



2019
№4(4)

Окружающая среда и энергостудение

Journal of Environmental Earth and Energy Study (JEEES)



<http://www.jeees.ru>

ISSN 2658-6703
(Online)



**НИ Лаборатория ВИЭ Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
информирует о новом электронном научном журнале
*"Окружающая среда и энергоснабжение".***

Журнал выходит при научно-информационной поддержке НИИ ВИЭ Географического
факультета МГУ имени
М.В. Ломоносова и Русского географического общества.

Сведения о журнале, требованиях к публикациям и порядке электронного
представления статей размещены
на сайте: <http://jeees.ru> .

ISSN 2658-6703

Публикация статей бесплатная.

Редакция журнала предлагает направлять рукописи статей для публикации через сайт
после предварительной регистрации, либо на E-mail редакции.

*С уважением, редакция журнала
"Окружающая среда и энергоснабжение"*

<http://jeees.ru>

info@jeees.ru

Окружающая среда и энергосбережение

Journal of Environmental Earth and Energy Study (JEEES)

2019№4(4)

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», PublicKnowledgeProject, OpenArchivesInitiative, OpenAIRE



Главный редактор

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

Зам. главного редактора

Соловьев Александр Алексеевич, д.физ.-мат.н.,
профессор, академик РИА (МГУ им. М. В. Ломоносова).

Редакционная коллегия:

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

Березкин Михаил Юрьевич, кандидат географических
наук, (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.г.н. (МГУ им. М. В.
Ломоносова).

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

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

Залиханов Алим Михайлович, кандидат географических
наук, (МГУ им. М. В. Ломоносова).

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

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

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

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

Тикунов Владимир Сергеевич, д.г.н., профессор (МГУ им.
М. В. Ломоносова).

Показеев Константин Васильевич, д.физ.-мат.н., профес-
сор (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 энергосистемы. 2019 №4(4)

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 30.12.2019.

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.

© Редакция журнала «Окружающая
среда и энергосистемы», 2019

Государственный Рубрикатор НТИ России

(ГРНТИ): 37; 39; 44; 45

ISSN 2658-6703



9 772658 670003

Содержание

В.А. Бутузов

**История и проблемы развития геотермальной энергетики в
России 4**

В.В. Бушуев, В.В.Первухин

Цивилизация как циклическая энергетическая система20

К.С. Дегтярев

**Расселение сельского населения как экономико-
географический фактор эффективности малой автономной
возобновляемой энергетики28**

О.Ю. Калинина, Ф.В. Сапожников

**Результаты исследования обрастания микроводорослями
пластикового мусора46**

Е.Н. Попова

**Система «зелёной сертификации» в Украине: вопросы
правоприменения54**

Content

V.A. Butuzov

**History and development problems of geothermal power industry
in Russia 4**

V.V. Bushuev, V.V. Pervukhin

Civilization as a cyclical energy system20

K.S. Degtyarev

**Settling of rural population as the economy-geographical
background for efficiency of small-scaled autonomous renewable
energy systems.....28**

O.Yu. Kalinina, P.V.Sapozhnikov

**The study results of plastic waste overgrowth
with micro-algae.....46**

E.N. Popova

**The system of "green certification" in Ukraine: enforcement
issues54**

УДК 93/94: 620.92.

История и проблемы развития геотермальной энергетики в России

В.А. Бутузов^[0000-0003-2347-9715]

Кубанский аграрный университета им. И.Т. Трубилина, г. Краснодар, 350044, Россия

E-mail: butuzov@newmail.ru

Аннотация. Представлено сопоставление мощностей геотермальных электростанций (ГеоЭС) в мире и в России по данным 2018 г. Описана реализация советского масштабного геотермального проекта и исследования высокотемпературных паровых геотермальных месторождений с тридцатых годов прошлого века до наших дней. Анализируется опыт создания и 66 – летней эксплуатации первой в стране Паужетской ГеоЭС мощностью 12 МВт, на основе которой предлагаются мероприятия по ее совершенствованию. Представлены технические решения построенного в 2012 г. на Паужетской ГеоЭС бинарного энергоблока мощностью 2,5 МВт с промежуточным рабочим телом для использования сепарата и конденсата паровых турбин. Анализируется опыт создания и эксплуатации Верхне-Мутновской ГеоЭС мощностью 12 МВт и мероприятия по ее совершенствованию. На основе анализа существующего топливного режима и характеристик разведанных геотермальных месторождений сделан вывод о возможности полного обеспечения электро и теплогенерации Камчатского края за счет использования геотермальной энергии. Представлены данные о технических характеристиках реконструируемой Менделеевской ГеоЭС на острове Кунашир (Курильские острова) мощностью 7,4 МВт и законсервированной Океанской ГеоЭС на острове Итуруп (Курильские острова) мощностью 3,6 МВт.

Ключевые слова: Геотермальные месторождения, скважины, сепараторы, геотермальные электростанции (ГеоЭС), паровые турбины, конденсаторы, реинжекция, бинарные энергоблоки.

1 Введение

Развитие возобновляемой энергетики в современном мире является одним из ведущих мировых трендов. После ветровой и солнечной геотермальная энергетика занимает третье место. Суммарная установленная мощность геотермальных электростанций (ГеоЭС) в 2018 г достигла 13300 МВт. В России мощность

таких электростанций составляет 74 МВт, или менее 0,6% общей. При этом Россия имеет потенциальные запасы высокотемпературных месторождений Камчатки и Курильских островов, достаточные для их полного энергообеспечения, а российские научные и технологические школы входят в число пяти ведущих мировых лидеров геотермальной энергетики [1].

Геотермальная российская энергетика создана как советский проект, предусматривавший широкомасштабное комплексное использование этого возобновляемого источника энергии. С 1954 года соответствующими научными исследованиями занимались более 60 институтов. Министерством газовой промышленности СССР были пробурены более трех тысяч геотермальных скважин глубиной до 5,5 км, созданы пять региональных управлений по использованию глубинного тепла Земли, работало специализированное НПО «Союзбургеотермия».

2 Геотермальные исследования

Геотермальная электроэнергетика в отличие от других технологий использования энергии Земли требует высоких значений температур теплоносителя. В России регионами, где имеются пароводяные геотермальные месторождения, являются Камчатка и Курильские острова (рис. 2). Еще в 1737 г знаменитый русский путешественник С.П. Крашенников исследовал геотермы на Камчатке. Систематические исследования их было начаты в тридцатые годы прошлого века видным геологом Борисом Ивановичем Пийпом (1906-1966) (рис. 1), издавшим в 1937 г книгу [2], организовавшим геотермальные исследования и создавшим в 1962 г Институт вулканологии и сейсмологии АН СССР в Петропавловске - Камчатском. Таким образом, можно с 1937 г датировать начало создания Камчатской геотермальной научной школы, отличительной особенностью которой являются исследования высокотемпературных месторождений.



Рис. 1. Пийп Б.И. Источник: фото предоставлено автором

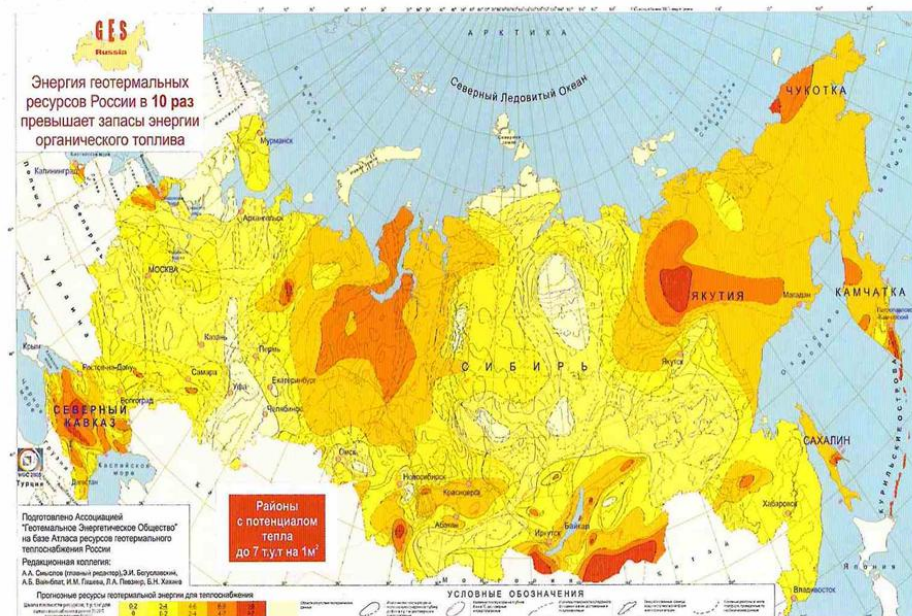


Рис. 2. Геотермальный потенциал Российской Федерации, [3].

После войны развитие экономики Камчатки потребовало строительства электростанций и в 1948 г. главный энергетик треста «Сахалинрыбпром» Александр Александрович Гавронский (1903-1971) (рис. 3) получил авторское свидетельство на производство электроэнергии из геотермальных источников, что позволило ему в 1949 г обратиться к И.В. Сталину с предложением о развитии геотермальной энергетики. После дискуссионного рассмотрения этого вопроса в Академии наук СССР при поддержке академика Михаила Викторовича Кирпичева (1878-1955), выдающегося теплоэнергетика и основателя советской научной школы котлостроения председатель правительства СССР В.М. Молотов поручил АН СССР приступить к геотермальным исследованиям. В 1954 г Президиум АН СССР направил из Москвы на Камчатку экспедицию Лаборатории вулканологии АН СССР под руководством Б.И. Пийпа для выбора места строительства геотермальной электростанции. Уже в следующем году эта экспедиция рекомендовала начать разведочное бурение на юге Камчатки в районе Паужетских геотермальных источников в 30 км от побережья Охотского моря у реки Паужетка.

В 1956 г. на Камчатку выезжала комиссия Президиума АН СССР во главе с академиком М.А. Лаврентьевым (рис. 4). В ее составе были академики И.Е. Тамм, А.Н. Тихонов, известные вулканологи, геотермики и гидрогеологи Б.И. Пийп, Ф.А. Макаренко, В.И. Влодавец, В.В. Иванов, Н.И. Нехорошев, Н.И. Хитаров, инженер А.А. Гавронский [4]. Комиссия выбрала точку заложения бурения первой 500-метровой скважины на площадке Паужетских геотермальных

источников и утвердила программу работ, созданной в 1957 г там Контрольно-наблюдательной геотермальной станции Лаборатории вулканологии (Паужетская геотермальная экспедиция). Руководителем этой экспедиции был назначен Б.И. Пийп, гидрогеологическими исследованиями руководили В.В. Аверьев и В.М. Сугробов.

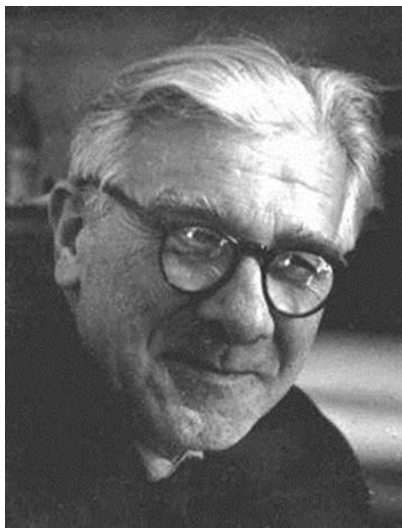


Рис. 3. Гавронский А.А.



Рис. 4. Лаврентьев М.А.

Источник: фото предоставлены автором

3 Создание Паужетской ГеоЭС

1957 год считается фактическим началом всего комплекса работ по строительству Паужетской ГеоЭС. В 1957-1958 гг. была пробурена и опробована первая в СССР пароводяная скважина. На глубине 120-300 м она вскрыла месторождение с пароводяной смесью с температурой 200°C. С 1959 г по 1963 г. на Паужетском месторождении были пробурены и опробованы 21 разведочная скважина, на десяти из которых были выполнены годовые опытно-эксплуатационные испытания. Выдающийся вклад в развитие геотермальной геологии Камчатки внес Валерий Викторович Аверьев (1929-1968) [5] (рис. 5). Он возглавлял новое научное направление исследований о вулканизме, как проявлении магматического вещества на поверхности Земли и о соответствующих геотермальных процессах [6]. В.В. Аверьев предложил произвести глубокое бурение в зону влияния магматических очагов под вулканами, которое только в XXI веке было реализовано в США и в Исландии. Под руководством В.В. Аверьева впервые в СССР на Паужетской станции была разработана, изготовлена и испытана аппаратура для испытания пароводяных скважин, разработаны

методики испытания (гидрогеологических, гидрохимических, гидротермических), определения запасов геотермальных пароводяных месторождений.



Рис. 5. Аверьев В.В. Источник: фото предоставлено автором

После оценки потенциальной мощности Паужетской геотермальной системы в 30 МВт правительство СССР в 1965 г. приняло решение о строительстве Паужетской ГеоЭС (рис.6) установленной мощностью 5 МВт. Результаты исследований Паужетского месторождения, а также других месторождений были обобщены Б.И. Пийпом в книге [7], актуальной до настоящего времени. Проект Паужетской ГеоЭС разработал инициатор проектирования отечественной геотермальной энергетики главный специалист Новосибирского филиала института «Теплоэлектропроект» Борис Михайлович Выморков (главный инженер проекта), и он же был первым директором этой станции. Технические решения Паужетской ГеоЭС были приняты с учетом мирового опыта того времени [8] и передовых технологий отечественного энергостроения. Сепараторы были установлены на каждой из 9 эксплуатируемых скважин (всего пробурено 79 скважин).



Рис. 6. Скважины Паужетского месторождения. Источник: фото автора.

На станции были установлены две паровые турбины каждая мощностью 2,5 МВт, переделанные персоналом станции из серийных машин Калужского турбинного завода (КТЗ). Оригинальная конструкция смешивающего конденсатора с речной водой обеспечивала устойчивую работу станции. Паужетская ГеоЭС, первая в нашей стране была построена за два года и 19 августа 1966 г введена в эксплуатацию. Она работает и в наши дни. На рис. 7 – машинный зал Паужетской ГеоЭС. Следует отметить, что с первых дней работ по разведке месторождения и до последних дней жизни инициатор строительства Паужетской ГеоЭС А.А. Гавронский активно участвовал на всех этапах ее создания [5]. Со временем менялись турбины и другое оборудование станции. В настоящее время в работе паровая турбина мощностью 6 МВт КТЗ, изготовленная в 1940 г., а вторая той же мощности, переоборудованная из судовой АО «Кировский завод» в 2006 г - в резерве.



Рис. 7. Машинный зал Паужетской ГеоЭС. Источник: фото автора.

Паужетское геотермальное месторождение в настоящее время эксплуатируется АО «Тепло Земли», которое является правопреемником – ГУП «Камчатскбургеотермия». Запасы месторождения утверждены в 2008 г на 25 летний срок эксплуатации при удельном расходе пара ГеоЭС – 2,5 кг/спри фактическом расходе 4,03 кг/с, что соответствует среднегодовой мощности станции 6,7 МВт, а при пиковом потреблении до 11 МВт. Сейчас на месторождении 22 скважины глубиной от 405 до 1205 м, из которых 10 действующих добычных с общим расходом пара 27,1 кг/с, достаточными для обеспечения электрической мощно-

сти до 10,9 МВт, температуре пароводяной смеси на устье 179°C и давление до 3 бар. Каждая добычная скважина оборудована сепаратором, пар, из которых (около 10 %) по трубопроводам централизованно подается на ГеоЭС. Сепарат скважин в объеме 5 % используется для теплоснабжения объектов в пос. Паужетка, 8 % подается в реинжекционную скважину, остальной в объеме 87 % сбрасывается в ручей Быстрый и реку Паужетка. За 9 месяцев 2019 г добыто 558,8 тыс. тонн при средней мощности 4,5 МВт. Выработка электроэнергии составила 326285 тыс. кВтч.

4 Бинарные ГеоЭС

Первая в мире бинарная Паратунская ГеоЭС мощностью 670 кВт по изобретению академика СССР С.С. Кутателадзе (1914-1986) (рис. 8) в соавторстве с д.т.н. Л.М. Розенфельдом и Б.М. Выморковым, по разработкам Института технической теплофизики (ИТТФ) СО АН СССР, ВНИИ холодильного оборудования и Ленинградского технологического института холодильной промышленности и по проекту Новосибирского института ГИПРОНИИ АН СССР в 1967г была построена в 70 км от Петропавловска-Камчатского у пос. Термального. Строительством и эксплуатацией станции занималась ученица С.С. Кутателадзе к.т.н. В.Н. Москвичева. Результаты работы ГеоЭС в течение 2000 часов подтвердили ее проектные характеристики. Через 2 года после ликвидации участка Новосибирского ИТТФ АН СССР данная ГеоЭС прекратила работу. [9].

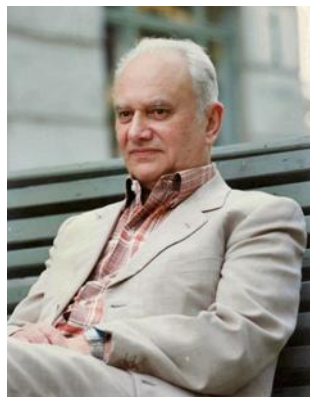


Рис. 8. Кутателадзе С.С.



Рис. 9. Г.В. Томаров.

Источник: фото автора.

С целью возрождения российских бинарных энерготехнологий и организации серийного производства бинарных электростанций (БЭС) в соответствии с приказом ОАО «РАО ЕЭС России» № 500 от 9 августа 2007 г была начата реализация проекта строительства бинарного энергоблока на Паужетской ГеоЭС. В 2007 г. московским ЗАО «ГЕОИНКОМ» (генеральный директор Томаров Г.В.)

(рис. 9) разработало технический проект типового бинарного энергоблока, а также технические проекты основного оборудования - испарителя – пароперегревателя, конденсатора, паровой турбины, выбрав в качестве рабочего цикла озонобезопасный хладон R-134a. Была также разработана технологическая схема и рассчитаны ее параметры, подобрано специальное вспомогательное оборудование и арматура, определены основные компоновочные и архитектурно-строительные решения. Генеральным проектировщиком - ОАО «НИИЭС» (Москва) на базе технического проекта была разработана рабочая проектная документация на строительство опытно - промышленного экспериментального энергоблока с бинарным циклом мощностью 2,5 МВт на площадке Паужетской ГеоЭС (рис.10).

В 2014 г. монтаж данной ГеоЭС мощностью 2,5 МВт для утилизации тепла сепарата и конденсата паровых турбин был завершен, однако по ряду причин бинарный энергоблок не введен в эксплуатацию до настоящего времени.

Дальнейшее развитие бинарных энергоциклов было выполнено к.т.н. Александром Исаевичем Калиной (1933-2018), который предложил использовать в качестве промежуточного рабочего тела взамен фреонов водоаммиачную смесь, что более чем вдвое повысила эффективность бинарных электростанций [10]. Первая такая станция была построена в 1942 г в США (Лос-Анджелес).



Рис. 10. Бинарная Паужетская ГеоЭС. Источник: kamchatkaland.ru.

5 Создание Верхне-Мутновской и Мутновской ГеоЭС

В восьмидесятые годы камчатская геотермальная школа Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН в Петропавловске-Камчатском приступила к широкомасштабным исследованиям геотермальных месторождений, в том числе крупнейшего Мутновского в 100 км от Петропавловска-Камчатского. В 1990 г. Госкомитет по запасам СССР утвердил запасы Мутновского месторождения с суммарным дебитом пара 156,2 кг/сек, при давлении 6-8 бар, что соответствовало мощности 78 МВт, а в 1987 г. не дожидаясь подсчета запасов Минэнерго СССР, утвердил ТЭО строительства Мутновской ГеоЭС мощностью 50 МВт, и в 1988 г. организовал Дирекцию по ее строительству (рис.11). [11].

В течение последующих пяти лет Минэнерго СССР и Администрация Камчатской области пытались построить атомную электростанцию. Проблемы сейсмичности и отсутствия соответствующего оборудования заставили вернуться к строительству Мутновской ГеоЭС. В 1993 г. губернатор Камчатской области В.А. Бирюков в Лондоне инициировал выделение Европейским банком реконструкции и развития (ЕБРР) гранта исландской фирме Virkir-Orkin LTD для разработки ТЭО «Система геотермального электротеплоснабжения городов Елизово и Петропавловска-Камчатского». [12].

Аналогичную работу в России выполнил также институт ВНИПИЭНЕРГОПРОМ (Москва) совместно с Калужским турбинным заводом (КТЗ). Банк отдал предпочтение исландскому ТЭО с комбинированной ГеоЭС мощностью 50 МВт с теплофикационными турбинами, тепловой станцией с использованием тепла 600 т/ч сепарата и конденсата со строительством теплопровода диаметром 500 мм протяженностью 83 км до г. Елизово и далее до Петропавловска-Камчатского стоимостью 158 млн. долл. США.

Российский вариант при сохранении тех же параметров (установленная электрическая мощность 50 МВт, такая же теплотрасса) предусматривал раздельное сооружение конденсационной ГеоЭС и такое же теплоснабжение указанных городов. Такой подход объяснялся особенностью российского финансирования строительства энергообъектов. РАО «ЕЭС России» утвердило ТЭО Мутновской ГеоЭС, и готово было финансировать только электрогенерацию. Для строительства объектов геотермального теплоснабжения в 1993 г. была организована «Камчатская теплоэнергетическая компания (КамТЭК), которая не смогла собрать средства потенциальных потребителей для реализации проекта.

В этой тупиковой ситуации проблемами геотермальной энергетики в девяностые годы начал заниматься ведущий российский специалист по паровым турбинам атомных электростанций д.т.н., профессор Олег Алексеевич Поваров (1938-2006). В 1994 г. он инициирует создание в Москве акционерного общества (АОЗТ «Геотерм») с участием руководителей РАО «ЕЭС России» и ОАО «Камчатскэнерго» и уже в 1995 г. РАО «ЕЭС России» утверждает ТЭО на строительство Верхне-Мутновской ГеоЭС мощностью 12 МВт, открывает финансирование проекта. Директором строительства станции назначается В.Е. Лузин. В том же году начинает прибывать и монтироваться оборудование

станции. КТЗ изготовил 14 модулей вагонного типа, соединенных между собой закрытыми переходами. Были пробурены 3 продуктивные и 2 реинжекционные скважины 29.12.1999 г. Верхне-Мутновская ГеоЭС была принята в эксплуатацию, а все проблемы в ходе пуско-наладочных работ были устранены в декабре 2002 г.: (замена воздушной конденсаторной установки, защита электрооборудования станции от выделяющегося из геотермальной воды сероводорода и т.п.). Впервые в мировой практике были применены горизонтальные гравитационные сепараторы, обеспечивающие максимальное удаление воды из геотермального пара. При проектировании и строительстве Верхне-Мутновской ГеоЭС были апробированы новые технические решения, которые затем были успешно применены при строительстве Мутновской ГеоЭС.



Рис. 11.Верхне-Мутновская ГеоЭС. Источник: фото автора.

В 1996 г. О.А.Поваров (рис.12), имея большой авторитет в зарубежных научных кругах (стажировки в США, разработка ГеоЭС «Сан-Хасинто» в Никарагуа и др.) инициировал выделение средств ЕБРР на разработку окончательного варианта ТЭО Мутновской ГеоЭС. японской компании «WestJEC», АО «Наука» (президент О.А. Поваров) и Новозеландской фирме CENZi. В 1997 г. ЕБРР утвердил ТЭО Мутновской ГеоЭС мощностью 50 МВт стоимостью строительства 154 млн. долл. США. В 1998 г. было подписано соглашение между правительством РФ и ЕБРР о выделение АОЗТ «Геотерм» кредита на 99,9 млн. долл. США со сроком погашения 3 года. Остальные 55 млн. долл. США и обязались профинансировать РАО «ЕЭС России», ОАО «Камчатскэнерго», Администрация Камчатской области. Дополнительно за счет ОАО «Камчатскэнерго» была построена ЛЭП 220 кВ и автодорога до г. Елизово. Генпроектировщиком ГЕОЭС в 1999 г. было назначено ОАО «Зарубежэнергомонтаж» (г. Иваново), а

генподрядчиком строительства - ФГУП «ВО Технопромэкспорт», имевшего многолетний опыт строительства зарубежных электростанций.



Рис. 12.Поваров О.А. Источник: фото автора.

В 2002 г. в установленный трёхлетний срок было завершено строительство и пуск в эксплуатацию, ставшая флагманом российской геотермальной энергетики Мутновской ГеоЭС мощностью 50 (2х25) МВт (рис.13). При ее создании были реализованы современные технико-технологические решения: высокоэффективные оригинальные горизонтальные сепараторы первой и второй ступени, работающие на основе гравитационного принципа отделения влаги (производство ОАО «ЗиО», г. Подольск), высокоэкономичные и надежные двухпоточные паровые турбины, разработанные и изготовленные на ОАО «КТЗ», современная распределенная АСУ ТП на базе оборудования фирмы «Сименс» [12, 13].



Рис. 13.Мутновская ГеоЭС. Источник: фото автора.

6 Перспективы геотермальной энергетики Камчатки

В соответствии со схемой и программой развития электроэнергетики Камчатского края на 2019-2024 гг., суммарная мощность электрогенерирующих станций Камчатки в 2018 г составляла 630 МВт (100%), в том числе избыточная мощность около 50%. Установленная мощность ГеоЭС составляет 74 МВт (11,7 % от суммарной установленной мощности или 23,5 % от фактически используемой). При общей выработке электроэнергии в 2018 г на Камчатке 1816 млн. кВт (100%) основная доля приходится на ТЭЦ-1, установленной мощностью 204 МВт и ТЭЦ-2 соответственно – 160 МВт, которые обеспечивают 57% производства всей электроэнергии полуострова. На долю Мутновской и Верхне-Мутновской ГеоЭС приходится 23,5% выработки электроэнергии (427 млн. кВт·ч).

В настоящее время основным источником газоснабжения Камчатки является магистральный газопровод от Кшукского месторождения диаметром 530 мм и протяженностью 392 км, построенный в 2012 г. В программе отмечено, что в 2019 г его производительность сократилась с 750 до 420 млн. м³ в год, а к 2030 г – до 120 млн. м³ в год. Соответственно существующие электрогенерирующие мощности в количестве 364 МВт потребуют дополнительных объемов топочного мазута или замещения геотермальными электростанциями. Ведущие специалисты России д.г.н. – м.н. Кирюхин А.В., к.г.-м.н. Сугробов В.М. из Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН в статье [14] дают прогнозную оценку геотермальных ресурсов для выработки электрической энергии от 680 до 1100 МВт (по объемному методу и по естественной тепловой нагрузке) и от 3000 до 3900 МВт (по интенсивности вулканической активности). Применение авторами численного термодинамического TOUGH2 – моделирование с прогнозом эксплуатации продуктивных геотермальных резервуаров с известными фильтрационно-емкостными и энергетическими свойствами показывают возможность увеличения мощности эксплуатируемого Мутновского геотермального месторождения до 105 МВт, а Паужетского геотермального месторождения до 11 МВт, в том числе с использованием бинарных технологий.

Камчатское АО «Тепло Земли» помимо единственного в России пароводяного Паужетского месторождения эксплуатирует также 8 водяных геотермальных месторождений с 51 скважиной. Оно обеспечивает теплоснабжение около 500 объектов общей отапливаемой площадью 45 тыс. м², в том числе в поселках Паратунка и Термальный, 400 объектов площадью 23 тыс. м², десятки санаториев и лососевый рыбоперерабатывающий завод. Из трех аналогичных российских организаций АО «Тепло Земли» добывает больше всех геотермальной воды – 9 млн. м³ в год и около 700 тыс. тонн геотермального пара. Исследователями гидротерм этой организации в шестидесятые годы являлись: З.Б. Декусар, Ю.Ф. Манухин, В.М. Зимин, В.И. Воробьев, В.Е. Диланян, Ю.Н. Звонцов, С.Е. Апрельков, С.И. Федоренко, Г.П. Декин, А.М. Осьмакова, И.М. Зайцев, В.Д. Бубнов, В.К. Со-

ловьев Ю.С. Князятков, Л.Е. Павлова, Л.А. Коваленко; поисково – разведочные работы проводили: Г.И. Гинсбург, В.Ф. Винокур, Ц.Э. Ахизер, Л.Г. Пащенко, К.И. Мальцева, В.В. Овчеренко, Л.А. Ворожейкина, Н.Ф. Смирнова, Г.С. Захарова, Л.Т. Наумов, Л.И. Кафитин, В.М. Мальцев, В.А. Ямпольский; методическое руководство осуществляли: Ц.Э. Ахизер, Ю.А. Краевой, Ю.Ф. Манухин, В.Г. Охапкин; совместно с сотрудниками АО «Тепло Земли» работали научные сотрудники Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН: В.В. Аверьев, В.И. Белоусов, Е.А. Вакин, И.Т. Кирсанов, В.М. Сугробов, В.Л. Леонов, И.В. Мелекесцев, С.И. Набоко, Б.И. Пийп, Б.Г. Поляк, Ю.А. Таран, Ю.П. Трухин.

7 Курильские ГеоЭС

Геотермальные пароводяные месторождения разведаны также на Курильских островах: Кунашир, Итуруп, Парамушир. Разведочные работы первого геотермального месторождения на участке Прибрежном были начаты на острове Кунашир в 1964 г, а в 1976 г. были утверждены его запасы. Инициатором развития курильской энергетики является Вилли Львович Микиртумов, 1943 г.р., который в 1977 г. работая в институте «Сахалингражданпроект» разработал проект ТЭО геотермального теплоснабжения острова Кунашир. При его участии фирма «Энергия» заказала Калужскому турбинному заводу (КТЗ) модульную геотермальную электростанцию «ОМЕГА-500», мощностью 500 кВт, которая была установлена у подножия вулкана Менделеевский в 1993 г. В составе энергоблока была противодавленческая турбина «Кубань-0,5», разработанная КТЗ совместно с АО «Южно-русская энергетическая компания» (Краснодар). В 1994 г. были завершены работы по строительству Менделеевской ГеоЭС, мощностью 3,6 МВт с двумя энергоблоками «ТУМАН-2Л» КТЗ с мощностью каждого по 1,8 МВт. В 1996 г. был построен геотермальный теплопровод от ГеоЭС в пос. Горячий Ключ с закрытием 5 угольных котельных. В 1997 г. на Менделеевской ГеоЭС была смонтирована блочная станция «ТУМАН» (КТЗ) мощностью 17 Гкал/ч, а в 2008 г по проекту института «Сахалингражданпроект» был построен теплопровод в пос. Южно-Курильск протяженностью 9 км вдоль океанской бухты с пересечением двух рек и с перепадом отметок до 100 м. В пос. Южно-Курильск теплопровод подключили к тепловому пункту бывшей котельной и обеспечили геотермальное отопление здания поселка. С 2011 по 2019 гг. выполнялась реконструкция ГеоЭС с установкой оборудования фирмы Ormat Technologies Inc (США, Израиль). Мощность Менделеевской ГеоЭС после реконструкции составит 7,4 МВт. В сентябре 2019 г начаты тестовые испытания.

На другом курильском острове Итуруп в 2007 г по проекту института «Новосибирсктеплоэлектропроект» была построена Океанская ГеоЭС, установленной мощностью 3,6 МВт с двумя энергоблоками «ТУМАН-2Л», мощностью по 1,8 МВт. В 2015 г после аварии станция была выведена из эксплуатации.

8 Выводы

При общей мощности ГеоЭС мира 13300 МВт установленная мощность российских геотермальных станций 74 МВт при потенциальной мощности ГеоЭС, составляющей только на Камчатке 1100 МВт. Россия одна из пяти стран мира, обладающая технологиями производства геотермальных турбин и оборудования, геологической и научной школой мирового уровня, инженерными школами по проектированию и эксплуатации.

Развитие российской геотермальной энергетики осуществлялась инициаторами высочайшей научной и инженерной квалификации. Исследования пароводяных геотермальных месторождений Камчатки были начаты в тридцатые годы прошлого века д.г.-м. Б.И. Пийпом. Его идеи развил в шестидесятые годы В.А. Аверин, обосновавший теорию образования месторождения. После организации Б.И. Пийпа в 1962 г. Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН лаборатория геотермии выполнила исследования геотермальных ресурсов Камчатки, которое оценивалось от 650 до 3900 МВт в зависимости от метода использования.

На Камчатке строительство первой в СССР Паужетской ГеоЭС в 1949 г. инициировал А.И. Гавронский. Эта электростанция была построена в 1966 г. по проекту Б.И. Выморкова, который и руководил ее эксплуатацией в первые годы. В 1967 г. также на Камчатке была построена первая в мире бинарная Паратунская ГеоЭС. В основе ее энергетического цикла было изобретение Б.И. Выморкова, академика С.С. Кутателадзе и д.т.н. Л.М. Розенфельда. В восьмидесятые-девяностые годы ученым мирового уровня О.А. Поваровым инициировано сооружение Верхне - Мутновской и Мутновской ГеоЭС, являющимися самыми мощными геотермальными станциями в России. В 2003 г. по разработке д.т.н. Г.В. Томарова была построена Паужетская бинарная ГеоЭС, которая адаптировала в себе современные технологические решения мирового уровня.

Предварительный анализ энергобаланса и генерирующих мощностей Камчатского края, опыта эксплуатации ГеоЭС, геологических прогнозных оценок показал, возможность обеспечить существующую и перспективную электрогенерацию Камчатки за счет использования геотермальной энергии суммарной мощности от 116 до 3900 МВт.

Для определения перспектив развития геотермальной энергетики Курильских островов требуются дополнительные исследования.

Литература

1. Бутузов В.А. Геотермальное теплоснабжение: столетний опыт работы российских научных школ // Энергия: экономика, техника, экология. 2019. №5. С.16-32.
2. Пийп Б.И. Термальные ключи Камчатки // Труды СОПС АН СССР. 1937. Вып.2
3. Алхасов А.Б. Освоение низкопотенциального геотермального тепла. М.: Физматлит. 2017.

4. Рычагов С.Н. Начало освоения геотермальной энергии на Камчатке и перспективы ее использования // История естествознания и техники. 2017. № 7. С.45-50.
5. Белоусов В.И., Эрлих Э.Н. Становление геотермальной энергетики Камчатки: проблемы и решения. // Вопросы истории естествознания и техники. 2015. Т.36. №2. С.306-321.
6. Аверьев В.В. Гидротермальный процесс в вулканических областях и его связь с магматической деятельностью. // Современный вулканизм. М.: Наука. 1966. С. 118-128
7. Паужетские горячие воды на Камчатке. / Ред. Б.И. Пийпа М.: Наука. 1965. 208с.
8. Выморков Б.М. Геотермальные электростанции М.-Л.: Энергия. 1966. 113с.
9. Геотермальная энергетика: Справочно-методическое издание / Г.В. Томаров, А.И. Никольский, В.Н. Семенов, А.А. Шипков. –М.: Интехэнерго – Издат. 2015.
10. Калина А.И. Новая бинарная геотермальная энергетическая система/ Аннотации докладов Международного геотермального семинара. Сочи. 6-10.10.2003. С. 51
11. Колосов В.М. Создание Камчатской энергосистемы (1964-1993) Петропавловск-Камчатский. Камчатский печатный двор. 1997. 40с.
12. Очерки истории Камчатской энергетики. К 45-летию «Камчатскэнерго». Петропавловск-Камчатский. 2009. Камчатскпресс. 135с.
13. Дарующая свет и тепло. Из истории Камчатской энергетики 1964-2009. К 55 –летию ПАО «Камчатскэнерго». Петропавловск-Камчатский. Камчатскпресс. 2019. 99с.
14. Кирюхин А.В., Сугробов В.М., Геотермальные ресурсы Камчатки и ближайшие перспективы их освоения // Вулканология и сейсмология. 2019 № 6. С. 50-65.

References

1. Butuzov V.A. Geothermal heat supply: a hundred-year work experience of Russian research schools // Energy: economy, engineering, ecology. 2019. No 5. P.16-32.
2. Pijp B.I. Thermal Thermal springs of Kamchatka // Works of SOPS AN SSSR. 1937. Vol.2
3. Alhasov A.B. Development of low-potential geothermal heat supply. M.: Fizmatlit. 2017.
4. Rychagov S.N. Beginning of development of geothermal energy in Kamchatka and prospects of its utilization // History of natural sciences and engineering. 2017. No 7. P.45-50.
5. Belousov V.I., Erlih E.N. Development of geothermal power industry in Kamchatka: problems and solutions // Issues on history of natural sciences and engineering 2015. Vol.36. No 2. P.306-321.
6. Aver'ev V.V. Hydrothermal process in volcanic areas and its connection with magmatism // Modern volcanism. M.: Nauka. 1966. P. 118-128
7. Puzhet heat waters in Kamchatka. / Ed. B.I. Pijpa M.: Nauka. 1965. 208pp.
8. Vymorkov B.M. Geothermal power plants M.-L.: Energy. 1966. 113pp.
9. Geothermal power industry: Referential and methodic edition / G.V. Tomarov, A.I. Nikol'skij, V.N. Semenov, A.A. SHipkov. –M.: Intekhenergo – Izdat. 2015.
10. Kalina A.I. New binary geothermal power system / Abstracts of reports of the International geothermal workshop. Sochi. 6-10.10.2003. P. 51
11. Kolosov V.M. Building the Kamchatka power system (1964-1993) Petropavlovsk-Kamchatskij. Kamchatskijpechatnyjdvor. 1997. 40pp.
12. Sketches of the history of Kamchatka power industry. To 45th anniversary of "Kamchatskenergo". Petropavlovsk-Kamchatskij. 2009. Kamchatskpress. 135pp.

13. Giving light and heat. Form the history of Kamchatka power industry 1964-2009. To 55th anniversary of PAO «Kamchatskenergo». Petropavlovsk-Kamchatskij. Kamchatskpress. 2019. 99pp.
14. Kiryuhin A.V., Sugrobov V.M. Geothermal resources of Kamchatka and the nearest prospects of its utilization // Volcanology and seismology. 2019 No 6. P. 50-65

History and development problems of geothermal power industry in Russia

V.A. Butuzov

Kuban' State Agrarian University, Krasnodar, 350044, Russia

E-mail: butuzov@newmail.ru

Abstract. A comparison of the capacities of geothermal power plants (GeoPP) in the world and in Russia according to 2018 data is presented. The implementation of the Soviet large-scale geothermal project and the study of high-temperature steam geothermal deposits from the thirties of the last century to the present day are described. The experience of creating and operating for 66 years the country's first Pauzhetskaya GeoPP with a capacity of 12 MW is analyzed, on the basis of which measures for its improvement are proposed. Technical solutions for a 2.5 MW binary power unit built in 2012 at the Pauzhetskaya GeoPP with an intermediate working fluid for the use of separated liquid and steam condensate are presented. The experience of creating and operating the Verkhne-Mutnovskaya GeoPP with a capacity of 12 MW and measures to improve it are analyzed. Based on the analysis of the existing fuel regime and the characteristics of the explored geothermal deposits, it is concluded that it is possible to fully ensure the electric and heat generation of the Kamchatka Territory through the use of geothermal energy. The data on the technical characteristics of the reconstructed Mendelev GeoPP on Kunashir Island (Kuril Islands) with a capacity of 7.4 MW and mothballed Ocean GeoPP on Iturup Island (Kuril Islands) with a capacity of 3.6 MW are presented.

Keywords: Geothermal deposits, wells, separators, geothermal power plants (GeoPP), steam turbines, condensers, reinjection, binary power units.

УДК 620.9 (470+571)

Цивилизация как циклическая энергетическая система

В.В. Бушуев¹[0000-0001-9288-4699], В.В. Первухин²[0000-0003-4782-2389]¹Объединённый институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН), Россия, 125412, Москва, ул. Ижорская, д.13/2²Институт энергетической стратегии, Россия, 125009, Москва, Дегтярный переулок, д. 9, офис 011.¹E-mail: vital@guies.ru, ²E-mail: valperv@yandex.ru

Аннотация. В статье излагаются представления авторов о циклах цивилизации, на основе обобщения многолетних исследований в области различных дисциплин – от антропологии до современных философии и математики. Результаты выполненного исследования могут послужить импульсом для более углубленного погружения в тему анализа цикличности мировых цивилизаций.

Ключевые слова: цивилизация, циклы, солнечная активность, глобализм

1 Введение

Цивилизации можно представить, как циклическую энергетическую систему жизнедеятельности человеческого социума на протяжении всей его истории. При этом сам термин «энергия», пожалуй, впервые рассматривается не как система обеспечения экономики и социальной жизни энергетическими ресурсами, а как сам процесс различного рода взаимодействий между материальными и нематериальными объектами и субъектами в реальном и вербальном (информационном) мире. Собственно цивилизация (ци – энергия, вл – владение) понимается как большая энергоинформационная система, включающая в себя все виды взаимоотношений между ее частями. Нам казалось важным показать также цикличность цивилизационной эволюции.

2 Цикличность цивилизационного развития

Цикличность цивилизационного развития означает не только периодическую смену одного «мира» другим, но и смену одного вектора другим внутри каж-

дого цикла. Цикл завершается энтелехией¹, то есть содержит в себе и результат, и новый (скрытый внутри самой системы) потенциал развития. Сами энергетические трансформации внутри цикла должны пройти стадию эволюции, то есть развитие в направлении более высокого уровня организации системы, её упорядочения и снижения энтропии. Затем следует стадия инволюции, то есть возврата системы к её неупорядоченности (хаосу с максимальной энтропией). При нулевой энтропии система не обладает потенциалом развития. Она продолжает движение по инерции. При этом её структура распадается на части, которые не способны к самостоятельному развитию, и система возвращается из конца в начало (принцип временной фрактальности).

По аналогии с формированием и гибелью космических галактик, с появлением новых вселенных зарождались земные цивилизации, которые исчезали по мере исчерпания потенциала их развития. Первобытный человек осваивал первые орудия труда, создавал свой микросоциум для материального производства. Но по мере исчерпания природных ресурсов человек возвращался в лоно природы, которой он успевал нанести серьёзный вред.

Современный человек располагает техническими средствами и технологиями для умножения своего физического потенциала. Однако его физический рост сопровождается снижением индивидуального силового потенциала. Люди выращивают генно-модифицированные продукты для увеличения продовольственных ресурсов; развивают транспортные средства, сокращая или утрачивая при этом свои двигательные возможности; создают роботов для выполнения физических и даже умственных действий. В итоге подрывается эволюционный процесс развития самого вида *Homo sapiens*. Таким образом, достигая высокого уровня материального благосостояния, человек теряет свою личную физическую силу и духовную пассионарность. И ему приходится искать новые смыслы жизни.

Закон цикличности эволюции и инволюции гласит, что на смену одним цивилизациям приходят другие. У них иные цели и другие потенциалы. Будет ли это означать закат атлантической (евро-американской) цивилизационной идентичности? Какой иной тип цивилизации оттеснит её? Будет ли это восточно-евразийская цивилизация с её единством материальных и духовных интересов? Или совершенно иная, аналогов которой мы пока не знаем? Однозначно ответить на эти и подобные вопросы невозможно, не впадая в футурологические фантазии. Мир всегда сложнее любых его описаний. Но задумываться над такими вопросами не только уместно и познавательно интересно, но важно – и не в последнюю очередь – с практической точки зрения. Теория цикличности в процессе эволюции цивилизаций может оказаться удобным инструментом при решении задач стратегического прогнозирования и управления.

¹ От греч. *entelecheia* - завершение, осуществленность. В философии Аристотеля – способ бытия вещи, сущность которой вполне реализована; активное начало, превращающее возможность в действительность.

Закономерность предполагает устойчивость, повторяемость определённых процессов и явлений в пространстве и во времени. Феномен пространственной повторяемости, подобности объектов самой различной природы получил название *фрактальности*². «Свойство выглядеть в любом, сколь угодно мелком масштабе примерно одинаково сейчас называется масштабной инвариантностью, а множества, которые им обладают, фракталами» [1].

Но с историческими, социально-политическими и социально-экономическими процессами дело обстоит значительно сложнее, чем с пространственными объектами. Здесь речь идёт о временной фрактальности. «В событиях прошлого, кажущихся случайными и труднообъяснимыми, удаётся проследить универсальные системные механизмы. Вместе с тем создаваемые модели исторических процессов могут оказаться принципиально важными для анализа мировой динамики и стратегического планирования»[2].

Разумеется, в истории повторяются не события, а тренды. При этом сохраняется общая закономерность, общая логика циклического развития. Она частично корректируется цивилизационной спецификой. Однако пространственно-временная фрактальность исторического процесса в целом – правило, а не исключение. Она прослеживается на всем её протяжении именно в силу единства, общности закономерностей развития, лежащих в основе циклической динамики социума [3].



Рис. 1. Тысячелетние циклы развития цивилизации [4]

² Фрактал (от лат. fractus – дроблённый, разбитый) – множество, обладающее свойством самоподобия.

Микрокосм (клетка, ядро), мегакосм (человек) и макрокосм (Вселенная) взаимно подобны по своей энергетической структуре и по своему поведению. Различные субъекты и объекты космической иерархии функционируют по одним и тем же природным законам спиралевидной эволюции. Каждый виток этой спирали представляет собой не просто строго гармоническую циклоиду, а более сложное образование – фрактал, содержащий ряд волн подъёма и упадка.

Помимо галактических и зодиакальных циклов, история цивилизационного развития являет нам череду циклов доминирования материальных и духовных приоритетов развития с тысячелетней периодичностью. Эпохи войн и строительства городов на рубеже «новой эры» стимулировали рост производительности труда за счет использования новых видов не только мускульной, но и физической энергии. Им на смену шли периоды расцвета ведических, религиозных и социо-гуманистических начал цивилизационной эволюции.

Нынешнее, третье тысячелетие отличает поворот к матриархату, эколого-метафизическому и культурно-информационному развитию (Рис.1.). Потребительство перестает быть главной движущей силой. Доминантой энергетики Мир-системы становится не экономика, а коэволюция природы и человека (экология), а также социо-гуманизм (человеческий капитал).

3 Влияние цикличности солнечной активности

Одной из первооснов циклического развития социума является влияние на биосферу солнечной активности. С помощью математического аппарата и хронологических таблиц показана (пусть пока и гипотетическая) связь экономических и социально-политических процессов в жизни мирового социума с циклами солнечной активности как важнейшего для землян космического фактора.

Ученые многих стран изучали в XX веке влияние солнечной активности на Землю. Одним из основоположников этого направления был А.Л. Чижевский (1897 – 1964). Он выдвинул идею о том, что благодаря комбинации электронов в Космосе и природе Земли в течение тысячелетий материя эволюционировала от неживого к живому состоянию. Человек, по Чижевскому, представляет собой сложную, относительно автономную от среды систему, сочетающую физиологическую основу с психикой. В исторической деятельности человека сознание и самосознание являются ведущей стороной, возникшей в ледниковый период, а основополагающей остаётся физико-психическая природа, полностью зависящая от космических и, прежде всего, солнечных и земных влияний.

Согласно Чижевскому, сущность истории человечества заключается в проявлении согласованности социальных событий со стороны их энергетического содержания со степенью солнечной активности. Под воздействием энергии Солнца потенциальная психическая энергия масс трансформируется в энергию действия, охватывающую все сферы цивилизационного развития человечества. Всемирно-исторический процесс складывается из непрерывного ряда циклов, тесно связанных с циклами солнечной активности [5].

А.Л. Чижевский выявил ряд интересных закономерностей. Он установил, например, что усредненный 11-летний (а на самом деле – 12-летний юпитерский) ритм присутствует во многих земных процессах. Среднегодовое количество полярных сияний, нарушений радиосвязи, особенности развития циклонов в земной атмосфере, колебания атмосферного электричества, уровень воды в реках и заливах и многие другие явления и процессы подчиняются 11-летнему циклу.

11-летняя цикличность проявляется не только в природных явлениях. Она влияет и на экономические, политические, социальные процессы как в отдельных регионах, так и в мировых масштабах. Больше всего исторических событий, как-то: войн, переворотов, восстаний и т.п. происходит в фазе максимумов 11-летних циклов солнечной активности.

Во время наибольшей активности Солнца резко ухудшается состояние здоровья людей, страдающих различными хроническими заболеваниями, в разы возрастает количество автомобильных аварий. Солнечная активность (наряду с геомагнитной) определяет так называемую космическую погоду, которая оказывает серьезное влияние на работу технических устройств.

О.В. Доброчеев и Ю.А. Коваль допускают предположение, что синхронность макроэкономической динамики и процессов солнечной активности позволяет говорить о цикличности и синхронности циклов социо-природных изменений и динамики цивилизационной эволюции, включающей в себя природные, социально-экономические, рыночные и, в целом, геополитические факторы [6].

Фаза роста солнечной активности продолжается в среднем около 4 лет, а фаза падения – 7 лет, то есть весь цикл длится уже упомянутые 10 - 12 лет. Взаимосвязь экономики и солнечной активности прослеживается, в частности, на примере банковской ставки. Во время фазы роста солнечной активности наблюдается и рост банковской процентной ставки, а в фазе падения солнечной активности банковская ставка делает еще один краткосрочный цикл [7]. Кстати, и мировой финансовый кризис 2008 – 2009 гг. коррелирует с периодом минимальной солнечной активности.

Исследования, проведенные специалистами Института энергетической стратегии (ИЭС) показали, что и рыночная конъюнктура (мировые цены на нефть) и макроэкономическая динамика значимо коррелируют с общей динамикой социо-природных процессов, которая отражается в виде периодических кривых солнечной активности [8].

При этом мы хотели бы подчеркнуть, что математика дает хотя и необходимую, но недостаточную картину физической реальности цивилизационного процесса. Солнечная активность, как и другие космические влияния на биосферу – объективны. Но эволюция цивилизаций протекает и как результат субъективной деятельности человека. На протяжении всей истории этносы взаимодействовали между собой с большей или меньшей интенсивностью, мирно или конфронтационно.

В современной науке это взаимовлияние и взаимопроникновение этносов описывается как «глобализм», или «глобализация». В качестве объективного всемирно-исторического явления глобализация может рассматриваться как сво-

его рода «облако», постепенно, но неизбежно накрывающее все процессы развития социума. По сути дела под покровом этого облака происходит постоянный обмен «энергетическим потенциалом» и между отдельными людьми, и между этносами, и между цивилизациями. Все цивилизационные циклы испытывают влияние глобализации и в свою очередь реально воплощают её в своеобразии каждой исторической эпохи.

Глобальный переход цивилизации в посткапиталистическую фазу связан с наступлением четвёртой промышленной революции - информационной, которая приходит на смену нынешней, третьей, то есть после аграрной и индустриальной, с неизбежным переходом к шестому технологическому укладу. Он будет характеризоваться многократным повышением эффективности производства и снижением его энерго- и материалоёмкости. Инфраструктуру нового уклада составит искусственный интеллект, робототехника, нанотехнологии, создающие новые технологические цепочки для различных промышленных отраслей; биотехнологии, опирающиеся на успехи молекулярной биологии и генной инженерии; глобальные информационные сети, аддитивные 3D-принтеры и когнитивные технологии.

Цивилизационный смысл нового технологического уклада состоит в том, что, радикально меняя структуру экономики и её институциональную базу, он по сути разрушает и делает избыточным человеческий фактор производства в целом ряде областей. Человечество переходит к новому цивилизационному типу развития. Начинается эпоха «трансмодерна». Она несоизмерима с нашим привычным миром. По мнению некоторых экспертов, речь идет о сингулярном переходе реальности в иное, постчеловеческое состояние.

4 Заключение

Впрочем, учитывая исторический опыт и логику развития социальных процессов, можно утешаться тем, что будущее не фатально. Его формируют люди, живущие и действующие здесь и сейчас. Оно не является жестко детерминированным. Мир может противостоять глобальным рискам и угрозам постольку, поскольку они сами являются продуктами человеческой деятельности. Необходимо систематизировать представления о будущем, выработанные в различных областях научного знания, объединяя усилия различных научных школ и исследовательских институтов. Важным условием при этом является преодоление современного кризиса науки, обеспечение темпов её развития, ликвидация разрыва между властью и наукой. Это требуется для формирования мировоззрения новых поколений в духе восприятия наследия собственной цивилизации, диалога и партнерства цивилизаций.

Россия, находящаяся в эпицентре современного цивилизационного кризиса, обладает тем не менее мощными научными традициями, которые могут позволить сформировать исходную базу для повышения предсказуемости и управляемости цивилизационного развития и перехода к новой исторической эпохе. Россия – это не мост между Востоком и Западом, Севером и Югом. Россия – это

связующее звено между землей и космосом, это – наш « планетарий», который помогает нашему глобальному «космическому мышлению», посредством которого мы лучше «видим и ощущаем» будущее земной цивилизации.

В своих рассуждениях мы исходили из того, что глобализация и «деглобализация» как закономерный «откат по спирали», равно как и следующий за ним неизбежный возврат на новом витке спирали представляют собой циклические изменения характерных особенностей цивилизации. Эти изменения относятся как к глобальной цивилизации, так и к её частному евразийскому изводу в наше время. Если под глобализацией понимать «уравниловку» ресурсов и унификацию общественных ценностей всех этносов, то такая глобализация обречена на провал. Ни один народ не захочет отказаться от своей глубинной ментальности, присущей ему по сути генетически. Но если видеть в глобализации «партнёрство цивилизаций», при котором сохраняются, преобразуясь естественно-логическим путем, без давления извне, «родовые», «генные» основания, то такая глобализация является залогом гармоничного развития всех этносов вместе и каждого в отдельности. Что касается глобального управления, то оно должно быть направлено на многогранное развитие всего планетарного Дома.

Циклическое развитие сопровождается лишь сменой доминирующих приоритетов, но сохраняет богатую палитру возможностей как потенциал глобального устойчивого развития.

Благодарность. Работа выполнена в рамках госзадания ОИВТ РАН (тема АААА-А19-119020690085-9).

Литература

1. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. М. 1997. С. 32.
2. Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г., Подлазов А.В. Историческая динамика. Взгляд с позиции синергетики. – Общественные науки и современность. 2005, № 5. С.118.
3. Ефимчук И.В. Фрактальность истории. Статья 1 – Общественные науки и современность. 2010, № 5, с. 146-156.
4. Бушуев В.В. Фрактальная динамика развития евразийской энергетической цивилизации // [Электронный ресурс] URL: http://energystrategy.ru/Docs/VEB_120216.pdf , дата обращения – 03.02.2020.
5. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М. 1973.
6. Эпидемические катастрофы и периодическая деятельность солнца. М. 1930.
7. О.В., Коваль Ю.А. Экономика хаоса. Введение в теорию пространственной, динамичной многофазной экономики. М.: МИФИ, 2007. С.70сл.
8. Бушуев В.В., Сокотущенко Н.В., Сокотущенко В.Н. Влияние солнечной активности на социально- политические события XX – XXI веков. – М.: ИД «Энергия». 2013. С.16.

References

1. Kapica S.P., Kurdyumov S.P., Malineckij G.G. Synergy and forecasts of future. M. 1997. P. 32.
2. Kurdyumov S.P., Malineckij G.G., Podlazov A.V. Historic dynamics. Synergetic point of view. – Social sciences and modernity. 2005, No 5. P.118.
3. Efimchuk I.V. Fractality of the History. Article 1 – Social sciences and modernity. 2010, No 5, p. 146-156.
4. Bushuev V.V. Fractal dynamics of Eurasian energy civilization development // [website] URL: http://energystrategy.ru/Docs/VEB_120216.pdf, reference date – 03.02.2020.
5. Chizhevskij A.L. The Earthy echo of solar storms. M. 1973.
6. Epidemic catastrophes and periodic solar activity. M. 1930.
7. O.V., Koval' YU.A. Economy of chaos. Introduction to the theory of spatial dynamic multi-phase economy. M.: MIFI, 2007. P.70.
8. Bushuev V.V., Sokotushchenko N.V., Sokotushchenko V.N. Influence of solar activity on the social and political events in XX – XXI centuries. – M.: ID «Energiya». 2013. P.16.

Civilization as a cyclical energy system

V.V. Bushuev¹[0000-0001-9288-4699], V.V. Pervukhin² [0000-0003-4782-2389]

¹United Institute for High Temperatures, Russian Academy of Sciences (OIVT RAN), Russia, 125412, Moscow, Izhorskaya str., 13/2

² Institute for Energy Strategy, Russia, 125009, Moscow, Degtyarnypereulok, 9, office 011.

¹E-mail: vital@guies.ru, ²E-mail: valperv@yandex.ru

Abstract. The authors expose their understandings on the cycle of human civilization on the base of synthesis of multi-year researches in different fields from anthropology to the modern philosophy and mathematics. The results of the work can serve as an impulse for more profound analysis of the world civilizations cyclicity.

Key words: civilization, cycles, solar activity, globalism

УДК 911.3:338.45:620.91(100)

Расселение сельского населения как экономико-географический фактор эффективности малой автономной возобновляемой энергетики

К.С. Дегтярев^[0000-0002-1738-6320]

МГУ им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, Научно-исследовательская лаборатория возобновляемых источников энергии, г. Москва, 119234, Россия

E-mail: kir1111@rambler.ru

Аннотация

Цель работы – выявление российских территорий, перспективных с точки зрения развития малой автономной энергетики (на примере электроэнергетики) на основе ВИЭ. Регионы России уровня субъектов РФ ранжированы по количественным показателям, характеризующим дисперсность распределения сельского населения страны – основных потенциальных потребителей малых автономных генерирующих мощностей. Также ранжирование проведено на уровне районно-муниципальных образований на примере одного из субъектов РФ – Республики Калмыкия. На основе данных о сравнительной стоимости сетевого и автономного энергообеспечения и показателей дисперсности расселения сельского населения выявлены наиболее перспективные территории, а также предложены подходы к определению таких территорий и обозначены дальнейшие направления исследований. Введено понятие экономико-географического потенциала применительно к малой автономной энергетике на основе ВИЭ.

Ключевые слова: малая автономная возобновляемая энергетика, сельское население, расселение населения, регионы России, экономико-географический потенциал ВИЭ, экономика возобновляемой энергетики

1 Постановка задачи

Малая автономная энергетика – перспективное направление использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России с большим числом малых удалённых потребителей. Однако, необходима оценка числа потенциальных потребителей и их распределения в пространстве, а также разработка методики такой оценки. Главным фактором является плотность и характер размещения потенциальных потребителей. При определённых количественных показателях

распределения потребителей на данной территории автономное энергообеспечение – в частности, обеспечение электроэнергией, оказывается экономически более целесообразным, чем сетевое, предполагающее прокладку и модернизацию линий электропередач.

Выявить такие территории возможно, рассчитав показатели дисперсности расселения, или расстояния между потребителями, при определённых допущениях о стоимости сетевого и автономного энергообеспечения. Это даёт более точную дифференцированную картину территорий, где развитие малой автономной энергетики на основе ВИЭ экономически оправданно. Кроме того, это даёт возможность количественной оценки потенциальной ёмкости рынка малых автономных генерирующих мощностей с использованием ВИЭ.

Первоочередным и наиболее крупным массивом потенциальных потребителей генерирующих мощностей на основе ВИЭ являются сельские жители. В связи с этим целесообразно провести оценку характеристик расселения сельского населения страны на региональном и локальном уровнях.

Малая автономная энергетика на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) наиболее востребована и экономически эффективна на территориях с низкой плотностью населения, отличающихся удалённостью и малыми размерами потребителей. Главным образом, речь идёт о сельской местности, небольших посёлках, отдельных фермах, хуторах, животноводческих точках, зонах с кочевым хозяйством или отгонным скотоводством.

Альтернативными вариантами энергоснабжения, в частности – электро-снабжения, отдалённых потребителей с небольшими объёмами потребления, являются:

- сетевая подача электроэнергии, предполагающая прокладку линии электропередач (ЛЭП);
- установка автономных генерирующих мощностей на основе ВИЭ, в частности, солнечных и ветровых электростанций.

В настоящее время почти все населённые пункты России, по крайней мере, в её европейской части, уже имеют сетевое энергообеспечение. В связи с этим, данное исследование рассчитано на долгосрочную перспективу, исходя из необходимости модернизации или замены линий электропередач с течением времени, тем более – учитывая высокий уровень физического износа распределительной сети в большинстве регионов России.

2 Подходы к определению пространственных критериев и оценке экономической эффективности малой автономной энергетики

Для оценки сравнительной экономической эффективности автономного и сетевого энергообеспечения ключевыми показателями являются:

- удалённость точек потребления;
- объём потребления энергии (потребности в энергии) в них.

Данные показатели определяют величину инвестиционных затрат первого и второго вариантов. Для сетевого электроснабжения она связана с протяжённо-

стью ЛЭП – стоимость прокладки ЛЭП с некоторой долей условности можно считать прямо пропорциональной её длине. Для автономного энергоснабжения таким показателем является объём потребления электроэнергии в точке – чем он выше, тем большие мощности требуются. В данном случае, также с определённой долей условности, можно считать мощности прямо пропорциональными потреблению энергии, а затраты – прямо пропорциональными мощностям.

Для принятия решения на инвестиционной стадии главный вопрос – в каком случае затраты будут меньше, при прокладке ЛЭП или установке автономного генерирующего комплекса. Чем больше потребление электроэнергии в данной точке, тем выгоднее первый вариант, но, чем она удалёнее, тем предпочтительнее второй.

Таким образом, для сравнения вариантов целесообразно использовать соотношение

$$L/Q, \quad (1)$$

где L – расстояние до точки от ближайшего источника энергии (метров или км), Q – годовой объём потребления энергии (потребностей в энергии) в точке (кВтч, МВтч). Чем больше данное соотношение, тем предпочтительнее автономное энергоснабжение.

Исходя из того, что в сельской местности обычно отсутствуют крупные промышленные потребители, и основным потребителем является население и, считая объём потребления энергии пропорциональным численности населения, данное соотношение можно трансформировать в

$$L/P, \quad (2)$$

где P – численность населения в данной точке. Размерность соотношения – м/чел., обозначает условную величину среднего расстояния между людьми (потребителями). Чем выше это среднее расстояние – тем предпочтительнее автономное энергоснабжение.

При определённых допущениях относительно стоимости единиц протяжённости ЛЭП и требуемой мощности автономного комплекса мы можем определить пороговое значение L/P для данной территории, при котором затраты на создание автономного и сетевого энергообеспечения будут равны; выше которого дешевле будет автономный вариант, ниже – сетевой.

Стоимость строительства 1 км ЛЭП распределительной сети можно оценить в величину порядка 1 млн. рублей/1 км [1]; при этом реальные затраты, по имеющейся отраслевой информации, как правило, оказываются существенно выше.

Затраты на автономное энергообеспечение зависят от комплекса факторов, при этом, целесообразно учитывать долгосрочную тенденцию к сокращению затрат. Также необходимо учитывать физико-географические условия территории, обуславливающие возможность использования определённых источников энергии. В частности, в условиях России южные районы отличаются существенно более высоким потенциалом и солнечной, и ветровой энергии [2], [3]. В свою очередь, потенциал ВИЭ северных районов в большей степени связан с биоэнергией на основе древесного топлива и торфа и гидроэнергией малых рек.

Потребность в энергообеспеченности, применительно к ВИЭ, можно предварительно оценить, исходя из среднего душевого потребления электроэнергии населением в России около 1000 кВтч/год [4] и КИУМ автономных установок в 10%, в величину около 1 кВт/чел. Инвестиционные затраты можно оценить, исходя из текущих цен, примерно в 100 тыс. рублей/кВт установленной мощности. Таким образом, душевые инвестиционные затраты на автономное энергообеспечение составят примерно 100 тыс. рублей.

Иными словами, если сопоставлять только инвестиционные затраты, 100 метров ЛЭП (стоимость 100 тыс. рублей) эквивалентны автономному энергообеспечению 1 человека (1 км – 10 человек, 10 км – 100 человек, и т.д.), и пороговая величина L/P составит 100 метров. При более высоких значениях L/P на данной территории сетевое энергообеспечение сопряжено с более высокими инвестиционными затратами, и автономные комплексы оказываются экономически эффективнее, при менее высоких значениях L/P – наоборот.

Однако, следует учитывать и экономию на операционных затратах, присущую системам на основе ВИЭ. В идеальном случае, эти затраты можно считать равными нулю, исходя из того, что солнечная, ветровая, гидроэнергия условно бесплатна для потребителя.

Допустим, что при сетевом энергообеспечении средний тариф на электроэнергию составляет 4 руб./кВтч. Тогда при нулевых операционных затратах автономного комплекса и душевом потреблении 1000 кВтч в год ежегодная душевая экономия для потребителя составит 4000 рублей. Примем временной горизонт равным 10 годам. Тогда общая экономия составит 40 000 рублей, что эквивалентно прокладке 40 метров ЛЭП, и пороговое значение L/P в этом случае равно $100-40=60$ метров.

В реальности затраты на эксплуатацию автономного комплекса не являются нулевыми. Прежде всего, в силу нестабильности ВИЭ требуются резервные мощности – как правило, дизельный генератор, и часть электроэнергии будет вырабатываться за счёт дизельного топлива. При этом, расход дизельного топлива составляет примерно 0,25 литра на 1 кВтч выработки электроэнергии и, при стоимости дизельного топлива 45 рублей/литр, затраты на производство 1 кВтч за счёт дизельного топлива составят 11,3 рублей. Допустим, что за счёт него на автономном комплексе в среднем за год производится 25% электроэнергии. В этом случае, средневзвешенные операционные затраты автономного комплекса на производство электроэнергии составят $11,3 \cdot 25\% = 2,81$ рубля. Тогда экономия на 1 кВтч составит 1,19 рублей; в год – 1190 рублей, за 10 лет – 11 900 рублей. Соответственно, пороговое значение L/P составит 88,9 метров.

Это упрощённый подход, обеспечивающий предварительную оценку. В реальной ситуации необходимо учитывать, в каждом конкретном случае, ряд параметров, особенно, если речь идёт о долгосрочной перспективе, в том числе:

- стоимость строительства ЛЭП на единицу протяжённости в данных условиях;
- стоимость сетевой электроэнергии и прогноз её изменения на ближайшие годы и, возможно, 10-20 лет;

- конфигурация данного конкретного комплекса на основе ВИЭ;
- стоимость оборудования автономного комплекса и прогноз изменения стоимости во времени;
- срок службы оборудования комплекса;
- производительность комплекса в данных конкретных условиях;
- вид, стоимость и доля в выработке электроэнергии углеводородного топлива, используемого в данном автономном комплексе;
- финансовые параметры, в частности, ставку дисконтирования денежных потоков.

В первом приближении, мы можем использовать в качестве порогового значения, с учётом прогноза снижения стоимости оборудования, в частности, солнечных панелей [5], L/P в диапазоне 50-100 метров. В свою очередь, оценка реального значения L/P для данной территории зависит от параметров расселения сельского населения на территории России.

3 Подходы к расчёту показателей средней плотности и дисперсности размещения потребителей

В идеальном случае, при равномерном распределении населения, L/P можно рассматривать как

$$\sqrt{S/p}, \quad (3)$$

где S – площадь территории, p – численность населения на данной территории, или квадратный корень из величины, обратной средней плотности населения.

Однако, хотя средняя плотность сельского населения может быть использована в первом приближении для оценки перспектив автономной энергетики, ключевую роль играет характер расселения. Рассмотрим следующий условный пример.

Допустим, что 1000 человек живут на площади в 100 км^2 , и плотность населения составляет 10 чел./км^2 . Тогда среднее расстояние между ними

$L/P = \sqrt{0,1} = 0,32 \text{ км}$, или 320 метров. В то же время, этот расчёт не учитывает характер расселения и предполагает идеально дисперсное распределение населения (все люди находятся на равном расстоянии друг от друга), не существующее в реальности.

Рассмотрим разные варианты размещения потребителей при той же средней плотности на трёх условных примерах. В первом случае все сосредоточены в одном посёлке населением 1000 человек, во втором – в 10 посёлках с населением по 100 человек, в третьем – в 100 отдельных точках (хуторах, на фермах) с населением по 10 человек.

Среднее расстояние между населёнными пунктами $г$ рассчитаем по той же формуле с тем различием, что вместо численности населения p в знаменателе фигурирует число населённых пунктов n :

$$r = \sqrt{S/n} \quad (4)$$

В первом случае, r составит 10 км, во втором – 3,2 км, в третьем – 1 км.

Далее рассчитаем L/P , где в качестве L будет выступать среднее расстояние между населёнными пунктами, а в качестве P – средняя численность населения в населённом пункте (сами населённые пункты представим в виде точек без учёта внутренних расстояний). Тогда:

- в первом случае - $L = 10000$ метров, $P = 1000$ чел. $\Rightarrow L/P = 10$ метров;
- во втором случае - $L = 3200$ метров, $P = 100$ чел. $\Rightarrow L/P = 32$ метра;
- в третьем случае - $L = 1000$ метров, $P = 10$ чел. $\Rightarrow L/P = 100$ метров.

Представим данную площадь в виде квадрата со стороной 10 км. Допустим, что в первом случае посёлок с населением 1000 человек находится в центре квадрата. Во втором и третьем случаях населённые пункты равномерно распределены по территории. Ближайший источник энергии, от которого может быть протянута ЛЭП, расположен в середине одной из сторон квадрата (рис.1).

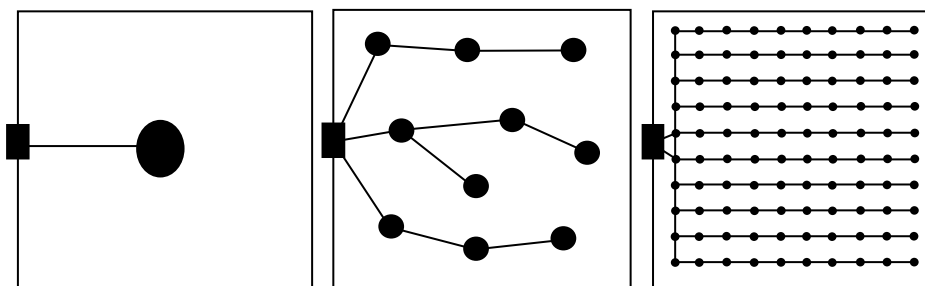


Рис.1. Распределительная сеть при различном расселении населения (размещении потребителей)

Общая протяжённость распределительной сети составит **5 км** в первом случае и не менее суммы расстояний между населёнными пунктами во втором и третьем случаях; соответственно, **32 км** и **100 км**.

Если исходить из того, что стоимость ЛЭП пропорциональна её протяжённости, затраты во втором случае будут больше, чем в первом, примерно **в 6 раз**, а в третьем – больше, чем в первом, **в 20 раз**. При этом, затраты на автономное энергоснабжение, привязанные к количеству потребителей (при равном объёме потребления каждым из них), останутся одинаковыми во всех трёх случаях.

L/P можно рассматривать в качестве показателя дисперсности расселения, или размещения потребителей (хотя общепринятый коэффициент дисперсности расселения [6] рассчитывается несколько иначе).

В общем случае, зависимость между числом населённых пунктов (точек потребления) на данной территории и средним расстоянием между ними при неизменной численности населения (объёме потребления) в целом описывается с помощью функции:

$$y = a/\sqrt{x}, \quad (5)$$

где y – расстояние между точками (метров), x – число точек, a – расстояние при $x = 1$ (в нашем примере: $a = 10000$ метров). В свою очередь, взаимосвязь количества пунктов (при равной общей численности населения (объёме потребления)) и показателя дисперсности L/P на данной территории описывается функцией:

$$y = a*\sqrt{x}, \quad (6)$$

где $y = L/P$, x – число пунктов, $a = L/P$ при $x = 1$ (в нашем примере: 10 метров (рис.2)).

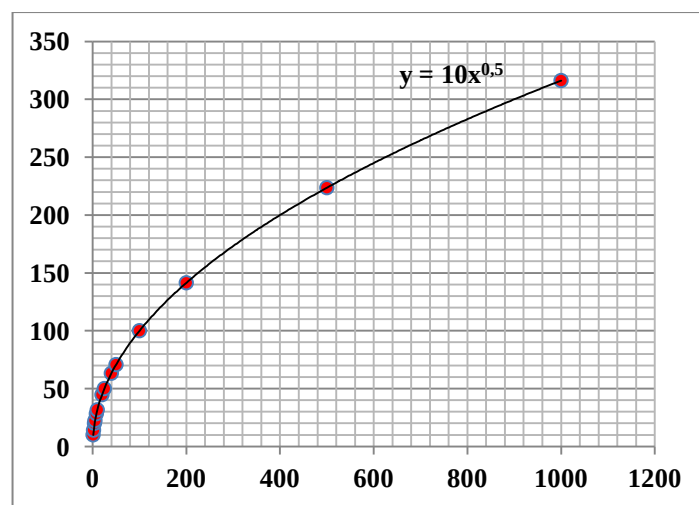


Рис.2. Зависимость между числом точек (x) и показателем L/P (y)

4 Средняя плотность сельского населения и дисперсность расселения сельского населения России на общем (макрорайонном) и региональном (мезорайонном) уровне

Средняя плотность сельского населения России, при численности сельского населения 38 млн. человек [7] и площади страны 17 млн. км², составляет 2,24 чел./км², что означает величину L/P , при идеально равномерном распределении составляющую $\sqrt{1/2,24} = 0,67$ км, или 670 метров. Это в 7-13 раз выше обозначенного ранее порогового значения, что заставляет рассматривать всю сельскую местность России в качестве безусловно перспективной для автономного энергообеспечения на основе ВИЭ.

В то же время, очевидно, что в качестве единичного потребителя следует рассматривать не отдельного человека, а, как минимум, домохозяйство. Допус-

тим, среднее домохозяйство состоит из 5 человек. Тогда их число в России составит $38 \text{ млн.} / 5 = 7,6 \text{ млн.}$ (распределённых на площади 17 млн. км^2). Отталкиваясь от этой величины, среднее расстояние между домохозяйствами составит $\sqrt{17/7,6} = 1,5 \text{ км}$, а L/P составит $1,5 \text{ км} / 5 = 300 \text{ метров}$. Эта величина также в 3-6 раз превышает обозначенное выше пороговое значение L/P .

Однако подходом, более приближенным к реальности, представляется рассмотрение в качестве единичного потребителя даже не отдельного домохозяйства, а отдельного сельского населённого пункта. Общее количество сельских населённых пунктов с населением в России – 133 тыс.[7]. Таким образом, среднее число жителей в сельском населённом пункте: $38 \text{ млн.} / 133 \text{ тыс.} = 286 \text{ человек}$. Среднее расстояние между сельскими населёнными пунктами России составит $\sqrt{17000/133} = 11,3 \text{ км}$, а $L/P - 11,3 \text{ км} / 286 \text{ чел.} = 40 \text{ метров}$. Это уже ниже приведённого ранее порогового значения; тем не менее, сельская местность России остаётся объектом интереса с точки зрения перспектив автономной энергетики и требует дополнительных исследований с детальным учётом ряда параметров, а также региональных и локальных отличий.

К тому же, данный подход даёт несколько заниженные значения, поскольку рассматривает населённый пункт как точку, не учитывая расстояния внутри него, которые могут быть значительными.

Показатели средней плотности сельского населения и L/P существенно различаются по регионам России. Это можно иллюстрировать через сопоставление:

- по субъектам РФ;
- по районным муниципальным образованиям (РМО) в рамках одного субъекта РФ.

Средняя плотность сельского населения России по субъектам Федерации варьируется в широком диапазоне от $0,007 \text{ чел./км}^2$ (Магаданская область) до $62,7 \text{ чел./км}^2$ (Республика Ингушетия). В целом плотность сельского населения растёт с северо-востока к юго-западу страны (рис.3).

Средний показатель дисперсности L/P (рассчитываемый исходя из количества сельских населённых пунктов) обнаруживает ту же тенденцию (рис.4). В то же время, есть различия, связанные с разным характером расселения.

В частности, если минимальной плотностью сельского населения отличаются территории Сибири и Дальнего Востока, то максимальным показателем L/P – Северо-запад Европейской части России. Например, в Псковской области средняя плотность сельского населения составляет $3,2 \text{ чел./км}^2$, а $L/P - 106$; в Камчатском крае – соответственно, $0,15 \text{ чел./км}^2$ и 90. Причина в том, что средняя людность сельского населённого пункта в Псковской области – 28 человек, а в Камчатском крае – более 800 человек. В среднем по субъектам Северо-Западного федерального округа средняя плотность сельского населения $1,3 \text{ чел./км}^2$, $L/P - 92$, тогда как в Уральском, соответственно, $1,2$ и 45, в Сибирском – $1,0$ и 47, в Дальневосточном – $0,3$ и 75. Также в Центральном округе эти показатели равны, соответственно, $10,6 \text{ чел./км}^2$ и 26, а в Приволжском – $7,9$ и 22.

Это также связано со средней людностью сельских поселений: 137 в ЦФО и 260 в ПФО.

Первое и второе места по показателю L/P (равно, как и последнее и предпоследнее по средней плотности сельского населения) занимают, с большим отрывом, Магаданская область (0,007 чел./км² и 1472) и Чукотский автономный округ (0,02 чел./км² и 352), но из-за низкой абсолютной численности сельского населения (соответственно, 3 тыс. и 15 тыс.чел) они почти не влияют на общую картину.

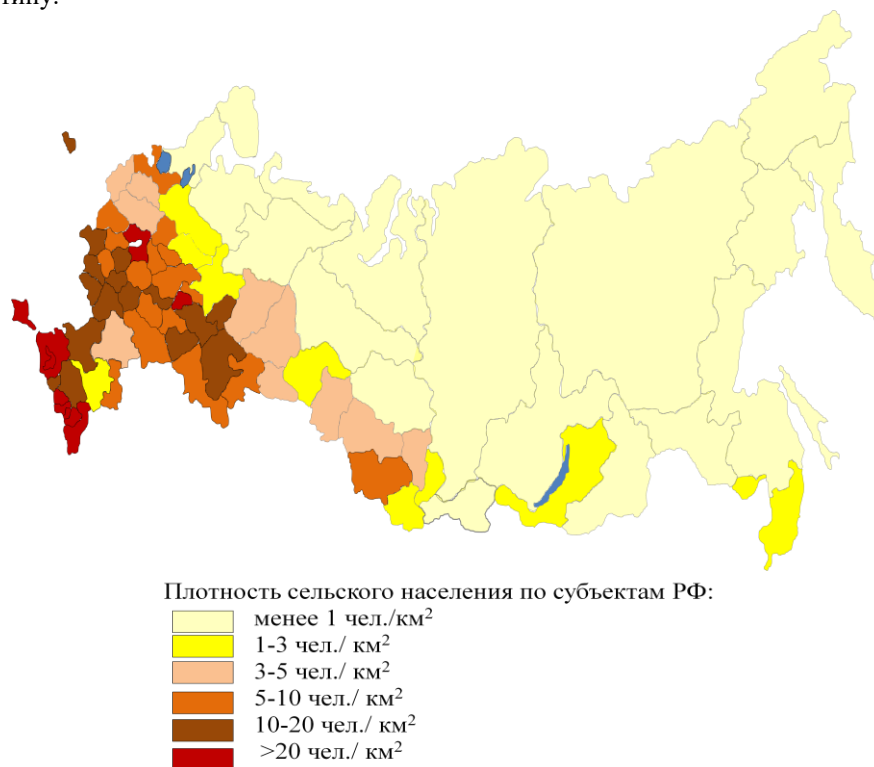


Рис.3. Средняя плотность сельского населения по субъектам России, чел./км²

В целом, L/P представляется более предпочтительной характеристикой для оценки перспектив малой автономной энергетики, чем средняя плотность сельского населения, поскольку лучше учитывает региональные и локальные особенности расселения населения.

В целом, в субъектах РФ со средним L/P >50 проживает более 4,3 млн. сельских жителей. Это большая часть территории и населения не только Сибири и Дальнего Востока, но и Севера и Центра Европейской части России.

В субъектах РФ со средним L/P >100 проживает почти 800 тыс. сельских жителей. В данном случае также речь идёт не только о наименее населённых территориях Дальнего Востока, но и Северо-Западе. Это 6 субъектов РФ: Чукот-

ский АО, Магаданская область, Республика Саха-Якутия, Ненецкий автономный округ, Архангельская и Псковская области.

Эти цифры дают представление и о достаточно больших потенциальной ёмкости и географии рынка малых автономных систем на основе ВИЭ. Исходя из мощности 1 кВт/чел., его можно оценить в величину 1-4 млн. кВт (1-4 ГВт) в ближайшей перспективе.

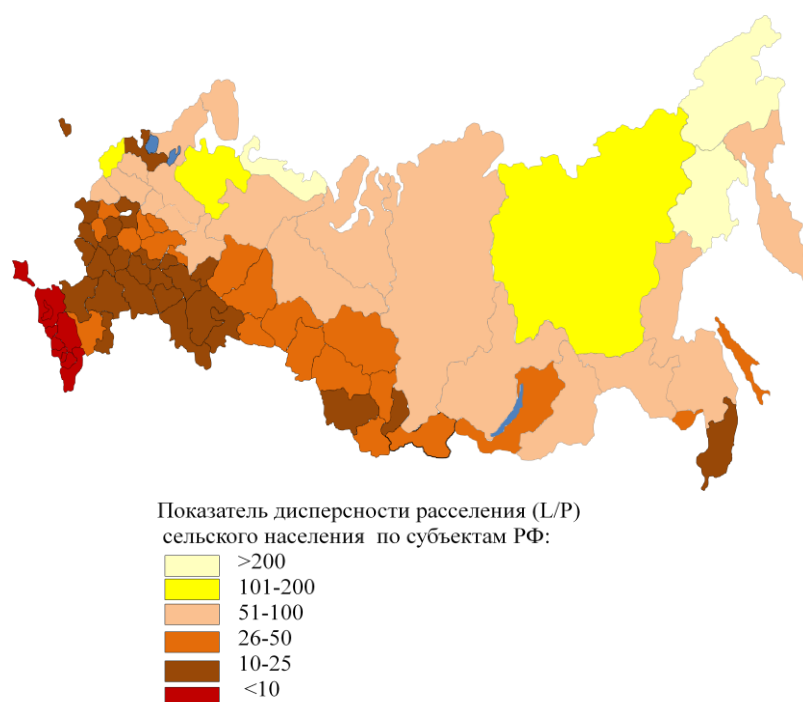


Рис.4. Средний показатель дисперсности расселения (L/P) сельского населения России по субъектам Федерации, метров/чел.

Другой подход – использовать количество населённых пунктов с населением менее некоторой величины. В частности, в России насчитывается более 82 тыс. сельских населённых пунктов с населением до 100 человек, для которых соотношение L/P составит (исходя из среднего для России расстояния между сельскими населёнными пунктами в 11,3 км) более 113 метров, что явно выше порогового значения. Общую численность населения в данных населённых пунктах можно также оценить примерно в 4 млн. человек, что тоже даёт величину ёмкости рынка, примерно равную 4 ГВт.

Первый подход – оценку на основе среднего значения L/P для региона, можно определить, как площадной; второй – оценку на основе числа населённых пунктов людностью менее некоторой пороговой величины, как точечный. Вто-

рой подход более приближен к общепринятому показателю коэффициента дисперсности расселения, определяемому как доля жителей, живущих в населённых пунктах людностью меньше некоторой, относительно общей численности населения района [6].

Кроме того, величину потенциальной ёмкости рынка, высчитываемую таким способом, можно рассматривать в качестве **экономико-географического потенциала** малой автономной энергетики на основе ВИЭ.

5 Средняя плотность сельского населения и дисперсность расселения сельского населения на локальном (микрорайоном) уровне

На локальном уровне – районов и муниципальных образований, и плотность, и дисперсность населения также варьируются в очень широких пределах. Прежде всего, это очевидно для крупнейших по площади регионов, таких, как Якутия или Красноярский край. Но в небольших по площади и населению субъектах РФ территориальная дифференциация также может быть существенной.

В качестве примера рассмотрим районно-муниципальные образования (РМО) Республики Калмыкия – наименее населённого субъекта Европейской части РФ, отличающегося высоким природным потенциалом возобновляемых источников энергии. Средняя плотность сельского населения Калмыкии – 2,0 чел./км², средняя величина L/P – 30 м/чел. Однако, по районно-муниципальным образованиям (РМО) Калмыкии первый показатель варьируется от 0,9 (Черноземельское РМО) до 6,3 чел./км² (Городовиковское РМО), а L/P – от 54 (Черноземельское РМО) до 15 (Яшалтинское РМО). Так же, как и в случае с субъектами РФ, более высокая плотность населения не всегда означает менее высокое значение L/P. В частности, при более высокой плотности сельского населения в Ики-Бурульском (1,6 чел./км²), чем в Лаганском РМО (1,1 чел./км²), L/P в первом случае составляет 40, во втором – 29 чел./м, что связано с меньшей людностью сельских населённых пунктов Ики-Бурульского района – 377 чел. против 1067 чел. в Лаганском РМО.

По показателю L/P в Калмыкии (рис.5) выделяется центрально-восточный ареал, занимающий почти 2/3 площади республики, где он превышает 30, а в Черноземельском РМО – 50, и три отдельных ареала – западный, северный и юго-восточный, где L/P ниже 30. По данному показателю Калмыкия является регионом со структурой тонзурного типа [8]. Подробнее вопросы экономико-географического районирования Калмыкии рассмотрены, в частности, в [9].

Исходя из площадного подхода, центральный ареал Калмыкии и, в первую очередь, его южная часть, в административном отношении представленная Черноземельским РМО (численность населения – 12 тыс. чел.), может рассматриваться как наиболее перспективный для развития малой автономной энергетики на основе ВИЭ с точки зрения расселения населения.

В свою очередь, при точечном подходе мы учитываем среднее расстояние между сельскими населёнными пунктами Калмыкии, равное 17 км. Тогда для $L/P > 50$ средняя людность населённого пункта должна составлять менее 340 чел. Это более 160 сельских населённых пунктов Калмыкии общей численностью населения около 18 тыс. человек. Показателю $L/P > 100$ соответствует людность населённого пункта менее 170 чел. – это около 140 пунктов общей численностью населения около 12 тыс. При этом они достаточно равномерно распределены по территории республики и имеются во всех РМО Калмыкии.

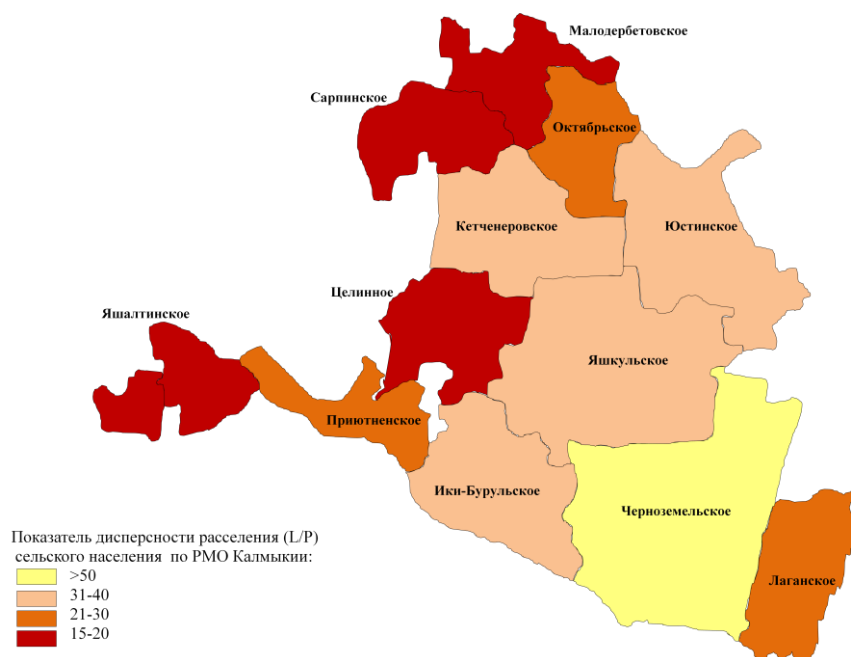


Рис.5. Средний показатель дисперсности расселения (L/P) сельского населения Калмыкии по районно-муниципальным образованиям (РМО), метров/чел.

Таким образом, экономико-географический потенциал малой автономной энергетики Калмыкии, исходя из пороговой величины $L/P = 100$, и потребности в установленной мощности в 1 кВт на душу населения, можно определить в величину от 12 МВт до 18 МВт.

6 Ограничения метода и направления дальнейших исследований

Показатель дисперсности населения (потребителей) L/P не может рассматриваться в качестве достаточного для оценки потенциальной эффективности малой автономной энергетики на основе ВИЭ и расчёта её экономико-географического потенциала. С его помощью возможно предварительное выделение территорий на мезорегиональном (ранга субъектов Федерации) и микро-региональном (ранга районно-муниципальных образований), перспективных для развития ВИЭ, с целью проведения более углублённых исследований.

Ограничения метода связаны с двумя группами условий:

- физико-географическая;
- экономико-географическая.

Первая группа связана с природными условиями территории, обуславливающими величину и структуру потенциала источников энергии, которые могут различаться и диктовать различные технологические решения.

В частности, кардинально различаются условия северных и южных территорий России. На севере Европейской части России, в Сибири и на Дальнем Востоке показатель L/P, в целом, существенно выше, чем в Центре и, особенно, на Юге. В то же время, концентрация и возможности использования солнечного и ветрового потенциала на северных территориях страны в среднем существенно ниже. В настоящее время де-факто солнечная и ветровая энергетика, включая её малую автономную составляющую, развивается, прежде всего, в южных регионах страны.

В то же время, в северных районах существует свой, отличный от южного, спектр ресурсов (биоэнергия на древесных отходах, торф, гидроэнергия малых рек), что можно рассматривать как проявление географической зональности для ВИЭ. В связи с этим, для данных территорий требуется свой комплекс технологических решений по малой автономной энергетике. Это представляется актуальной задачей, в настоящее время практически не решённой.

Кроме того, повышение L/P означает и возможность более активного использования генераторов, работающих на ископаемом топливе и дающих более дорогую энергию. Этот эффект усиливается при экстремальных условиях и труднодоступности территории, увеличивающих стоимость прокладки и обслуживания линии электропередач. При определённых пороговых значениях L/P и других сопутствующих условиях более эффективным может оказаться и вариант энергообеспечения полностью за счёт дизельной электростанции, что косвенно подтверждается фактическим использованием топливных генераторов во множестве точек страны.

Экономико-географическая и социально-географическая группа условий и факторов включает:

- демографическую динамику и миграционную картину на территории;
- определённую специфику расселения и хозяйства.

В частности, в настоящее время наблюдается сокращение сельского населения, особенно малых населённых пунктов, вплоть до полной потери населения. С другой стороны, это отчасти компенсируется сезонными миграциями в сель-

скую местность (дачники) и строительством коттеджных посёлков. В целом, картина сельского расселения России в XX и начале XXI века динамична и обусловлена собственным набором факторов; детально эти процессы анализируются, в частности, в [10]. Такого рода анализ необходим при исследовании каждой конкретной территории и на предмет выявления предпосылок развития малой автономной энергетики на основе ВИЭ.

Кроме того, оценка среднего показателя дисперсности не учитывает наличие кочевого и отгонного хозяйства и других отдельных точек разного назначения – лесничеств, охраняемых природных территорий и других объектов. В частности, в Калмыкии насчитывается более 3000 отдельных животноводческих точек, распределённых по всей территории республики. Учёт объектов такого рода дополняет анализ по средней величине дисперсности расселения и способен, в ряде случаев, существенно повысить оценку потенциала малой автономной энергетики на локальном или региональном уровне. Помимо этого, в целом требует отдельной оценки структура расселения в пределах населённого пункта, в реальности не являющегося точечным объектом и во многих случаях занимающего значительную площадь с большими расстояниями между хозяйствами. Это также дополнительно повышает оценку перспективности малой автономной энергетики.

Отдельное направление исследований касается социальных и институциональных аспектов (включая социально-психологические), касающихся готовности и желания местных сообществ и жителей устанавливать и использовать мощности на основе ВИЭ. В данном случае, исследования требуют платежеспособности, осведомлённости о продукте, мотивация и условия, на которых местные жители готовы использовать автономные комплексы на основе ВИЭ в качестве альтернативы сетевому энергообеспечению.

Таким образом, направления дальнейших исследований перспективности района, предварительно оценённой по средней величине дисперсности расселения (L/P):

- Выявление физико-географической и природно-хозяйственной специфики территории, диктующей, с одной стороны, определённые схемы и технологии (и, как следствие, стоимость) автономного энергообеспечения с использованием местных ВИЭ, с другой – позволяющей оценить сложность (и, как следствие, стоимость) создания, модернизации и обслуживания сетевого энергообеспечения. В качестве итога должно быть определено пороговое для создания автономных комплексов значение L/P для данной территории или природно-хозяйственной зоны;
- Учёт перспектив новых технологических решений, влияющих на изменение стоимости оборудования в средне- и долгосрочной перспективе;
- Выявление миграционной и демографической динамики данной территории и прогнозирования численности населения и структуры расселения на средне- и долгосрочную перспективу;
- Выявление «тонкой структуры» расселения и распределения потребителей, включающей расстояния между отдельными хозяйствами в пределах населённого пункта и наличия отдельных кочевых, отгонных хозяйств и других специфических точек потребления;

- Анализ фактических объёмов и структуры потребления энергии на территории и состояния с энергообеспечением; выявление энергоизбыточности либо энергодефицитности; прогноз потребностей в энергии на средне- и долгосрочную перспективу с учётом динамики численности потребителей и хозяйственного развития;

- Исследование социально-экономических, социально-психологических, институциональных аспектов, направленное на выявление готовности местных сообществ и жителей использовать автономные комплексы на основе ВИЭ и условий, на которых они готовы это сделать.

Данные направления исследований складываются в комплексный экономико-географический анализ перспективности и целесообразности развития малой автономной энергетики на основе ВИЭ на территории, в свою очередь, являющийся основой для формулирования предложений по реализации соответствующих программ и проектов, включая их финансовую составляющую. Оценка дисперсности расселения населения на данной территории на региональном и локальном уровнях, представленная в данной работе как показатель L/P , является отправной точкой для такого рода исследований и закладывает первичную информационно-аналитическую основу для него.

Также большой интерес представляет распространение аналогичных исследований на территории сопредельных стран, включая Казахстан, Белоруссию, другие государства Содружества и другие страны Евразии.

7 Выводы

1. Для оценки предпосылок и перспектив развития малой автономной энергетики на основе ВИЭ ключевую роль играет анализ дисперсности расселения сельского населения на данной территории. В первом приближении возможно использование средней плотности сельского населения, однако предпочтительнее детальное исследование дисперсности расселения, учитывающее людность населённых пунктов, расстояние между ними и другие показатели, характеризующие реальное расстояние между потребителями энергии и от ближайших источников энергии.

2. В качестве индикатора дисперсности расселения, позволяющего предварительно оценить перспективность территории для развития малой автономной энергетики на уровне регионов и районно-муниципальных образований целесообразно использовать показатель L/P (метров/чел.), рассчитываемый как отношение среднего расстояния между сельскими населёнными пунктами к средней людности населённых пунктов на данной территории.

3. При некоторых пороговых значениях L/P энергообеспечение за счёт автономных генераторов с точки зрения инвестиционных и эксплуатационных затрат будет предпочтительнее сетевого энергообеспечения, предполагающего прокладку или модернизацию линий электропередач.

4. Анализ субъектов Федерации и отдельных районно-муниципальных образований обнаруживает, что в ряде случаев дисперсность на территориях с более высокой плотностью населения оказывается выше за счёт меньшей средней

людности населённых пунктов и предпосылки развития малой автономной энергетики, таким образом, оказываются сильнее.

5. Исходя из оценок дисперсности расселения по субъектам РФ, в зоне с наиболее сильными предпосылками развития малой автономной энергетики оказываются не только отдалённые территории Сибири и Дальнего Востока, но и север, а также ряд областей центра Европейской части России. Более того, показатели дисперсности расселения сельского населения в Северо-западном Федеральном округе оказываются в целом самыми высокими в России – более высокими, чем в Уральском, Сибирском и Дальневосточном ФО.

6. Потенциальную ёмкость рынка малых автономных генерирующих мощностей с использованием ВИЭ в России можно оценить, используя показатель дисперсности L/P расселения в сельских населённых пунктах, в величину около 4 ГВт. Оценка может быть увеличена при проведении дополнительных исследований с учётом ряда других факторов. Полученную величину можно обозначить как **экономико-географический потенциал** малой автономной возобновляемой энергетики на данной территории, который, в данном случае, можно определить как **энергетическую мощность, которую экономически целесообразно использовать, исходя из размещения потребителей на данной территории**.

7. Анализ на микроуровне показывает перспективность отдельных районно-муниципальных образований с показателями дисперсности расселения существенно выше среднего для данного субъекта Федерации – в частности, на примере отдельных районов Республики Калмыкия. В целом, хотя использование показателя L/P на уровне субъекта РФ приемлемо в первом приближении, но оптимальным представляется сравнение дисперсности расселения на уровне районно-муниципальных образований, различия между которыми в пределах субъекта РФ могут различаться в разы или даже на порядки.

8. Показатель дисперсности L/P, в то же время, не является достаточным для оценки перспективности и экономической эффективности развития малой автономной энергетики на территории и нуждается в дополнении комплексными исследованиями, для которых он может служить отправной точкой.

Литература

1. Сборник «Укрупнённые стоимостные показатели линий электропередачи и подстанций напряжением 35-1150 кВ» 324 тм - т1 для электросетевых объектов ОАО «ФСК ЕЭС» Дата введения: 09.07.2012 // [электронный ресурс] URL: https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/sto_56947007-29.240.124-2012.pdf, дата обращения 15.01.2020.
2. 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.
3. Отчёт о научно-исследовательской работе «Оценка технического и экономического потенциала развития ВИЭ на территории Российской Федерации, разработка сценариев и подготовка предложений по содержанию «дорожной карты» развития ВИЭ на перспективу до 2035 года» по теме: «Оценка валового и технического ресурсного по-

- тенциала ВИЭ в Российской Федерации с разбивкой по регионам и типам ресурсов» // Министерство энергетики Российской Федерации. Федеральное государственное бюджетное учреждение Российское энергетическое агентство (ФГБУ «РЭА» Минэнерго России). Москва, 2014.
4. Федеральная служба государственной статистики (Росстат) // [электронный ресурс] URL: https://www.gks.ru/enterprise_industrial , дата обращения 15.01.2020.
 5. New Solar Opportunities for a New Decade // [электронный ресурс] URL: <https://www.energy.gov/eere/solar/sunshot-2030> , дата обращения 15.01.2020.
 6. Методика распределения дотаций на выравнивание бюджетной обеспеченности муниципальных районов, городских округов // [электронный ресурс] URL: <https://base.garant.ru/24144446/f7ee959fd36b5699076b35abf4f52c5c/> , дата обращения 15.01.2020.
 7. Россия в цифрах – 2019 // Федеральная служба государственной статистики (Росстат) [электронный ресурс] URL: https://gks.ru/bgd/regl/b19_11/Main.htm , дата обращения 15.01.2020.
 8. Трейвиш А.И. Симметрия и асимметрия геопространства в страноведческом анализе // Вопросы экономической и политической географии зарубежных стран. Выпуск 18. Территориальная структура хозяйства и общества зарубежного мира. МГУ им. М.В. Ломоносова. Москва-Смоленск, 2009. С.7-23.
 9. Дегтярев К. С. Потенциал возобновляемых источников энергии в Республике Калмыкия // Вестник Московского университета. Серия 5: География. — 2019. — № 1. — С. 75–82.
 10. А. И. Алексеев, С. Г. Сафронов, М. С. Савоскул, Г. Ю. Кузнецова. Основные тенденции эволюции сельского расселения России в XX – начале XXI вв // ЭКО. — 2019. — № 4. — С. 26–49.

References

1. Digest “Aggregated cost indicators for electrical lines and substations of 35-1150 kV” 324 tm - t1 for electric network objects of OAO «FSK EES». Implementation date: 09.07.2012// [internet resource] URL: https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/sto_56947007-29.240.124-2012.pdf , date of reference 15.01.2020.
2. Bezrukih P.P. et al. Guide for renewable energy sources of Russia and local types of sources (indicators for areas) // М.: «IAC Energiya», 2007 – 272 pp.
3. Report on the research “Evaluations of technical and economical potential of RES on the territory of Russia, workout of scenarios and proposals on the content of roadmap of RES development for 2035 outlook” within the theme “Evaluations of theoretical and technical potential of RES in Russian Federation by the regions and types of resources” // Ministry of Energy of Russian Federation. Russian Federal Energy Agency. Moscow, 2014.
4. Russian Federal Agency for State Statistics (Rosstat) // [internet resource] URL: https://www.gks.ru/enterprise_industrial , date of reference 15.01.2020.
5. New Solar Opportunities for a New Decade // [internet resource] URL: <https://www.energy.gov/eere/solar/sunshot-2030> , date of reference 15.01.2020.

6. Methodology of distribution of subsidies for leveling of budget sufficiency of municipal districts // [internet resource] URL: <https://base.garant.ru/24144446/f7ee959fd36b5699076b35abf4f52c5c/> date of reference 15.01.2020.
7. Russia in figures - 2019// Russian Federal Agency for State Statistics (Rosstat) [internet resource] URL: https://gks.ru/bgd/regl/b19_11/Main.htm , date of reference 15.01.2020.
8. Trejvish A.I. Symmetry and asymmetry of geo-space in regional geography analysis // Issues on economic and politic geography of foreign countries. Volume 18. Spatial structure of economy and society of the foreign world. Lomonosov MSU. Moscow-Smolensk, 2009, p. 7-23.
9. Degtyarev K. S. Potential of renewable energy sources in the Republic of Kalmykia // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya. — 2019. — No 1. — P. 75–82.
10. A.I. Alekseev, S. G. Safronov, M. S. Savoskul, G. YU. Kuznecova. The principle trends of evolution of rural settlement in Russia in XX and beginning of XXI century // EKO. — 2019. — No 4. — P. 26–49.

Settling of rural population as the economy-geographical background for efficiency of small-scaled autonomous renewable energy systems

K.S. Degtyarev

Lomonosov Moscow State University, Geographical department, Laboratory for Renewable Energy Sources, Moscow, 119234, Russia

E-mail: kir1111@rambler.ru

Abstract. The goal of the work is to recognize the areas that are promising for development of small-scaled autonomous electricity production on renewable energy base. Russian regions on the state level are ranged according to quantitative indicators of distribution of rural population that is the major potential customer of small-scaled autonomous energy systems. Besides that ranging of this type was made on the district level through the example of Kalmykia Republic. This work together with information on comparative costs for network and autonomous energy supply enabled to identify the most prospective areas. The article also proposes general approaches to searching such areas and introduces the concept of economy-geographical potential.

Keywords: small-scaled autonomous renewable energy, rural of population, distribution of population, regions of Russia, economy-geographical potential of renewable energy, economy of renewable energy

УДК 574.2+574.6

Результаты исследования обрастания микроводорослями пластикового мусора

О.Ю. Калинина¹[0000-0001-9446-9149], Ф.В. Сапожников²[0000-0002-3239-6543]¹ Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия² Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, РоссияE-mail: ¹ bio-energysu@mail.ru, ² fil_aralsky@mail.ru.

Аннотация. Загрязнения пластиком водоемов Мира является большой проблемой. Цель работы – изучение механизмов и форм обрастания микроводорослями пластикового мусора в морях и пресных водах. На основании полученных результатов наблюдений в природных условиях и в экспериментах сделан вывод, что культивированию водорослей для биодизеля на новых полимерных субстратах приобретает перспективное значение.

Ключевые слова: пластик, микроводоросли, эпипластон, культивирование, биодизель.

1 Введение

В настоящее время во всех водоемах Мира все больший масштаб приобретает проблема загрязнения пластиком. В период с 2014 по 2019 годы были изучены механизмы и формы обрастания микроводорослями различных видов пластика среди естественных водоемов, а также в натурных и лабораторных экспериментах. Данные натурных и экспериментальных наблюдений позволили сделать ряд выводов, касающихся возможности эффективного культивирования микроводорослей (диатомей, цианобактерий и пингвиофитов) из числа обрастателей на поверхности определенных видов пластика, имеющего заданную конфигурацию.

2 Задачи исследования

Проблема загрязнения пластиком гидросферы приобрела планетарный масштаб и требует детального изучения, а также предложений возможных путей ее решения [1, 2]. Результаты исследований микрофитного оброста пластика в разных локациях водоемов мира показали, что различные субстраты этого типа успешно колонизируются экстремотолерантными видами диатомей, синезелеными водорослями, пингвиофитами и некоторыми зелеными микроводорослями. Спектры природных условий в этих локациях разнились по среднесуточной температуре, воды, продолжительности светового дня, наличию/отсутствию ледового покрова, солености, интенсивности течений и широтной локализации биотопов. При этом наблюдения показали, что характер развития микрорезидентных сообществ на поверхности пластика напрямую связан с особенностями его микрорельефа. Колониальные поселения отдельных видов микрофитов оказались приурочены к микротопическим элементам поверхности субстрата (бороздкам, бугоркам, складкам, трещинам, ребристым выступам и т.д.) Сообщества колонизирующие пластик как правило содержат небольшое число видов [3], способных выживать и успешно размножаться в условиях поверхности водоема: при высокой инсоляции, существенных суточных перепадах температуры, эффекте высаливания при интенсивном испарении и повышенной турбулентности. Кроме того наблюдения показали что развиваясь в этих условиях клетки микрофитов накапливают большее количество запасных продуктов в частности нейтральные липиды, чем в обычных для них условиях на естественных субстратах водоемов. Изучив обрастания разных видов пластика в 20 локациях Мира разнящихся по комплексам природных условий Рис.1 мы приступили к постановке натурных экспериментов по изучению обрастания разных видов пластика в Черном море, Карантинная бухта [4]. Для этого были смонтированы оригинальные экспериментальные установки на которых экспонировались в толще воды образцы пластиков 11 видов (полиэтилен низкого давления (белый, прозрачный и розовый) сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокого давления гладкий и пористый, ПЭТ бесцветный и бурый, полипропилен прозрачный и белый, а также полилактид гофрированный и гладкий) на 10 разных глубинах в трех повторностях с экспозицией 1.5 месяца (рис 2). В результате был получен интенсивный оброст, детально проанализированный в лабораторных условиях с применением СЭМ и световой микроскопии. Было отмечено, что при одинаковом видовом составе структура эпипластических ценозов на разных видах пластика не одинакова. В частности было отмечено, что полиэтилен и полилактид с гофрированной поверхностью обрастают интенсивнее и разнообразнее образцов с гладкой поверхностью.

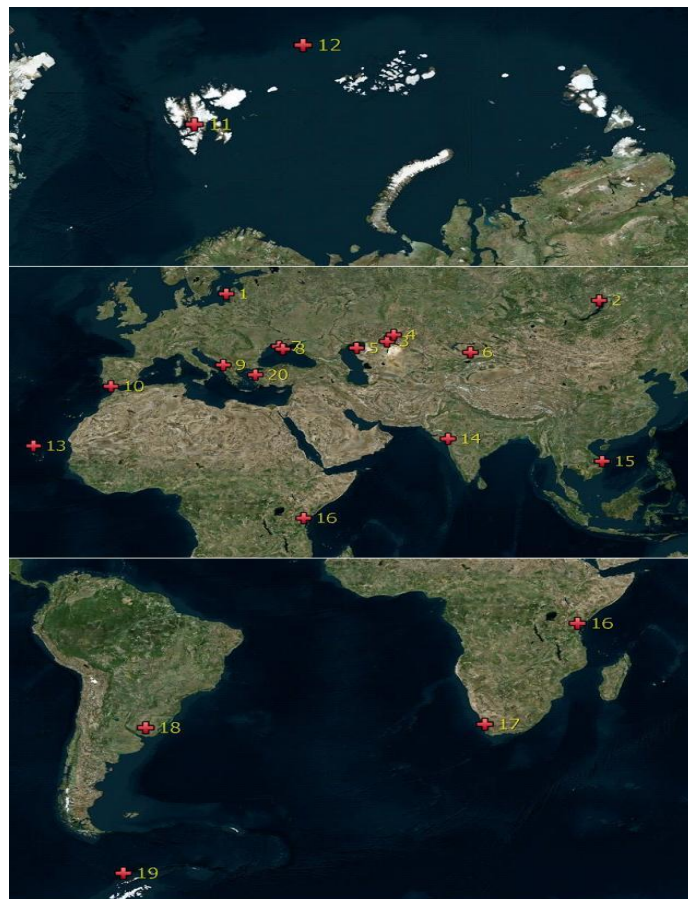


Рис. 1. Картограмма распределения по водоёмам Земного шара локаций отбора проб, на основании которых были получены результаты по обросту пластика микрофитами: 1 - Балтийское море, Зеленоградск, 2 - оз. Байкал, восточная часть, 3- Большое Аральское море, 4 - Малое Аральское море, 5 - Восточный Каспий, Актау, 6 - озеро Иссык-Куль, 7 - Чёрное море, Севастопольская бухта, 8 - Чёрное море, Гурзуф, 9 - Ионическое море, о-в Корфу, 10 - Восточная Атлантика, Сале (Марокко), 11 - Северный ледовитый океан, Баренцбург (арх. Шпицберген), 12 - Северный ледовитый океан, бровка шельфа Баренцева моря, 13 - Центральная Атлантика, о-в Сантьягу (о-ва Зелёного Мыса), 14 - Аравийское море, Мумбай, 15 - Южно-Китайское море, Ня-Чанг, 16 - Западная часть Индийского Океана, Танзания, 17 - Южная Атлантика, Кейптаун, 18 - Западная Атлантика, Монтевидео, 19 - Южный океан, о-в Кинг-Джордж, 20 - Эгейское море, Бодрум.



Рис. 2. Элементы оригинальной опытно-экспериментальной установки, использованной для обрастания образцов разных видов пластика в Карантинной бухте Чёрного моря.

При этом развитие наиболее массовых колониальных поселений диатомей происходило на вогнутых участках поверхностей (по складкам и бороздам)(рис 3). Здесь они находились в притененных от поверхностной микротурбулентности участках микрорельефа, и находились тем не менее в зоне интенсивного обмена биогенов и освещении. Также мы изучили в лабораторных условиях процессы обрастания разнотипного пластика с использованием жидких искусственных сред, в условиях естественного и искусственного освещения, а также сравнили результаты наблюдений за микрофитами при выделении их в чистые культуры с мониторингом на выработку нейтральных липидов для нужд биодизеля.

Результаты сравнения подтвердили наше предположение о специфическом расселении разных видов микрофитов по отдельным элементам микрорельефа поверхности полимерных субстратов. Кроме того, на этих субстратах нами бы-

ли отмечены в лабораторных условиях хорошие показатели роста некоторых видов микрофитов.

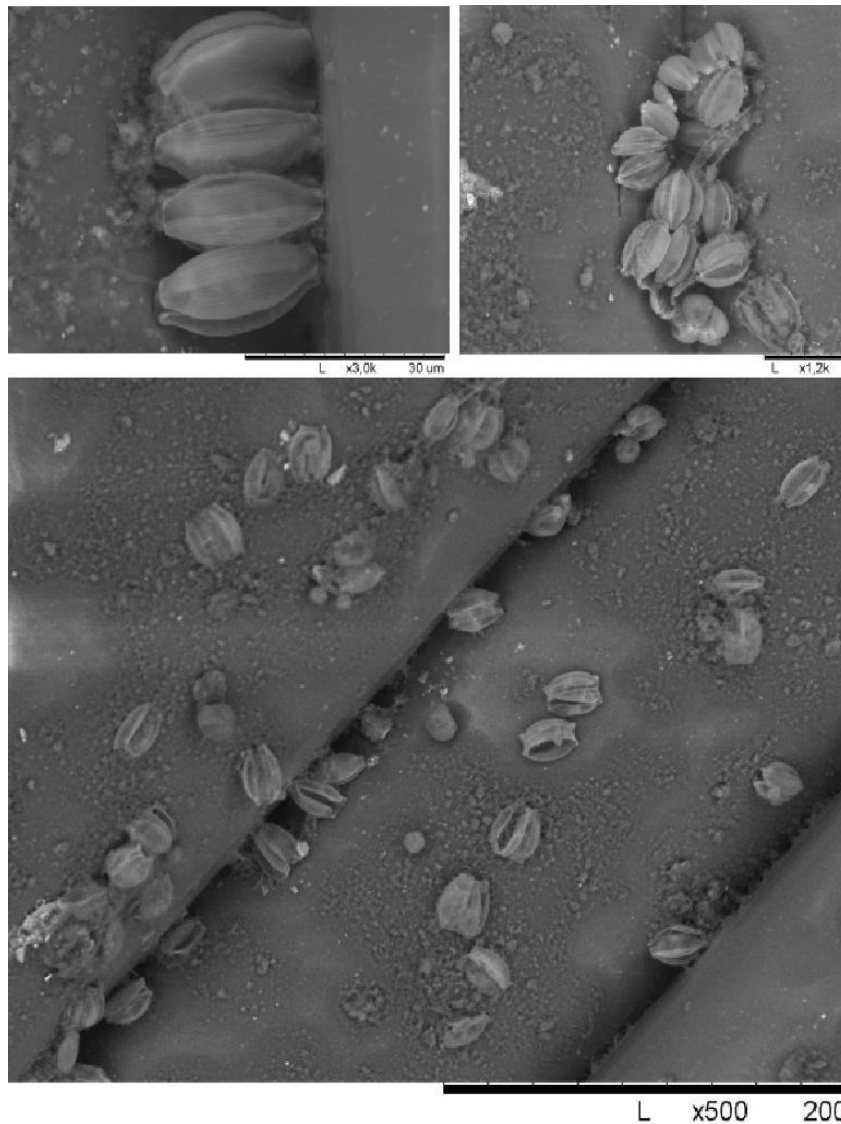


Рис. 3. Развитие колониальных поселений *Halamphorax cymbiferana* на складчатой поверхности полилактида, в эксперименте.

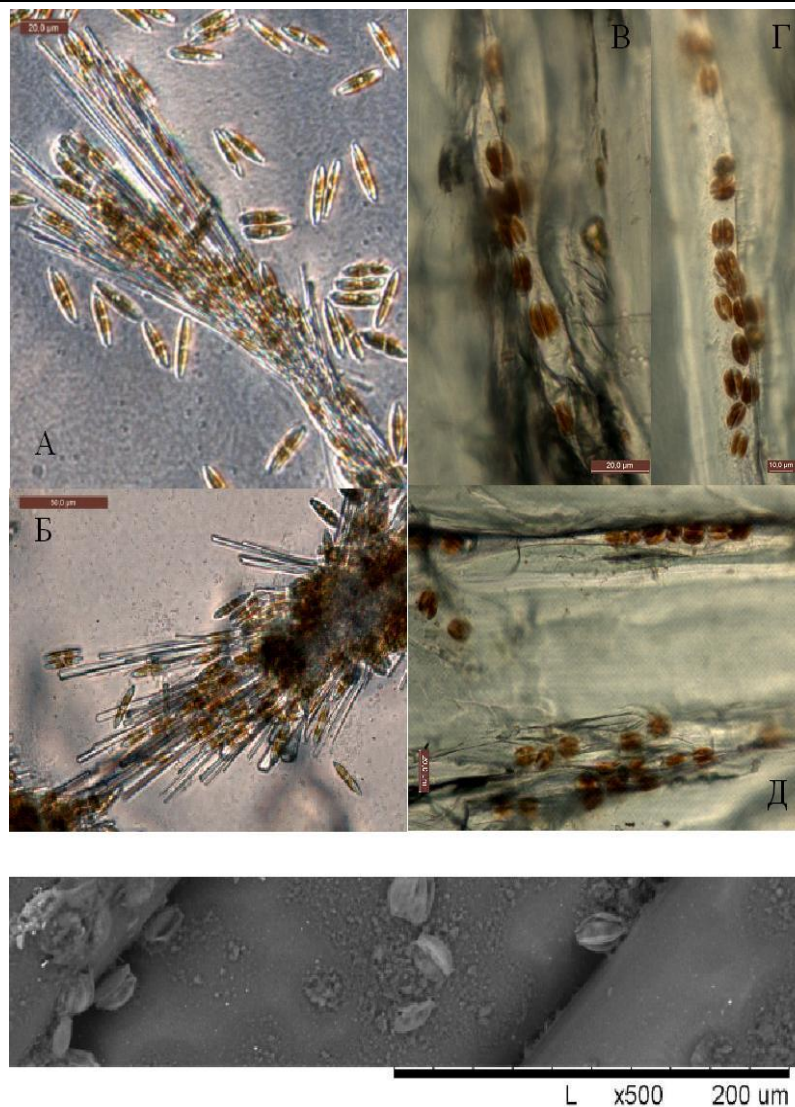


Рис. 4. Использование микрофитами в обрастаниях элементов неоднородности поверхности субстрата: А, Б - более интенсивный рост клеток *Nitzschia communis* на пучках кристаллов гипса при развитии на агаризованной среде; В, Г, Д - интенсивное развитие колониальных поселений на абразивных бороздках на поверхности полиэтилена низкого давления.

3 Выводы

На основании полученных нами результатов наблюдений в природных условиях и в экспериментах, мы приходим к выводу, что для эффективного культивирования штаммов микроводорослей, кандидатных для производства биодизеля, на жидких питательных средах, приобретает перспективное значение использование в качестве подвесного, либо плавучего субстрата некоторых видов пластика. Это повысит площадь поверхности соприкосновения с жидкой средой для тех видов микроводорослей, что активно колонизируют пластиковый субстрат и при этом накапливают большое количество ненасыщенных жирных кислот. В частности, мы рекомендуем применять для этих целей гофрированные или тонко-абразивные (с бороздками на поверхности) образцы полиэтилена низкого давления и полилактида. Для дополнительного увеличения общей контактной поверхности обрастания с питательной средой при интенсивной циркуляции среды в реакторе, лучше будет применять образцы полимеров цилиндрической формы, поверхность которых будет увеличена за счёт борозд, глубина и ширина которых сопоставимы с размерами клеток микрофитов.

Литература

1. Сапожников Ф.В., Калинина О.Ю., Снигирева А.А., Альгобактериальные ценозы на поверхности различных видов пластика(микропластон) в прибрежной зоне эгейского моря (дистриктБодрум, Турция). Труды VII Международной научно-практической конференции “Морские исследования и образование (MARESEDU-2019)”, 2019, 351-359.
2. Рябушко Л.И., Бондаренко А.В., Сапожников Ф.В., Калинина О.Ю., Диатомовые обрастания синтетических полимерных материалов в Карантинной бухте (Крым, Черное море). Вопросы современной альгологии. 2019 (20)№2, 87-91.
3. Калинина О.Ю., Сапожников Ф.В., Чернова Н.И., Никитин М.А., Опыт культивирования широко эвригалинных видов *Nitzschia*. Вопросы современной альгологии (Issues of modern algology) - algology.ru, 2015, 54-57.
4. Izhitskiy A.S., Zavialov P.O., Sapozhnikov P.V., Kirillin G., Grossart H.P., Kalinina O.Y., Zalota A.K., Goncharenko I.V., Kurbanliyazov A.K., Present state of the Aral Sea: diverging physical and biological characteristics of the residual basins. Scientific reports (6)23906, 10-1038, 2016.
5. Eich A., Mildenerberger T., Laforsch C., Weber M. Biofilm and diatom succession on polyethylene (PE) and biodegradable plastic bags in two marine habitats: Early signs of degradation in the pelagic and benthic zone? (2015) PLoS ONE, 10 (9) , art. no. e0137201
6. Oberbeckmann S., Osborn A.M., Duhaime M.B. Microbes on a bottle: Substrate, season and geography influence community composition of microbes colonizing marine plastic debris. (2016) PLoS ONE, 11 (8), art. no. e0159289.

References

1. Ph.V. Sapozhnikov, O.Yu. Kalinina, A.A. Snigirova. Algobacterial cenoses on the surface of various types of plastic (microplastic) in the coastal zone of the Aegean Sea (Bodrum District, Turkey). Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference "Marine Research and Education (MARESEDU-2019)", 2019, 351-359.
2. Ryabushko L.I., Bondarenko A.V., Sapozhnikov F.V., Kalinina O.Yu., Diatom fouling of synthetic polymer materials in the Quarantine Bay (Crimea, Black Sea). Issues of modern algology - algology.ru2019 (20) No. 2, 87-91.
3. Kalinina O.Yu., Sapozhnikov F.V., Chernova N.I., Nikitin M.A., Experience in the cultivation of widely euryhaline species of Nitzschia. Issues of modern algology (Issues of modern algology) - algology.ru, 2015, 54-57.
4. Izhitskiy A.S., Zavialov P.O., Sapozhnikov P.V., Kirillin G., Grossart H.P., Kalinina O.Y., Zalota A.K., Goncharenko I.V., Kurbanliyazov A.K., Present state of the Aral Sea: diverging physical and biological characteristics of the residual basins. Scientific reports (6)23906, 10-1038, 2016.
5. Eich A., Mildenberger T., Laforsch C., Weber M. Biofilm and diatom succession on polyethylene (PE) and biodegradable plastic bags in two marine habitats: Early signs of degradation in the pelagic and benthic zone? (2015) PLoS ONE, 10 (9) , art. no. e0137201.
6. Oberbeckmann S., Osborn A.M., Duhaime M.B. Microbes on a bottle: Substrate, season and geography influence community composition of microbes colonizing marine plastic debris. (2016) PLoS ONE, 11 (8), art. no. e0159289.

The study results of plastic waste overgrowth with micro-algae

Olga Yu. Kalinina¹[0000-0001-9446-9149], Philipp V.Sapozhnikov²[0000-0002-3239-6543]

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,

²Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia

E-mail: ¹ bio-energymsu@mail.ru, ² fil_aralsky@mail.ru.

Abstract. Plastic pollution of the water bodies of the World is a big problem. We studied the mechanisms and forms of plastic debris overgrowth with micro-algae in order to propose new ideas for the cultivation of algae for biofuel on new polymer substrates.

Key words: plastic, micro-algae, epi-plaston, cultivation, biodiesel

УДК 349.6

Система «зелёной сертификации» в Украине: вопросы правоприменения

Е.Н.Попова ^[0000-0003-4229-6586]

Université Côte d'Azur, Batiment M, 28 Avenue de Valrose 06108 Nice CEDEX 2, France

E-mail: e.popova@lenaslaw.com

Аннотация: В статье с юридической точки зрения рассматриваются вопросы правового регулирования системы «зелёной» сертификации в Украине как основания для получения предприятиями ВИЭ государственной поддержки их деятельности на рынке. Автором, по итогам анализа нормативно-правовых актов по указанному вопросу, делаются выводы о проблемах правоприменения данной системы в Украине и необходимости устранения таких проблем путем законотворческой деятельности.

Ключевые слова: зеленые сертификаты, энергетика, энергоэффективность, возобновляемая энергетика, право, юриспруденция, юрист, законодательство, государственная поддержка.

Украина участвует в международном сотрудничестве в сфере производства и потребления энергии, произведенной из альтернативных источников, согласно законодательству Украины и международным договорам Украины» [1].

Соответственно национальное законодательство в данной сфере и правовые инструменты государственной помощи предприятиям ВИЭ создаются с учетом международных обязательств Украины.

Так, в 1998 году Украина Законом от № 89/98-вр от 06 февраля 1998 года, ратифицировала «Договор к Европейской Энергетической Хартии и Протокол к Европейской Энергетической Хартии по вопросам энергетической эффективности и смежных экологических аспектов»[2], которые предполагает сотрудничество Украины и ЕС в области энергетики.

Данное сотрудничество, в том числе, заключается в координации украинской и европейской энергетической политики. А поскольку в рамках одной из целей Хартии стороны договорились создать обстановку, благоприятную для функционирования предприятий и для притока инвестиций и технологий, соответственно, политика Украины направлена на обеспечение создания такой обстанов-

ки в стране путем разработки соответствующих инструментов государственной помощи, в том числе предприятиям ВИЭ, и их закрепления в национальном законодательстве.

В свою очередь, в Протоколе к Хартии обозначены ориентиры для содержания нормативных актов при их разработке. К примеру, «разрабатываемые нормативные акты должны содержать условия, стимулирующие капиталовложения в сферу энергоэффективности».

Благодаря украинско-европейскому сотрудничеству в сфере энергетики и европейскому финансированию в рамках различных соглашений (к примеру, Соглашение о финансировании программы «Поддержка исполнения Энергетической стратегии Украины в отрасли энергоэффективности и возобновляемых источников энергии») в Украине, в сравнении с другими странами постсоветского пространства, на сегодняшний момент создана достаточно полная и эффективная на практике система инструментов государственной помощи предприятиям ВИЭ.

В Протоколе к Хартии в качестве одной из приоритетных сфер сотрудничества обозначена сфера совместного инвестирования и создания совместных предприятий.

Из этого следует, что данная система инструментов государственной помощи создавалась с расчетом ее применения, в том числе, к совместным украинско-европейским предприятиям ВИЭ, деятельность которых в рамках вышеуказанных международных договоренностей поддерживается государством. Действительно, на украинском рынке электроэнергетики функционирует немалая доля совместных предприятий.

В Украине существуют следующие механизмы стимулирования производства возобновляемой энергии: (1) «зеленый» тариф; (2) льготы в налогообложении; (3) льготный режим присоединения к электрической сети [3].

Для того, чтобы воспользоваться мерами стимулирования и государственной поддержки, в статье 9 **Закона Украины «Об альтернативных источниках энергии»**[4] установлен механизм подтверждения происхождения электрической энергии, произведенной из альтернативных источников энергии, путем выдачи уполномоченным государственным органом предприятию ВИЭ гарантии происхождения электрической энергии (система «зеленой» сертификации).

В указанной статье закона закреплена возможность предприятий – производителей энергии на ВИЭ подтвердить происхождение электроэнергии, произведенной из альтернативных источников энергии путем подачи соответствующего запроса в Государственное агентство по энергоэффективности, которое по результатам рассмотрения такого запроса выдает специальный подтверждающий документ – *«гарантия происхождения электрической энергии»*.

Порядок выдачи, использования и прекращения действия гарантии определяется соответствующим Постановлением Кабинета Министров Украины, которым утвержден такой порядок[5].

Согласно п. 2 указанного Порядка, *гарантия происхождения электроэнергии* – это электронный документ, выданный в соответствии с Законом Украины «Об электронных документах и электронном документообороте» на безвозмездной

основе по запросу производителя электрической энергии, который подтверждает, что часть или определенное количество электроэнергии произведено в Украине из альтернативных источников энергии.

Указанная гарантия предоставляется производителю электроэнергии на ВИЭ для предоставления информации конечным потребителям продукции, во время изготовления которой была использована электроэнергия, произведенная из ВИЭ, а также для статистической информации.

В свою очередь, гарантия может быть выдана только для генерирующих установок, которые зарегистрированы в соответствующем электронном реестре. Регистрация таких генерирующих установок в реестре осуществляется Государственным агентством по энергоэффективности на основании поданной предприятием ВИЭ заявки.

Для осуществления регистрации и внесения в соответствующий реестр на основании заявки, генерирующая установка ВИЭ также подлежит обследованию в месте ее нахождения.

Как любая государственная система, украинская система «зелёной сертификации» также имеет некоторые недостатки, которые проявляются в ходе ее применения на практике.

Так, несмотря на упоминание в законе об электроэнергетике документа, подтверждающего происхождение электроэнергии из альтернативных источников («зеленых» сертификатов), схема применения и обращения таких сертификатов не нашла своего развития в подзаконных нормативно-правовых актах и не используется государственными регуляторами [6].

Из этого следует, что вышеуказанные нормы закона, устанавливающие наличие такой системы, являются декларативными и не имеют механизма реализации, закрепляемого в подзаконных нормативно-правовых актах. Соответственно, реализовать на практике данную систему «зеленой» сертификации не представляется возможным.

Таким образом, существует необходимость в разработке на законодательном уровне соответствующего механизма правоприменения системы «зелёной» сертификации, находящего свое отражение в подзаконных нормативно-правовых актах.

Благодарность. Работа выполнена при научном руководстве НИЛ ВИЭ Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Литература

1. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» № 555-IV від 20.02.2003, ст. 15.
2. Договір до Енергетичної Хартії та Заключний акт до неї. Протокол до Енергетичної Хартії з питань енергетичної ефективності і суміжних екологічних аспектів від 17.12.1994.
3. Посібник «Стимулювання відновлюваної енергетики в Україні за допомогою «зеленого» тарифу», Консультативна програма Міжнародної фінансової корпорації (IFC) «Стимулювання інвестицій в ресурсоефективність» та проект IFC «Інвестиційний клімат в аграрному секторі України», с. 9.
4. Закон України «Про альтернативні види палива» № 1391-XIV, від 14.01.2000.
5. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку видачі, використання та припинення дії гарантії походження електричної енергії для суб'єктів господарювання, що виробляють електричну енергію з альтернативних джерел енергії» № 771, від 24.07.2013
6. Посібник «Стимулювання відновлюваної енергетики в Україні за допомогою «зеленого» тарифу», Консультативна програма Міжнародної фінансової корпорації (IFC) «Стимулювання інвестицій в ресурсоефективність» та проект IFC «Інвестиційний клімат в аграрному секторі України», с. 9.

Reference

1. Law of Ukraine "About Alternative Energy Sources" No 555 IV of 20.02.2003, Article 15.
2. Contract to the Energy Charter and the Final act to it. The protocol to the Energy Charter concerning energy efficiency and adjacent ecological aspects of 17.12.1994.
3. Manual "Stimulations of renewable energy in Ukraine with the help" green "tariff", the advisory Program of the International Finance Corporation (IFC) "Stimulation of investments in resource efficiency" and the IFC project "Investment climate in the agrarian sector of Ukraine", page 9.
4. Law of Ukraine "About alternative types of fuel" No 1391 XIV, of 14.01.2000.
5. Resolution of the Cabinet of Ukraine "About the statement of an order of delivery, use and cancellation of a guarantee of origin of the electric power for the subjects of managing making electric energy from alternative energy sources" No 771, of 24.07.2013
6. Manual "Stimulations of renewable energy in Ukraine with the help" green "tariff", the advisory Program of the International Finance Corporation (IFC) "Stimulation of investments in resource efficiency" and the IFC project "Investment climate in the agrarian sector of Ukraine", page 9.

The system of "green certification" in Ukraine: enforcement issues

E.N. Popova

Université Côte d'Azur, Batiment M, 28 Avenue de Valrose 06108 Nice CEDEX 2, France

E-mail: e.popova@lenaslaw.com

Abstract: From a legal point of view, the article addresses the legal regulation of the green certification system in Ukraine as a basis for renewable energy enterprises to receive state support for their activities on the market. The author, based on the results of the analysis of normative and legal acts on this issue, makes conclusions about the problems of enforcement of this system in Ukraine and the need to eliminate such problems through legislative activities.

Keywords: green certificates, renewable energy, energy efficiency, right, law, lawyer, legislation, state support.

Acknowledgement. The work was carried out with the scientific guidance of the Laboratory of RES of the Geographical Faculty of Lomonosov Moscow State University.