicheskaya truba. M.-L.: ONTI NKTP SSSR. Glavnaya redakciya aviacionnoj literatury. 1937.
2. Krasovskij N.V. Novoe krylo dlya russkoj vetryanoj mel'nicy / Trudy CAGI. Vypusk №3 . 1923.
3. CAGI. Osnovnye etapy nauchnoj deyatel'nosti 1918-1968. M.: Mashinostroyeniye. 1976. 352s.

4. Enciklopediya po mashinostroyeniyu XXL oborudovanie, materialovedenie, mekhanika. <https://mashxxl.info/page/111.204197022095020254060128125183030078204157081/9/07/2020>
5. Sabinin G.H. Giroskopicheskiy effekt vetryanykh dvigatelej i raschet povorotnykh vetryakov / Trudy CAGI. Vypusk 22.1926.
6. Sabinin G.H. Teoriya ideal'nogo vetryaka / Trudy CAGI. Vypusk 32. 1929.
7. Sabinin G.H. Teoriya aerodinamicheskij raschet vetryanykh dvigatelej // Trudy CAGI. Vypusk 104. 1931.
8. Sidorov V.I. Vetrodvigateli v Arktike. Izdanie vtoroe dopolnennoe. Izdatel'stvo SMP. M.-L. 1946. 169s.
9. Sektorov V.R. Balaklavskaya opyt'naya vetroelektrostanciya // Elektrichestvo. 1933. №19. S.51-54
10. Sektorov V.R. Sovremennoe sostoyanie proektirovaniya i opytnogo stroitel'stva krupnykh vetroelektricheskikh stancij. // Elektrichestvo. 1933. №2. S.9-13.
11. Anan'ev A.A., Sedyh S.G., SHamanin V.S. Problema ispol'zovaniya vetra v SSSR // Elektrichestvo. 1932. №14. S.716-718.
12. Gorchakov P.K., Kondratyuk YU.V. Osnovnye harakteristiki i perspektivy vetroenergetiki // Elektricheskie stancii. 1939. № 10,11. S. 24-30.
13. Fateev E.M. Vetrodvigateli i vetroustanovki. M. OGIZ – Sel'hozizdat. 1948.
14. Haritonov V.P. Avtonomnye vetroelektricheskie ustanovki. M.2006.
15. Los' S.I. Kozak A.R. Vetrodizel'nye stancii na osnove vetroelektricheskikh agregatov AVE-250 SM // Razvitie vozobnovlyaemykh istochnikov energii v Rossii: voz-mozhnosti i praktika (Na primere Kamchatskogo kraja) Sbornik M.: OMNNO «Sovet Grinpis»2006. S.49-51
16. Zatoplyayev B.S. Vetropark v pos. Kulikovo Kaliningradskoj oblasti // Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya. 2018. № 2. S.58-65.

The Hundred Years of Wind Industry Development in Russia. Part 1

Butuzov Vitaly¹, Bezrukikh Pavel², Gribkov Sergey³

¹Kuban' State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

²National Research University MPEI, Moscow, Russia

³Technical Center Windeq, Moscow, Russia

¹E-mail: butuzov@newmail.ru

²E-mail: bezruky80veter@yandex.ru

³E-mail: windec@mail.ru

Abstract. The world wind industry in 2019 with a capacity of 650.7 GWB was in the second place among renewables. The total capacity of Russian wind plants at the same year was 630.5 MW. The article point on the financial arrangements for wind station development, the principle investors and equipment producers.

The work presents an analysis of 100-year development of the Russian scientific school, implementations of their concepts, the principle designs of wind turbine. There are noticed the roles of N.E. Zhukovsky as a founder of Russian wind industry, and of his pupils, activities of such institutions as CAHI, Central Wind-Industrial, Electrification and Mechanization of Agriculture, NPO Vetroen. There are pointed on the principle achievements of the Soviet wind industry: a wind power plant in Balaklava (100 kW, 1931), wind engines VD-8 (1300 units, 1936), Arctic wind power stations CVEI-D-12 (15 kW, 1936), a wind-diesel station in Kazakhstan (400 kW, 1957).

The article reviews the first wind plants in the CIS countries, in Crimea - 110 MW on the base of the KB Yuzhnoe (Dnepropetrovsk) wind turbines, at Kulikovo village in Kaliningrad region – 5.1 MW, gives a list of the major wind and wind-diesel plants and evaluates the prospects of Russian wind industry development.

Key words: wind industry, wind turbine, wind plant, wind engine, wind wheel, wind-diesel plant, wind mills, wind blades, mast, electricity generator, inertial energy-storage device, Central Aero-and-Hydrodynamical Institute (CAHI), Northern Sea Route (NSR).

УДК: 911.2:911.9:504

Географические основы возобновляемой энергетики

Дегтярев Кирилл Станиславович ^[0000-0002-1738-6320]

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: kir1111@rambler.ru

Аннотация. В статье раскрывается и обосновывается географический подход к исследованию возобновляемых энергетических ресурсов и возобновляемой энергетики, который может быть обозначен как геоэнергетика или географическое энергосодержание. Возобновляемые источники энергии рассматриваются как предмет изучения географической науки, в качестве энергетических потоков географической оболочки в привязке к природной зональности, экономико-географическому положению, комплексу природных и экономических условий территорий. Выявляются физико-географические и экономико-географические закономерности распределения возобновляемых энергоресурсов по земной поверхности и развития энергетики на их основе.

Ключевые слова: география возобновляемых источников энергии, климатические пояса, природные зоны, географическая оболочка, география возобновляемой энергетики, геоэнергетика, географическое энергосодержание

1 Введение

Зависимость потенциала возобновляемых источников энергии (ВИЭ) от природных и хозяйственных условий, с одной стороны, вполне очевидна и не нуждается в дополнительных обоснованиях. В то же время, ВИЭ пока в должной мере не осознаются как предмет исследования, прежде всего, географической науки. В свою очередь, географы на данный момент не рассматривают, в достаточной степени, возобновляемые энергетические потоки именно как слагаемые географической оболочки (в то же время, формирующие её), а географическую оболочку со всей её структурой, включающей и природные, и антропогенные составляющие – как область взаимодействия возобновляемых потоков энергии.

Как следствие, до сих пор практически не проводилась, во всяком случае – на систематической основе, привязка возобновляемых энергетических потоков к географической оболочке и её иерархическим единицам, к географическим природным и хозяйственным закономерностям, к природным зонам, ландшафтам, территориально-хозяйственным комплексам.

В настоящее преобладают исследования потенциала отдельных возобновляемых источников (например, солнечной энергии, ветровой энергии) и развития возобновляемой энергетики определённого направления (солнечной, ветровой, биоэнергетики и др.) по земной поверхности. В качестве отправной точки при этом выступает сам источник энергии, а не территория с её природной и хозяйственной спецификой. Дается ответ на вопрос: «Как энергия того или иного вида (солнечная, ветровая, др.) распределяется по территориям?»

Складывается ряд отдельных картин территориального распределения по каждому из ВИЭ. Они могут быть совмещены и, в результате, могут быть выделены, например, территории с повышенным потенциалом сразу нескольких ВИЭ (например, одновременно высоким потенциалом солнечной, ветровой и биоэнергии).

Но это совмещение будет иметь несколько механический характер, выглядеть как простое совпадение, не дающее понимания географической подосновы данной территории, законов географической оболочки, природы и хозяйства, определяющих расширение или сужение спектра ВИЭ и мощность возобновляемых энергетических потоков на данной территории.

Географический подход, напротив, в качестве отправной точки использует территориальную единицу, территориальный природный и/или хозяйственный комплекс с определёнными условиями, и способен, отталкиваясь от анализа этих условий, дать ответы на вопросы: «Какие ВИЭ присутствуют на данной территории, как и почему территории различаются разнообразием и мощностью возобновляемых энергетических потоков?»

Такой подход можно назвать географическим энергосистемным или геоэнергетикой (проводя определённую аналогию с геополитикой – наукой о территориальных закономерностях, определяющих политическую жизнь государств, геоэнергетика – наука о территориальных закономерностях возникновения и существования энергетических потоков, а также энергетики на их основе).

Отметим, что такая постановка вопроса имеет безусловный практический смысл в контексте выявления территорий с наиболее благоприятными условиями развития возобновляемой энергетики, для разработки программ регионального развития – в частности, энергетического.

Для ответа на данный вопрос необходимо использование всего накопленного географической наукой методологического арсенала и опорой, прежде всего, на уже сформулированные географические законы, связанные с природной зональностью, территориально-природными комплексами, территориальными социально-экономическими системами. Необходима опора на разработанные географами методики территориального анализа природных и хозяйственных условий.

Ниже обозначены подходы к географическому осмыслению темы возобновляемых источников энергии, географическим закономерностям распределения возобновляемых энергетических потоков, разработке методологии выявления территорий с повышенным потенциалом и расширенным спектром ВИЭ с выявлением ряда таких территорий на макрорегиональном уровне.

Статья носит характер введения в проблематику. Детальные исследования территорий различного уровня физико-географической и экономико-географической иерархии – задачи будущих этапов.

2 ВИЭ как географические источники энергии, или энергетические потоки в географической оболочке

Общепринятое в настоящее время определение ВИЭ: «источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих процессов в природе, а также жизненном цикле растительного и животного мира и жизнедеятельности человеческого общества» [1].

ВИЭ можно также определить как **энергетические потоки географической оболочки (геосфер, ландшафтной оболочки)**. Более того, географическая оболочка представляет собой взаимосвязанный комплекс энергетических потоков.

Основные обычно выделяемые виды ВИЭ следующие:

- Солнечная энергия;
- Ветровая энергия;
- Гидроэнергия:
 - энергия рек, или текучей речной воды;
 - энергия океанических приливов;
 - волновая энергия;
- Биоэнергия:
 - естественный прирост биомассы (например, прирост древесины в лесу или торфяных слоёв)
 - технические культуры (рапс, подсолнечник);
 - отходы лесопереработки;
 - отходы сельскохозяйственного производства;
 - бытовые отходы;
- Геотермальная энергия:
 - гидротермальная энергия – разогретых подземных вод и водяного пара;
 - петротермальная энергия – тепло горных пород.

Возможно проведение какой-либо иной типологии или выделение каких-либо ещё видов энергии, но общими останутся два критерия:

- 1) Возобновляемый характер;
- 2) Привязка к определённым геосферам, слагающим географическую оболочку.

Также мы можем определить невозобновляемые энергетические ресурсы (ископаемые углеводороды и ядерное топливо) как геологические, а возобновляемые как преимущественно географические.

Между теми и другими следующие принципиальные различия:

Геологические (невозобновляемые, ископаемые) ресурсы присутствуют в литосфере, нередко на больших глубинах, и имеют эндогенное происхождение (хотя исходным сырьём для ископаемых углеводородов был, в том числе, и биогенный материал). Их появление связано с определёнными геологическими условиями, не повторяющимися в больших масштабах на коротких отрезках человеческой истории, исходя из чего их и относят к невозобновляемым.

Принципиально важно то, что наличие геологических ресурсов не обусловлено текущими природными условиями и их изменениями на поверхности Земли. Месторождения ископаемого топлива не привязаны к определённым климатическим поясам, природным зонам, ландшафтам.

Географические (возобновляемые) ресурсы, в свою очередь, присутствуют в географической оболочке, во всех геосферах на поверхности или в приповерхностных слоях Земли; имеют, как правило, экзогенное (внешнее) происхождение, воспроизводятся постоянно, их периодичность связана с текущими природными процессами и, как правило, подчиняется суточным или сезонным ритмам. Их виды и концентрация имеют непосредственную связь с данными природными условиями, с физико-географической зональностью, а, в ряде случаев, с биоресурсами и с особенностями хозяйства данной территории. В связи с этим, они, в отличие от геологических ресурсов, характеризуются и изменчивостью, обусловленной изменениями природных и хозяйственных условий.

Особняком стоит геотермальная энергия, занимающая промежуточное положение в данной классификации. Эндогенный характер происхождения объединяет её с геологическими, а возобновляемый характер и наличие определённой географической (геоморфологической) привязки – с географическими ресурсами.

3 Ведущие факторы возникновения возобновляемых энергетических потоков. Солнечная энергия, гравитационные и эндогенные процессы

Большинство возобновляемых источников энергии прямо или косвенно обусловлены **солнечной энергией** и являются производными от неё. Во-первых, это собственно солнечная энергия. Далее, неравномерность нагревания Солнцем поверхности Земли создаёт движение воздуха – ветровую энергию. В свою очередь, нагревание Солнцем поверхности Земли вызывает испарение воды и обуславливает круговорот воды в природе – таким образом, гидроэнергия водотоков – тоже результат действия солнечной энергии. То же можно сказать о волновой энергии – она является производной от ветровой, а ветровая, в свою очередь, производная

от солнечной. Наконец, солнечный свет и тепло необходимы для существования и роста растений – прироста биомассы, или биоэнергии.

Таким образом, ветровую, гидроэнергию текущих вод, волновую гидроэнергию, биоэнергию мы можем считать первыми или вторыми производными от солнечной энергии.

Два вида возобновляемой энергии оказываются вне этой схемы – геотермальная и приливная. Геотермальная энергия определяется **эндогенными процессами**, обуславливающими выделение энергии из глубинных слоёв Земли. Кроме того, приливная энергия обусловлена **гравитацией** в системе Земля – Солнце – Луна.

В то же время, эндогенные процессы и гравитация играют свою роль и в возникновении других возобновляемых энергетических потоков.

Так, гравитацией – силой земного притяжения, обусловлено течение воды. Кроме того, энергия текучей воды зависит от перепада высот, или рельефа местности. В свою очередь, формирование крупных форм рельефа обусловлено, в первую очередь, эндогенными геологическими процессами – теми же, что создают и поток геотермальной энергии.

Наконец, без земного притяжения не было бы и атмосферы и, как следствие – ветровой энергии. Кроме того, силы вращения и притяжения Земли обуславливают определённый характер движения воздушных и океанических водных масс.

Гравитационное взаимодействие в Солнечной системе вызывает и изменение орбитальных параметров Земли, что играет ключевую роль и в изменениях параметров инсоляции, а отсюда – и изменения климата [2], характера движения воздушных и водных масс.

Также характер эндогенных процессов, протекающих в недрах Земли, в определённой степени обусловлен и гравитационными силами.



Рис. 1. Факторы возникновения возобновляемых энергетических потоков

Таким образом, возобновляемые энергетические потоки в целом вызваны взаимодействием трёх ведущих факторов, или сил (рис. 1), своего рода триады:

1. Поступающего на Землю потока солнечной энергии.
2. Эндогенного энергетического потока, поступающего к поверхности Земли из её глубин.
3. Гравитации – силы притяжения Земли, а также Солнца и Луны и взаимодействие небесных тел в Солнечной системе.

4 Географическая оболочка, геосферы и возобновляемые источники энергии

Географическая оболочка определяется следующим образом: «целостная и непрерывная оболочка Земли, среда деятельности человека; охватывает нижние слои атмосферы, верхние толщи литосферы, почти всю гидросферу и всю биосферу»[3].

Она включает следующие сферы:

- Литосфера, или земная кора;
- Гидросфера – водная оболочка;
- Атмосфера – слой воздуха;
- Биосфера – совокупность живых организмов.

Выделяется также зона человеческой деятельности, определяемая как антропосфера, техносфера, ноосфера. В настоящее время она пронизывает всю географическую оболочку, от нижних частей земной коры до верхних слоёв атмосферы.

Каждый возобновляемый источник энергии определяется взаимодействием перечисленных выше ключевых факторов, но привязан к своей геосфере (рис.2):

- Геотермальная энергия – к литосфере;
- Гидроэнергия – к гидросфере;
- Ветровая энергия – к атмосфере;
- Биоэнергия – к биосфере.



Рис. 2. Привязка видов возобновляемой энергии к геосферам

В свою очередь, каждая из геосфер – это не только некое вещество, но и энергетический поток; геосфера проявляет себя именно в движении слагающего его вещества.

5 Географическая зональность и возобновляемые источники энергии. Привязка возобновляемых энергетических потоков к широтным географическим поясам и зонам

Географическая оболочка делится на пояса и зоны, различающиеся комплексом природных условий. В этом разделении ключевую роль играют два фактора:

Поток солнечной энергии, меняющийся в зависимости от угла наклона Солнца к поверхности Земли.

Характер подстилающей поверхности, прежде всего, крупнейшие формы рельефа: материки и океаны, равнины и горные системы.

Эти же факторы определяют возникновение и силу возобновляемых энергетических потоков. Природные пояса и зоны Земли различаются по мощности и характеру возобновляемых энергетических потоков (рис.3).

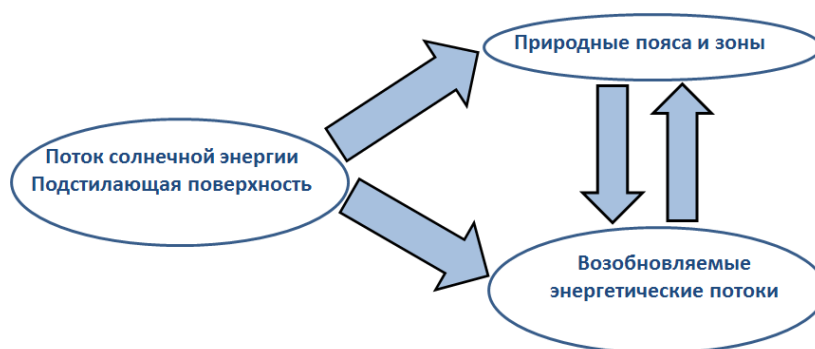


Рис. 3. Взаимосвязь факторов природной зональности и ВИЭ

Выделяется также:

- Широтная зональность;
- Высотная поясность.

Рассмотрим вначале широтную составляющую природной зональности.

Здесь самым крупным является деление на климатические пояса, и различия между ними, прежде всего, в мощности потока солнечной энергии и его сезонного распределения.

Прежде всего, поток солнечной энергии, в зависимости от широты, определяемой углом наклона солнечных лучей, увеличивается от полюсов к экватору. Различия между годовым потоком солнечной энергии на единицу площади между экваториальным – более 2000, и арктическим – около 500 кВтч/м² в год, четырёхкратны (рис. 4).

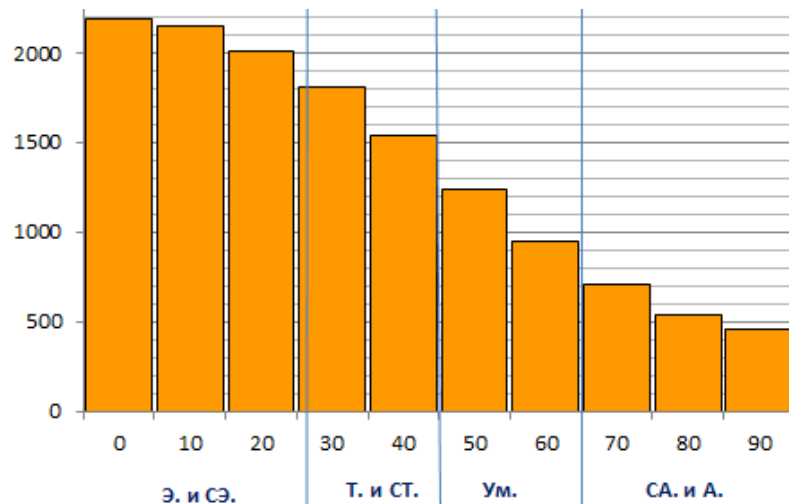


Рис. 4. Среднее поступление солнечной энергии на горизонтальную поверхность при ясном небе по широтам от 0° до 90°, кВтч/м² в год [4]; в экваториальном и субэкваториальном, тропическом и субтропическом, умеренном, субарктическом и арктическом поясах.

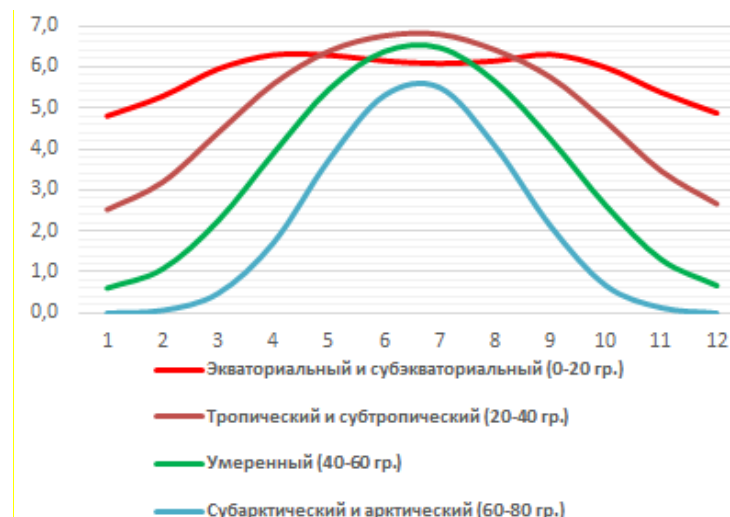


Рис. 5. Среднее поступление солнечной радиации на горизонтальную поверхность при ясном небе по месяцам в разных климатических поясах, кВтч/м² в сутки

Не менее, если не более, важны, с точки зрения практического аспекта использования солнечной энергии, сезонные различия в поступлении солнечной энергии, минимальные в экваториальных широтах и максимальные – в полярных (рис. 5).

В экваториальном и субэкваториальном поясе сезонные колебания менее 20%, а уже на широтах от 40°-50° разница в потоке солнечной энергии зимой и летом – в 6-8 раз, на широте 60° – примерно в 15 раз. В летние месяцы поток солнечной энергии в умеренном и даже субарктическом поясах практически не уступает экваториальному и тропическому, но в зимние он почти полностью отсутствует, что означает невозможность работы солнечных электростанций.

Также, что касается валового потенциала солнечной энергии и его распределения по широтам, то надо учитывать не только более высокую концентрацию солнечной энергии на единицу площади в более низких широтах, но и большую площадь самой поверхности Земли в низких широтах – между 45° с.ш. и 45° ю.ш. расположено более 70% площади всей земной поверхности и более 60% площади всей земной суши (включая Антарктиду), между 30° с.ш. и 30° ю.ш. – соответственно, 50% и 45%.

Фактические значения доступной к использованию солнечной энергии могут отклоняться от строгого широтного распределения в связи с факторами локального климата (количество безоблачных дней или часов в году) и высотной поясности, но, в целом, широта остаётся определяющим фактором.

Далее рассмотрим другие виды ВИЭ в их взаимосвязи с географической зональностью. Можно предположить, что, поскольку гидроэнергия, биоэнергия, ветровая энергия – производная от солнечной энергии, то с понижением широты, с движением от арктического к экваториальному поясу их потенциал тоже будет расти, поскольку более высокая солнечная радиация вызывает:

- более интенсивный нагрев и, как следствие, активное движение воздушных масс;
- рост испарения и, как следствие, большее количество осадков и большую полноводность рек, что означает более высокий гидроэнергетический потенциал реки;
- более высокую продуктивность биомассы.

С поправками, связанными со вторым фактором – характером подстилающей поверхности (см. выше), можно утверждать, что, в целом, это так.

В случае с ветровой энергией в тропических широтах формируются зоны стабильных ветров с достаточно высокой скоростью. Это, прежде всего, пассаты, дующие круглогодично со скоростями в приземной зоне, превышающими 5 м/с. Также это муссоны, ветры с сезонной изменчивостью

В то же время, существуют ещё две зоны повышенной ветровой энергии, хотя и проявляющиеся на сравнительно больших высотах, что затрудняет практическое использование для выработки энергии: в умеренном поясе между 40° и 60° широты – зоны западного переноса, и зоны полярной циркуляции в Арктике и Антарктике.

Что касается гидроэнергии, здесь также выражена зональность. При этом, зоны с максимальным на Земле количеством осадков привязаны именно к экваториальному и субэкваториальному поясам, и гидроэнергетический потенциал

также максимален в низких широтах. В частности, более 18% всего мирового речного стока приходится на всего одну реку – Амазонку, далее ещё 9% в совокупности дают реки Конго, Янцзы и Ориноко.

В то же время, существуют отклонения, связанные с зонами степей, полупустынь, тропических и субтропических пустынь, где, в силу понятных причин, гидроэнергетический потенциал ниже, чем в более высокоширотных зонах умеренного пояса – где он, тем не менее, остаётся ниже, чем в экваториальном и субэкваториальном поясах. Но, в любом случае, распределение гидроэнергетического потенциала определяется, в первую очередь, зональными факторами циркуляции атмосферы.

Ситуация с биоэнергией сходна. Её количество определяется продуктивностью биомассы. И, в данном случае, также очевидно, что сочетание солнечной энергии и увлажнения ведёт к её росту и, также за исключением засушливых аралов части умеренного, субтропического и тропического пояса, продуктивность биомассы растёт по направлению к низким широтам.

Далее, два таких вида возобновляемой энергии, как геотермальная и приливная, в данном случае, также требуют отдельного рассмотрения. Они не подчиняются законам географической широтной зональности.

В связи с этим, возможно разделение возобновляемых источников энергии на две категории:

- 1) Географически зональные – солнечная, ветровая, гидроэнергия рек, биоэнергия;
- 2) Географически азональные – геотермальная и приливная.

В то же время, распределение геотермальной и волновой энергии подчиняется определённым геолого-геоморфологическим факторам.

Повышенный энергетический поток из глубин на поверхность Земли связан, главным образом, с зонами молодой складчатости и повышенной тектонической активности: Тихоокеанское огненное кольцо, зона Альпийской складчатости, рифтовые зоны – Атлантическая и Восточно-Африканская.

В свою очередь, максимальная высота приливов и, соответственно, приливной энергии определяется рельефом и конфигурацией береговой зоны. В ряде случаев зоны повышенной геотермальной и приливной энергии совпадают; один из примеров – Камчатка.

Таким образом, геотермальная и приливная энергия являются объектом изучения географии, как минимум, в силу наличия геоморфологических критериев поиска мест, где их значения повышены.

6 Высотная поясность и возобновляемые источники энергии. Региональные, локальные и интразональные факторы подстилающей поверхности.

В данном случае определяющим фактором формирования возобновляемых энергетических потоков является не столько поясность в смысле смены растительных

зон с высотой, а собственно горы, перепады высот, характер подстилающей поверхности. Для предгорных и горных районов характерен, как правило, рост концентрации возобновляемых энергетических потоков:

- Гидроэнергии - благодаря большим углам наклона поверхности; эффект усиливается в случае, если горы выступают орографическим барьером на пути влажных воздушных масс, что обуславливает рост водности потоков;

- Ветровой энергии - благодаря перепадам высот и связанным с ними изменениями ветрового режима;

- Солнечной энергии - благодаря увеличению прозрачности атмосферы;

Также, как отмечалось выше, предгорные и горные районы сопряжены, как правило, также с зонами повышенного геотермального потенциала.

Таким образом, предгорные и горные районы становятся зонами сгущения возобновляемых энергетических потоков, роста их разнообразия (диверсификации) и, как следствие, максимального интегрального потенциала ВИЭ.

Эти закономерности действуют до определённых гипсометрических уровней, выше которых, впрочем, возможен рост солнечного и ветрового потенциала, но возникает проблема его использования уже из-за труднодоступности территории. В качестве своего рода зон оптимума, или максимального сгущения возобновляемых энергетических потоков, можно рассматривать предгорные и горные территории в высотном диапазоне от 200-500 до 1000-2000 метров, в зависимости от локальных условий.

В целом, на изменение потоков возобновляемой энергии влияет ряд факторов подстилающей поверхности, связанных со стыком природно-территориальных комплексов разного порядка, переходными зонами, интразональными условиями.

Одним из наиболее заметных примеров является прибрежная зона, обычно отличающаяся от внутриконтинентальной повышенной ветровой энергией и, в ряде случаев, высокими значениями приливной и волновой энергии.

Зона перехода от леса к степи также отличается ростом ветровой энергии (открытые пространства, уменьшение шероховатости поверхности). Кроме того, в этой зоне образуется своего рода локальный биоэнергетический оптимум благодаря комбинации уже достаточного потока солнечной энергии и ещё достаточного увлажнения (что означает и наличие некоторого гидроэнергетического потенциала). В свою очередь, обусловленное данным комплексом факторов развитие сельского хозяйства создаёт уже вторичные, антропогенные биоэнергетические потоки сельскохозяйственных отходов.

Далее, зоны и подзоны сухих степей, полупустынь и пустынь отличаются снижением потоков гидроэнергии и биоэнергии, но образуют местные солнечно-энергетические максимумы.

На региональном и локальном уровне, с открытыми и возвышенными пространствами сопряжён более высокий ветроэнергетический потенциал.

Определённое локальное сочетание геолого-геоморфологических условий и увлажнения в лесной зоне благоприятны для формирования торфяных отложений (если рассматривать торф как возобновляемый источник энергии).

В целом, на уровне природно-территориальных комплексов менее высокого порядка, чем планетарные пояса и зоны – подзона, ландшафтов, местностей, урочищ, формируются свои условия возникновения и сгущения тех или иных возобновляемых энергетических потоков. Это предмет более тонких детальных исследований.

7 Физико-географические критерии поиска и выявления территорий с максимальным потенциалом ВИЭ

В случае с оценкой потенциала возобновляемых энергетических потоков следует учитывать два аспекта:

- Мощность энергетических потоков отдельных видов;
- Сочетание возобновляемых потоков разных видов, их диверсификация на данной территории.

Второе имеет особое практическое значение, исходя из того, что каждый отдельный ВИЭ, как правило, не отличается стабильностью, и необходимо их комбинирование использования.

Опираясь на изложенное выше, мы можем выделить три главных физико-географических фактора:

1. Широта местности.
2. Годовое количество осадков; влажность климата.
3. Рельеф, шире - характер подстилающей поверхности.

Комбинация большого количества солнечной энергии, достаточного увлажнения, перепадов высот, а также в целом неоднородности подстилающей поверхности, наличие контактных и переходных зон между средами и между природно-территориальными комплексами создаёт области сгущения, фокусировки, «улавливания» энергетических потоков разных видов.

Такое сочетание обеспечивает одновременно повышенную мощность солнечных, ветровых, гидравлических потоков наряду с высокой биопродуктивностью и, в ряде случаев, наличием геотермальной энергии.

На планетарном уровне мы можем определить такие области. Это, прежде всего, территории, отвечающие одновременно следующим критериям:

1. Находящиеся в низких широтах;
2. Предгорные и горные территории;
3. Отличающиеся высоким количеством осадков.

В качестве территорий, максимально отвечающих этим критериям, в мире можно выделить, в первом приближении: южные предгорья Гималаев, горные и предгорные районы Юго-Восточной Азии, Центральной и Южной Америки, Восточной Африки.

В масштабах России в качестве такой зоны оптимума можно обозначить, прежде всего, предгорные районы Кавказа и, в большей или меньшей степени, весь южный предгорно-горный пояс от Крыма до Тихоокеанского побережья с максимальными значениями в Приморском крае.

На локальном уровне можно выделять и территории, соответствующие не всем трём критериям. В частности, в России это Кольский полуостров с небольшими величинами поступающей солнечной энергии, но одновременно высоким гидроэнергетическим, ветровым и приливным потенциалом или Камчатка, где присутствует также геотермальный потенциал.

Выявление мест, благоприятных для развития возобновляемой энергетики, требует более тонкого комплексного исследования характера подстилающей поверхности и её неоднородностей, а также детальных социально- и экономико-географических исследований, включающих расселение населения [5], специфику хозяйства, социальные и институциональные факторы.

8 География возобновляемой энергетики, физико-географические и экономико-географические факторы её развития

Можно выделить три основных фактора развития мировой возобновляемой энергетики, имеющих географический характер:

1. Классическая связка мир-системного анализа «Центр – Периферия», возникновение инноваций в Центре и диффузия инноваций в страны Полупериферии и Периферии;

2. Наличие специфических экономико-географических и геополитических предпосылок к развитию возобновляемой энергетике в данной стране или регионе (например, дефицит собственных ископаемых энергоносителей);

3. Привязка к территориям с более благоприятными природными условиями.

В первом случае, речь идёт о технологически наиболее развитой «Триаде»: Северная Америка, Западная Европа и Япония. Эти страны с 1990-х играли ведущую роль в развитии возобновляемой энергетики в современном виде, прежде всего, ветроэнергетики и солнечной энергетики. Отметим, что в настоящее время лидерство перехватывает Китай – таким образом, идёт смещение технологического «Центра», в данном случае, в Восточную Азию.

Иллюстрацией ко второму случаю может служить сравнение США и Западной Европы. В последней доля ВИЭ в энергобалансе существенно выше, и развитие возобновляемой энергетики идёт более высокими темпами. Это объясняется не более высоким по сравнению с США технологическим уровне Западной Европы, а политикой, в большей степени, акцентированной на развитии возобновляемой энергетики, что может объясняться разными причинами; в то же время, присутствует объективный фактор более высокого по сравнению с США риска дефицита энергоресурсов. То же можно сказать про Японию – страну с ресурсным дефицитом (практически отсутствующими ископаемыми энергоресурсами) и более высокой, чем в США, долей ВИЭ в энергетике.

Наконец, третий аспект – наличие, прежде всего, природных предпосылок, которые рассматривались выше, естественного потенциала возобновляемой энергетики.

География мировой возобновляемой энергетики рассматривалась нами ранее в [6, 7]. Здесь кратко отметим, что привязка генерации на основе ВИЭ к зонам с определённым природным условиям лучше всего видна на примере геотермальной энергетики, гидроэнергетики и биоэнергетики, где в число лидеров входит ряд стран «Полупериферии» и даже «Периферии» - Центральной и Южной Америки, Юго-Восточной Азии, Восточной Африки.

Менее отчётлива физико-географическая привязка в случае с солнечной и ветровой энергетикой, где лидерство по состоянию на начало 2020-х принадлежит Западной Европе, Китаю и США. В то же время, наблюдается тенденция к смещению центров роста в зоны с более благоприятными природными условиями. Особенно это заметно на примере солнечной энергетики, где крупнейшие проекты, начиная с 2015-2016 гг., реализуются в Индии и странах Ближнего Востока [8].

В данном случае, трудно разделить первый и третий факторы, поскольку диффузия инноваций идёт, в то же время, в страны, находящиеся в низких широтах и отличающиеся, в целом, более благоприятным физико-географическим комплексом условий использования ВИЭ. При этом, такие страны, как Индия, выходят и в число технологических лидеров. Вероятно, эти два фактора являются взаимно дополняющими.

Кроме того, обусловленность территориальной организации возобновляемой энергетики природными условиями прослеживается и для стран, находящихся в одной группе. В частности, Скандинавские страны безусловно лидируют в Европе (по относительным показателям – и в мире) по развитию гидроэнергетики, но там почти отсутствуют солнечно-энергетические мощности.

Также отметим, что природные условия и ресурсы могут стать определяющими и для направления экономического развития. Например, Австралия – часть Запада («Центра»), относящаяся к числу наиболее развитых стран. В то же время, её ресурсное богатство – в том числе, возобновляемыми энергоресурсами, направляет её на путь поставщика энергии для азиатских стран. В частности, в настоящее время заявлены крупные проекты поставок: электроэнергии, полученной от солнечных батарей, из Австралии в Сингапур [9] и аммиака, также получаемого при использовании солнечной и ветровой энергии [10].

Перспективы развития энергетики, в том числе возобновляемой, на XXI век, нами были обозначены в [11]. Наиболее перспективной, в этом смысле, также представляется зона низких широт. Следует начать с того, что в настоящее время между 30° с.ш. и 30° ю.ш. (страны Субсахарской Африки, Центральной и Южной Америки, Юго-Восточной и Южной Азии) по оценкам на 2021 год живёт почти 4 млрд. человек - более 50% мирового населения. По среднему прогнозу ООН, дальнейший рост мирового народонаселения почти полностью будет происходить за счёт этих стран; к 2050 году их население вырастет на 2 млрд. и составит уже 60% мирового. Максимальными темпами экономического роста и увеличением спроса на энергию будут также отличаться данные регионы. При этом, именно в них это увеличение может быть в наибольшей степени удовлетворено за счёт возобновляемых источников. Таким образом, мы наблюдаем схождение

физико-географических и экономико-географических факторов развития возобновляемой энергетики в определённой широтной зоне.

Некоторые из этих территорий могут, как показывает пример Австралии, выступить и в качестве чистых экспортёров энергии, полученной из возобновляемых источников. Следует отметить, что такого рода примеры уже есть и в России. Так, в последние годы на первое место в душевом измерении и одно из первых в абсолютных величинах по установленным мощностям солнечных и ветровых станций в России стала Республика Калмыкия [12] на юге европейской части страны. Будущая выработка электроэнергии построенными и запланированными на ближайшие годы станциями на основе ВИЭ существенно превосходит потребности республики, что делает её потенциальным чистым поставщиком возобновляемой энергии в другие регионы страны.

9 Выводы

1. Возобновляемые источники энергии можно определить как энергетические потоки географической оболочки. Возобновляемые энергоресурсы привязаны к геосферам: гидроэнергия – к гидросфере, ветровая энергия – к атмосфере, биоэнергия – к биосфере, геотермальная – к литосфере. В связи с этим возобновляемые источники энергии могут именоваться географическими или геосферными. В этом качестве они являются, прежде всего, ключевым предметом исследования для географической науки.

2. Можно выделить три основных естественных фактора образования возобновляемых энергетических потоков: 1) солнечная энергия, 2) силы гравитации и 3) эндогенные процессы. В качестве четвёртого фактора, становящегося всё более значимым, можно выделить антропогенный или техногенный.

3. Большая часть возобновляемых энергетических потоков и энергоресурсов, включая ветровые, гидро- и биоэнергетические, являются производными от солнечной энергии.

4. Распределение большей части возобновляемых энергоресурсов подчиняется законам географической зональности – как широтной, так и высотной. Более того, природные пояса и зоны формируются возобновляемыми энергетическими потоками в географической оболочке.

5. Существует тенденция увеличения возобновляемых энергетических потоков с понижением широты, по направлению от арктических и субарктических поясов к субэкваториальным и экваториальному.

6. Можно с определённой долей условности разделить возобновляемые энергоресурсы на: 1) географически зональные (солнечная, ветровая и волновая, гидро- и биоэнергия) и 2) географически азональные (геотермальная и приливная энергия). Первая группа непосредственно связана с географической зональностью. Вторая группа отличается отсутствием привязки к географической зональности, но их наличие маркируется, в том числе, географическими (прежде всего, геоморфологическими) признаками.

7. Распределение возобновляемых энергоресурсов подчиняется сложным сочетаниям зональных, азональных и интразональных факторов, основные из которых: 1) солнечная энергия, 2) количество осадков, увлажнение, 3) характер подстилающей поверхности: рельеф и перепады высот, контакты между средами с разными свойствами и природно-территориальными комплексами разного порядка: суша – море, горы – равнины, переходы от лесных к открытым участкам, локальные повышения и понижения рельефа.

8. Комбинация данных факторов создаёт зоны сгущения, фокусировки, улавливания возобновляемых энергетических потоков, приводя к повышению их концентрации и росту разнообразия, диверсификации возобновляемых энергоресурсов. Это, прежде всего, зоны с низкоширотным положением, в предгорьях, недалеко от морского побережья и с большим количеством осадков.

9. Фактическое развитие возобновляемой энергетики в мире определяется следующими факторами:

- Диффузия инноваций от «Центра» к «Периферия» (понятие мир-системного анализа);

- Наличие специфических экономико-географических и геополитических предпосылок;

- Привязка к территориям с более благоприятными природно-зональными условиями.

10. Наблюдается тенденция к смещению производств энергии на основе возобновляемых источников в более низкоширотные регионы, в то же время, активнее развивающиеся экономически.

11. Выявление территорий, благоприятных для развития возобновляемой энергетики, на региональном и локальном уровне требует комплексного изучения подстилающей поверхности, детальных социально- и экономико-географических исследований с привлечением методологии, разработанной географической наукой и её направлениями, включая геоморфологию, ландшафтоведение, комплекс гидрометеорологических и экономико-географических дисциплин.

12. При географическом подходе к изучению потенциала возобновляемых источников энергии предметом исследования является территория с определённым комплексом природных и хозяйственных условий, исходя из которых выявляется спектр и величина возобновляемых энергетических потоков и возможностей их использования. Такой подход может быть обозначен как геоэнергетика или географическое энергосодержание.

Литература

1. Безруких П.П. и др. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива (показатели по территориям) // М.: «ИАЦ Энергия», 2007 – 272 с., С.4.
2. Фёдоров В.М. Соляная теория изменений климата // Окружающая среда и энергосодержание. — 2021. — №2. — С.78-95.

3. Географический энциклопедический словарь : Понятия и термины / Гл. ред. А. Ф. Трешников. - М. : Сов. энцикл., 1988. - 431,[1] с., [17] л. ил., карт.
4. Стребков Д.С.. Физические основы солнечной энергетики. Физические основы солнечной энергетики // Под ред. д.т.н. Безруких П.П. – М.: ФГБНУ ВИЭСХ, 2015. – 160 с.; стр.96.
5. Дегтярев К.С. Расселение сельского населения как экономико-географический фактор эффективности малой автономной возобновляемой энергетики // Окружающая среда и энергосодержание. — 2019. — №4. — С.28-45.
6. Дегтярев К.С. Географические факторы развития возобновляемой энергетики // Журнал "С.О.К. Сантехника. Отопление. Кондиционирование". (Москва, издатель ИД "Медиа Технолоджи). — 2015. — № 6. — С. 86–95.
7. Дегтярев К.С., Берёзкин М.Ю. Географические особенности развития возобновляемой энергетики // География и рациональное использование возобновляемых источников энергии / Под редакцией А.А. Соловьева. Коллективная монография. – М.: ИД «Энергия», 2019. – 288 с., с.139-145.
8. Дегтярев К.С. Возобновляемая энергетика: Крупнейшие мировые проекты. Лекция // Лекторий Русского географического общества, 27.01.2021. URL: <https://clck.ru/XToHP>.
9. Стребков Д.С. Источники и способы передачи энергии – глобальные решения // Окружающая среда и энергосодержание. —2021. —№1. — С.52-59.
10. Ewing R. Green ammonia mega project announced for Australia. 2021/07/13. URL: <https://clck.ru/XTpdpn>.
11. Дегтярев К.С. Ключевые тенденции потребления энергии в XXI веке // Энергетическая политика. — 2021. — № 5. — С. 54–63.
12. Дегтярев К.С. Возобновляемая энергетика в Калмыкии в 2017–2021 гг. – особенности развития // Сантехника, отопление, кондиционирование. — 2021. — № 4. — С. 68–71.

References

1. Bezrukih P.P. i dr. Spravochnik po resursam vozobnovlyaemyh istochnikov energii Rossii i mestnym vidam topliva (pokazateli po territoriyam) // M.: «IAC Energiya», 2007 – 272 s., S.4.
2. Fedorov V.M. Solar theory of climate change // Journal of Environmental Earth and Energy Study. —2021. —№2. — P.78-95.
3. Geograficheskij enciklopedicheskij slovar' : Ponyatiya i terminy / Gl. red. A. F. Treshnikov. - M. : Sov. encikl., 1988. - 431,[1] s., [17] l. il., kart.
4. Strebkov D.S.. Fizicheskie osnovy solnechnoj energetiki. Fizicheskie osnovy solnechnoj energetiki // Pod red. d.t.n. Bezrukih P.P. – M.: FGBNU VIESKH, 2015. – 160 s.; str.96.
5. Degtyarev K.S. Settling of rural population as the economy-geographical background for efficiency of small-scaled autonomous renewable energy systems // Journal of Environmental Earth and Energy Study. — 2019. — №4. —P.28-45.
6. Degtyarev K.S. Geograficheskie faktory razvitiya vozobnovlyaemoj energetiki // ZHumal "S.O.K. Cantekhnika. Otoplenie. Kondicionirovanie". (Moskva, izdatel' ID "Media Tekhnolodzhi). — 2015. — № 6. — S. 86–95.
7. Degtyarev K.S., Beryozkin M.YU. Geograficheskie osobennosti razvitiya vozobnovlyaemoj energetiki // Geografiya i racional'noe ispol'zovanie vozobnovlyaemyh istochnikov energii

- / Pod redakciej A.A. Solov'eva. Kollektivnaya monografiya. – M.: ID «Energiya», 2019. – 288 s., s.139-145.
8. Degtyarev K.S. Vozobnovlyаемaya energetika: Krupnejshie mirovye proekty. Lekciya // Lektorij Russkogo geograficheskogo obshchestva, 27.01.2021. URL: <https://clck.ru/XToHP>.
 9. Strebkov D.S. Istochniki i sposoby peredachi energii – global'nye resheniya // Journal of Environmental Earth and Energy Study. —2021. —№1. — P.52-59.
 10. Ewing R. Green ammonia mega project announced for Australia. 2021/07/13. URL: <https://clck.ru/XTpdn>.
 11. Degtyarev K.S. Klyuchevye tendencii potrebleniya energii v XXI veke // Energeticheskaya politika. — 2021. — № 5. — S. 54–63.
 12. Degtyarev K.S. Vozobnovlyаемaya energetika v Kalmykii v 2017–2021 gg. – osobennosti razvitiya // Santekhnika, otoplenie, kondicionirovanie. — 2021. — № 4. — S. 68–71.

Geographical Fundamentals of Renewable Energy

Degtyarev Kirill

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

E-mail: kir1111@rambler.ru

Abstract. The article discloses and proves the geographical approach to the study of renewable energy sources and industry that can be recognized as “geo-energy or geographical energology”. Renewable energy sources are viewed as an object of the geographical science, as the energy flows of the geographical envelope, and in connection with natural zoning, economy-geographical location, set of the natural and economic conditions of a territory. The work makes clearer both natural and economic principles of renewable energy sources and industries distribution over the Earth surface.

Keywords: Geography of renewable energy sources, climate belts, natural zones, geographical envelope, geography of renewable energy industry, geo-energy study, geographical energology

УДК: 550.3:550.8.05:551.1

Строение Земли и водородная энергетика

Ларин Николай Владимирович^[0000-0003-3015-7749]

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Россия, Москва

E-mail: larin.hydrogen@gmail.com

Аннотация. В статье представлено интервью зам. главного редактора журнала «Окружающая среда и энерговедение» К.С. Дегтярева с геологом Николаем Владимировичем Лариным, научным сотрудником Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. Тема – концепция гидридного ядра Земли, впервые выдвинутая в 1970-е годы доктором геолого-минералогических наук Владимиром Николаевичем Лариным. Одно, хотя и далеко не единственное, из практических преломлений этой концепции – наличие выходов свободного водорода на поверхность Земли и в атмосферу, что может кардинально изменить ситуацию в мировой энергетике, поскольку снимает проблему высокой стоимости и отрицательных экологических эффектов производства водорода в настоящее время.

Ключевые слова: Строение Земли, гидриды, водород, водородная энергетика, геология

Николай Владимирович, сейчас много говорят о водороде как новом экологически чистом топливе, но проблема в том, что он сам по себе не первичный источник энергии, а его производство энергозатратно и сопряжено с загрязнением окружающей среды (эта проблема освещалась ранее и на страницах нашего журнала [1]).

Например, заключено соглашение между Австралией и Японией – Япония собирається импортировать из Австралии водород, но при этом он будет производиться в Австралии способом конверсии бурого угля [2]...

Да, водородная энергетика в нынешнем виде – это тупик. Нужны сложные, энергозатратные, дорогостоящие и экологически небезупречные технологии его производства и транспортировки.



Рис. 1. Н.В. Ларин

Есть другие пути?

Есть. Давайте начнём по порядку, с истории планеты Земля.

1 Концепция гидридного ядра Земли

Большая подборка материалов содержится на нашем сайте [3]. Здесь расскажу кратко.

Общепринятый взгляд на строение Земли хорошо известен (рис.2). Сверху - относительно тонкая кора, ниже – мантия, преимущественно силикатного состава, а в центре – железное ядро.

При этом, наши реальные знания о внутреннем устройстве планеты весьма приблизительны. Самая глубокая скважина была пробурена до глубины 12 км – это Кольская сверхглубокая. Остальное основано на косвенных данных в виде скорости и направления сейсмических волн, которые нам предоставляет наука сейсмология.

Что касается общепринятой точки зрения, то она сложилась около 200 лет назад на основе умозрительных заключений. Тогда уже поняли, что на Землю падают камни – метеориты, железные и железо-каменные. Отсюда и родилась идея, что некогда космические камни слепились в планету, далее она, под воздействием радиогенного тепла, разогрелась, расплавилась, железо, как самое тяжёлое, стекло вниз, а относительно лёгкие силикатные шлаки и окислы всплыли вверх. Но это просто прямая аналогия с домной – известная ныне концепция строения Земли возникла в период бурного развития доменного процесса в металлургии. Со временем этот взгляд на формирование и строение Земли стал привычным и «канонизировался».

Этот «мейнстримный» взгляд противоречит известным фактам?

Да, причём со временем, по мере накопления новой информации, всё сильнее. Начнём с того, что Земля, в соответствии с господствующими представлениями,

обладает магнитным полем, обусловленным железным ядром Земли, но впоследствии стало понятно, что при высоких температурах ядра железо должно терять свои магнитные свойства.

Также при такой схеме (холодная аккреция с последующим расплавлением) образования Земли было бы невозможно газодержание и формирование атмосферы. Необъяснимым остаётся и большое количество водорода, газообразного, в составе воды и слагающего запасы углеводородного сырья – нефти и газа.

Один из камней преткновения – химический состав планет солнечной системы. Сейчас уже ясно, что никакой «солнечный ветер» не смог обеспечить различие в их составах. Мало того при сравнении составов метеоритов с усредненным составом геосфер выявляются группы дефицитных и избыточных элементов. И, если избыточные можно попытаться вопреки их свойствам захоронить на недоступных глубинах, то с дефицитными всё обстоит гораздо сложнее, их исходные концентрации недостаточны даже при полном извлечении из всего объема планеты.



Рис. 2. Общепринятая схема строения и состава внутренних слоёв Земли¹

¹ Здесь и далее в интервью использованы рисунки, схемы и другие материалы из доклада Н.В. Ларина, сделанного им на семинаре Научно-исследовательской лаборатории возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова 27.04.2021.

Есть ещё целый ряд не укладывающихся в господствующую схему геологических феноменов и природных явлений.

При этом, водород во Вселенной в целом – самый распространённый элемент – на него приходится 88,6% всех атомов, ещё 11,3% – на гелий и лишь 0,1% на все остальные химические элементы. В земной атмосфере водород доминирует с высоты 200 км. И, когда образовывалась Земля, она не могла не вобрать в себя большое количество водорода.

Так что, возможен другой взгляд на состав Земли, а также другой подход к его исследованию. Его предложил Владимир Николаевич Ларин [4]. Он сравнивал распространённость разных элементов на Солнце, Земле, Луне и, по метеоритам, в поясе астероидов. Им было проведено сопоставление усреднённых составов: 1) фотосферы Солнца, показывающей нам большие объёмы, потому, что это зона конвективного перемешивания, 2) внешних геосфер Земли и 3) метеоритов – в падениях, именно в падениях, а не в находках (поскольку в находках – не обязательно это на самом деле метеорит).

Традиционно считается, что в эпоху формирования Солнечной системы произошла сепарация по массе – солнечный ветер «выдул» лёгкие элементы на периферию, а тяжёлые остались ближе к звезде.

Но оказалось, что различия связаны не с массой, а с потенциалом ионизации – энергией отрыва первого электрона от элемента. Чем легче ионизируем элемент, тем с большей вероятностью он находится ближе к Солнцу – в планетах земной группы. И наоборот – чем выше у него потенциал ионизации, чем сложнее оторвать у него электрон, тем с тем большей вероятностью он был нейтральным, и «проскочил» в зону формирования планет – гигантов (рис.3).

Если сравнить Землю и пояс астероидов, мы видим ту же зависимость – на Земле больше элементов с низким, а в метеоритах – с высоким потенциалом ионизации. Ни о каком солнечном ветре здесь говорить не приходится, потому, что у ртути и углерода потенциалы ионизации примерно одинаковы, и они находятся рядом (рис.4), при том, что ртуть – один из самых тяжёлых элементов (^{200}Hg), а углерод – один из самых лёгких (^{12}C).

Система же Земля-Луна состоит из вещества с одинаковым исходным химическим составом и по этой причине является парной планетой (рис.5).

Как это всё могло происходить? Некая межзвёздная среда (Небула), частично ионизированная, могла по каким-то причинам потерять устойчивость (например, в результате взрыва сверхновой) и начать сжиматься к своему центру тяжести (рис. 6). При этом, обладая исходным вращением, при сжатии она раскручивалась. Примерно так же, как делает фигуристка на льду. Этот процесс происходит неравномерно во времени, экспоненциально, и в последний момент Небула фактически схлопывается. При этом, резко раскручивается, и возникает так называемый предел ротационной неустойчивости, когда центробежные силы перевешивают силы тяжести.

Начинается истечение вещества в плоскости эклиптики. Но вращающаяся плазма обладает дипольным магнитным полем. А движущиеся с тепловыми скоростями заряженные частицы не могут пересекать силовые линии электромагнитного поля.

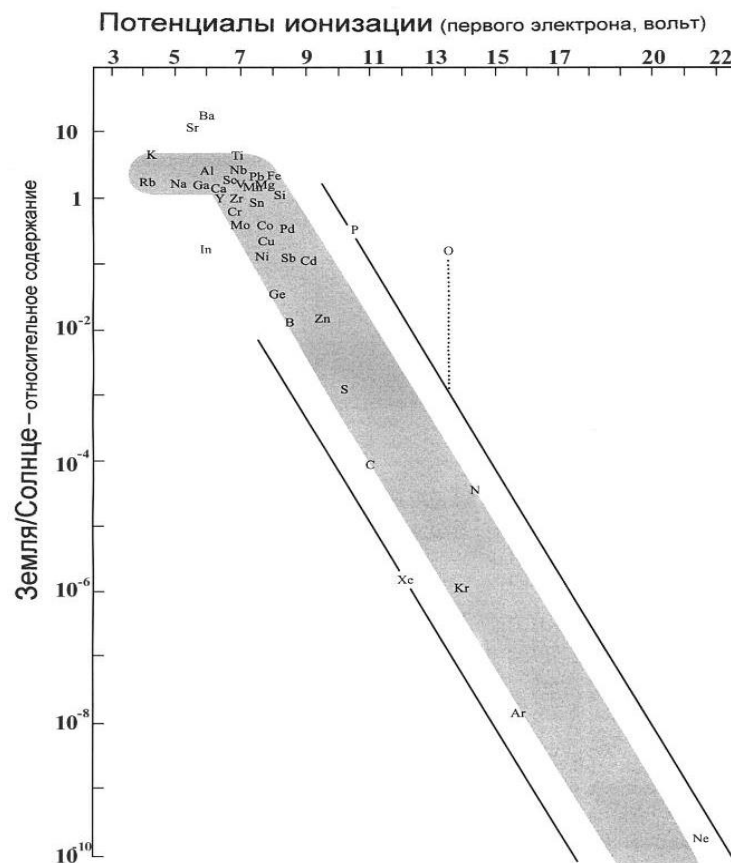


Рис. 3. Сравнительная распространённость элементов в зависимости от потенциалов ионизации на Земле относительно Солнца

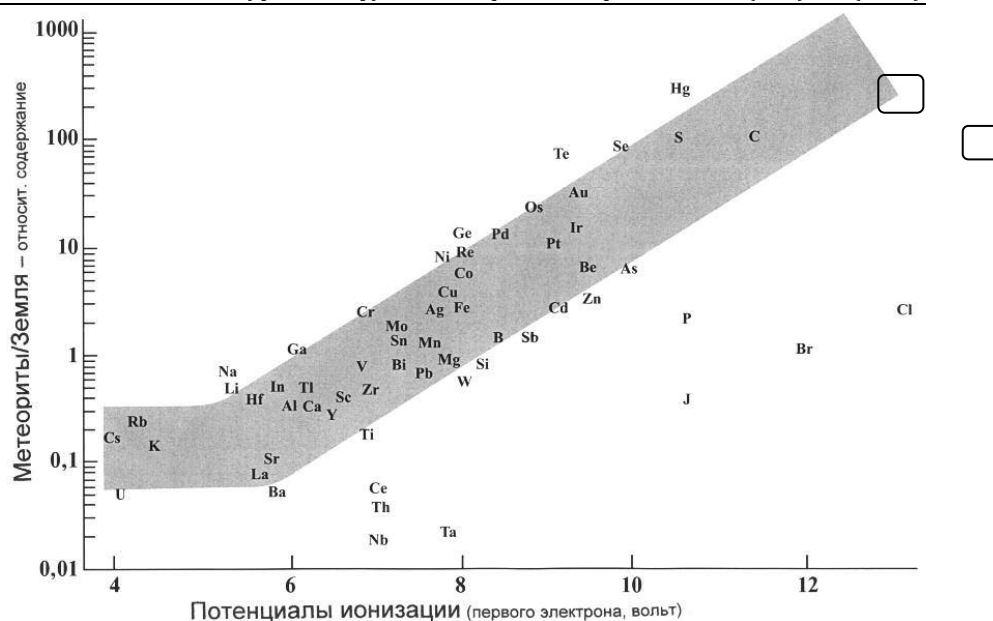


Рис. 4. Сравнительная распространённость элементов в зависимости от потенциалов ионизации в поясе астероидов относительно Земли

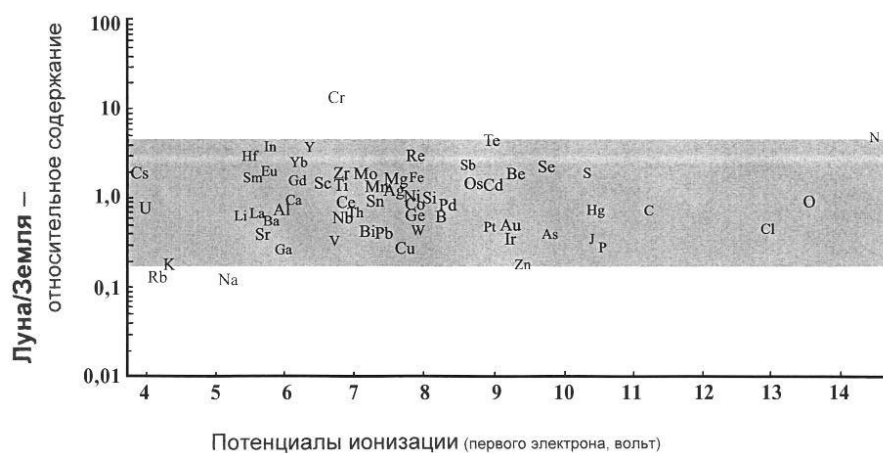


Рис. 5. Сравнительная распространённость элементов в зависимости от потенциалов ионизации на Луне относительно Земли.

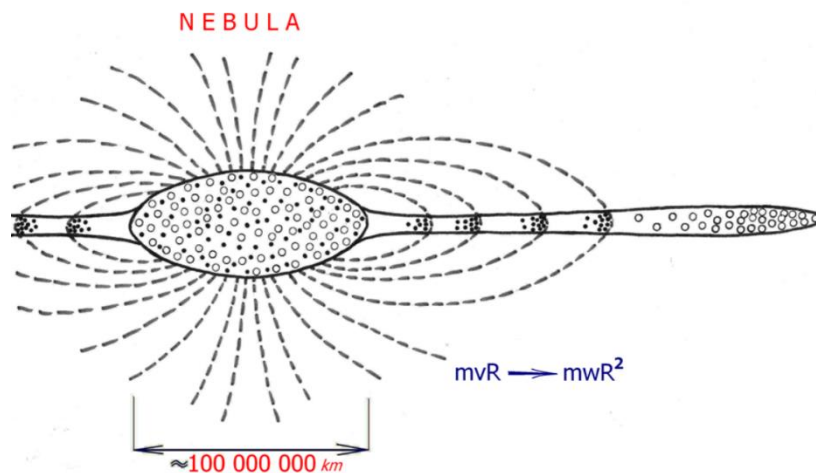


Рис. 6. Магнитная сепарация заряженных частиц при формировании протопланетного диска (черные точки – ионизированные частицы, светлые кружки – нейтральные атомы).

И, фактически, на завершающем этапе формирования этого диска включился магнитный сепаратор - чем больше вероятность, что атом был ионизирован, а это определяется энергией ионизации, тем больше вероятность, что он остался ближе к Солнцу. А, если был нейтральным – добро пожаловать дальше, из области формирования планет земной группы в область формирования планет – гигантов.

Далее, из графиков распределения химических элементов (рис. 3-5) мы можем просто выписать состав исходной Земли, что и было сделано В.Н. Лариным (табл. 1). И он примерно соответствует традиционным представлениям о Земле - с той разницей, что кислорода гораздо меньше, а водорода гораздо больше. Это, по сути, математика, которая определяет, сколько кому «отпущено» магнитным сепаратором.

И водорода в первичной Земле должно быть 59 атомных процентов. Планета, когда она собиралась, изначально должна была обладать тонкой силикатной плёнкой, дальше должна быть представлена бескислородными металлами, сплавами, соединениями металлов, например, с кремнием – силицидами. Ниже будут металлы с растворённым водородом – это уже современное состояние нашей планеты, а ещё ниже будут гидриды (рис. 7). Есть и эксперименты, когда в водородной атмосфере конденсировались металлы и, как снежинки, захватывали на себя по несколько атомов водорода.

Это очень легко, потому, что водород в металлах существует в виде протона. И туда можно «набить» сотни атомов водорода без изменения его свойств.

Таблица 1. Исходный состав протопланетного вещества
в зоне формирования Земли

Элемент	Расчёт	
	Доля в количестве атомов, %	Доля в весе, %
Si	19,5	45
Mg	15,5	31
Fe	2,5	12
Ca	0,9	3
Al	1,0	2
Na	0,7	1,5
Кислород	0,6	1
C	0,03-0,3	0,03-0,3
S	0,01-0,1	0,03-0,3
N	0,01	0,01
Водород	59	4,5

Так что, взгляд В.Н. Ларина на состав Земли основан уже на установленных эмпирических закономерностях, а не умозрительных посылах 200-летней давности.

В последние годы поступают дополнительные свидетельства. Например, радарное сканирование Луны показало, что она более металлическая, чем думали раньше [5].

Далее, идёт обусловленный периодическим нагреванием благодаря радиоактивному распаду, процесс дегазации Земли, в ходе которого высвобождается водород и происходит гидрогенизация с образованием воды, углеводородов, кислот, силанов (рис. 8).

Что, в таком случае, происходит с температурами в недрах?

Здесь интересно то, что водород в металлах при обычном давлении создаёт хрупкость, но под высоким давлением вызывает пластичность. Владимир Николаевич вместе с физиками проводил эти эксперименты – под высоким давлением при комнатной температуре, например, «потёк» насыщенный водородом образец титана (температура плавления титана 1650 градусов).

Сейчас по сейсмотомографии глубин Земли видно падение скоростей. Отсюда делается вывод, что там высокотемпературный расплав. При этом, например, под рифтовыми зонами (в частности, под Байкальским рифтом, провинцией Хребтов и Бассейнов, в грабенах Леванте и др.) фиксируется, напротив, пониженный тепловой поток. Это парадокс. Но, если объяснить пластичность вещества при низких температурах насыщенностью водородом, всё становится понятным.



Рис. 7. Новая геохимическая модель Земли

H_2	Водород
H_2O	Вода
CH_4 - ...	Углеводороды
HCl - H_2SO_4 - ...	Кислоты
SiH_4 - ...	Силаны

Рис. 8. Компоненты процесса дегазации Земли

Однако, нагревание недр, связанное с радиоактивным распадом, тоже существует. Оно вызывает дегазацию водорода, и он не может не выходить из недр на земную поверхность.

Для детального ознакомления с темой рекомендую книгу моего отца Владимира Николаевича Ларина «Наша Земля» [4].

Примечание. В.Н. Ларин – автор гипотезы изначально гидридной Земли, которая стала темой его докторской диссертации «Земля: состав, строение и развитие (альтернативная глобальная концепция)», защищённой в 1989 году в Геологическом институте АН СССР. Также диссертация была опубликована в 1993 году в Канаде [6].

2 Выходы водорода на земную поверхность

Выходы водорода на земную поверхность удалось обнаружить? Если да, то где они расположены, и с какими геологическими структурами связаны?

Да, нам удалось их обнаружить и поставить вопрос о возможности практического использования [7]. Так случилось, что лет 15 назад сошлись три необходимых компонента:

1. Теория, на которую мы опирались и раньше;
2. Открытие широкого доступа к космическим снимкам;
3. Появление компактных газоанализаторов водорода – это лаборатория уже не на грузовике, а помещающаяся в рюкзак.

Мы быстро обнаружили подозрительные структуры и поехали их проверять. Первой точкой наших исследований стала Воронежская область. На кольцеобразных структурах диаметром 2-2,5 км, заполненных озёрами – озёра Мокрое и Подовое (рис. 9), мы проводили замеры с помощью газоанализаторов и обнаружили концентрацию водорода до 0,65%. Мы посчитали и примерный дебит, сколько вся структура, связанное с озером Подовым, даёт в сутки. Оказалось – 27 000 км³. Вполне можно строить водородную заправочную станцию. Это приблизительные оценки, в реальности водорода может быть и на порядки больше.

Мы находили сходные структуры и в Липецкой области. Это была наша совместная работа с почвоведом, результаты которой были опубликованы в журнале «Почвоведение» [8]. Водород, проходя сквозь чернозём, расщепляет и осветляет гумус. Почвоведы даже провели эксперимент – пропускали водород сквозь гумус, и он посветлел.

В целом, на данный момент известны сотни выходов водорода с высокой концентрацией. Мы собрали коллекцию, состоящую из 470 статей и 20 книг, где приводятся их описания, и нанесли эту информацию на карту (рис.10). Эта огромная масса литературы была тщательно изучена нашим коллегой Вячеславом Згонником и донесена до мирового сообщества в виде обзора [9].



Рис. 9. Озёра Мокрое и Подовое в Воронежской области



Рис. 10. Описанные выходы водорода с концентрацией $>10\%$ (по данным >330 статей и >20 книг) [9].

Могу привести несколько наиболее ярких примеров. Это «чёрные курильщики» в рифтовой зоне Атлантики, где содержание водорода – до 70% . В Японии извергался вулкан Михара (остров Идзуосима у юго-восточного побережья острова Хонсю), в его газовой фазе было до 90% водорода.

В Кольской сверхглубокой скважине было около 20% водорода. В исландских вулканах – до 24% водорода.

В Турции в известном туристическом месте Кемер тоже есть выходы водорода с содержанием 15% , с метаном и азотом, он там горит с доисторических времён и, по легенде, именно там зажигали первый олимпийский огонь.

На Филиппинах, на острове Лусон, есть выходы, содержащие 60% водорода, описанные нашими коллегами из Французского Института нефти и новых энергий (IFPEN).

В Омане на одной из горных рек (рис. 11) мы обнаружили выходы водорода с содержанием 80% в газовых пузырях [10].



Рис. 11. Выходы водорода на горной реке в Омане. Фото автора.

Огромная система кольцеобразных понижений расположена на восточном побережье США, на границе штатов Северная и Южная Каролина (рис. 12).

Здесь этих озёр или просто понижений, частично заполненных водой – около полумиллиона. Выдвинуто десятки гипотез их образования – эоловые, биогенные, кометные... Но ни одной эндогенной. Все они имеют сходное строение, различаются лишь площадью и наши измерения там показали содержание водорода около 1,7%. По этому району у нас тоже есть публикация [11].



Рис. 12. Кольцевые структуры на восточном побережье США. Google Earth

Также один из самых ярких примеров – случайно обнаруженный выход водорода в Мали несколько лет назад [12]. Бурили скважину на воду, но пошёл водород. Сначала не поняли, что это, записали просто, что пошёл газ – не метан, но горючий. Только спустя некоторое время канадская консалтинговая компания (а в Канаде хорошо известна концепция В.Н. Ларина) разобралась в ситуации. Провели измерения, содержание водорода в газовой фазе составило 98%, дебит – около 400 кг водорода в сутки. Сейчас водород из скважины используется для снабжения местной деревни электричеством, его вполне хватает для этого, а для выработки электроэнергии приспособили обычный генератор, переделанный под водород.

Возвращаясь к нашей стране, один из перспективных регионов на водород – Якутия. Например, выходы водорода с дебитом 9000 кг/сутки обнаруживали на одной из кимберлитовых трубок. Также многочисленные кольцевые и эллиптические структуры чётко просматриваются на Яно-Индигирской низменности (рис. 13).



Рис. 13. Кольцевые структуры на Яно-Индиговской низменности. Google Earth

Это понижения, заполненные водой?

Да. Это талики в вечной мерзлоте, и объяснить их появление – большая проблема. Маленький талик можно объяснить каким-то случайным воздействием, но, что делать, если он 10 км в диаметре, и растёт не только в ширину, но и в глубину? При этом, и мерзлота бывает очень глубокой – до сотен метров и даже глубже; например, когда на Байкале прокладывали Северо-Муйский тоннель, там мерзлоту обнаружили на глубине 1,5 км под хребтами.

Но эндогенный водород даёт исчерпывающее объяснение. Водород, идущий из глубин, рождает воду. Это экзотермическая реакция: $H_2 + O$ даёт H_2O и тепло.

Вы привели очень разные геологические примеры. С какими же именно геологическими структурами и ситуациями связаны выходы водорода, просматривается ли какая-то закономерность?

Возможны разные ситуации, но, в основном, они привязаны к зонам повышенной трещиноватости, к тектоническим разломам, например, в областях рифтогенеза. Это естественно, водород стремится к использованию уже существующих естественных каналов.

В случае с Яно-Индиговской низменностью это продолжение Срединно-Атлантического хребта, идущего через Северный полюс, потом – хребет Гаккеля, далее он «ныряет» под шельф моря Лаптевых и выходит на континент в виде рифтогенного растяжения.

Или, например, Чарская впадина – одна из впадин байкальской зоны рифтогенеза – там находится самая удивительная пустыня мира. Я над ней как-то летел на Ан-24 из Читы в Чару. Вокруг мерзлота, болота, а тут барханы и спички лиственниц. Такая «блямба» из песка. И такие или сходные структуры, резко диссоциирующие с окружающим ландшафтом и геологией и необъяснимые обычными способами, раскиданы по всему миру – в Якутии, в Монголии, в штате Небраска в США, в Западной Австралии, в Южной Африке...

Геологические условия формирования каналов выхода водорода на поверхность могут кардинально различаться. Где-то мерзлота, где-то пустыни, но структуры, формируемые выходами водорода, везде очень похожи – это просадки круглой или эллиптической формы, и мы даже ввели для них термин КСП – кольцевые структуры проседания.

Но можем ли мы говорить о множественных выходах водорода в масштабах и концентрациях, достаточных для промышленного использования?

Да, уже есть отдельные примеры. Это реально, просто требует дополнительных исследований. Кроме того, процесс сепарации водорода, выходящего в смеси с другими газами, несложен. В целом, добыча свободного эндогенного водорода, выходящего на земную поверхность, кардинально удешевляет его получение и использование и, кроме того, избавляет от негативных экологических эффектов, связанных с получением водорода с помощью конверсии углеводородов или электролиза воды.

А можно ли оценить общий объём или массу водорода, выходящего на земную поверхность и, далее, в атмосферу?

Можно, например, следующим образом. Когда водород выходит из недр, то он поднимается в верхние слои атмосферы и улетучивается в космос. Если водород покидает Землю, она должна терять массу. Это происходит? Судя по тому, что расстояние между Землёй и Луной растёт – со средней скоростью около 3,8 см в год, Земля ежегодно теряет «всего-то» около 600 млрд. тонн своей массы. Это только то, что ушло. Сколько-то остаётся на Земле – в частности, около 130 млрд. тонн водорода ежегодно уходит на образование воды, ещё какое-то, неизвестное пока, количество – на приrost запасов углеводородов...

3 Другие следствия из водородной теории

Выход и прохождение через атмосферу сотен миллиардов тонн водорода ежегодно не может не иметь целого спектра последствий. В частности, уже достаточно давно появились работы, оценивающие возможные последствия развития водородной экономики – в том числе, возможные отрицательные эффекты для верхних слоёв атмосферы Земли при утечках водорода из инфраструктуры [13]. Но получается, что идут естественные огромные утечки. Это как-то проявляется, например, в атмосфере?

Да. Это не совсем моя специализация, и я бы рекомендовал обратиться к работам доктора геолого-минералогических наук Владимира Леонидовича Сывороткина, много этим занимавшегося.

Прим. Интервью с В.Л. Сывороткиным – далее в текущем номере журнала

Разрушение озонового слоя и образование серебристых облаков может быть связано именно с поступлением в атмосферу свободного эндогенного водорода. Тем более, господствовавшая ещё недавно антропогенная концепция, при которой деградацию озонового слоя связывали с фреонами, оказалась несостоятельной, более того, в её обосновании присутствовала и научная недобросовестность, ангажированность, обусловленная теми или иными корпоративными интересами. Здесь обращает на себя внимание и то, что озоновая дыра была обнаружена над Антарктидой, тогда, как почти всё население, экономика и потребление Земли сосредоточены в противоположном, Северном, полушарии.

Между тем, существует Циркумантарктический рифт, зона стыка срединно-океанических рифтовых поясов, что вполне объясняет и утечку водорода с разрушением озона, и образование серебристых облаков на высотах более 70 км. Химическая реакция процесса: $O_3 + H_2 = H_2O + O_2$. И другими способами «доставить» воду на такую высоту невозможно.

По пути к поверхности Земли водород должен образовывать воду в большом количестве. Соответственно, вода на Земле должна прибывать...

Это происходит. Уровень Мирового океана ежегодно поднимается на 3-4 мм, и только часть этого подъёма можно объяснить таянием ледников. Более того, водород участвует в создании не только воды на Земле, но и водных минералов (минералов содержащих гидроксильную группу). Идя сквозь Землю, водород цепляет все примеси, в том числе кислород, вытаскивает его наверх, и формируется силикатно-окисная оболочка, постепенно прирастающая. Наконец, с водородом можно связать и образование углеводородного сырья. Как мы уже говорили, другого убедительного способа объяснить наличие в земной коре огромных запасов углеводородов просто не находится. А, если так, это означает, что нефть и газ – ресурсы неисчерпаемые, постоянно пополняемые благодаря истечению водорода из глубинных слоёв Земли и вступлению в реакцию с углеродом, запасы которого в земной коре тоже вполне достаточны. Впервые об этом написал В.Н.Ларин [6].

А в настоящее время эффект восполнения запасов нефти на, вроде бы, исчерпанных месторождениях, хорошо известен и описан – например, для месторождений Татарстана, Северного Кавказа, ряда месторождений в США.

В выбросах водорода присутствует какая-либо периодичность?

Да, конечно, есть циклы разной длительности, обусловленные приливными явлениями (отметим, что даже земная поверхность ежесуточно поднимается и опускается на 50-60 см), цикличностью радиоактивного разогрева земных недр,

какими-то другими причинами, например, всплесками тектонической активности – землетрясениями, извержениями вулканов.

Самые короткие циклы могут быть связаны с фазами Луны. При этом, водород никто не измеряет, что приводит и к росту частоты техногенных катастроф в периоды повышенной водородной активности. В частности, на шахтах стоят датчики метана, но они не видят водорода. У В.Л. Сывороткина в его книге «Глубинная дегазация и глобальные катастрофы» [14] приводится статистика, и есть указание, что аварии на шахтах в дни полнолуний и новолуний случаются в 7-14 раз чаще.

Или пожары 2010 года... В.Л. Сывороткин обращает внимание на то, что большая часть пожаров происходит в зоне вечной мерзлоты, где почти нет населения...

Мне тоже знакома статистика пожаров 2010-2011 гг., большая часть пожаров летом на малонаселённых территориях Сибири объясняют сухими грозами...

Возможно. Поскольку молнии, вероятно, проще использовать какие-то неравномерности химического состава атмосферы.

В целом, много явлений или катастрофических событий, не находящихся убедительных и внутренне непротиворечивых объяснений, включая и Тунгусский феномен, и взрывы в Сасово в 1991 году, Ямальскую воронку, Витимский болид... Но они находят логичное водородное объяснение.

В своё время Владимир Павлович Полеванов, тоже наш соратник, геолог и государственный деятель – отметим, один из немногих, кто в 1990-е не давал растаскивать страну, помог мне организовать встречу с ВНИИ АЭС и после проведения измерения водорода на одной из атомных станций. Там содержание было более 0,4%.

Иными словами, поиск выходов водорода, замеры содержания водорода в воздухе – это и очень важный вопрос техногенной безопасности, которому пока никакого внимания не уделяют.

4 Водород, расширение Земли и смена геологических эпох

Если же говорить о более длительных периодах, то с циклами радиоактивного разогрева недр и, как следствие – дегазации водорода, можно связать и смену геологических эпох и периодов на Земле, хорошо известных по геохронологическим таблицам как кембрий, ордовик, силур и т.д. И не надо каждый раз «привлекать» в качестве объяснения какой-то гигантский метеорит или астероид.

Исходя из теории гидридного ядра Земли, можно предложить более реалистичный механизм. Под действием радиоактивного разогрева Земля начинает газить водородом, при этом наращивая металлический слой.

Здесь интересный момент – в условиях высоких давлений гидриды плотнее, чем исходные металлы, и при переходе гидрида в металл увеличивается объём. Как следствие, Земля расширяется. Но, при расширении снижается температура.

То есть, планета начинает остывать, пока снова не накопится радиогенное тепло, которое начнёт дегазировать уже следующий слой в глубину и запустит очередной цикл расширения, маркируемый как новый геологический период.

Я встречал концепцию расширяющейся Земли также в 1980-е в работе австралийского геолога Клиффа Оллиера (Cliff Ollier) «Происхождение гор» (The Origin of Mountains) [15]...

Да, но у него не было убедительного механизма увеличения объема планеты. Между тем, концепция расширения Земли способна разрешить давний спор «фиксистов» и «мобилистов». Хотя мобилизм стал мейнстримной концепцией в современной геологии, он не может разрешить целый ряд принципиальных противоречий, которые снимаются, без необходимости бесконечно «гонять плиты», с помощью теории расширения Земли, механизм которого – дегазация гидридов, слагающих ядро планеты.

В таком случае, простите за прямой вопрос – почему гидридная теория на данный момент не признана большей частью научного геологического сообщества?

В геологической науке тоже есть свои длительные циклы. В этом смысле в геологии сложнее, чем в математике, где можно доказать теорему, и доказательство сразу понятно, или в химии, где можно получить новое соединение, и результат тоже для всех очевиден.

В геологии же объект исследования таков, что становление знания происходит очень медленно. В результате некая гипотеза, возникшая вначале на основе умозрительных построений, принимается, на ней вырастают поколения геологов, и она «канонизируется» быстрее, чем накапливаются новые знания, способные её опровергнуть и дать материал для более убедительной концепции. И новые факты, опровергающие «каноническую», поначалу становятся «неправильными фактами».

На данный момент «водорода нет», в том числе, он не включён и в список полезных ископаемых. Мы находимся в начале пути, накапливаем натурные и экспериментальные доказательства нашей концепции и, в долгосрочной перспективе, рассчитываем на успех.

Литература

1. Дегтярев К.С., Берёзкин М.Ю. О проблемах водородной экономики // Окружающая среда и энергосодержание, № 1/2021, с. 14-23. URL: <https://clck.ru/VRAdK>.
2. Australia, Japan Sign Hydrogen Agreement: An Exciting Step Towards Hydrogen Future. URL: <https://clck.ru/VRAdj>.
3. Hydrogen Future. URL: <http://hydrogen-future.com/>
4. Ларин В.Н. Наша Земля. Изд-во «Агар», 2005.
5. Radar Points to Moon Being More Metallic Than Researchers Thought. URL: <https://clck.ru/VRUMR>

6. Larin, V. N. (1993). *Hydridic Earth: the New Geology of Our Primordially Hydrogen-rich Planet*. (C. W. Hunt, Ed.). Alberta: Polar publishing. Retrieved from <http://www.polarpublishing.com/#hydridic>.
7. Natural Molecular Hydrogen Seepage Associated with Surficial, Rounded Depressions on the European Craton in Russia / N. Larin, V. Zgonnik, S. Rodina et al. // *Natural Resources Research*. — 2014. — no. Nov.
8. Суханова, Н. И., Ларин, Н. В., & Кирюшин, А. В. (2014). Влияние потока эндогенного водорода на химические свойства почв. *Геополитика и Экогеодинамика Регионов. Периодическое Издание Таврического Национального Университета Им.В.И.Вернадского*, 10(1), 214–220. Retrieved from <http://geopolitika.crimea.edu/arhiv/2014/tom10-v-1/036suzanova.pdf>
9. Zgonnik, V. (2020). The occurrence and geoscience of natural hydrogen: A comprehensive review. *Earth-Science Reviews*, 203, 103140. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103140>
10. Diffused Flow of Molecular Hydrogen through the Western Hajar Mountains, Northern Oman / V. Zgonnik, V. Beaumont, N. Larin et al. // *Arabian Journal of Geosciences*. — 2019.
11. Evidence for Natural Molecular Hydrogen Seepage Associated with Carolina Bays (Surficial, Ovoid Depressions on the Atlantic Coastal Plain, Province of the USA) / V. Zgonnik, V. Beaumont, E. Deville et al. // *Progress in Earth and Planetary Science*. — 2015. — Vol. 2, no. 1. — P. 31.
12. Cheick A.P., Tahara S., Aliou C., Diallo B. Discovery of a Large Accumulation of Natural Hydrogen in Bourakebougou (Mali) // *International Journal of Hydrogen Energy*. Volume 43, Issue 42, 18 October 2018, Pages 19315-19326.
13. Tracey K. Tromp, et al. Potential Environmental Impact of a Hydrogen Economy on the Stratosphere *Science* 300, 1740 (2003); DOI: 10.1126/science.1085169.
14. Сывороткин В.Л. Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. М.: ООО Геоинформцентр, 2002, 250 с.
15. Cliff Ollier and Colin Pain. *The origin of mountains*. London: Routledge, 2000 368p. : ill. ; 24 cm.

References

1. Degtyarev K.S., Beryozkin M.Yu. On the Problems of Hydrogen Economy // *Journal of the Environmental, Earth, and Energy Study*. — 2021. - № 1.- p. 14-23. URL: <https://clck.ru/VRAdK>.
2. Australia, Japan Sign Hydrogen Agreement: An Exciting Step Towards Hydrogen Future. URL: <https://clck.ru/VRAjd>.
3. Hydrogen Future. URL: <http://hydrogen-future.com/>
4. Larin V.N. *Nasha Zemlya. Izd-vo «Agar»*, 2005.
5. Radar Points to Moon Being More Metallic Than Researchers Thought. URL: <https://clck.ru/VRUMR>
6. Larin, V. N. (1993). *Hydridic Earth: the New Geology of Our Primordially Hydrogen-rich Planet*. (C. W. Hunt, Ed.). Alberta: Polar publishing. Retrieved from <http://www.polarpublishing.com/#hydridic>.
7. Natural Molecular Hydrogen Seepage Associated with Surficial, Rounded Depressions on the European Craton in Russia / N. Larin, V. Zgonnik, S. Rodina et al. // *Natural Resources Research*. — 2014. — no. Nov.

8. Suhanova, N. I., Larin, N. V., & Kiryushin, A. V. (2014). Vliyanie potoka endogenного водорода na himicheskie svoystva pochv. Geopolitika i Ekogeodinamika Regionov. Periodicheskoe Izdanie Tavricheskogo Nacional'nogo Universiteta Im.V.I.Vernadskogo, 10(1), 214–220. Retrieved from <http://geopolitika.crimea.edu/arhiv/2014/tom10-v-1/036suhanova.pdf>
9. Zgonnik, V. (2020). The occurrence and geoscience of natural hydrogen: A comprehensive review. *Earth-Science Reviews*, 203, 103140. <https://doi.org/10.1016/j.earsci-rev.2020.103140>
10. Diffused Flow of Molecular Hydrogen through the Western Hajar Mountains, Northern Oman / V. Zgonnik, V. Beaumont, N. Larin et al. // *Arabian Journal of Geosciences*. — 2019.
11. Evidence for Natural Molecular Hydrogen Seepage Associated with Carolina Bays (Surficial, Ovoid Depressions on the Atlantic Coastal Plain, Province of the USA) / V. Zgonnik, V. Beaumont, E. Deville et al. // *Progress in Earth and Planetary Science*. — 2015. — Vol. 2, no. 1. — P. 31.
12. Cheick A.P., Tahara S., Aliou C., Diallo B. Discovery of a Large Accumulation of Natural Hydrogen in Bourakebougou (Mali) // *International Journal of Hydrogen Energy*. Volume 43, Issue 42, 18 October 2018, Pages 19315-19326.
13. Tracey K. Tromp, et al. Potential Environmental Impact of a Hydrogen Economy on the Stratosphere *Science* 300, 1740 (2003); DOI: 10.1126/science.1085169.
14. Syvorotkin V.L. Glubinnaya degazaciya Zemli i global'nye katastrofy. M.: OOO Geoinformcentr, 2002, 250 s.
15. Cliff Ollier and Colin Pain. The origin of mountains. London: Routledge, 2000. 368p. : ill. ; 24 cm.

Constitution of Earth and Hydrogen Energy

Larin Nicolay

Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences

E-mail: larin.hydrogen@gmail.com

Abstract. The article presents an interview of Kirill Degtyarev, the Journal of the Environmental, Earth, and Energy Study deputy editor-in-chief, with Nicolay Larin, a geologist and researcher of Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences. The subject is the concept of hydride Earth's core that was first proposed by Vladimir Larin, a Doctor of Geology, in 1970th.

One of, but not the only by far practical consequence of this theory is the presence of free hydrogen seepages on the Earth's surface and into the atmosphere, that can cardinaly change the world energy industry so it would eliminate the problems of high costs and negative environmental effects of the present hydrogen production.

Keywords: Constitution of Earth, hydrides, hydrogen, hydrogen energy, geology

УДК: 551.583

Климатические изменения и энергетика: влияние, прогнозы и последствия

¹Соловьев Дмитрий Александрович ^[0000-0001-5591-3067],²Залиханов Алим Михайлович ^[0000-0002-2540-6045]¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия²Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: solovev@ocean.ru, bulungu@yandex.ru

Аннотация. В статье представлен краткий обзор дискуссии ведущих российских ученых о ситуации вокруг глобальных климатических изменений. Представлены различные подходы к оценкам общепринятой теории климатических изменений, связывающей их преимущественно с антропогенной (техногенной) деятельностью индустриальной цивилизации. Рассматриваются различные факторы, ответственные за современное изменение климата, проблемы прогнозирования и последствия климатических изменений с учетом вклада развивающейся энергетической отрасли.

Ключевые слова: климатические изменения, глобальное потепление, глобальное похолодание, последствия изменения климата, антропогенная деятельность

1 Введение

Климат нашей планеты - это не только температурный режим в земной атмосфере, это - энергетический баланс нашей планеты. Энергетический баланс Земли зависит от внешнего потока солнечной (космической) энергии и обратной реакции планеты, обусловленной ее накопленным потенциалом [1].

Мощность солнечного излучения, приходящего на Землю, оценивается в 1,2 млн ТВт, что более чем в 10 тыс. раз превышает мощность всех электростанций в мире. А потенциальная мощность энергии, накопленной в Земле, составляет всего 30 ТВт. Однако ее оказывается достаточно, чтобы вызывать природные катастрофы, оказывающие долгосрочное влияние на такие характеристики земной

атмосферы как ее температура, влажность, пыленасыщенность, ураганы. В конечном итоге это проявляется в долгосрочных и более коротких климатических изменениях как на планете в целом, так и в различных зонах.

Необходимо также учитывать, что в сложной системе, где все факторы находятся во взаимоотношениях, нельзя выделить однозначно причину и следствие.

Но дело даже не в количественных сопоставлениях, а в том, что все эти потоки энергии (прямые и обратные) создают достаточно сложную энергоклиматическую картину в атмосфере Земли. Так, выбросы парниковых газов из морей и океанов провоцируются повышением поверхностной температуры, но и сама температура зависит от этих выбросов. Эти обратные связи могут быть как положительными, провоцируя нарастание процесса до определенного уровня, так и отрицательными, стабилизируя его развитие.

И тот и другой потоки энергии не остаются неизменными как во времени, так и в пространстве. Они зависят от вращения Земли вокруг своей оси и обращения Земли вокруг Солнца. А эти динамические параметры, в свою очередь, подвержены как длительным планетарным циклам, так и сравнительно коротким (12, 36 лет) флуктуациям. Обратные энергетические потоки в атмосферную зону вызваны как высвобождением энергии гидросферы и литосферы планеты при превышении их емкостных запасов, так и биогенной, антропогенной и техногенной деятельностью живых существ.

Поскольку в разных зонах околоземной поверхности (вблизи морей и рек, гор, пустынь, тундры, лесных массивов и городских агломераций) действие всех этих факторов проявляется неодинаково, то говорить о едином климате на планете, точнее - его динамических изменениях, неправомерно. Попытки увязать эти климатические характеристики лишь с одним параметром - температурой в приземном слое, не вполне соответствуют системному подходу к общей картине энергоклиматических изменений на планете. Тем более что на планете существует 13 климатических поясов (арктический, умеренный, экваториальный и т.д.), в каждом из которых действие внешних и внутренних энергетических потоков проявляется по-разному. Поэтому говорить лишь о каком-либо одностороннем тренде - глобальном потеплении климата на планете, или глобальном похолодании - неправомерно как с научной, так и с социально-политической точки зрения. Для одних районов это прогнозируемое потепление будет благом - в частности для северо-восточной части Евразии; для других - районов Центральной Африки - катастрофичным. Но, учитывая периодичность многих климатических изменений (наступления и отката ледниковых периодов, повторяющихся засух и обводнения Сахары и Арало-Каспийской впадины, освобождения ото льдов Севморпути в прошлом и усложнения ледовой обстановки в ряде арктических регионов, наводнений и летних заморозков в Европе), говорить об однозначных тенденциях глобального потепления, и уж тем более искать его однозначную причину в антропогенной (техногенной) деятельности индустриальной цивилизации по мнению ряда ученых не вполне корректно [2]–[6]. В настоящее время становится очевидно, что если сохранятся современные темпы технологического развития и глобальные технологические методы использования ресурсов биосферы, то это приведет к ее необратимым критическим для людей изменениям.

Проблема, стоящая перед научным сообществом, состоит в том, чтобы найти технологические, экологические и демографические предпосылки преодоления кризиса. Одним из факторов, который все больше связывается с глобальной антропогенной деятельностью, является климат планеты. Ниже представлен обзор мнений российских ученых - геофизиков, океанологов, климатологов, руководителей академических институтов РАН о ситуации вокруг глобальных климатических изменений, высказанных ими в ходе дискуссий на заседаниях Президиума Российской академии наук [2]. При подготовке обзора использовались также материалы статей, интервью и докладов наиболее компетентных специалистов в этой области академика: РАН Роберта Искандеровича Нигматулина, академика РАН Николая Леонтьевича Добрецова, академика РАН Игоря Ивановича Мохова и члена –корр. РАН Сергея Константиновича Гулева. Рассматриваются различные факторы ответственные за современное изменение климата, чтобы понять меру и степень ответственности человеческой цивилизации за наблюдаемые в настоящее время изменения климата нашей планеты [2], [7]–[10].

2 Основные причины глобального потепления

Академик РАН Р.И. Нигматулин. Сразу сделаю оговорку: климат — это не погода. Погода это то, что будет завтра, послезавтра, и сейчас специалисты достигли больших успехов в прогнозе погоды на неделю. А климат — это то, что будет в масштабах лет. На планете имеют место гигантские перепады температур, но при осреднении можно констатировать: с 1975-го года средняя температура выросла на полградуса. Полградуса — это, вообще-то говоря, немало: если температура вашего тела 36,6, и вы в порядке, но, если она выше на полградуса — вы больной. Это одна из драм потепления — термодинамически ничтожные изменения могут оказать существенное влияние на живые системы, в частности, вирусы и бактерии. Плюс к этому растет уровень океана на 3 мм в год, площадь арктического льда сократилась в два раза в летние месяцы. Существуют прогнозы — что уровень ледяного арктического покрова и дальше будет падать, а уровень океана расти.

Основная концепция потепления состоит в том, что углекислый газ способствует повышению температуры, но очень слабому, однако оно приводит к повышению содержания влаги в атмосфере. На нашей планете, как мы понимаем, влаги очень много — поверхность Земли на 72% покрыта океаном, и водяной пар интенсивно испаряется. Этот водяной пар, усиленный углекислым газом, и является парниковым газом, именно он увеличивает повышение температуры, которое мы наблюдаем. Кроме того, на этот процесс накладываются различные иные природные циклы и обстоятельства, о которых я скажу далее.

В краткой схеме энергетический баланс, который формирует климат, чем-то напоминает механизм парника на даче. Коротковолновая световая энергия проходит через стеклянное покрытие парника и воздух, поглощается грунтом, переизлучается обратно вверх в виде длинноволнового излучения, которое поглоща-

ется воздухом и стеклом, тем самым нагревая его внутреннее пространство. Примерно такой же парниковый эффект происходит и в нашей атмосфере. Радиационный поток солнечной энергии (т.е. коротковолновое излучение), проходя через атмосферу, поглощается в малой степени. Затем часть потока зеркально отражается, а часть поглощается верхним слоем твердой или жидкой поверхностью Земли и переизлучается поверхностью планеты обратно вверх в сторону космоса. Однако значительная часть этого длинноволнового излучения поглощается парниковыми газами в атмосфере, главными из которых являются водяной пар, углекислый газ, метан и др.

Поэтому эффект глобального потепления исследователями связывается с ростом концентрации углекислого газа, который в свою очередь происходит вследствие антропогенной деятельности — действующих промышленных предприятий, выхлопных выбросов автотранспорта и т.д. С другой стороны, сократилась площадь лесов, которые своим хлорофиллом перерабатывают углекислый газ.

Таковы общепринятые сегодня взгляды, однако, сразу поделюсь сомнениями. Нагрев воздуха происходит двумя механизмами — во-первых, за счет непосредственного поглощения радиации, и, во-вторых, за счет передачи тепла снизу вверх вследствие турбулентной теплопроводности. Так вот, мне представляется, что роль непосредственного радиационного нагрева более завышена в существующих моделях, чем передача тепла, и это одно из моих сомнений, хотя я полностью утверждать этого не могу. Но если это так, то тогда роль парниковых газов завышена, потому что на теплопроводность парниковые газы, которые составляют всего сотые доли процента — никакой роли не оказывают.

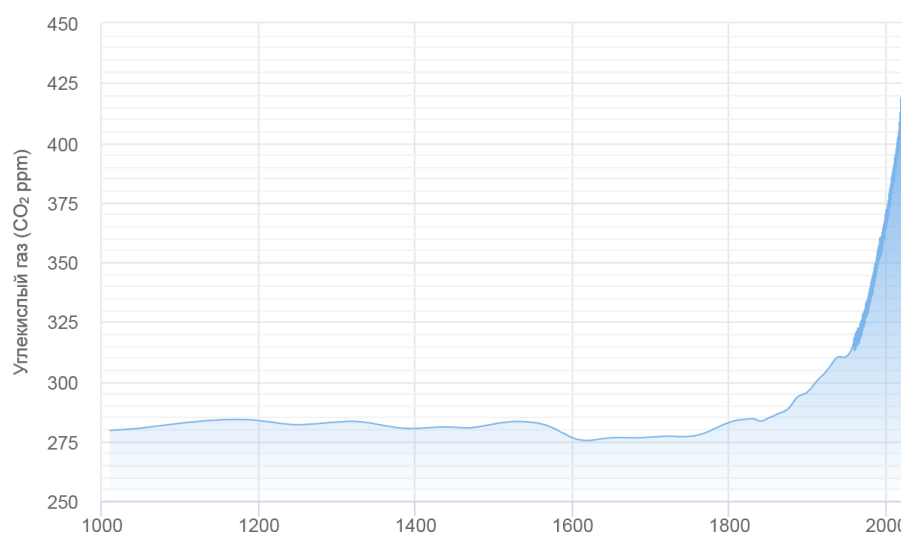


Рис. 1. Изменение содержания углекислого газа в атмосфере Земли за последние 1000 лет. Источник: [11], www.climate.gov

Да, следует подтвердить: содержание углекислого газа в атмосфере за время нашей с вами жизни выросло гигантским скачком, который никогда не наблюдался за последние семьсот тысяч лет (Рис.1). И действительно: там, где содержание углекислого газа больше — теплее, а где его меньше — холоднее. Углекислый газ естественным образом выделяется природными системами — порядка 100 млрд. тонн в год — и, соответственно, этот же его объем обратно перерабатывается в виде углерода зеленой массой, поглощается океаном и в этом обороте случаются дисбалансы, обусловленные природными системами. Сегодня же, нельзя не признать, дисбаланс вследствие антропогенного фактора многократно превышает естественные, установившиеся в природе нормы — и это, конечно, драматично.

Член-корреспондент РАН С.К.Гулев. Говоря об антропогенном потеплении климата, мы имеем в виду процесс, который шёл в течение XX века и, наверное, продолжится и в XXI веке, если промышленность будет развиваться в том же духе. Безусловно, в течение XX века, особенно второй его половины, климат существенно потеплел. Однако при этом на фоне антропогенного потепления протекают процессы межгодовой изменчивости или декадной изменчивости, которые по разбросу температур могут быть больше, чем этот небольшой тренд потепления: например, 2014 год запросто может оказаться холоднее 2012-го. Говоря о потеплении, мы прогнозируем, что средняя температура увеличится на 2—3 градуса к 2100 году, в зависимости от того, по какому сценарию будет развиваться мировая экономика. За XX век температура на Земле поднялась в среднем на 0,74 градуса (при этом в Арктике — на 2,5 градуса), но межгодовые температурные колебания были гораздо больше. Важную роль играют и астрономические факторы: расстояние от Земли до Солнца, светимость Солнца, прецессия земной оси и так далее. Говорят, если климатолог доказывает, что астрономические факторы важны для картины изменений климата, то это плохой климатолог. Нет, это не так. Просто надо понимать, что астрономические факторы имеют очень маленький разброс величин на протяжении ста — двухсот лет. Более существенный разброс они имеют в масштабах тысяч, десятков тысяч, миллионов лет: на такой временной макрошкале они становятся главными. Поэтому вполне может существовать шестидесятитысячелетний цикл оледенений, когда очень тёплые периоды сменяются очень холодными. А двести лет, о которых мы говорим в связи с антропогенным потеплением, составляют ничтожную долю по отношению к масштабу в десятки тысяч лет. Возможно, в рамках большого цикла мы живём сейчас в фазе похолодания. Но на меньшей шкале мы одновременно живём в период антропогенного потепления. А в масштабе года, кстати, — тоже в период похолодания, поскольку пик лета пройден и дело идёт к зиме. Простой пример: какими бы тёплыми ни были февраль или январь, можно с уверенностью сказать, что июль будет теплее. Даже самый холодный июль будет теплее самого тёплого января, потому что к лету температура увеличивается. Но из этого вовсе не следует, что февраль обязательно теплее января! И уж точно 28 января не обязательно будет теплее, чем 15-е. Есть мягко нарастающая тенденция от зимы к лету, но на фоне этого процесса колебания между январём и февралём могут быть любыми.

3 Перспектива: глобальное потепление или глобальное похолодание?

Член-корреспондент РАН С.К.Гулев. Не существует никакого учения о глобальном потеплении, существует область физики, называемая физикой климата. Предметом ее изучения являются наблюдаемые климатические изменения на разных масштабах (времени), физическое описание их механизмов и моделирование этих изменений с целью возможного прогноза.

Важно отметить, что Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC) не проводит исследований, а лишь критически обобщает публикации в рецензируемой научной литературе. Так появляются оценочные доклады IPCC, представляющие обобщения климатических исследований за последние 6–7 лет. В этих отчетах нет ничего, что было бы не опубликовано в рецензируемой научной литературе.

Вся история науки о климате прекрасно описана в 1-й главе 4-го Оценочного доклада [12]. Кое-что полезное есть и в 5-м докладе [13]. Главы отчетов IPCC понятны людям с образованием в области физических наук.

Детально рассматривается роль всех факторов, включая и солнечную активность. Более того, в каждом отчете имеется отдельная глава, посвященная палеоклиматическим реконструкциям и изменениям климата на масштабах тысячелетий и более. IPCC занимается изменениями климата за последние 2 века и его прогнозами на грядущие 2 века. На этом масштабе времени роль солнечной активности невелика. Солнечная активность по самым оптимистичным оценкам может объяснить не более 10 % потепления с 1890 по 2006 год, при этом она отвечает лишь за 1,5 % сигнала в период 1955–2006 годов. Есть десятки публикаций как климатологов, так и астрофизиков на эту тему, их обзор есть, например, здесь [14]. И уж никак 30-летний цикл не связан с потеплением начала века. Температура менялась в течение последних 120–140 лет с 50–70-летней цикличностью и потепление начала века – ее проявление (Рис.2.).

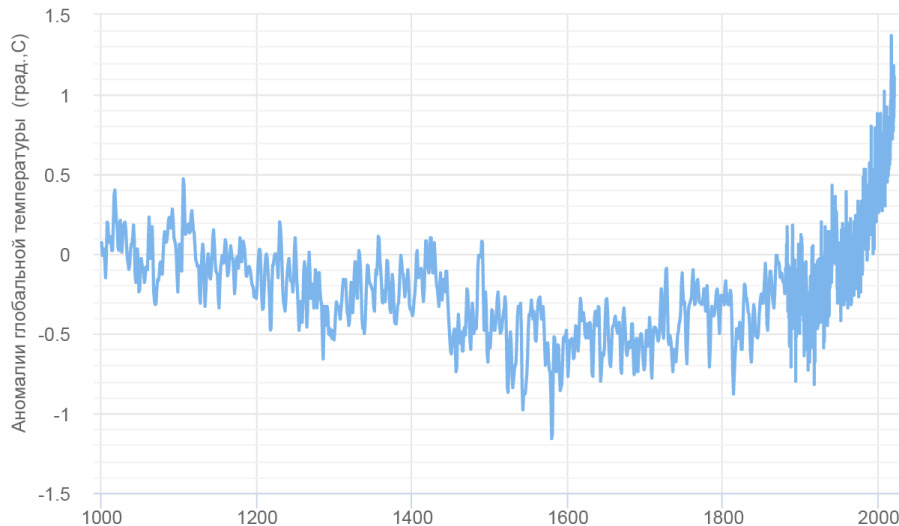


Рис. 2. Аномалии глобальной температуры воздуха вблизи поверхности Земли за последние 1000 лет. Источник: [11], www.climate.gov

Климат Земли подвержен долгопериодическим изменениям за счет изменений орбиты, расстояния от Земли до Солнца, прецессии вращения и ряда других факторов. Все это обобщено в теории циклов Миланковича. Но это происходит на масштабах времени от десятков до сотен тысяч лет, и на таких масштабах действительно эти факторы главные, с этим связаны, например, крупные оледенения.

Что касается фазовых соотношений CO_2 и температуры, то они также различны на разных масштабах времени. Существует сильная положительная обратная связь между этими двумя характеристиками, поэтому трудно точно определить фазовые соотношения, но не невозможно. Недавняя неплохая публикация на эту тему показывает, что на коротких масштабах, как раз CO_2 опережает температуру[15].

По мере роста потепления будет возрастать число природных катаклизмов. Физически это объясняется нелинейным откликом степени стохастизации системы даже на малые изменения внутренней энергии. Это подтверждено как обработкой данных наблюдений, так и климатическими моделями (число статей исчисляется тысячами). Увеличивается интенсивность экстремальных осадков в средних широтах, хотя долговременные суммы осадков меняются достаточно слабо. Аналогично обстоит дело с сильными ветрами и штормовыми волнами... Учитывая важность проблемы, IPCC был подготовлен отдельный доклад по экстремальным событиям SREX (Special Report on Extreme Events) [16].

Академик РАН Р.И. Нигматулин. Существуют периоды как потепления, так и похолодания. Мой прогноз на ближайшее десятилетие: велика вероятность, что

не будет потепления, а произойдет даже некоторое похолодание. По разным системам подсчета средней температуры можно строить разные графики, но фактически уже более десяти лет нет никакого потепления. Вместе с тем, надо особо сказать, что означало бы потепление на один градус: в инженерных системах, скажем, в авиационном двигателе, разница в один градус ничтожна, но совсем иначе обстоит дело для биологических систем и для осадков, для кинетической энергии атмосферы. Это будет оборачиваться ураганами, торнадо, волнами-убийцами и т.д. И то же для биосферы: для вирусов, бактерий и для других живых существ, для их способности жить и выполнять свои функции — этот градус может иметь серьезнейшее значение. И одна из глобальных проблем, которая грозит человечеству — что вирусы могут мутировать, и появятся вирусы, с которыми мы не сможем быстро, адекватно бороться.

Вместе с ростом температуры действует не только прямой механизм — CO_2 растет, вследствие этого водяной пар увеличивается, и мы имеем парниковые эффекты — но возникают и обратные механизмы, дополняющие и отчасти компенсирующие основной. Я их здесь, в докладе коротко перечислил.

Наблюдаемой сейчас стадии стабилизации похолодания примерно 14 лет, можно ожидать, что эта стадия продлится еще примерно 10 лет. Нынешние модели климата пока нельзя принять для принятия экономических решений.

Академик РАН Н.Л. Добрецов. Трудно выделить отдельно чисто природный фактор, отдельно антропогенный или их комбинацию. Я думаю, что антропогенный фактор влияет не столько на потепление, сколько на дисбаланс, он усиливает неравновесность климатической системы, а не само потепление. Нас ожидает в ближайшие и тридцать, и сто лет не потепление и не похолодание, а нарастание неустойчивости климатической системы. Здесь уже говорилось, что в три раза возросло количество экстремальных ситуаций, и в дальнейшем это будет нарастать еще на порядок.

Мы находимся между двумя оледенениями, максимумы все сопровождаются «пилой», а минимумы — пологие, такова климатическая система, думаю, математики смогут объяснить — почему это так, но эмпирически подтверждается. Тренд исследований надо изменить — не средние показатели надо смотреть, а амплитуды, более того — исследовать комбинации факторов, которые влияют на этот дисбаланс, на эту неравновесность и, таким образом, выявлять районы, где будет максимальный перепад. Нас волнует не то, что будет через тысячу лет, а волнует — где и когда начнется засуха, наводнение или резкое потепление. Эта «пятнистость» будет усиливаться. Здесь масса нерешенных вопросов и нам работы хватит еще надолго.

4 Проблема прогнозирования климатических изменений и их последствия

Академик РАН Р.И. Нигматулин. Если же говорить о борьбе с выбросами CO_2 , говорить об экономии топлива, то все, кто больше всего шумит по этому поводу,

больше всего энергии и потребляют. США потребляют в год 9 тонн эквивалентного нефтяного топлива на человека. Европа в два раза меньше. Россия стала потреблять 3 тонны, хотя в советскую эпоху даже весь Советский Союз на душу тратил как Европа — более 4-х тонн на человека в год. Но сейчас мы разрушили свою промышленность, машиностроение, многие производства, которые потребляют энергию, существенно сократились — это беда, конечно, но потребление энергии уменьшилось. А в приморских районах Китая 400-500 миллионов китайцев живут по уровню энергопотребления как в Европе, т.е. по выбросу углекислого газа еще одна Европа на Земле появилась, или три России. Растут Индия и Юго-Восточная Азия. Но, так или иначе, 25% населения Земли потребляет 90% энергии, т.е. эти 25% ответственны за эмиссию углекислого газа в атмосферу. Эту тенденцию сейчас просто не переломить, но она переломится за счет научно-технического прогресса, когда заметную роль приобретут возобновляемые источники энергии, в частности солнечные батареи. К 2050-му году уже появятся новые материалы, которые будут преобразовывать солнечную энергию, и солнечная энергетика станет экономически выгодной.

Пока солнечная энергетика не является экономически оправданной, но в Германии уже пятую часть энергии получают из возобновляемых источников, в первую очередь это солнце и ветер — благодаря перекрестному финансированию, т.е. за электричество платят гораздо больше, чтобы поддерживать возобновляемые источники. На это способны только очень богатые развитые страны и удивительно, что Китай также сейчас развивает возобновляемую энергетiku. Словом, через 30-40 лет изменится тенденция и в росте выбросов углекислого газа и, соответственно, в климатических изменениях, которыми нам грозят сегодня, они будут преодолены человечеством.

Поэтому, на мой взгляд, расчеты по поводу конца XXI века особого смысла не имеют. Напомню: в 1890 году в Нью-Йорке была опубликована статья, что через 30-40 лет весь Нью-Йорк до третьего этажа будет покрыт лошадиным навозом, поскольку транспорт в 1890 году был только на лошадиной тяге. Но в 1930 году лошадей в Нью-Йорке уже не было, поскольку все перешли на автомобильный транспорт. Я абсолютно убежден, что тенденция роста углекислого газа, которая имеет место вследствие сжигания углеводородных топлив, в частности, угля, через 30-40 лет сменится и этот вопрос будет совершенно другим. Поэтому актуальным является предсказание — что будет через десять-пятнадцать лет, а не через сто лет.

Академик РАН И.И. Мохов. То, что прогнозы до конца XXI века не интересны — я с этим не могу согласиться. Это не прогнозы, а сценарии, и в них есть сценарии, когда эмиссия CO₂ в атмосферу прекращена уже сейчас. Это различные сценарии развития человечества, когда оно умеет договариваться, когда, в том числе, происходят региональные договоренности. Т.е., это полезные сценарии, при которых мы видим большие исторические горизонты, а не только на ближайшие 10-20 лет.

Член-корреспондент РАН С.К. Гулев. Предсказуемость климатических изменений - ключевая проблема физических наук о Земле. Рост частоты и магнитуд экстремальных погодных аномалий, провоцирующих природные катастрофы,

обостряющийся дефицит пресной воды и нехватка продовольствия - лишь некоторые примеры воздействия климата на население и мировую экономику. И здесь очень важно грамотно учитывать роль океана в формировании механизмов климатической изменчивости.

5 Заключение

Ученые РАН, высказывания которых были представлены выше, не приходят к однозначному выводу о подтверждении, или отсутствии научного обоснования антропогенного происхождения наблюдаемых климатических изменений. Этот вопрос остается предметом дальнейшей дискуссии и актуальной задачей научных исследований.

Уже сейчас становится очевидным тот факт, что нельзя сводить техногенное влияние на климат только к одной проблеме сжигания углеводородного топлива. Известно, что строительство ГЭС Ангара-Енисейского каскада в Сибири привело не только к региональному изменению климата (повышению влажности в районе Красноярска), но и имело более далеко идущие планетарные последствия.

Изменение стока сибирских рек привело к появлению наносов в их устье, что изменило условия для течения в северо-западной части Ледовитого океана. И большая часть энергии Гольфстрима оказалась энергетически запертой в Атлантическом океане, приводя к изменению климата на западном побережье Евразии (во Франции и Англии). К сожалению, эти факты не были проанализированы мировой научной климатической общественностью, и пока остаются лишь гипотезами.

Хорошо известно, что строительство ГЭС Волжского каскада (включая Чебоксарскую, Куйбышевскую, Цимлянскую и др.) имело целый комплекс последствий не только для энергетики, но и для судоходства, ирригации, рыбозаведения, сельского хозяйства и климата региона. Этот комплексный эффект имел массу положительных и негативных сторон. На основе энергетического потенциала сооружаемых ГЭС (появление новых мощностей, строительных организаций, инфраструктуры) созданы территориально-производственные комплексы в Тольятти, Волгограде, Ростове-на-Дону. То же - и в районах строительства ГЭС в Сибири (Красноярской, Саяно-Шушенской, Усть-Илимской, Братской и др.). И мерить этот эффект только одной (положительной или отрицательной) оценкой неправомерно. Если в СССР еще учитывался приведенный народно-хозяйственный эффект, то сейчас такой показатель попросту отсутствует. Не говоря уже о том, что строительство ГЭС и других водохозяйственных объектов имеет не только комплексное социально-экономическое, но и энергоэкологическое значение.

Еще более значима эта проблема для водно-энергетического района Центральной Азии, где вода становится важнейшим структурным потенциалом развития региона. И при этом необходимо учитывать, что этот потенциал включает в себя и климатические аспекты. Причем климат следует рассматривать не просто как

характеристику природной среды, подверженную влиянию природных и социальных энергетических проявлений, а как показатель экологической эффективности (гармонизации отношений) в системе «природа - общество - человек».

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН, тема 0128-2021-0003, и государственного задания МГУ «Географические основы устойчивого развития энергетических систем с использованием возобновляемых источников энергии», раздел 0110, номер I.22.

Литература

1. Бушуев В.В. Энергетика и климат в системе «природа – общество – человек // Энергетическая политика. 2017. № 4. С. 6–9.
2. Глобальное потепление и глобальное похолодание (материалы заседания Президиума Российской академии наук) [Электронный ресурс]. URL: <https://scientificrussia.ru/articles/globalnoe-poholodanie> (дата обращения: 4.02.2020).
3. Лосев К.С. Парадоксы борьбы с глобальным потеплением // Вестник Российской академии наук. 2009. № 1(79). С. 36–40.
4. Клименко В.В., Микушина О.В. Замедление глобального потепления в начале XXI века-естественные факторы против антропогенных // Вестник Московского энергетического института. 2011. № 3. С. 96–100.
5. Воробьев В.Н., Саруханян Э.И., Смирнов Н.П. “Глобальное потепление”-гипотеза или реальность? // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2005. № 1. С. 6–21.
6. Смирнов Б.М. УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА // Энергия: экономика, техника, экология. 2016. № 5. С. 2–8.
7. Океан лется на нас. Даже живя далеко от глубоких вод, человек зависит от них [Электронный ресурс]. 2018 URL: https://rscf.ru/news/media/ocean_letsya_na_nas_dazhe_zhivya_daleko_ot_glubokikh_vod_chelovek_zavisit_ot_nikh/ (дата обращения: 6.02.2020).
8. Гулев С.К., Катцов В.М., Соломина О.Н. Глобальное потепление продолжается // Вестник РАН. 2008. № 1(78). С. 20–27.
9. Гулев С.К. Холодно... Теплее... Горячо! Или Почему климатические прогнозы такие точные // Наука и жизнь. 2011. № 8.
10. Гулев С.К. Член-корреспондент РАН Сергей Гулев: «В отчетах IPCC нет ничего, что было бы не опубликовано в рецензируемой научной литературе» [Электронный ресурс]. 2017 URL: <http://indubnacity.ru/novosti/nauka/chlen-korrespondent-ran-sergey-gulev-v-otchetah-ipcc-net-nichego-chto-bylo-by-ne-opublikovano-v-recenziruemyy-nauchnoy-literature>.
11. Lüthi D., Le Floch M., Bereiter B., Blunier T., Barnola J.-M., Siegenthaler U., Raynaud D., Jouzel J., Fischer H., Kawamura K., Stocker T.F. High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000–800,000 years before present // Nature. 2008. № 7193(453). С. 379–382. DOI:10.1038/nature06949.
12. IPCC. IPCC Fourth Assessment Report (AR4) // IPCC. 2007. (1). С. 976. DOI:ISSN: 02767783.

13. Kaito C., Ito A., Kimura S., Kimura Y., Saito Y., Nakada T. Fifth Assessment Report (AR5)2014.
14. Foster G., Rahmstorf S. Global temperature evolution 1979–2010 // *Environmental Research Letters*. 2011. № 4(6). С. 044022. DOI:10.1088/1748-9326/6/4/044022.
15. Muryshev K.E., Eliseev A. V., Mokhov I.I., Timazhev A. V. Lead–lag relationships between global mean temperature and the atmospheric CO₂ content in dependence of the type and time scale of the forcing // *Global and Planetary Change*. 2017. (148). С. 29–41. DOI:10.1016/j.gloplacha.2016.11.005.
16. Field C.B., Barros V., Stocker T.F., Dahe Q. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the intergovernmental panel on climate change Cambridge University Press, 2012.

References

1. Bushuev V.V. Jenergetika i klimat v sisteme «priroda – obshchestvo – chelovek // *Jenergeticheskaia politika*. 2017. № 4. С. 6–9.
2. Global'noe poteplenie i global'noe pohlodanie (materialy zasedaniia Prezidi-uma Rossijskoj akademii nauk) [Elektronnyj resurs]. URL: <https://scientificrussia.ru/articles/global'noe-pohlodanie> (data obrashhenija: 4.02.2020).
3. Losev K.S. Paradoxy bor'by s global'nym potepleniem // *Vestnik Rossijskoj akademii nauk*. 2009. № 1(79). С. 36–40.
4. Klimenko V.V., Mikushina O.V. Zamedlenie global'nogo poteplenija v nachale XXI veka-estestvennye faktory protiv antropogennyh // *Vestnik Moskovskogo jenerge-ticheskogo instituta*. 2011. № 3. С. 96–100.
5. Vorob'ev V.N., Saruhanjan Je.I., Smirnov N.P. “Global'noe poteplenie”-gipoteza ili real'nost'? // *Uchenye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo gidrometeorolo-gicheskogo universiteta*. 2005. № 1. С. 6–21.
6. Smirnov B.M. UGLEKISLYJ GAZ I IZMENENIE KLIMATA // *Jenergija: jekono-mika, tehnika, jekologija*. 2016. № 5. С. 2–8.
7. Okean l'etsja na nas. Dazhe zhivja daleko ot glubokih vod, chelovek zavisit ot nih [Elektronnyj resurs]. . 2018 URL: https://rscf.ru/news/media/okean_letsja_na_nas_dazhe_zhivya_daleko_ot_glubokikh_vod_chelovek_zavisit_ot_nikh/ (data obrashhenija: 6.02.2020).
8. Gulev S.K., Katcov V.M., Solomina O.N. Global'noe poteplenie prodolzhaetsja // *Vestnik RAN*. 2008. № 1(78). С. 20–27.
9. Gulev S.K. Holodno... Teplee... Gorjacho! Ili Pochemu klimaticheskie prognozy ta-kie tochnye // *Nauka i zhizn'*. 2011. № 8.
10. Gulev S.K. Chlen-korrespondent RAN Sergej Gulev: «V otchetah IPCC net nichego, chto bylo by ne opublikovano v recenziruemoj nauchnoj literature» [Elektronnyj resurs]. . 2017 URL: <http://indubnacity.ru/novosti/nauka/chlen-korrespondent-ran-sergej-gulev-v-otchetah-ipcc-net-nichego-chto-bylo-by-ne-opublikovano-v-recenziruemoj-nauchnoj-literature>.
11. Lüthi D., Le Floch M., Bereiter B., Blunier T., Barnola J.-M., Siegenthaler U., Raynaud D., Jouzel J., Fischer H., Kawamura K., Stocker T.F. High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000–800,000 years before present // *Nature*. 2008. № 7193(453). С. 379–382. DOI:10.1038/nature06949.
12. IPCC. IPCC Fourth Assessment Report (AR4) // IPCC. 2007. (1). С. 976. DOI:ISSN: 02767783.

13. Kaito C., Ito A., Kimura S., Kimura Y., Saito Y., Nakada T. Fifth Assessment Report (AR5)2014.
14. Foster G., Rahmstorf S. Global temperature evolution 1979–2010 // *Environmental Research Letters*. 2011. № 4(6). S. 044022. DOI:10.1088/1748-9326/6/4/044022.
15. Muryshev K.E., Eliseev A. V., Mokhov I.I., Timazhev A. V. Lead-lag relationships between global mean temperature and the atmospheric CO₂ content in dependence of the type and time scale of the forcing // *Global and Planetary Change*. 2017. (148). S. 29–41. DOI:10.1016/j.gloplacha.2016.11.005.
16. Field C.B., Barros V., Stocker T.F., Dahe Q. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the intergovernmental panel on climate change Cambridge University Press, 2012.

Climate Change and Energy: Impact, Forecasts and Consequences

¹Dmitry Solovyev,

²Alim Zalihanov

¹Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

E-mail: solovev@ocean.ru , bulungu@yandex.ru

Annotation. The article presents a brief overview of the discussion of leading Russian scientists about the situation around global climate changes. Various approaches to the assessment of the generally accepted theory of climate change, linking them mainly with the anthropogenic (technogenic) activity of industrial civilization, are presented. Various factors responsible for the current climate change, forecasting problems and the consequences of climate changes are considered, taking into account the contribution of the developing energy industry.

Keywords: climate change, global warming, global cooling, consequences of climate change, anthropogenic activity

УДК: 551.2:551.5

Водородная дегазация Земли и экологические проблемы

Сывороткин Владимир Леонидович [0000-0003-2846-8484]

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия, Москва

E-mail: hlozon@mail.ru

Аннотация. В статье представлено интервью зам. главного редактора журнала «Окружающая среда и энерговедение» К.С. Дегтярева с Владимиром Леонидовичем Сывороткиным, доктором геолого-минералогических наук, ведущим научным сотрудником кафедры петрологии и вулканологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. В.Л. Сывороткин выдвигает и обосновывает концепцию водородной дегазации Земли и её влияния на озоновый слой, изменения климата и ряд других процессов на земной поверхности.

Ключевые слова: водород, водородная дегазация Земли, изменения климата, озоновый слой, геология, рифтовые зоны

Владимир Леонидович, тема водорода в последнее время очень громко звучит. Более того, о нём постоянно говорят как о будущем ключевом (или одном из ключевых) инструменте «декарбонизации экономики». В то же время, звучит это несколько странно, поскольку первичным энергоносителем водород не является. Его необходимо получать путём либо конверсии углеводородов, либо электролиза воды. В обоих случаях это в высокой степени энергозатратные и экологически небезупречные способы.

В то же время, есть данные о выходах свободного водорода на земную поверхность и в атмосферу, опирающиеся на теорию гидридного ядра Земли В.Н. Ларина [1, 2, 3, 4] и его дегазации, а, в последние годы – и на ряд наблюдений [5, 6, 7, 8]. Сходные идеи – гидридного ядра Земли, я встречал и у австралийского геолога Клиффа Оллиера [9] примерно в то же время, в 1980-е.

В свою очередь, Вы придерживаетесь концепции водородной дегазации Земли [10] и её активного влияния на ряд природных процессов.

Вы опираетесь на ту же теорию, что и В.Н. Ларин, или у Вас своё понимание того, откуда берётся водород в земной атмосфере, и своя теоретическая и информационная основа? На чём в принципе основана Ваша точка зрения?



Рис.1. В.Л. Сывороткин

Я очень хорошо отношусь к Владимиру Николаевичу Ларину, и мы с ним вместе работали. Но водородную дегазацию открыл не Ларин.

Прим. Интервью с Н.В. Лариным – выше в текущем номере журнала

Она была давно известна. Я никогда не задумывался, кто первый заговорил про водородную дегазацию. Есть такие сведения, которые кажутся всем всегда известными. Я про водород узнал в студенческие 1970-е годы из лекций академика Алексея Александровича Маракушева.

Представления о генезисе глубинного водорода опираются на космогонические гипотезы образования Солнечной системы. В своей докторской диссертации [11] я привел некоторые из них. Об этом говорил ещё Владимир Иванович Вернадский – чем глубже опускаемся в Землю, тем больше гидридов и влияния водорода [12]. Швейцарский вулканолог Альфред Ритман [13] также представил свою концепцию. Он полагал, что ядро Земли – это остаток солнечной плазмы, и говорил о его гидридном строении. Об этом же говорил и академик Николай Пантелеймонович Семенов. А.А. Маракушев также создал свою концепцию [14]. Этих концепций много. Они объясняют, откуда водород берётся, т.е. их авторы знали, что из земли идёт водород.

У В.Н. Ларина путь другой – собственно, чем он примечателен... Ларин обратил внимание на возможность сепарации ионизированных атомов при образовании Солнечной системы, он теоретически вычислил, что в Земле должно быть много водорода, и построил на этой основе свою новую геологию.

Моих знаний не хватает, чтобы однозначно оценить эти концепции, принять какую-то из них или отказаться. Приходится удерживать в сознании многие варианты. Единственное, в чем авторы «водородных» космогонических концепций согласны между собой – отрицание ныне господствующих представлений об аккреционном генезисе Земли. И здесь я с ними полностью согласен.

Я точно знаю, что из Земли идёт водород, и непосредственно занимаюсь им с 1998 года.

В начале девяностых появился новый прибор - Водородный сигнализатор геофизический (ВСГ), разработанный в МИФИ под руководством профессора И.Н. Николаева. Инициатором этих конструкторских работ стал ведущий специалист по исследованию процессов дегазации Земли Г.И. Войтов из ИФЗ РАН. От него я и узнал о существовании прибора для быстрого определения концентрации водорода в полевых условиях. К тому времени под руководством Георгия Ивановича в Гомельском университете было подготовлено две кандидатские работы по водородной дегазации с использованием этих приборов.

Я оказался одним из первых исследователей, кто освоил ВСГ и применил для режимных наблюдений и для полевых газовых съемок. Даже горжусь тем, что прибор №1 новой совершенной версии, находится у меня.

В 2005 г. ко мне обратились В.Н. и Н.В. Ларины с просьбой продемонстрировать работу прибора. Мы поехали на восток Рязанской области на знаменитые Сасовские воронки взрывов, где я провел измерение водорода. Результаты получились интересные и однозначные. В центре одной из воронок (другая заполнена водой) концентрация подпочвенного водорода оказалась в 2 раза выше, чем за ее пределами. Геологи Ларины приобрели приборы, усовершенствовали методики, активно занялись измерениями водорода в районе кольцевых структур по всей планете и вскоре стали лидерами в поисках мест выделения водорода.

В последние годы (или даже десятилетия) Вы активно занимаетесь вопросами влияния дегазации Земли на климат и, в целом, на ряд процессов, в том числе, катастрофических. Но до этого Вы работали в сфере вулканологии. Как одно связано с другим? Каким образом от вулканологических исследований перекидывается «мостик», например, к изменениям климата?

Да, я геолог-съемщик, окончил Кафедру исторической геологии МГУ имени М.В. Ломоносова. После аспирантуры пришёл на Кафедру петрографии, где занимался изучением вулканов. С 1979 по 1992 – это годы экспедиций на Камчатку и Курильские острова. Проблемой вулканизма занимаюсь до сих пор, т.к. вулканизм - это горячая дегазация планеты.

Вас натолкнул на эту идею анализ состава вулканических выбросов?

Нет. Так сложилось, что в 1980-е заговорили о проблеме фреонов, о разрушении из-за них озонового слоя над Антарктидой. Мне эту гипотезу рассказал мой друг – университетский химик Н.А. Садовский, а я в это время писал статью про рифтовые зоны, которые выделяют водород, и они сходятся к Антарктиде, и у меня эта «водородная» идея родилась во время рассказа Никиты про «страшные» фреоны. Родилась внезапно и мгновенно.

Выходы водорода из океанских рифтов известны из работ Георгия Ивановича Войтова, он показал, что примерно $\frac{3}{4}$ водорода, который по нашим структурным зонам попадает в атмосферу, выделяется через океанские рифты, располагающиеся на вершинах срединно-океанических хребтов. А академик Евгений Милановский нарисовал, как сходятся срединно-океанические хребты, образуя Циркумантарктический рифт.

Вокруг Антарктиды – самое активное разрушение озона и, в то же время, самые интенсивные выходы водорода, поскольку здесь сходятся все рифты. И, собственно, эту мысль я и высказал.

С этого всё и началось. Но то, что водород должен соединяться с озоном, я сначала интуитивно предполагал, а потом мне очень помогла работа Х. Окабе «Фотохимия малых молекул» [15] – переведённая на русский язык Садовским.

В том же году я поехал в очередную экспедицию на Камчатку, и на сейсмостанции на Паужетке увидел журнал «Земля и Вселенная» со статьёй про разрушение озонового слоя. В статье были карты, сделанные на основе рядов многолетних наблюдений озонметрических станций. И точки с минимальными показателями озона – Исландия, Красное море и Гавайские острова. Потом я спрашивал у авторов, как они сами не догадались, что эти точки привязаны к проявлениям активного современного вулканизма.

Ответ был прост и изящен, – откуда мы знаем про ваши вулканы!

Потом я показал озоновые карты академику Маракушеву, он, глянув на них, сказал – пиши статью, буду рекомендовать в Доклады РАН. Мы с Никитой Садовским написали [16], он активно помогал мне в химии; правда, до конца в мою водородную версию не верил, и в итоге от этой темы отошёл. Первой публикацией водородной гипотезы стали тезисы доклада на Школе морской геологии в Геленджике в 1990 г. [17]

Тогда же я получил очень важное для признания идеи, финансирование от Министерства геологии СССР. История фантастическая, – могут и не поверить. В марте 1991 г. я сделал доклад на совещании по глобальным изменениям, организованный этим министерством. В конце совещания, его руководитель Н.В. Милетенко сказал мне, что мой доклад показался ему очень интересным: «Пишите программу, приезжайте завтра в Министерство, я дам вам деньги».

С тех пор и до настоящего времени я и занимаюсь темой влияния водородной дегазации на атмо- и гидросферу. В последние годы активно отслеживаю погоду, и почти во всех случаях заметно совпадение озоновых и погодных аномалий – как, например, сейчас (*Прим.: 13 июля 2021 года, Московская область*). Если у вас зимой захлупало под ногами – это, как говорится, к бабке не ходи – минус 15%-20% озона. А, если мороз минус 30 – значит, избыток озона. Простой алгоритм, работающий как часы.

Положительная аномалия общего содержания озона (ОСО) – аномальный холод. Появляется отрицательная озоновая аномалия – под ней воздух нагревается. Далее падает давление, и сюда может затянуть антициклон. Сейчас затягивает африканские и азиатские антициклоны, и стоит жара. Но зимой может затянуть и холодный антициклон, например, сибирский. Причём его может затянуть и в Среднюю Азию, и там будет минус 30, а потом он может оттуда прийти к нам – как бы с юга. На стыке разнознаковых озоновых аномалий идут ливневые осадки – например, дожди, прошедшие недавно в Крыму, Москве, Красноярске (Прим.: во второй половине июня 2021 года).

В Крыму положительная аномалия озона была в Греции, и там было холодно, и оттуда она протянулась как бы клешней и накрыла Крым. А восточнее Крыма была отрицательная аномалия ОСО, и Крым попал на стык двух воздушных масс с резко различными РТ – параметрами. Как следствие – дожди, наводнения, селевые потоки.

Или замерзание Ниагарского водопада (*Прим.: в феврале 2021 года*). Но там желтое пятно положительной озоновой аномалии с превышением ОСО на 10-12%. О совпадении во времени и пространстве аномалий озоновых и погодных с 2006 года я периодически пишу статьи, в частности, в журнале «Пространство и Время» [18].

И ещё – на картах озона видны геологические структуры, существование которых в тех местах не предполагалось. И они подтверждаются, так что можно сделать много открытий.

Например, от Якутии 23 марта 2011 года протянулся узкий «хобот» отрицательной озоновой аномалии над подводным хребтом Гаккеля (рифтовая структура) и продолжился над Гренландией. Можно обоснованно предположить, что под Гренландским льдом продолжается активная рифтовая структура. Это в 2011 году было, а в 2013 европейцы с помощью эхолокации действительно открыли там грабен, протяженностью 750 км.

Это же фантастика – открыв озоновую карту, которую ежедневно предоставляет канадский сайт Select Ozone Maps, видишь, как на всей планете выделяется водород и находишь не известные ранее дегазирующие геологические структуры.

А что ещё значит выделение водорода? Это масса явлений, в том числе катастрофических, помимо погодных аномалий. Если это происходит в океане, там погибают рыбы и на берег выбрасываются киты. Подводные лодки могут тонуть внезапно или самолёты падать, попадая в выброс водорода, поскольку из-за этого принципиально меняется реология водной и воздушной среды. Есть случаи гибели самолётов, так и не нашедшие внятных объяснений, но они могут быть найдены, если посмотреть геологическую структуру под местом падения – это рифтовые зоны, где возможны выбросы водорода. Например, это катастрофа французского авиалайнера Airbus A330-203 1 июня 2009 года над Срединно-Атлантическим хребтом или нашего военного самолёта Ту-142МЗ 6 ноября 2009 года над Татарским проливом.

В последние годы я разрабатываю газогеохимическую концепцию природных пожаров. Она многим нравится, поскольку очень просто объясняет факт – почему

природные пожары всегда возникают в одних и тех же местах. Казалось бы, снаряд не должен дважды падать в одну воронку. Если здесь в прошлом году было сухо и всё сгорело, то в этом повториться не должно. Однако, в Америке всегда горит Калифорния, так как это рифтовая зона, из которой выделяется водород. У нас это Байкал и территория вокруг него, в Австралии – штаты Тасмания, Виктория, Новый Южный Уэльс, Квинсленд – такая меридиональная полоса. Первая «задача» для возникновения природного пожара - «обеспечить» сухую жаркую погоду. И обеспечивает её, как раз, водород, разрушая озоновый слой и создавая аномалию. Механизм следующий. Теплый влажный воздух поднимается на экваторе до тропопаузы, охлаждается, сбрасывает воду, становится сухим и тяжелым и опускается в районе 30 - 40 широт. Кстати, там пояс пустынь, именно из-за сухости воздуха. Сначала он опускается холодным, но в низких широтах быстро нагревается. Так образуются субтропические антициклоны, а озоновые дыры средних широт с низким давлением их затягивают. Так в районе озоновых аномалий (центров водородной дегазации) устанавливается сухая жаркая погода. А поскольку здесь же выделяются горючие газы - водород и метан, а также образуется приземный озон, то получается легко - и самовоспламеняемая газовая смесь.

Таким образом, природные пожары привязаны к центрам дегазации, где и повторяются, практически, ежегодно.

Получается, что давление падает в результате разрушения озонового слоя?

Причина снижения давления – повышение температуры приземного воздуха в центре дегазации, «проявленном» озоновой аномалией. Повышает температуру широкий спектр физико-химических процессов. Само выделение водорода из-под земли уже вызывает нагрев воздуха, - отрицательный дроссельный эффект Джóуля — Тóмсона (изменение температуры газа при медленном протекании газа под действием постоянного перепада давлений сквозь пористую перегородку).

Кроме того, может идти экзотермическое окисление водорода и сопутствующего метана. Часто происходит ионизация воздуха радиоактивным газом радонном, что тоже приводит к выделению тепла, а кроме того, происходит электролизация воздуха, порождающая сухие грозы. То есть, мы видим комплекс взаимосвязанных синергетических процессов, они все идут со знаком плюс и увеличивают температуру. Тут нужно проводить исследования и ставить много приборов, чтобы определить вклад каждого процесса. Но, проблему разрушения озонового слоя в наше время стараются не замечать – возможно, потому, что это затронет Монреальский протокол (Прим.: Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой (The Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer) — международный протокол, вступивший в силу в 1989 году, к Венской конвенции об охране озонового слоя (Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer) 1985 года), контролирующей в наше время всю мировую химическую промышленность.

Сколько водорода поступает на поверхность Земли? Можно оценить количество?

Очень трудно. Мне этот вопрос начали задавать ещё 30 лет назад, как только я предложил «водородную» гипотезу разрушения озонового слоя. Водород «капризен» для отбора проб и их транспортировки, да и задачи оценки его количества тогда не стояло, поэтому данных в начале 90-ых годов было очень мало. Я обратился к данным по метану, который обычно выделяется вместе с водородом. Нашёл количественные данные у Георгия Ивановича Войтова, в его работе [19] приводились такие цифры: 223,5 тераграмма (1 тераграмм - 10^{12} граммов, или 1 млн. тонн), т.е. 223,5 млн. тонн – годовое выделение метана из недр Земли, а годовое выделение водорода - 6.084Тг. Я сравнил эти цифры с потоком биогенного метана и получил противоречие, - биогенного метана в два раза больше, чем эндогенного, даже если берем самую низкую оценку -529 Тг, а изотопная метка углерода в атмосферном метане ближе к эндогенной. Я пересчитал эти цифры с учётом изотопных данных [20]. В указанной работе получил годовые потоки эндогенного метана – 4500 Тг и эндогенного водорода – 122 Тг. В более поздней работе [10] я учел новые данные по изотопии углерода и несколько снизил свои оценки эндогенных потоков: для метана до 2500-3000Тг/год, для водорода – 70-80Тг/год. Таким образом, увеличил оценки годовых потоков этих эндогенных газов в 11-13 раз по сравнению с оценками Г.И. Войтова. Нужно сказать, что Георгий Иванович согласился с моими результатами и позже стал моим оппонентом на кандидатской и докторской защитах.

Владимир Ларин проводил оценку на основе уменьшения массы Земли, в свою очередь, высчитываемого из увеличения расстояния между Землёй и Луной. Оно растёт примерно на 3 см в год, а это означает, что Земля теряет какую-то часть массы, и это можно высчитать в соответствии с законом всемирного тяготения ($F=gM_1M_2/R^2$). Исходя из этого, Земля теряет около 590 млрд. тонн вещества в год.

Мне знакомы эти расчёты. Да, это на 4 порядка больше, чем у меня. Но это уже вопрос к методикам, к сложности проведения точных расчётов. В основе моих расчетов лежат чужие данные, за которые я не отвечаю. Я их увеличил на порядок, и в какой-то мере это революция. У меня есть еще другой подход – я могу сказать, сколько водорода «погибло» при образовании озоновой дыры. Мы считаем, сколько нужно водорода, чтобы понизить содержание озона, например, на 10% на площади в 10 000 км², и умножаем, исходя из реальных потерь озона над разными территориями, оперируя картами озоновых аномалий. Поскольку карты озона покрывают всю планету, то можно оценить глобальные потери водорода. Цифры, если посчитать, будут большими, но «космических» ларинских цифр всё равно, не будет. Тем более, что затраты на реакции с озоном «съедают» только часть потока водорода.

Ларин может быть ближе к истине, если здесь не допущена какая-то грубая ошибка. Надо учесть, что Земля теряет не только водород, но и гелий, который

составляет примерно 10% от потока водорода, но тяжелее его в 4 раза. С другой стороны, на Землю попадает космическое вещество. А это значит, что потери водорода могут быть и ещё больше. Также мы плохо знаем процессы, идущие на Луне, и влияющие на ее массу и скорость ее «убегания». В общем, любой метод не абсолютен, и относиться к нашим цифрам нужно как к приблизительным и оценочным.

Скажите, а, всё-таки, перспективы промышленной добычи водорода есть? Можно его добывать и дальше использовать?

Над этой стороной дела я размышлял мало, она мне не очень интересна. Хотя, я предложил и обосновал метод поиска водорода по озоновым аномалиям [21]. Они возникают примерно в одних и тех же местах, там можно и посчитать объём выделяемого водорода и, возможно, и добывать. Но это довольно большая территория, а бурить надо в конкретном месте, где водорода может и не оказаться. Нужна какая-то более точная методика и техника поиска.

В Мали есть скважина [8] – она горит и снабжает посёлок электроэнергией. То же самое возможно и где-то ещё локально, у отдельных населённых пунктов, расположенных поблизости от выходов водорода. У нас территории с мощными озоновыми аномалиями – Таймыр, устье Лены...

В общем, трудный вопрос. Тут есть аналогии с приливной, волновой или солнечной энергетикой – энергии много, но как её сфокусировать? То же с эндогенным водородом. Нужны технологии сепарации и концентрации водорода. Но исключать успех на этом направлении нельзя. Поймать струю водорода можно, но трудно. В полнолуние или новолуние она будет усиливаться, а потом она затихнет. То есть, проблема в том, что она ещё и капризна – выделение водорода во времени непостоянно. Мы не знаем закономерностей поведения водорода. Хотя, судя по тому, что разрушение озонового слоя продолжает нарастать, процесс выделения водорода из ядра усиливается.

Какова в принципе периодичность дегазации?

Был, например, пик в 2011 году в Северном полушарии, особенно в феврале-марте. Среднемесячная мартовская озоновая аномалия – минус 35%, далее февраль 2016 года – уже минус 40%, 2020 – уже минус 50%. Здесь площадь озоновой дыры, если её очертить по изолинии в минус 10% - десятки миллионов км².

Но мы сейчас говорим о режиме выделения. Водородная дегазация нарастает, нарастает не линейно, а ступенчато. Между пиками в 2011 и 2016 гг. прошло 4,5 года; между пиками 2016 и 2020 гг. – 4 года. И это коррелирует с нарастанием катастрофических явлений в природе, не только климатического, но и другого характера – например, массовая гибель животных: птиц, рыбы, моллюсков, китов и насекомых, например пчёл. Это естественно – если выделяется восстановительный газ, аэробная биота жить не может.

Между пиками озоновый слой частично восстанавливается.

Какие основные факторы дегазации можно выделить? Почему она происходит? С точки зрения В.Н. Ларина – это радиоактивный распад в недрах Земли...

Здесь у нас с Лариным разные позиции. Я могу сказать, что водород идёт из жидкого ядра, что водород в молекулярной форме находится в этом жидком ядре.

Серебристые мезосферные и перламутровые стратосферные облака или те же озоновые аномалии могут объясняться только водородом, иначе никак. Воды же там, на высоте 85-90 км, нет. А озон есть. И, когда водород сюда поступает, он вступает в реакцию с кислородом и образует облака. Серебристые облака возникают одновременно сразу на огромной территории, т.е. связаны с какими-то мгновенными и массовыми выбросами водорода. Но как это может быть? Отчего вода течёт из крана? Потому, что есть напор от источника воды и до крана, по всей длине. Значит, существуют зоны, заполненные восстановительными газами от границы ядро-мантия до поверхности Земли.

И ещё такой момент – водород выделяется в зависимости от фаз Луны. Это и без меня было известно, в том числе, это наблюдения Г.И. Войтова. Известно также, что частота аварий на шахтах резко увеличивается в полнолуние и новолуние. Я объясняю это прохождением мощного водородно-метанового потока. А почему он проходит – потому, что это угольные шахты, а уголь образуется по разломным зонам – и он там образовался, потому, что по разломам выделялся метан. Уголь из торфяника без газа не сделаешь – уголь возникает при прохождении через торфяники углеродсодержащих газов. И этот процесс идёт всегда. Сейчас у нас самые газообильные шахты – это шахты с хорошим углём – антрацитом, хотя в самих антрацитах газа уже нет, он ушел на первых стадиях метаморфизма: торф – бурый уголь.

Влияние фаз Луны на дегазацию – это гравитация. Это орбитальные параметры небесных тел. Под влиянием гравитации твердое внутреннее ядро может смещаться в жидком, и возникают выплески газов. Отсюда у этих катастроф космическая ритмика.

Хотя есть физики-ядерщики, считающие, как раз, что радиоактивный распад подчиняется лунным циклам.

У меня есть интервью с моим коллегой – географом В.М. Фёдоровым [22], оно касается причин изменения климата. Он сравнивает изменение климата Земли с изменением орбитальных параметров. Это тоже гравитационное взаимодействие...

Да, я знаком с его концепцией, и здесь я обеими руками «За». Среди людей, знающих всё об этом, могу также назвать профессоров Алексея Юрьевича Ретеюма и Николая Сергеевича Сидоренкова. У Сидоренкова прекрасная корреляция изменений погоды с изменением скорости вращения Земли. Я думаю, хотя это ещё надо доказать, что изменение скорости вращения Земли полностью коррелирует и с выделением водорода.

Если говорить о влиянии на изменения климата, то здесь есть ряд концепций. Одна из них общеизвестна, более того – на данный момент господствует в общественном мнении и, более того, определяет уже политическую повестку. Это концепция потепления, связанного, главным образом, с антропогенным фактором – промышленными выбросами парниковых газов, прежде всего – CO_2 , в атмосферу.

На первый взгляд, она очевидна. Антропогенные выбросы парниковых газов действительно растут, их концентрация в атмосфере увеличивается, а потепление климата действительно идёт.

В то же время, если я правильно понимаю, Вы относитесь к идее ведущей роли антропогенного фактора скептически. Если так, то на чём основан Ваш скепсис?

Если я Вас правильно понял по Вашим публикациям, то, исходя из Вашей теории дегазации Земли, у Вас есть и своя модель изменения климата?

Скепсис основан на знании. В далеком 2000 г. я участвовал в подготовке доклада министра природных ресурсов Б.А. Яценевича на правительстве по проблеме изменения климата. Пришлось перелопатить огромное количество литературы. В результате я составил такую пропорцию: в планетарном парниковом эффекте 80% принадлежит парам воды, именно вода – главный парниковый газ планеты; 10% - малые газовые составляющие – метан, озон, фреоны; оставшиеся 10% - углекислый газ, но на антропогенный CO_2 в этих 10% приходится свои 10%. Таким образом, вклад антропогенного CO_2 в планетарный парниковый эффект всего 1%. На самом деле 0,7-0,8%.

Про погодный алгоритм я уже рассказывал. Эффекты глубинной водородной дегазации и флуктуации геомагнитного поля, создающие аномалии ОСО, полностью определяют погодные аномалии, в чем может убедиться каждый человек, посмотрев на карты аномалий озона. Модели с антропогенным углекислым газом, а их уже более 40 создано западными учеными, не в состоянии столь же детально и убедительно объяснить погодные аномалии, как это делает озоновая модель.

Кстати, именно вопрос об изучении влияния концентрации озона на погоду и климат был поставлен на Венской конвенции (ВК) по охране озонового слоя в 1985 г. Однако, сейчас никто этим вопросом, кроме вашего собеседника, не занимается, хотя ВК подписали 196 стран.

И каков Ваш прогноз? Катастрофическое потепление, и катастрофические явления будут нарастать в обозримой перспективе? К чему готовиться человечеству и, конкретно, МЧС?

Есть климатические изменения? Есть. Есть глобальное потепление? На самом деле, мы не знаем. Мы видим климатические изменения – то холодно, то жарко. Я определяю эти климатические изменения следующим образом – идёт нарастание контрастности погодных аномалий. В этом месте сейчас жарко, а рядом – совсем холодно.

На одной из передач 1-го канала ТВ «Время покажет», еще при П. Толстом, я дал прогноз, о таком нарастании. Прошло уже несколько лет, и этот мой прогноз реально сбывлся, потому, что именно по этому пути всё и идёт. Нарастает усиление водородной дегазации земного ядра. Положительные аномалии озона также возникают вследствие процессов идущих в ядре.

Казимир Вячеславович Кондратович – доктор географических наук, давно заметил, что положительный озон собирается под магнитными полюсами. Объяснения разные; например, галактические лучи, заходящие на магнитные полюса, усиливающие фотоны, бомбардирующие O_2 . И второе объяснение – парамагнитные свойства кислорода заставляют его стягиваться к магнитным полюсам.

Возвращаясь к погодным аномалиям и изменениям климата. У нас есть положительные температурные аномалии, они сосредоточены в окраинных морях Ледовитого океана, там, где антропогенное воздействие минимально. В районе Таймыра, в устье Лены самое сильное в Северном полушарии разрушения озонового слоя, там же самое сильное выделение водорода и самые сильные погодные аномалии. Такие совпадения случайными не бывают. В районе Таймыра, где практически отсутствует население и промышленные предприятия – самая мощная тепловая аномалия, уже +8 градусов. И это тепло не может прийти из воздуха – потому, что зимой там минус 40, а лёд всё равно тает. А тает потому, что со дна океана выделяется газ. Простой закон – принцип Ле Шателье. Если в систему, содержащую воздух, лёд и воду, поступил газ, то воды становится меньше – потому, что её место занимает объём газа. А принцип Ле Шателье гласит, что система сработает в сторону уравнивания – значит, нужно добавить воды, и лёд будет таять. Именно это и происходит. Таяние льдов открывает океанскую воду, которая имея огромную теплоемкость и температуру намного выше температуры воздуха, нагревает его. Другого источника тепла в полярном регионе нет – полярная ночь, а на окружающих материках часто свирепствуют морозы. А лёд тает! Это знал еще М.В. Ломоносов: «Таким образом, нагретое подземною теплотою дно морское нагревает и лежащую на нем воду. И когда студеный зимний воздух поверхность океана знобит морозами, тогда верхняя вода становится студнее исподней, следовательно, пропорционально тяжелее, отчего по гидростатическим законам по разной тягости верхняя ко дну опускается, нижняя встает кверху, приняв теплоту от талого дна с собою возводит и оную лежащему на морской поверхности воздуху сообщает» [23].

Новозеландские ученые проводили исследования в море Росса – и там тоже обнаружили, что морской лёд тает снизу!

Прим. Уже сейчас из разных точек поступает интересная информация, которая может рассматриваться в качестве доказательства концепции водородной дегазации Земли. Так, 25.08.2021 г. исследователи из Арктического и Антарктического НИИ сообщили: «В ледяных буграх на Северной Земле в Арктике обнаружили жидкую газонасыщенную воду. Оказалось, что вода в жидком виде способна противостоять замерзанию даже в таких экстремально холодных условиях. Фонтаны газифицированного рассола получены при бурении так называемых

блистеров. Находка может существенно расширить фундаментальные представления о поведении воды в зоне вечной мерзлоты. «Мы нашли воду там, где её быть не должно – зимой, в царстве вечного холода и мерзлоты. Предварительно, генезис блистеров и рассола на Северной Земле может быть связан с криогенной метаморфизацией подземных вод – т.е. с изменением их химического состава, а также концентрированием газа при всестороннем промерзании подрусовых таликов. Точнее подскажут анализы воды и льда», – рассказал каналу ЛЕД научный сотрудник ААНИИ Никита Демидов. Учёные отобрали образцы рассола и доставили их в Петербург для дальнейшего анализа (Источник: https://t.me/aari_official/202).

В свою очередь, информационное агентство ФАН [24] со ссылкой на [25] приводит данные по водороду уже в антарктических льдах вместе с доказательствами усиления водородной дегазации в конце XX – начале XXI века, которая не может быть объяснена антропогенными факторами.

Тают снизу и материковые льды. И об этом писал М.В. Ломоносов: «... на Новой Земле и на Шпицбергене из-под ледяных гор ущелинами текут ручьи и речки, следовательно изнутри земли теплота действует» [23]. Снизу тают льды в Антарктиде, в Гренландии, в Исландии и на Килиманджаро...

И как, в принципе, потепление воздуха на 0,67 градусов (вычисленное среднепланетарное потепление) может заставить таять льды Антарктиды? А выделение водорода, окисление хорошо объясняет эти процессы, так же, как и, например, образование термокарстовых озёр, которые тоже все лежат на разломных зонах.

Итак, действительно, можно сказать, что потепление идёт в Арктике. Но потепление идёт из-за дегазации. А вот в средних широтах – то, о чём мы уже сказали – усиление контрастности аномалий. Сейчас у нас здесь жара, а рядом, в Западной Сибири и Казахстане, было холодно. Не удивлюсь, если, осреднив эти температурные аномалии, получим ноль или какую-то небольшую цифру с минусом или плюсом. Но когда климатологи к этому среднеширотному нулю прибавляют тепловую аномалию в Северном Ледовитом океане, то этих аномальных градусов хватает на все Северное полушарие. То есть, цифры, которыми нас пугают, говоря о глобальном потеплении – средняя температура по больнице.

Скажите, а нынешняя жара (прим.: дата интервью – 13.07.2021) тоже связана с отрицательной озоновой аномалией?

Да, тот же самый механизм. Озон разогревает верхнюю стратосферу и поглощает самый опасный для нас биологически-активный ультрафиолет, который проникает в приземные слои воздуха, когда в озоновом слое образуется дыра.

Хотелось бы понять весь механизм. Итак, когда водород проникает в атмосферу, он разрушает озоновый слой. Соответственно, увеличивается поток ультрафиолета.

трафиолетового излучения. Из-за этого происходит нагревание? Больше ультрафиолета, далее он трансформируется в длинноволновое тепловое излучение...?

Да, вы правы, происходит трансформация. По моим представлениям, избыточный ультрафиолет запускает озonoобразующие реакции в приземном воздухе. Распад же озона происходит с выделением теплового излучения. Но, напомню, что разогрев приземного воздуха начинается сразу при выделении водорода из-под земли. Об этом говорилось выше.

Кстати, повышение содержания приземного озона - очень большая экологическая проблема. Озон - яд пострашнее синильной кислоты. Сейчас говорят о covid-19, но приземный озон, в первую очередь, поражает лёгкие. Этим летом в эпизоды аномальной жары в Москве его содержание в три раза выше нормы, но об этом никто не говорит.

Возвращаясь к нашей основной теме, отмечу, что концепция дегазации Земли нашла мощное подтверждение в последние лет 20 - установлен факт интенсивной метановой дегазации Арктики, что можно считать одним из крупнейших открытий начала XXI века.

В заключение о прогнозе на будущее, я не ответил на ваш вопрос, заданный выше. Ответ печальный, я не знаю, что нас ожидает. Мы знаем, что за погодные и климатические аномалии ответственны процессы, идущие в земном ядре, мы видим, что эти процессы усиливаются. Но мы плохо знаем устройство планеты, выше я показал несколько вариантов высказанных разными исследователями, но это малая толика космогонических гипотез. Как ответить на вопрос, - почему усиливается водородная дегазация и геомагнитные флуктуации. Какие процессы в ядре их вызывают? Убедительных ответов нет. Поэтому дальний прогноз невозможен. Мы можем предполагать внешнее космическое воздействие на планету, усиливающие процессы в ядре. Но сами эти процессы мы не понимаем. Чем кончится нарастающее усиление эндогенной активности Земли? Не знаем, но знаем, что хорошего будет мало. Вот этими вопросами и должна усиленно заниматься современная наука, а вместо этого «зеленая» энергетика и борьба с углекислым газом – основой всех пищевых цепей на нашей планете. А эндогенная активность планеты нарастает! Поэтому современную климатологию можно смело называть «буржуазной лженаукой».

Литература

1. Ларин В.Н. Гипотеза изначально гидридной Земли (новая глобальная концепция). М., «Недра», 1975, 101 с., табл., илл. Лит. 131 назв. (АН СССР. Министерство геологии СССР. ИМГРЭ).
2. Ларин В.Н. Земля: состав, строение и развитие: (Альтернативная глобальная концепция): автореф. дисс. на соискание учёной степени доктора геол.-минер. наук: 04.00.01 / Геологич. ин-т. - Москва, 1991. - 46 с.

3. Larin, V. N., ed. C. Warren Hunt. Hydridic Earth: the New Geology of Our Primordially Hydrogen-Rich Planet. Polar Publishing, Calgary, Alberta, Canada, 1993.
4. Ларин В.Н. Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). М. «Агар» 2005, - 248 с., табл., илл.
5. Larin, N., Zgonnik, V., Rodina, S. et al. Natural Molecular Hydrogen Seepage Associated with Surficial, Rounded Depressions on the European Craton in Russia. *Nat Resour Res* **24**, 369–383 (2015). <https://doi.org/10.1007/s11053-014-9257-5>.
6. Zgonnik, V., Beaumont, V., Deville, E. et al. Evidence for natural molecular hydrogen seepage associated with Carolina bays (surficial, ovoid depressions on the Atlantic Coastal Plain, Province of the USA). *Prog. in Earth and Planet. Sci.* **2**, 31 (2015). <https://doi.org/10.1186/s40645-015-0062-5>.
7. Zgonnik, V., Beaumont, V., Larin, N. et al. Diffused flow of molecular hydrogen through the Western Hajar mountains, Northern Oman. *Arab J Geosci* **12**, 71 (2019). <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4242-2>.
8. Prinzhofer A., Cisse Ch.S.T., Diallo A.B. Discovery of a large accumulation of natural hydrogen in Bourakebougou (Mali) // *International Journal of Hydrogen Energy* Volume 43, Issue 42, 18 October 2018, Pages 19315-19326.
9. Cliff Ollier and Colin Pain. *The origin of mountains*. London: Routledge, 2000 368p. : ill. ; 24 cm.
10. Сывороткин В.Л. Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. М.: ООО Геоинформцентр, 2002, 250 с.
11. Сывороткин В.Л. Экологические аспекты дегазации Земли: дисс. на соискание учёной степени доктора геол.-минер. наук: 25.00.36 / Объединенный институт физики Земли РАН имени О.Ю.Шмидта. – Москва, 2001. – 250 с.
12. В.И. Вернадский, Избранные сочинения, том 4, кн. 2, стр. 13 –14, 1960.
13. Ритман А. Вулканы и их деятельность. МИР, Москва, 1963 г., 437 стр.
14. Маракушев А.А. Происхождение и эволюция Земли и других планет Солнечной системы. - М.: Наука, 1992. - 203 с.
15. Окабе Х. Фотохимия малых молекул. - М.: Мир, 1981. - 501 с.
16. Сывороткин В.Л., Садовский Н.А. Рифтогенез, озоновый слой и уровень Мирового океана // Докл. РАН. -1992. - Т.323. - С.731-733.
17. Сывороткин В. Л., Садовский Н. А. Озонный слой и изменение уровня Мирового океана // Тезисы докладов 9 Всесоюзной школы морской геологии. — Т. 1. — Москва, 1990. — С. 135
18. Сывороткин В. Л. Состояние озонового слоя и погодные аномалии в 2019 году // Пространство и Время. — 2019. — № 34. — С. 209–234.
19. Войтов Г.И. Химизм и масштабы современного потока природных газов в различных геоструктурных зонах Земли // Журнал Всесоюз. хим. общества. - 1986. - Т.31. - № 5. - С.533-539.
20. Сывороткин В.Л. Дегазация Земли и разрушение озонового слоя // Природа. - 1993. - №9. - С.35-45.
21. Сывороткин В. Л. Озонная методика изучения водородной дегазации Земли // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. Специальный выпуск СИСТЕМА ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ. — 2013. — Т. 4, № 1. — С. 1–19.
22. Фёдоров В.М. Солярная теория изменений климата // Окружающая среда и энерговедение, № 2/2021, с. 78-95. URL: <https://clck.ru/X7g3L>
23. Ломоносов М.В. Краткое описание разных путешествий по северным морям и показание возможного проходу Сибирским океаном в Восточную Индию // Ломоносов М.В. пСс. Т.6. М.; Л.: АН СССР, 1952. С. 439-462.

24. Пузырьки во льду Антарктики поставили под удар водородную энергетику Запада. URL: <https://clck.ru/X97G6>, 26.08.2021.
25. Patterson J.D. et al. H₂ in Antarctic firn air: Atmospheric reconstructions and implications for anthropogenic emissions // PNAS. URL: <https://www.pnas.org/content/118/36/e2103335118>

References

1. Larin V.N. Gipoteza iznachal'no gidridnoj Zemli (novaya global'naya koncepciya). M., «Nedra», 1975, 101 s., tabl., ill. Lit. 131 nazv. (AN SSSR. Ministerstvo geologii SSSR. IMGRE).
2. Larin V.N. Zemlya: sostav, stroenie i razvitie: (Al'ternativnaya global'naya koncepciya) : avtoref. diss. na soiskanie uchyonoj stepeni doktora geol.-miner. nauk: 04.00.01 / Geologich. in-t. - Moskva, 1991. - 46 s.
3. Larin, V. N., ed. C. Warren Hunt. Hydridic Earth: the New Geology of Our Primordially Hydrogen-Rich Planet. Polar Publishing, Calgary, Alberta, Canada, 1993.
4. Larin V.N. Nasha Zemlya (proiskhozhdenie, sostav, stroenie i razvitie iznachal'no gidridnoj Zemli). M. «Agar» 2005, - 248 s., tabl., ill.
5. Larin, N., Zgonnik, V., Rodina, S. et al. Natural Molecular Hydrogen Seepage Associated with Surficial, Rounded Depressions on the European Craton in Russia. Nat Resour Res 24, 369–383 (2015). <https://doi.org/10.1007/s11053-014-9257-5>.
6. Zgonnik, V., Beaumont, V., Deville, E. et al. Evidence for natural molecular hydrogen seepage associated with Carolina bays (surficial, ovoid depressions on the Atlantic Coastal Plain, Province of the USA). Prog. in Earth and Planet. Sci. 2, 31 (2015). <https://doi.org/10.1186/s40645-015-0062-5>.
7. Zgonnik, V., Beaumont, V., Larin, N. et al. Diffused flow of molecular hydrogen through the Western Hajar mountains, Northern Oman. Arab J Geosci 12, 71 (2019). <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4242-2>.
8. Prinzhofer A., Cisse Ch.S.T., Diallo A.B. Discovery of a large accumulation of natural hydrogen in Bourakebougou (Mali) // International Journal of Hydrogen Energy Volume 43, Issue 42, 18 October 2018, Pages 19315-19326.
9. Cliff Ollier and Colin Pain. The origin of mountains. London: Routledge, 2000 368p. : ill. ; 24 cm.
10. Syvorotkin V.L. Glubinnaya degazaciya Zemli i global'nye katastrofy. M.: OOO Geoinformcentr, 2002, 250 s.
11. Syvorotkin V.L. Ekologicheskie aspekty degazacii Zemli: diss. na soiskanie uchyonoj stepeni doktora geol.-miner. nauk: 25.00.36 / Ob"edinennyj institut fiziki Zemli RAN imeni O.YU.SHmidta. – Moskva, 2001. – 250 s.
12. V.I. Vernadskij, Izbrannye sochineniya, tom 4, kn. 2, str. 13 –14, 1960.
13. Ritman A. Vulkany i ih deyatel'nost'. MIR, Moskva, 1963 g., 437 str.
14. Marakushev A.A. Proiskhozhdenie i evolyuciya Zemli i drugih planet Solnechnoj sistemy. - M.: Nauka, 1992. - 203 s.
15. Okabe H. Fotohimiya malyh molekul. - M.: Mir, 1981. - 501 s.
16. Syvorotkin V.L., Sadovskij N.A. Riftogenez, ozonovyj sloj i uroven' Mirovogo okeana // Dokl. RAN. -1992. - T.323. - S.731-733.
17. Syvorotkin V. L., Sadovskij N. A. Ozonnyj sloj i izmenenie urovnya Mirovogo okeana // Tezisy dokladov 9 Vsesoyuznoj shkoly morskoy geologii. — T. 1. — Moskva, 1990. — S. 135

18. Syvorotkin V. L. Sostoyanie ozonovogo sloya i pogodnye anomalii v 2019 godu // Prostranstvo i Vremya. — 2019. — № 34. — S. 209–234.
19. Vojtov G.I. Himizm i masshtaby sovremennogo potoka prirodnih gazov v razlichnyh geostrukturnykh zonah Zemli // Zhurnal Vsesoyuzn. him. obshchestva. - 1986. - T.31. - № 5. - S.533-539.
20. Syvorotkin V.L. Degazaciya Zemli i razrushenie ozonovogo sloya // Priroda. - 1993. - №9. - S.35-45.
21. Syvorotkin V. L. Ozonnaya metodika izucheniya vodorodnoj degazacii Zemli // Elektronnoe nauchnoe izdanie Al'manah Prostranstvo i Vremya. Special'nyj vypusk SISTEMA PLANETA ZEMLYA. — 2013. — T. 4, № 1. — S. 1–19.
22. Fedorov V.M. Solar Theory of Climate Change // Journal of Environmental, Earth and Energy Study.-2010.-№2.- p. 78-95. URL: <https://clck.ru/X7g3L>
23. Lomonosov M.V. Kratkoe opisanie raznyh puteshestvij po severnym moryam i pokazanie vozmoznogo prohodu Sibirskim okeanom v Vostochnuyu Indiyu // Lomonosov M.V. pSs. T.6. M.; L.: AN SSSR, 1952. S. 439-462.
24. Puzyr'ki vo l'du Antarktiki postavili pod udar vodorodnuyu energetiku Zapada. URL: <https://clck.ru/X97G6> , 26.08.2021.
25. Patterson J.D. et al. H2 in Antarctic firm air: Atmospheric reconstructions and implications for anthropogenic emissions // PNAS. URL: <https://www.pnas.org/content/118/36/e2103335118>

Hydrogen Degasation and Environmental Problems

Syvorotkin Vladimir

Lomonosov Moscow State University, Russia, Moscow

E-mail: hlozon@mail.ru

Abstract. The article presents an interview of Kirill Degtyarev, JEEES deputy editor-in-chief, with Vladimir Syvorotkin, a Doctor of Geology and Mineralogy Sciences and a leading researcher of the Cathedra for Petrology and Volcanology, Geological Faculty of Lomonosov Moscow State University. V.L. Syvorotkin advances and proves a conception of hydrogen degasation of the Earth and its influence on the ozone layer, climate changes, and a number of other processes.

Keywords: hydrogen, hydrogen degasation of the Earth, climate changes, ozone layer, geology, rift zones.