

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Низовцев М.И.

Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск

Согласно федеральному закону об электроэнергетике [1] к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) относятся: энергия солнца, энергия ветра, энергия воды, в том числе энергия сточных вод (за исключением случаев использования такой энергии на гидроаккумулирующих электроэнергетических станциях), энергия приливов, энергия волн водных объектов, в том числе водоемов, рек, морей, океанов; геотермальная энергия с использованием природных подземных теплоносителей, низкопотенциальная тепловая энергия земли, воздуха, воды с использованием специальных теплоносителей; биомасса, включающая в себя специально выращенные для получения энергии растения, в том числе деревья, а также отходы производства и потребления, за исключением отходов, полученных в процессе использования углеводородного сырья и топлива; биогаз, газ, выделяемый отходами производства и потребления на свалках таких отходов, газ, образующийся на угольных разработках.

Доля возобновляемой энергетики в общем производстве электроэнергии в 2015 г от невозобновляемых источников составила 76.3%, а от возобновляемых – 23.7%. В возобновляемых: гидроэнергетика – 16.6% (с учетом крупных ГЭС), остальные 7.1%: ветер – 3.7%, био – 2.0%, солнечные панели – 1.2%, прочие – 0.4% [2] (рис.1).

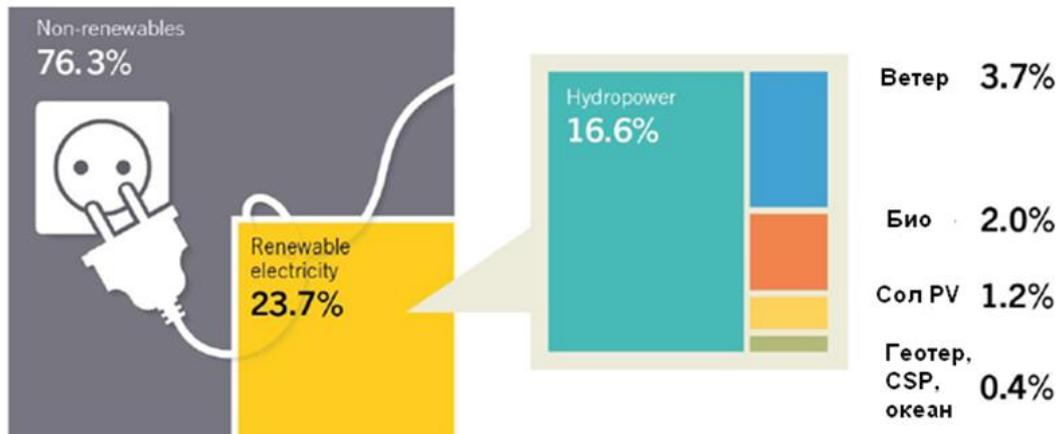


Рис.1. Доля возобновляемой энергетики в общем производстве электроэнергии, 2015 г.

Наибольшие инвестиции в 2015 г. в мире из видов возобновляемой энергетики были в солнечную энергетику – 161 млрд. дол (увеличение на 12% к 2014 г) и ветровую – 109 млрд. дол. (увеличение на 4% к 2014 г) (рис.2) [2].

В 2005 г. в Германии возобновляемые источники энергии составляли 10% в общем производстве электроэнергии. В том числе: ветер – 4.4%, гидро – 3.1%, переработка биомассы – 2.3%, солнечная – 0.2%. В 2015 г. – возобновляемые источники дали – 30% всей электроэнергии. В том числе: ветер – 13.3%, переработка биомассы – 6.8%, солнечная – 5.9%, гидро – 3.1%. (рис.3). Всего за 10 лет ВИЭ перегнали все традиционные технологии и стали основным источником электроэнергии. Германия планирует

достичь к 2050 г. 60 % доли ВИЭ в общем энергобалансе страны и 80 % – в производстве электроэнергии [3].

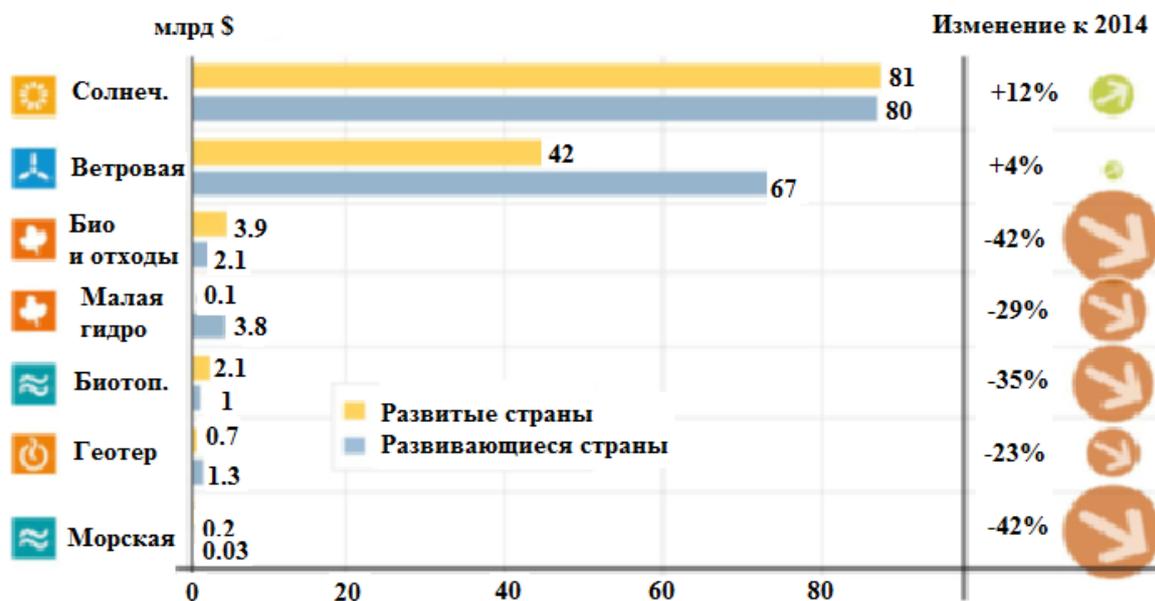


Рис.2. Новые инвестиции в возобновляемую энергетику развитых и развивающихся стран, 2015 г.

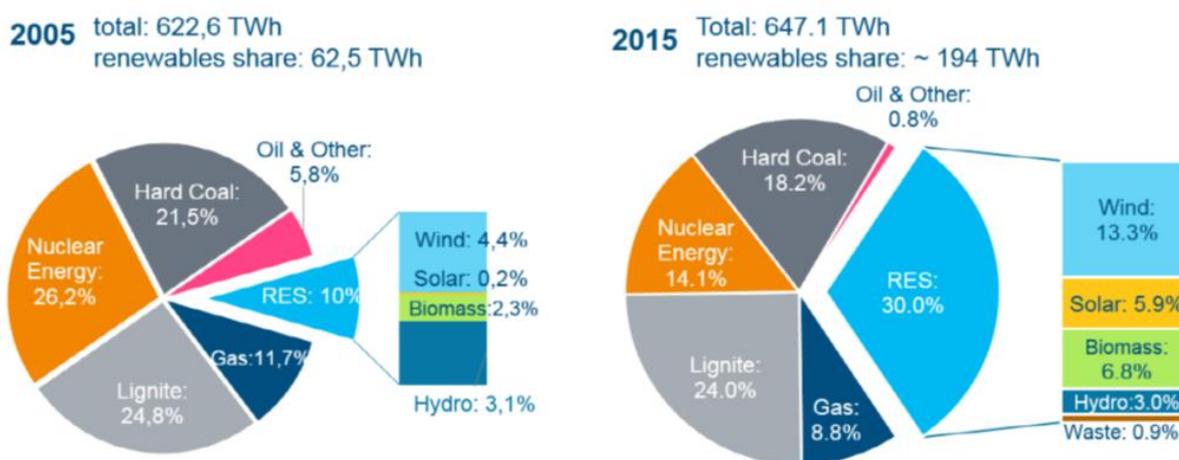


Рис.3. Валовое производство электроэнергии в Германии.

Инвестиции в России в возобновляемую энергетику в период с 2004 г. по 2014 г. составили 1.7 млрд. дол. Россия входит в 12 стран с наименьшими вложениями наряду с Албанией, Боснией и Герцеговиной, Сербией, Македонией Черногорией и бывшими республиками СССР: Беларусь, Киргизстан, Узбекистан, Грузия, Казахстан, Армения (рис.4) [2].



Рис. 4. Инвестиции в возобновляемую энергетику в период с 2004 по 2014 гг.

На территории России 70% территории с нецентрализованным энергоснабжением, на ней проживает 20 млн. человек и 15% основных фондов. Проблемы дефицита энергоресурсов в этих регионах можно эффективно решать с использованием возобновляемых источников энергии.



Рис. 5. Энергодефицитные территории России.

Ветровая, солнечная энергетика и производство биотоплива – наиболее быстрорастущие отрасли современной индустрии, на освоение которых направлен научно-технический потенциал ведущих стран мира. Бурное развитие ВИЭ в ведущих странах в последнее десятилетие стало возможным лишь благодаря финансовой поддержке со стороны государств. В настоящее время в мировой практике существует несколько механизмов поддержки проектов электрогенерации на основе ВИЭ. Наиболее популярны из них два: зелёные тарифы и зелёные сертификаты. В первом случае государство гарантирует приобретение у производителей электроэнергии из ВИЭ по специальным, более высоким тарифам. Их устанавливают для конкретного объекта на альтернативных источниках энергии на 20–25 лет, что обеспечивает хорошую рентабельность таких проектов. Во втором случае производитель по факту продажи на свободном рынке электроэнергии, сгенерированной на ВИЭ, получает специальный подтверждающий сертификат (подобная схема действует, например, в Швеции и Норвегии), который впоследствии может быть продан.

После тщетных попыток стимулирования развития ВИЭ в России через надбавки к рыночной цене электроэнергии 28 мая 2013 года Правительство РФ приняло Постановление № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности». Разработчики данного постановления попытались обеспечить максимальное интегрирование механизма поддержки ВИЭ в существующую в стране специфическую архитектуру рынка электроэнергетики. Поддержка ВИЭ предусмотрена для трёх видов: солнечной, ветровой энергетики и малой гидроэнергетики. Поддержка осуществляется через ДПМ ВИЭ (договоры о предоставлении мощности, видоизменённые с учётом особенностей ВИЭ). Согласно действующему законодательству, ВИЭ в России будут поддерживать в рамках ежегодных квот (целевых параметров), выделенных для каждого вида ВИЭ на период до 2020 года. Отбор инвестиционных проектов строительства генерирующих объектов на основе ВИЭ осуществляется на специализированных конкурсах, где устанавливаются предельные уровни капитальных затрат. Основным условием для получения максимальной финансовой помощи от государства является требование локализации, т.е. обеспечение производства части оборудования для проекта внутри страны. Целевые показатели развития ВИЭ приведены в Таблицах. Запланировано в России ввод суммарных мощностей к 2024 г в ветроэнергетике – 3600 МВт, в солнечной – 1520 МВт, в гидроэнергетике – 751 МВт (табл. 1). Локализация производства оборудования для производства возобновляемых источников энергии в России планируется постоянно увеличивать и довести к 2024 до 65-70% (табл. 2).

Начался процесс конкурсного отбора мощностей, и на октябрь 2016 г. лидирующее положение занимали проекты солнечной энергетики, из которых уже было реализовано ~ 5 %, на втором месте находятся проекты ветроэнергетики с суммарной заявленной мощностью 801 МВт и отсутствием реализованных проектов, на третьем – заявленные 70,44 МВт гидроэнергетики, которые также не реализованы [4].

Таблица 1. Целевые показатели развития ВИЭ (в МВт) по видам до 2024 г.

Виды ВИЭ	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Всего
Энергия ветра	-	51	50	200	400	500	500	500	500	500	399	3600
Энергия Солнца	35,2	140	199	150	270	270	270	21,45	21,45	21,45	21,45	1520
Энергия воды	-	-	-	124	141	159	159	42	42	42	42	751
Итого	35,2	191	249	574	811	929	929	563,45	563,45	563,45	462,45	5871

Таблица 2. Целевые показатели степени локализации производства

Виды генерирующих объектов	Год ввода в эксплуатацию	Целевой показатель степени локализации
Генерирующие объекты, функционирующие на основе энергии ветра	2016 год	25%
	2017 год	40%
	2018 год	55%
	с 2019 по 2024 год	65%
Генерирующие объекты, функционирующие на основе фотоэлектрического преобразования энергии солнца	с 2014 по 2015 год	50%
	с 2016 по 2024 год	70%
Генерирующие объекты, функционирующие на основе прочих возобновляемых источников энергии	с 2014 по 2015 год	20%
	с 2016 по 2017 год	45%
	с 2018 по 2024 год	65%

Малая гидроэнергетика

Малые гидроэлектростанции (по международным стандартам мощностью до 25–30 МВт) были важнейшим источником электроэнергии для народного хозяйства СССР в первой половине прошлого столетия. В 1950-е годы в СССР насчитывалось около 6500 МГЭС (большинство на территории России), которые вырабатывали четверть электроэнергии, потребляемой в сельской местности. Последующая централизация энергообеспечения привела практически к полному отказу от малой гидроэнергетики.



Рис. 6. Объекты малой гидроэнергетики.

Сейчас в России действуют порядка 300 МГЭС общей мощностью около 1300 МВт. Компания ОАО «РусГидро» является основной в данном секторе и объединяет более 70 объектов. В организации разработаны программы строительства МГЭС, предполагающие сооружение 384 станций суммарной мощностью 2,1 ГВт, большая часть из которых локализована в Северо-Кавказском федеральном округе. В ближайшие несколько лет в России можно ожидать ввод новых мощностей в малой гидроэнергетике в объёме 50–60 МВт установленной мощности ежегодно. Еще одна компания, активно занимающаяся развитием малой гидроэнергетики в России, – это ЗАО «Норд Гидро». В настоящее время в её собственности 37 малых ГЭС, проектируемых к реконструкции, в том числе 4 действующих объекта установленной мощностью 8,4 МВт.

Ветровая энергетика

Ветровая энергетика в последнее десятилетие удерживает мировое лидерство среди технологий возобновляемой энергетики. К концу 2015 года общая установленная мощность ветровых электростанций (ВЭС) в мире превысила 433 ГВт (рис.7) [2].

Большая часть наиболее «богатых на ветер» регионов России – это местности, удалённые от основных электрогенерирующих мощностей страны. К ним относятся Камчатка, Магаданская область, Чукотка, Сахалин, Якутия, Бурятия, Таймыр и др. В этих регионах в основном отсутствуют собственные ископаемые энергетические ресурсы, а удалённость от магистральных линий электропередачи и транспортных энергетических нефте- и газопроводов делают экономически необоснованным подключение их к централизованному энергообеспечению.

Единственным постоянным источником электроэнергии в удалённых местностях России служат дизель-генераторы, работающие на дорогом привозном топливе. Производимая с их помощью электроэнергия имеет чрезвычайно высокую себестоимость (20–40 руб. за 1 кВт•ч). В таких регионах строительство ВЭС как основного источника

электроснабжения является экономически выгодным даже без какой-либо финансовой поддержки со стороны государства.

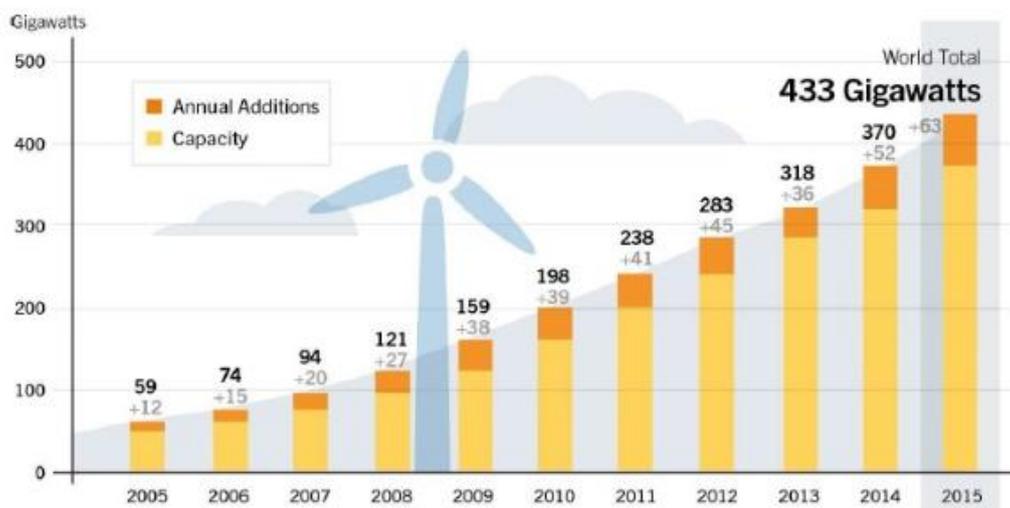


Рис. 7. Развитие ветроэнергетики.

Несмотря на экономическую обоснованность применения ВЭС во многих удалённых регионах страны, развитие ветроэнергетики (в масштабе общей электрогенерации) в настоящее время находится практически на нулевом уровне. В стране действует немногим более 10 ветровых электростанций, общая установленная мощность которых составляет всего 16,8 МВт.

Самым крупным ветропарком в России в настоящее время является Куликовская (Зеленоградская) ВЭС, принадлежащая компании «Янтарьэнерго». Она построена в Калининградской области в период с 1998 по 2002 год. Электростанция общей мощностью 5,1 МВт состоит из 21 ветрогенератора, из которых 20 агрегатов, мощностью по 225 кВт каждый, были получены в виде гранта правительства Дании от компании SEAS Energi Service A. S. До инсталляции на Куликовской ВЭС ветроагрегаты около восьми лет отслужили в датском ветропарке «Нойсомхед Винд Фарм».

На 2014–2015 годы не было запланировано ни одного проекта. Только один проект (ВЭС «Аксарайская» в Астраханской области) планировалось ввести в строй в 2016 году. Остальные шесть проектов введут в эксплуатацию в 2017 году. В общей сложности будет реализовано по два проекта в Астраханской и Оренбургской областях и три проекта в Ульяновской области. Участники отрасли сегодня просто не готовы к столь быстрой реализации масштабных проектов ВЭС, в том числе и по причине необходимости выполнения требования локализации производства в России.

Солнечная энергетика

Солнечная энергетика является наиболее динамично развивающаяся область ВИЭ. Общая установленная мощность солнечных электростанций в мире к концу 2015 г. составила 227 ГВт (рис) [2].

Свыше 90% всех солнечных электроустановок в России приходится на субъекты малого и среднего предпринимательства, менее 10% – на частные домохозяйства. Такие системы обеспечивают автономное электроснабжение удалённых от центральной электросети объектов и работают в комплексе с дизель-генераторами.

Крупнейшими действующими объектами солнечной энергетики в России на сентябрь 2013 года были две электростанции мощности 100 кВт. Первая в России сетевая

СЭС промышленного масштаба введена в эксплуатацию в октябре 2010 года около хутора Крапивенские Дворы Яковлевского района Белгородской области. В начале июня 2013 года в эксплуатацию запущена первая в России автономная дизель-солнечная электростанция мощностью 100 кВт (мощность установленных солнечных модулей – 60 кВт) в селе Яйлю Турочакского района Республики Алтай.

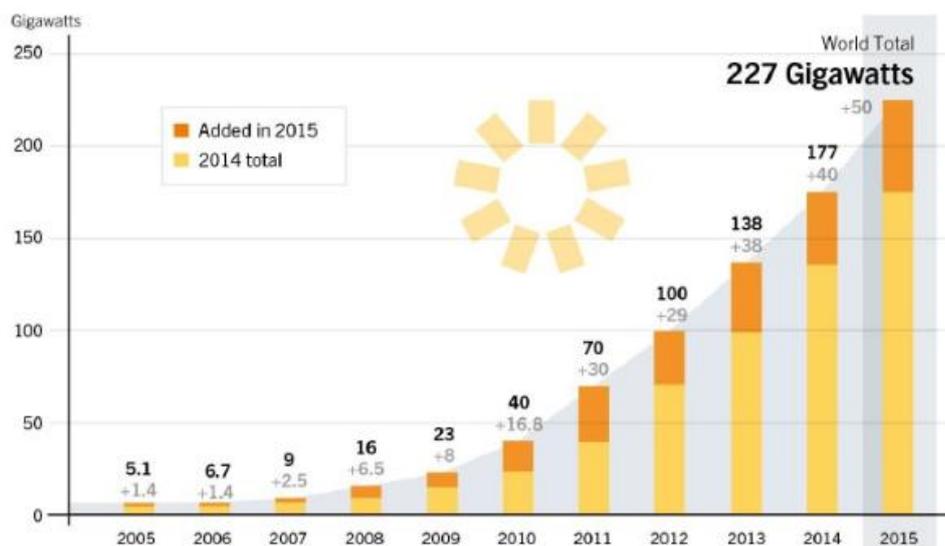


Рис. 8. Развитие солнечной энергетики.

По данным СО ЕЭС — системного оператора единой электроэнергетической системы России — суммарная установленная электрическая мощность солнечных электростанций ЕЭС России на 1 июля 2016 года составляет всего 60,2 МВт [5]. Крупнейшие солнечные электростанции в России расположены в Оренбургской области, Республике Башкортостан, на Алтае, в Хакасии (табл. 3). В Крыму, установленная мощность солнечных электростанций, превышает 200 МВт.

Таблица 3. Действующие СЭС России

№	Название	Установленная мощность, МВт	Область
1	Сакмарская СЭС	25.0	Оренбургская область
2	Бурибаевская СЭС	20.0	Республика Башкортостан
3	Бугульчанская СЭС	15.0	Республика Башкортостан
4	Кош-Агачинская СЭС	10.0	Республика Алтай
5	Абаканская СЭС	5.2	Республика Хакасия
6	Усть-Канская СЭС	5.0	Республика Алтай
7	Переволоцкая СЭС	5.0	Оренбургская область
8	СЭС ООО «АльтЭнерго»	0.1	Белгородская область
Автономные системы			
9	СЭС Батагай	1.0	Республика Саха (Якутия)
10	СЭС Менза	0.12	Забайкальский край

Продолжается модернизация технологической линии фотоэлектрических модулей для СЭС на заводе компании «Хевел» в Новочебоксарске. Используемая гетероструктурная технология объединяет основные преимущества кристаллических модулей

(высокий КПД, отсутствие световой деградации) и тонкопленочных (высокая эффективность при повышенных температурах эксплуатации модулей, лучшее восприятие рассеянного света) [6].

Солнечные коллекторы позволяют непосредственно преобразовывать солнечную энергию в тепловую. С 2000 по 2014 год общая мощность солнечных коллекторов в мире увеличилась с 62 ГВт до 406 ГВт (рис. 9). Производство энергии всей совокупностью коллекторов за этот период увеличилось с 52 ТВт-ч в 2000 г. до 341 ТВт-ч в 2014 г [7].

Эти коллекторы задействованы в 111 миллионах солнечных систем, из которых:

- 80 % используются для горячего водоснабжения односемейных домов,
- 9% для горячего водоснабжения крупных зданий (многоквартирные дома, гостиницы, больницы, школы),
- 6% для плавательных бассейнов,
- 3% для домов с солнечным отоплением и горячим водоснабжением.

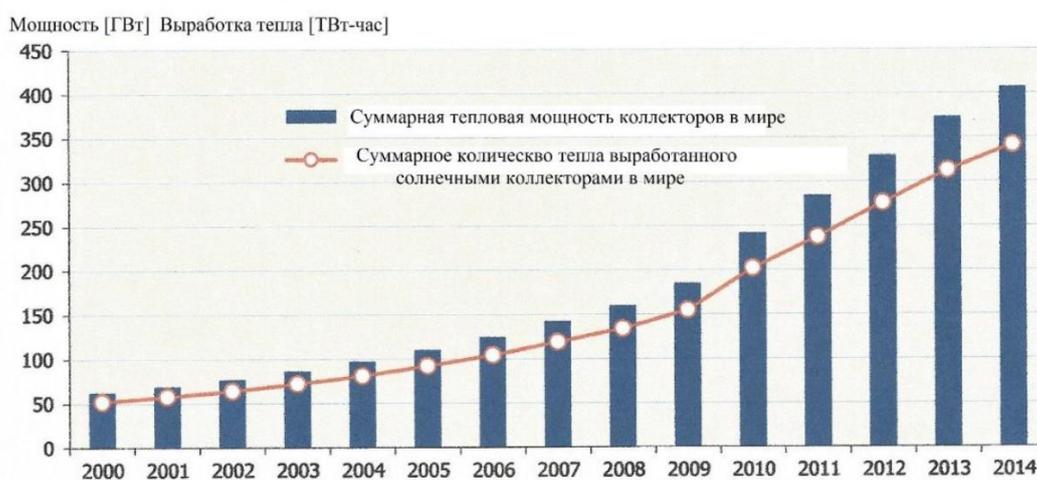


Рис. 9. Динамика роста мощности и выработки тепла солнечными коллекторами.

70% всех установленных мощностей солнечных коллекторов приходится на Китай (рис. 10) [7].

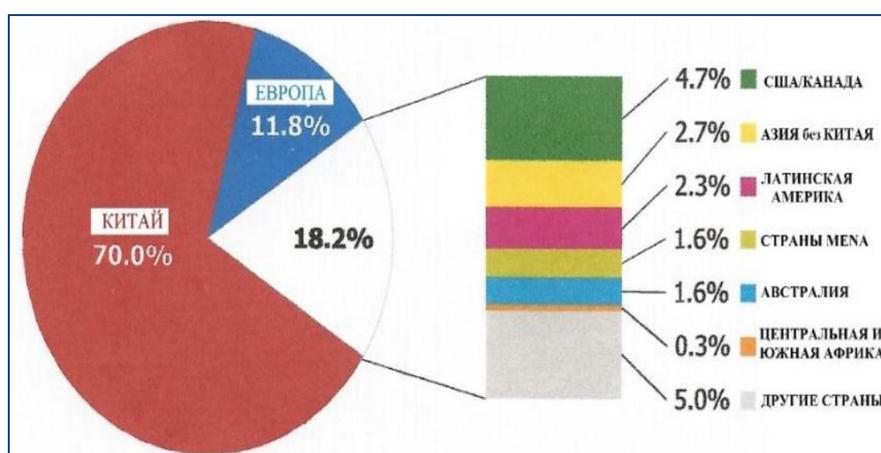


Рис. 10. Распределение установленной мощности коллекторов по регионам мира.

Интересно обратить внимание на типы установленных солнечных коллекторов (рис. 11). Согласно приведенным данным в мире более 70% составляют вакуумные коллекторы, а в Европе почти 84% составляют плоские коллекторы [7].



Рис. 11. Типы установленных коллекторов.

По данным Атласа ресурсов солнечной энергетики России (авторы О.С. Попель, С.Е. Фрид и др.) (рис. 12) среднегодовая солнечная радиация составляет от 2.5 до 3 квтч/м² день для г. Москвы, от 3 до 3.5 квтч/м² день для г. Новосибирска и от 3.5 до 4 квтч/м² день для Краснодарского края и п-ов Крым.

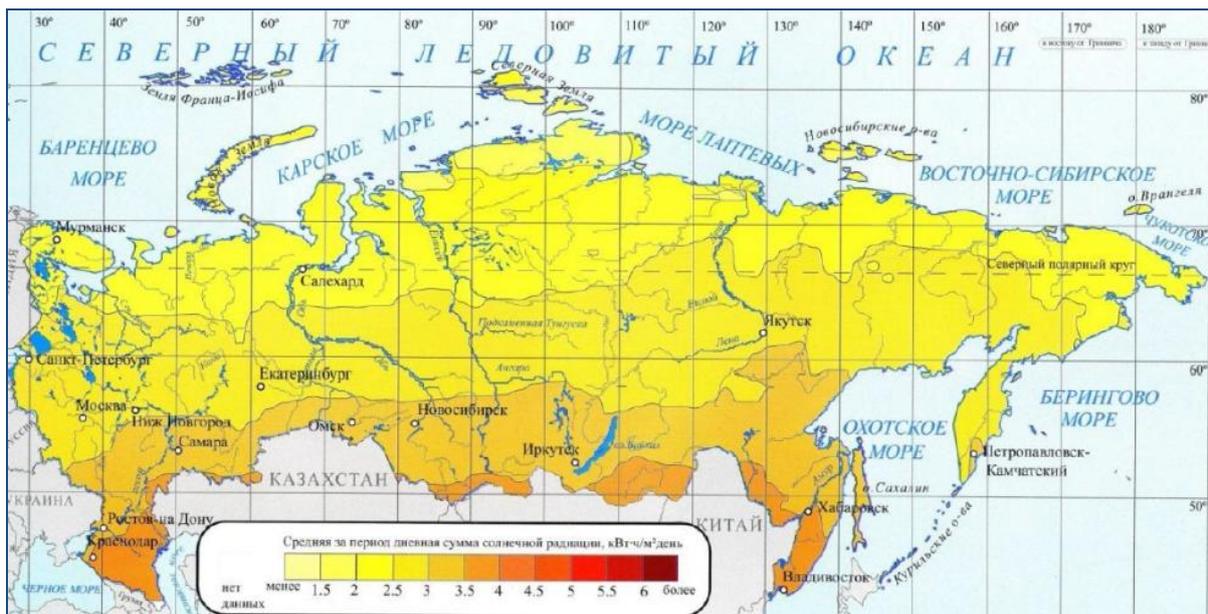


Рис. 12. Среднегодовая солнечная радиация

На российском рынке присутствуют солнечные коллекторы европейских фирм Bosch FKT-1 Top, Vaillant auroStep plus, Buderus Logasol SKS 4.0-s, De Dietrich Inisol NEO 2, Wolf F-3. Цена данных изделий от 30 000 до 80 000 рублей. Российская фирма «Новый полюс» выпускает плоские коллекторы, по цене 23 700 руб., которые почти полностью копируют немецкие образцы. Вакуумные коллекторы на российском рынке либо китайские, либо российского производства из китайских компонентов.

Активно развиваются геотермальные системы теплоснабжения с тепловыми насосами (рис. 13), где в качестве источника тепла используется воздух, термальна вода или тепло верхних слоев земной коры. Примерно 57% общей мощности геотермальных тепловых систем приходится на тепло, получаемое с применением тепловых насосов.

В 32 странах мира используют такие системы; наиболее распространены они в США, Канаде, Германии, Швеции.

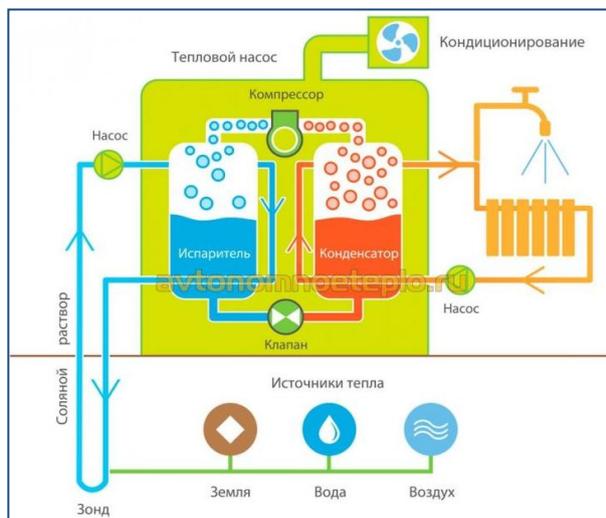


Рис. 13. Принципиальная схема теплового насоса.

применяют 30% раствор пропиленгликоля. Укладку трубопровода выполняют в котлован или в сообщающиеся траншеи глубиной 1-1,2 м с промежутками между соседствующими трубами не менее 0,8-1,0 м. [4]. Наибольшей энергоэффективности удастся добиться на влажных грунтах, а на сухих потребуется увеличить протяженность контура. Примерная отдача 1 метра трубопровода – от 20 до 30 Вт тепловой мощности, т.е. монтаж теплового насоса мощностью 10 кВт требует наличия участка 20x20 м ($\approx 400 \text{ м}^2$) для укладки контура длиной 350-450 м. Бурение скважин обходится дороже укладки контура, но позволяет обойтись меньшей площадью земельного участка. Для получения суммарной расчетной глубины можно изготовить несколько умеренно глубоких и менее дорогих скважин. При этом уровень получаемой тепловой энергии с каждого метра скважины достигает показателя 50-60 Вт. Следовательно, для монтажа насоса, производящего те же 10 кВт энергии, необходима общая глубина скважин (либо одна скважина) 170 м. Вода на дне озера, реки, моря неизменно сохраняет положительную температуру и обладает наиболее высоким коэффициентом преобразования энергии. 10-киловаттный тепловой насос потребует укладки в водоем контура длиной около 80 метров (примерная отдача 100 Вт тепловой мощности на каждый метр трубопровода). Укладка контура трубы на дно озера, является самым экономичным вариантом.

Количество установленных тепловых насосов в Европе приближается к 10 миллионам. В России по самым оптимистичным оценкам речь может идти о тысячах штук. Основным сдерживающим фактором по оценкам специалистов является невысокая стоимость магистрального газового оборудования. Сегодня основным потребителем теплонасосного оборудования в России является организация или частное лицо, поставленные в такие условия, что выбор теплонасосного оборудования является единственным вариантом решения проблемы отопления/горячего водоснабжения. Однако рост тарифов и высокая стоимость подключения газа все чаще заставляют потребителей в России обращать внимание на теплонасосное оборудование.

Европейская ассоциация по тепловым насосам представила интересную информацию по продажам тепловых насосов в Европе в 2015 г [9]. В этом году зафиксирован годовой рекорд продаж тепловых насосов, который составил 880179, что на 10% превысил уровень продаж в 2014 г. (рис. 14).

В тепловом насосе применяются два контура, в первом контуре – раствор антифриза, во втором – кипящее при низкой температуре вещество, обычно фреон. Возможен вариант горизонтального либо вертикального трубчатого коллектора. Обычно используют тепловые насосы совместно с теплыми полами и солнечными коллекторами.

Для внешнего контура, предназначенного для сбора тепла, можно использовать трубопровод из полимерных труб диаметром 40 мм. В качестве теплоносителя

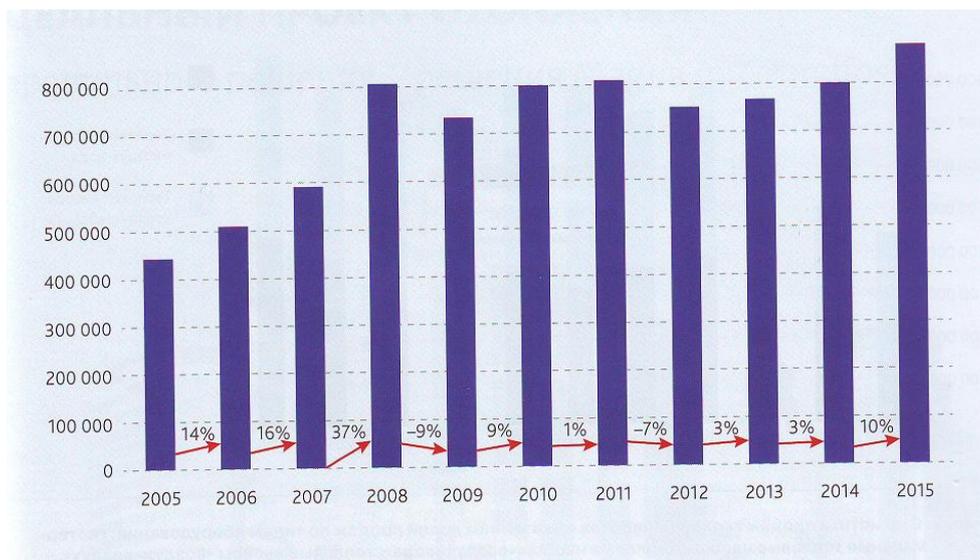


Рис. 14. Статистика продаж тепловых насосов в Европе.

На (рис. 15) приведена статистика продаж в Европе теплонасосного оборудования в 2005 – 2015 гг. с разделением по типам. Наглядно виден рост продаж воздушных тепловых насосов. Так, для «воздух-воздух» тепловых насосов с 2005 г. рост продаж увеличился на 25%, а для «воздух-вода» – в 6 – 7 раз. Для грунтовых тепловых насосов уровень продаж в Европе в 2015 г. остался примерно на уровне 2005 г.

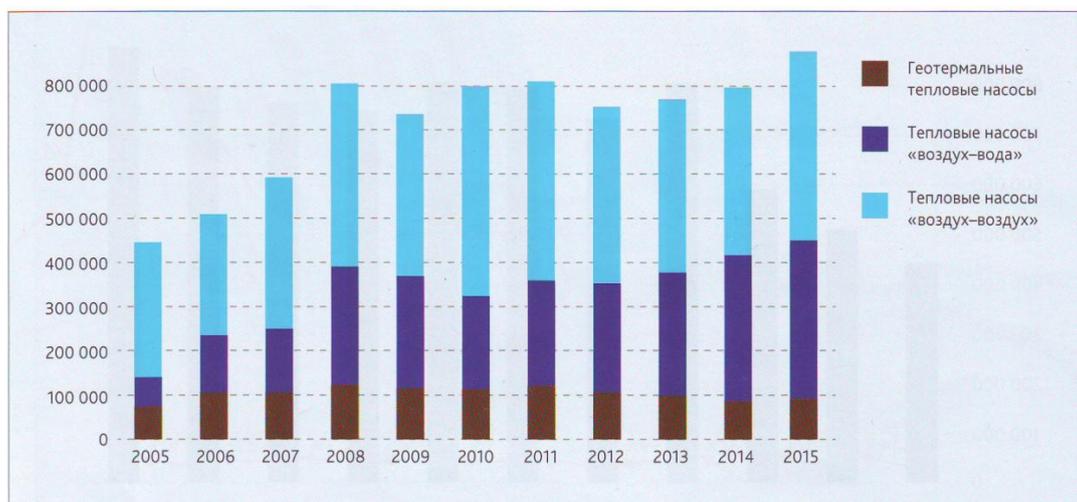


Рис. 15. Число продаж в Европе по типам тепловых насосов.

Основные выводы

- Возобновляемая энергетика в энергетическом балансе ряда наиболее развитых в экономическом отношении стран играют существенную роль, и ее доля с течением времени увеличивается благодаря совершенствованию технологий и целенаправленной государственной поддержке.
- В России наметилось существенное отставание в использовании возобновляемых источников энергии от ведущих в этом направлении стран. В последние годы в России появились планы развития ветровой энергетике, солнечной энергетике и малой гидроэнергетики. Однако меры государственной поддержки не-

достаточны для успешного развития отрасли. Многие правовые вопросы, например, касающиеся возможности передачи электроэнергии от возобновляемых источников в сеть, остаются нерешенными.

- В России более 70% территории не охвачены централизованным энергоснабжением. В этих регионах дефицит энергоресурсов может быть покрыт возобновляемыми источниками энергии.
- В России много удаленных районов с океанским и морским побережьем с достаточно сильными и устойчивыми ветровыми потоками, где ветроэнергетика может быть конкурента с тепловыми электростанциями.
- Стремительное снижение стоимости солнечных электрических панелей в последние годы открывает хорошие перспективы строительства солнечных электростанций.
- Для индивидуальных домовладений необходимо на основе технического и экономического анализа, а также мониторинга эксплуатации для различных климатических условий определить оптимальное использование систем электро-, тепло-, и горячего водоснабжения на основе солнечных панелей, солнечных коллекторов, ветрогенераторов, тепловых насосов, систем теплого пола.
- В России в настоящее время практически прекратилось финансирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области возобновляемых источников энергии. Так, такое направление, как создание электростанций с бинарным циклом при использовании низкикипящих жидкостей, которое появилось и впервые было реализовано в России, успешно развивается за ее пределами, а в России работы в этом направлении практически прекратились. Или другое крупное направление – использование тепловой энергии глубинных слоев Земли (петротермальная энергетика). Петротермальная энергетика – энергетика будущего, может стать стабильным практически неиссякаемым источником энергии. Во всем мире активно ведутся работы в области петротермальной энергетике. В США запущена в эксплуатацию первая уже реально работающая электростанция данного типа мощностью 1.7 МВт. Для развития работ в этих и других перспективных направлениях возобновляемых источников энергии на начальных стадиях требуется целенаправленная поддержка государства.

Литература

1. Федеральный закон от 26.03.2003 N 35-ФЗ "Об электроэнергетике".
2. Martin Hulin. Renewables 2016. Global status report. REENCON XXI Moscow, доклад REENCON-XXI, Москва, 13-14 октября 2016 г.
3. Михаэль Хакеталь. «Energiewende» – новая энергетическая политика Германии, доклад REENCON-XXI, Москва, 13-14 октября 2016 г.
4. Г.В. Ермоленко, Ю.А. Фетисова. Карта отрасли ВИЭ в России оптовый рынок электроэнергии (мощности), доклад REENCON-XXI, Москва, 13-14 октября 2016 г.
5. Информационный обзор «Единая энергетическая система России: промежуточные итоги». Оперативные данные за июнь 2016 года. АО «СО ЕЭС».
6. <http://sdelanounas.ru/blogs/90604/>.
7. Казанджан Б.И. Разработка новых солнечных коллекторов в НИУ МЭИ и НПФ «АЛЬТЭН», доклад REENCON-XXI, Москва, 13-14 октября 2016 г.
8. <http://umgrad.ru/teplovyye-nasosy-ekomer>.
9. Европейский рынок тепловых насосов. АВОК, №7, 2016, с. 50-54.