

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ,  
НОВЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

**СОЛНЕЧНОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ: СТАТИСТИКА МИРОВОГО РЫНКА  
И ОСОБЕННОСТИ РОССИЙСКОГО ОПЫТА**

© 2018 г. В. А. Бутузов

*Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина,  
350004, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13*

*e-mail: mail@kubsau.ru*

Поступила в редакцию 05.10.2017 г.

Принята в печать 21.03.2018 г.

Приведены обобщенные данные по количеству и типам используемых в различных странах мира солнечных коллекторов и гелиоустановок, а также по динамике развития рынка и удельной тепловой мощности действующих гелиоустановок в расчете на 1000 человек. Представлены меры государственного стимулирования спроса на гелиоустановки в некоторых странах. Отмечено, что современным трендом совершенствования солнечных коллекторов является удешевление материалов с заменой меди при изготовлении абсорберов на алюминий и сокращение энергоемкости изготовления с применением вместо сварки пайки, обжима, клеевых соединений. Минимальную стоимость выработанной тепловой энергии имеют централизованные системы солнечного теплоснабжения. Представлены значения площади гелиоустановок в России (2017 г.), их структура, особенности применения солнечных коллекторов, в том числе российских производителей. Указано, что на российском рынке востребованы конструкции солнечных коллекторов с оптимальным соотношением стоимости и энергетической эффективности. Обобщена информация о состоянии разработок и использовании тепловых солнечных установок в России. В качестве примеров рассмотрены основные проектные решения и особенности эксплуатации крупных гелиоустановок в г. Нариманов Астраханской обл. (4400 м<sup>2</sup>) и в г. Усть-Лабинск Краснодарского края (600 м<sup>2</sup>). Отмечено, что перспективы российского рынка определяются солнечной радиацией регионов и стоимостями солнечных коллекторов и замещаемых традиционных энергоносителей. С учетом существующих тенденций и особенностей регионального развития перспективный российский рынок гелиоустановок оценен в 1400–1500 тыс. м<sup>2</sup> (1100–1200 МВт).

*Ключевые слова:* солнечный коллектор, гелиоустановка, солнечное теплоснабжение, солнечная радиация, экономическая окупаемость

**DOI:** 10.1134/S0040363618100016

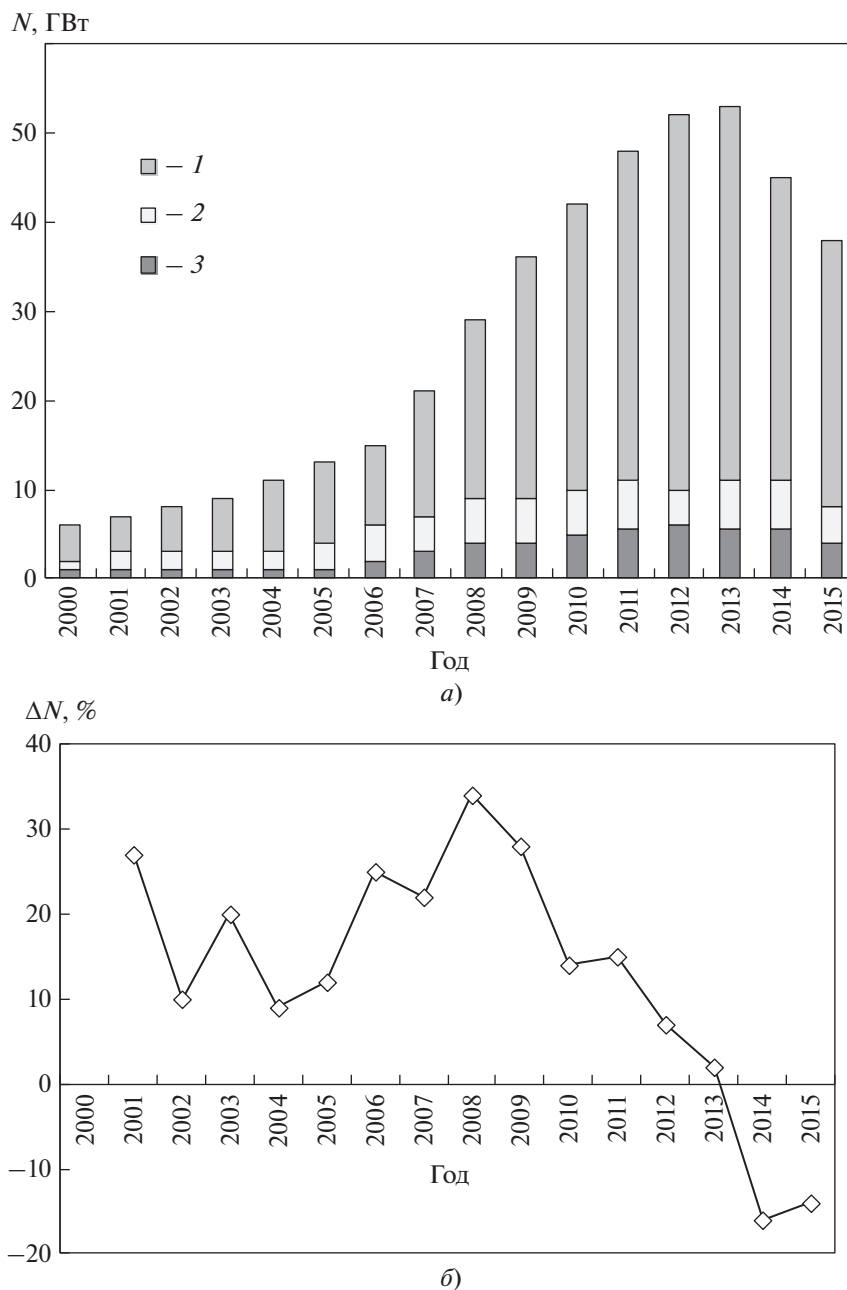
Солнечное теплоснабжение является одной из наиболее развитых в мире технологий преобразования солнечной энергии для отопления, горячего водоснабжения (ГВС) и охлаждения зданий. В 2016 г. общая мощность систем солнечного теплоснабжения в мире площадью 622.7 млн м<sup>2</sup> составила 435.9 ГВт. При сооружении гелиоустановок (ГУ) применяются жидкостные солнечные коллекторы (СК): плоские (остекленные и неостекленные), вакуумные, а также воздушные (остекленные и неостекленные). Согласно методике Международного энергетического агентства (МЭА), гелиоустановки по назначению подразделяются на гелиоустановки для ГВС, комбинированные (отопление и ГВС) и солнечные системы централизованного теплоснабжения.

В России общая площадь гелиоустановок составляет 23660 м<sup>2</sup>. Так же как и в Европе, применяются в основном плоские СК. В структуре ГУ

преобладают системы централизованного солнечного теплоснабжения. Имеется опыт сооружения и эксплуатации больших ГУ площадью до 4400 м<sup>2</sup>. Перспективы развития солнечного теплоснабжения в России определяются доступными ресурсами энергии солнечного излучения в конкретном регионе, затратами на создание гелиоустановок и стоимостью замещаемой тепловой энергии.

**СОСТОЯНИЕ СОЛНЕЧНОГО  
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В МИРЕ**

В представленном далее обзоре приведены обобщенные данные института AEE INTEC (Австрия), который по заданию МЭА в течение последних 10 лет выполняет сбор и обработку статистических данных по солнечному теплоснабжению в мире и организует международные конференции.



**Рис. 1.** Развитие мирового рынка гелиоустановок с 2000 по 2015 г.  
*а* – мощность; *б* – прирост мощности; 1 – Китай; 2 – Европа; 3 – прочие

По данным этого института [1–10] мощность мирового рынка гелиоустановок с 2000 по 2011 г. увеличилась и стабилизировалась в 2012 и 2013 гг. на уровне  $N = 53$  ГВт/год (рис. 1), в 2014 г. уменьшилась на  $\Delta N = 15.6\%$  и в 2015 г. на  $14\%$ . За 2015 г. в мире были построены гелиоустановки общей мощностью 38.5 ГВт. В 2000 г. китайский рынок был примерно в 3 раза больше европейского, а в 2015 г. стал больше в 9 раз.

На рис. 2 представлена динамика изменения объема продаж  $S$  гелиоустановок в мире в 2015 г.

по экономическим регионам. Общее падение составило  $14\%$ , что обусловлено в основном сокращением китайского рынка. Из 10 лучших рынков в 2015 г. позитивное развитие было зарегистрировано в Индии ( $+31.8\%$ ), Турции ( $+10.0\%$ ), Израиле ( $+9.5\%$ ). Крупные рынки гелиоустановок в десяти крупнейших странах существенно сократились, в том числе в Китае ( $-17.0\%$ ), Австралии ( $-10.1\%$ ), Германии ( $-9.7\%$ ). Снижение продаж гелиоустановок, например, в Китае связано с сокращением темпов жилищного строительства и государственных дотаций.

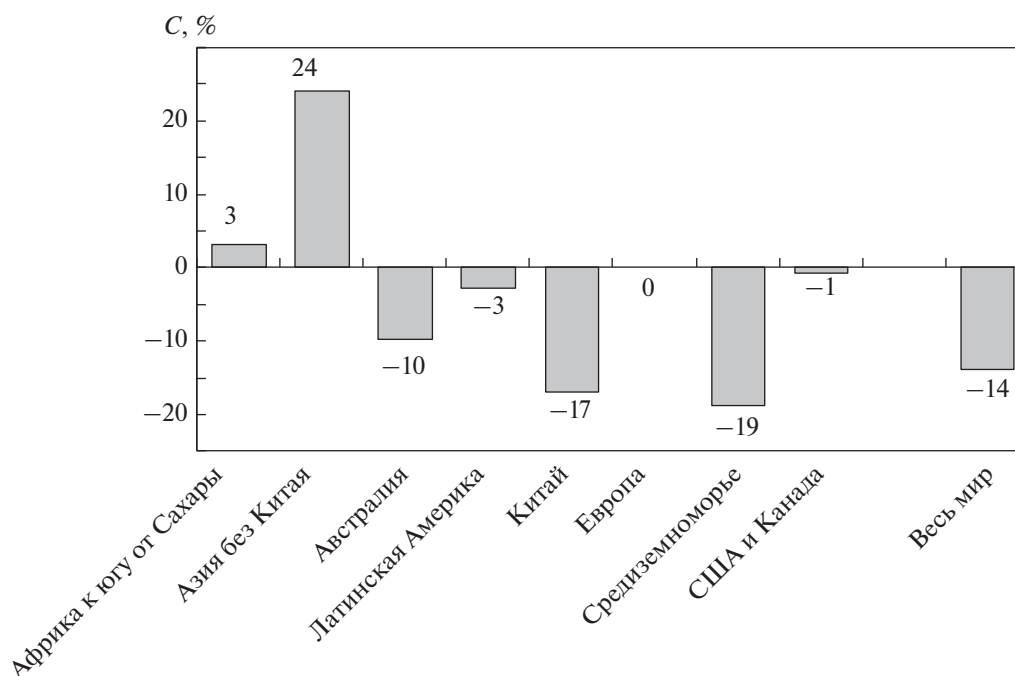


Рис. 2. Изменение объема продаж гелиоустановок по экономическим регионам в 2015 г.

Во всем мире более трех четвертей всех гелиоустановок для горячего водоснабжения являются термосифонными системами, в которых нагреваемым в солнечных коллекторах теплоносителем является непосредственно вода, а остальные – насосными. Термосифонные системы распространены главным образом в регионах с теплым климатом: Африке, Южной Америке, Южной Европе и странах Средиземноморья.

По данным института AEE INTEC в 2016 г. общая мощность систем солнечного теплоснабжения в мире составила 435.9 ГВт (622.7 млн м<sup>2</sup>). Большинство гелиоустановок работают с вакуумными СК (71.5%), их доля по сравнению с 2014 г.

увеличилась на 1%, на втором месте – плоские СК (22%). Доля СК без стекол составила 6.2%, воздушных СК – 0.3%. Европейская структура гелиоустановок существенно отличается от мировой: большинство работающих СК – плоские (83.4%), на втором месте – вакуумные (11.9%), их доля по сравнению с 2014 г. увеличилась на 1.4%. Доля СК без стекол составила 3.6%, воздушных – 0.1%. В таблице представлены данные по площади гелиоустановок с жидкостными и воздушными СК в семи странах мира с развитым солнечным теплоснабжением, а также в России.

На рис. 3 показаны структуры СК гелиоустановок 10 стран мира. Первые три места занимают

Площадь гелиоустановок стран мира, тыс. м<sup>2</sup>

Страна	Жидкостные коллекторы			Воздушные коллекторы		Всего
	неостекленные	плоские	вакуумные	неостекленные	остекленные	
Австралия	5150	3300	157	300	9	8915
Бразилия	4190	8140	51	–	–	12400
Китай	–	35500	407000	–	–	442500
Германия	585	16300	2010	–	28	18923
Индия	–	3610	5120	–	10	8740
Турция	–	150000	4510	6	–	154516
США	21833	2700	150	104	52	24839
Россия	–	18	2	–	–	20

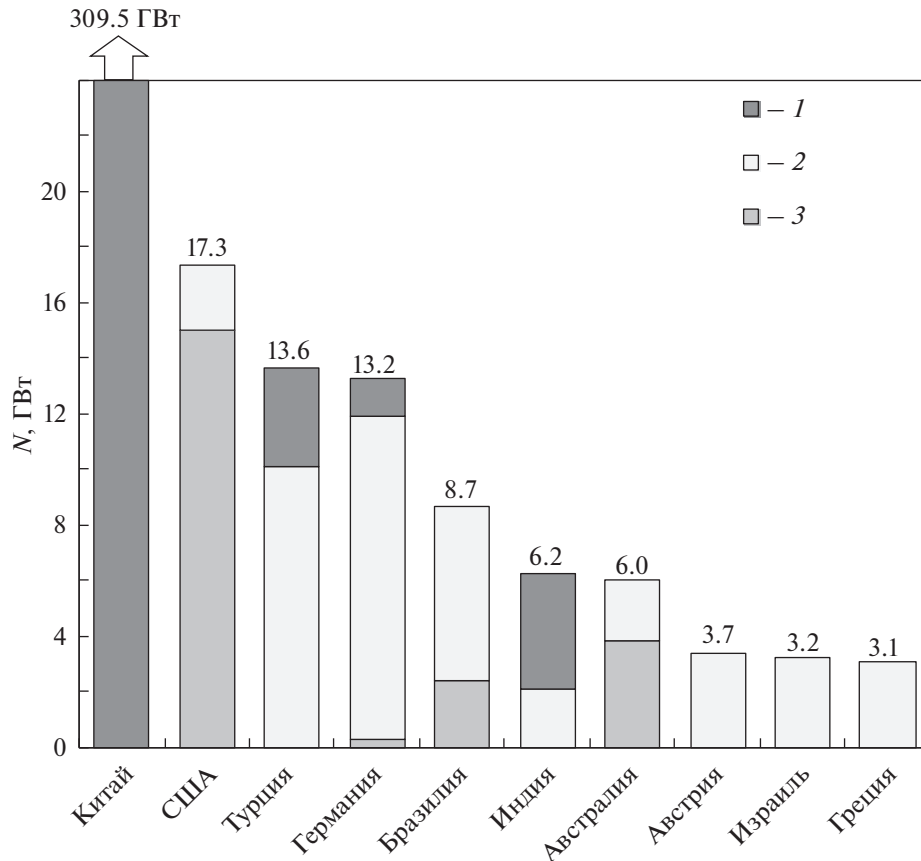


Рис. 3. Структура солнечных коллекторов гелиоустановок стран с развитым солнечным теплоснабжением. Коллекторы: 1 – вакуумные трубчатые; 2 – плоские; 3 – водяные без остекления

Китай, США и Турция. В Китае работают в основном вакуумные трубчатые СК, в США – неостекленные, в Турции – плоские. На рис. 4 приведены данные по удельной тепловой мощности гелиоустановок  $\bar{N}_1$  в 10 странах мира. В 2015 г. во всем мире были сооружены гелиоустановки общей мощностью 40.2 ГВт, что соответствует площади солнечных коллекторов 57.4 млн  $m^2$ . На рис. 5 представлено процентное распределение  $n$  типов гелиоустановок по экономическим регионам мира, работавшим по состоянию на конец 2015 г.

Централизованные системы теплоснабжения населенных пунктов получили наиболее широкое распространение в Дании. Для их создания используются преимущественно плоские солнечные коллекторы. По представленным на Всемирном конгрессе в Объединенных Арабских Эмиратах (г. Абу-Даби) в 2017 г. данным стоимость тепловой энергии, выработанной 110 солнечными системами теплоснабжения, эксплуатируемыми в Дании, составила менее 30 евро/(МВт · ч), что ниже тарифа на природный газ в пересчете на его энергосодержание 54 евро/(МВт · ч). В России цена на природный

газ для населения составляет около 6 руб/ $m^3$ , что эквивалентно примерно 600 руб/(МВт · ч) или 9 евро/(МВт · ч). В Дании в 2017 г. было завершено строительство самой большой в мире гелиоустановки тепловой мощностью 110 МВт с 12436 солнечными коллекторами общей площадью 156964  $m^2$  для г. Силькеборг (Silkeborg) с выработкой тепловой энергии 80000 МВт · ч/год, которая обеспечивает 20% годового теплопотребления города (4400 домов).

Удельные стоимости гелиоустановок  $\bar{C}_{ГУ}$ , евро/ $m^2$ , и тепловой энергии  $\bar{C}_{Т,Э}$ , евроцент/(кВт · ч), приведены далее:

	$\bar{C}_{ГУ}$	$\bar{C}_{Т,Э}$
Насосные системы нагрева плавательных бассейнов с неостекленными плоскими СК	20–260	0.3–2.9
Малые термосифонные	110–1240	1.6–13.9
Малые насосные	240–1180	5.2–15.9
Комбинированные насосные ГВС и отопления	190–1370	2.1–22.6
Большие ГВС и отопления	414–900	3.7–12.5

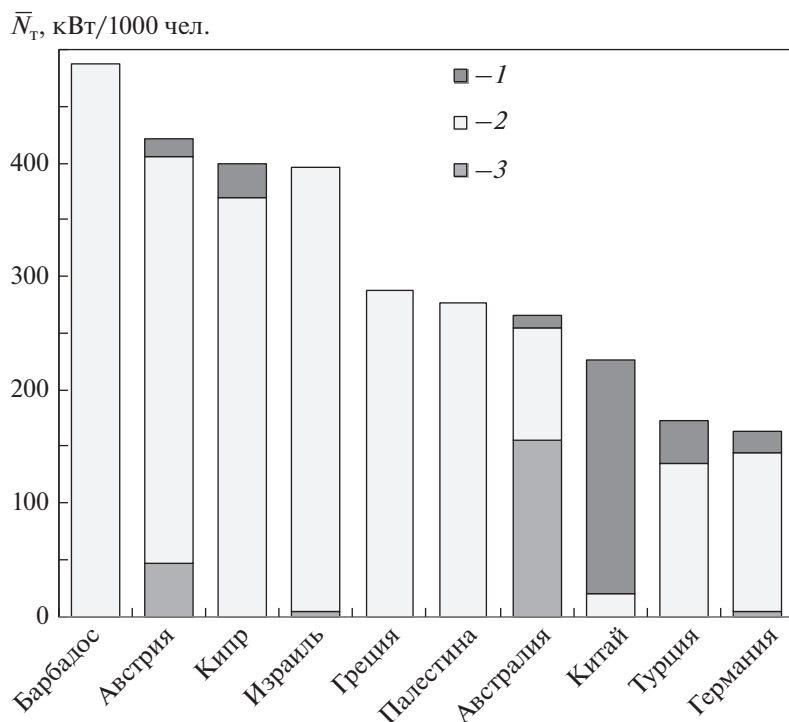


Рис. 4. Структура солнечных коллекторов по удельной тепловой мощности гелиоустановок. Обозначения см. рис. 3

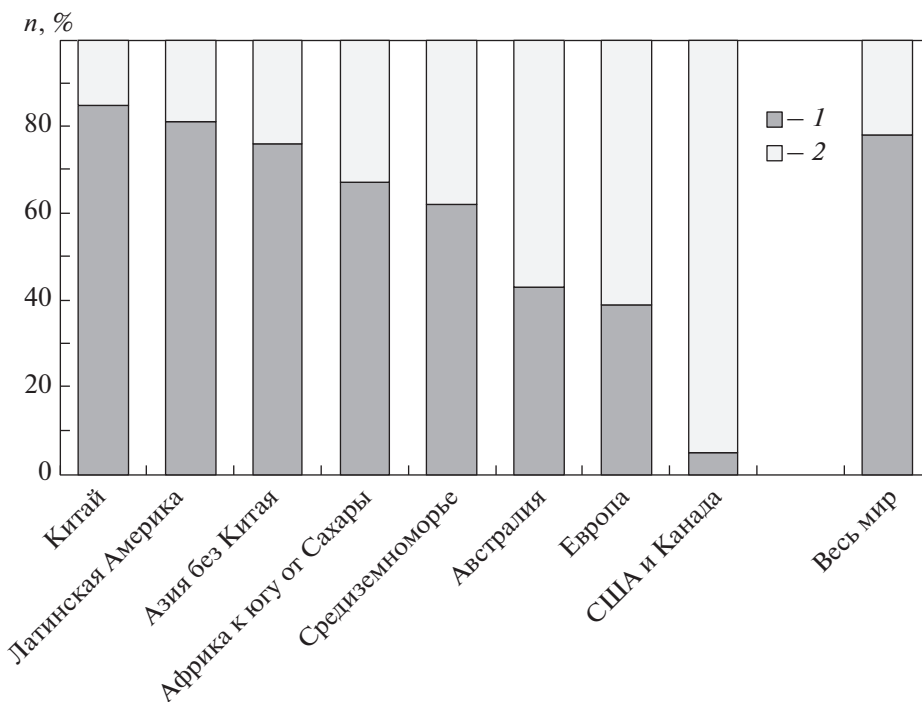


Рис. 5. Распределение количества гелиоустановок термосифонных (1) и насосных (2) по состоянию на конец 2015 г.

При довольно высокой стоимости солнечного тепла востребованность гелиоустановок в мире объясняется действующими мерами государственного регулирования. На рис. 6 представле-

ны меры стимулирования в некоторых странах. В Израиле и на Кипре вновь строящиеся объекты по соответствующим законам должны быть обязательно оборудованы гелиоустановками. В Ита-

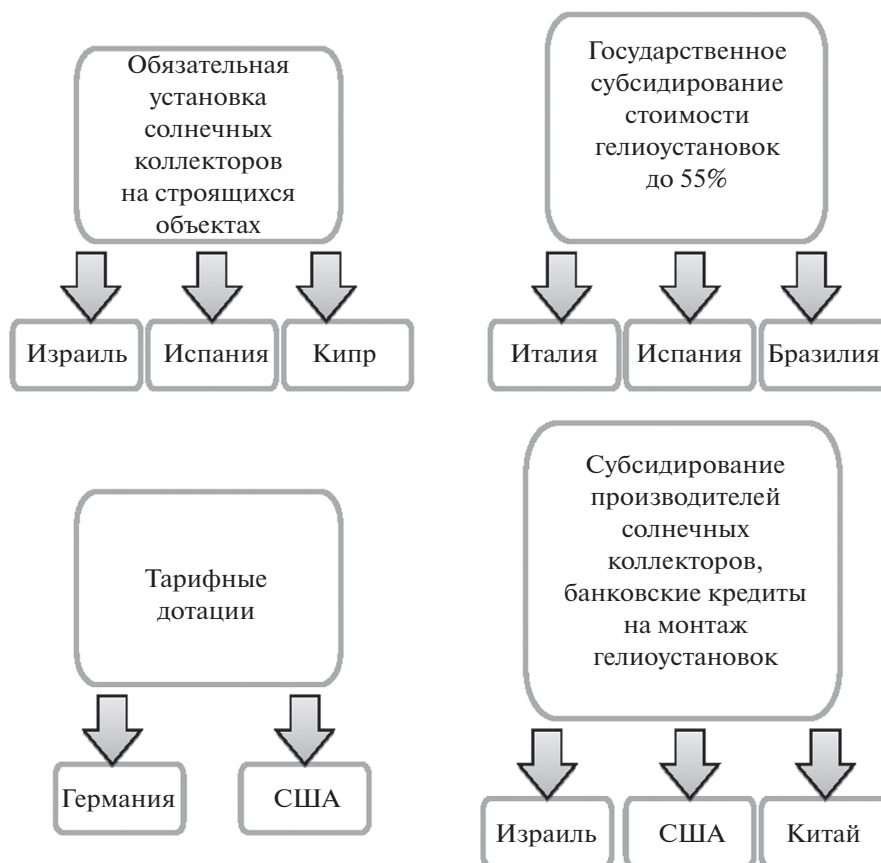


Рис. 6. Стимулирование сооружения гелиоустановок

лии, Испании, Бразилии применяется государственное субсидирование стоимости ГУ (до 55%). Субсидирование производителей солнечных коллекторов, льготные банковские кредиты на сооружение ГУ характерны для США, Израиля, до 2017 г. они также были широко распространены в Китае. Тарифные дотации при эксплуатации ГУ применяют Германия и США.

### СОСТОЯНИЕ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В РОССИИ

В России по данным АЕЕ INTEC в 2017 г. общая площадь гелиоустановок составила 23 660 м<sup>2</sup>. Официальная статистика по солнечному теплоснабжению в России отсутствует, и данные АЕЕ INTEC приняты по экспертным оценкам на основе опроса ведущих российских специалистов и, по мнению автора, занижены. Так, по данным сайта, посвященного маркетинговым исследованиям рынков систем кондиционирования, отопления и вентиляции ([www.litvinchuk.ru](http://www.litvinchuk.ru)), в 2010–2014 гг. в России были проданы солнечные коллекторы общей площадью 58480 м<sup>2</sup>. В 2010–2011 гг. в Краснодарском крае только фирмой Wolf (Гер-

мания) на различные объекты были поставлены плоские СК площадью 750 м<sup>2</sup>.

По данным АЕЕ INTEC в России в 2017 г. площадь солнечных коллекторов, м<sup>2</sup>, составляла:

Плоские остекленные .....	20 200 (85.4%)
Вакуумные .....	3250 (13.7%)
Без стекла .....	140 (0.6%)
Воздушные .....	70 (0.3%)

Преобладание в России плоских СК по результатам испытаний гелиоустановок в Краснодарском крае объясняется тем, что количество тепла, выработанное ими в зимнее время, в расчете на единицу габаритной площади существенно больше, чем вакуумных. Снег и изморозь с поверхности плоских СК удаляется быстрее, чем с вакуумных. Солнечные коллекторы без остекления применяются для подогрева воды в бассейнах и в России не получили пока широкого распространения. Воздушные СК изготавливаются и используются в ограниченных количествах в Бурятии.

По данным сайта [www.litvinchuk.ru](http://www.litvinchuk.ru) из поставленных в Россию в 2010–2014 гг. солнечных коллекторов преобладали вакуумные общей площа-

дью 58480 м<sup>2</sup> (77%). Из зарубежных производителей в первую десятку по площади поверхности СК, м<sup>2</sup>, вошли следующие фирмы:

Buderus (Германия) .....	4730
Sunrain (Китай) .....	1348
Atmosfera (Турция) .....	1348
Sarun (Китай) .....	890
Анди-групп (Китай) .....	874
Dualex (Китай) .....	625
Ariston (Италия) .....	464
Suntask (Китай) .....	414
Vaillant (Германия) .....	380
Maibes (Германия) .....	300

При этом минимальную стоимость имеют плоские СК фирмы Buderus – 218 евро/м<sup>2</sup> и вакуумные СК фирмы Sunrain – 275 евро/м<sup>2</sup>.

В России, по данным автора, серийное производство СК налажено двумя фирмами. АО “ВПК НПО машиностроение” (г. Реутов, Московская обл.) производит СК с медными и алюминиевыми абсорберами ([www.sokolpro.ru](http://www.sokolpro.ru)) общей площадью до 2000 м<sup>2</sup>/год. Этот производитель использует современные технологии, в том числе по нанесению селективных покрытий, однако абсорберы в настоящее время изготавливаются в Чехии. ООО “Новый Полюс” (Москва) производит плоские СК с медными листотрубными абсорберами собственного изготовления, вакуумные, воздушные и воздушно-жидкостные СК ([www.newpolus.ru](http://www.newpolus.ru)) общей площадью до 2000 м<sup>2</sup>/год. В настоящее время российский рынок СК оказывается крайне мал для крупномасштабного производства.

До мирового кризиса 2008 г. ведущие зарубежные производители СК повышали эффективность создаваемых ими конструкций благодаря использованию дорогостоящих материалов и энергоемких технологий. Такие конструкции коллекторов включали в себя полностью медный листотрубный абсорбер с селективным покрытием, изготовленным с применением энергозатратной лазерной или ультразвуковой сварки, просветленное градостойкое, матовое, антибликовое стекло, корпус из алюминиевого профиля, покрытие с тыльной стороны из листового алюминия и теплоизоляционный материал – пенополиуретан. Крепление стекла к корпусу выполнялось клеевой запрессовкой. Абсорберы изготавливались с гидравлическими схемами: регистр и змеевик. Диаметры медных трубок составляли 8 мм и менее, регистровых – от 18 мм. В результате стоимость новых конструкций СК возрасла непропорционально их тепловой эффективности. Данная тенденция поощрялась государственными субсидиями в зарубежных странах и растущими мировыми рынками ГУ. После кризиса

2008 г. новым трендом стало удешевление конструкций СК. В настоящее время преобладают алюминиевые абсорберы. Сварка при изготовлении абсорберов заменяется пайкой, запрессовкой, приклеиванием. При изготовлении применяются менее энергоемкие теплоизоляционные материалы [11]. Таким образом, требуется разработать для российских условий конструкцию СК, имеющую оптимальное соотношение стоимости и энергетической эффективности. Одним из перспективных направлений является создание СК из полимерных материалов [12, 13].

По данным АЕЕ ИНТЕС в 2017 г. российские гелиоустановки имели следующую площадь поверхности, м<sup>2</sup>:

Подогрев плавательных бассейнов .....	184 (0.8%)
ГВС домов:	
одноквартирных .....	3240 (13.7%)
многоквартирных .....	998 (4.2%)
Комбинированные ГУ (отопление и ГВС) домов:	
одноквартирных .....	665 (2.8%)
многоквартирных .....	450 (1.9%)
Солнечное централизованное теплоснабжение .....	17130 (72.4%)
Промышленное применение .....	897 (3.8%)
Кондиционирование и охлаждение .....	96 (0.4%)

В [11] приведена несколько иная структура распределения, %, гелиоустановок в России по назначению, в которой детализированы установки солнечного централизованного теплоснабжения:

Солнечно-топливные котельные .....	28.9
Санатории и гостиницы .....	23.4
Производство .....	18.3
Социальные объекты .....	18.3
ГВС одноквартирных домов .....	8.2
Отопление и ГВС домов:	
одноквартирных .....	1.3
многоквартирных .....	1.3

Преобладание в России солнечного централизованного теплоснабжения объясняется меньшими удельными стоимостями его сооружения и эксплуатации. В солнечно-топливных котельных используются имеющиеся баки, насосы, системы установки химической очистки воды. Квалифицированный персонал котельной обслуживает также и гелиоустановки.

По материалам автора, в наибольших масштабах ГУ эксплуатируются в Краснодарском и Ставропольском краях, Бурятии, Астраханской и Волгоградской областях, Хабаровском и Приморском краях. В Краснодарском крае половина всех

ГУ, в которых большая часть СК плоские, – российского производства, обеспечивает горячей водой гостиницы и курортные объекты. В Бурятии большая часть ГУ работают на производственных и специальных объектах и оснащены плоскими СК конструкции Центра энергоэффективных технологий (г. Улан-Удэ). В котельной г. Нариманов Астраханской обл., для горячего водоснабжения, эксплуатируется самая большая в России ГУ площадью 4400 м<sup>2</sup> с СК производства фирмы Buderus (Германия). В Волгоградской обл. и Ставропольском крае работают ГУ в большинстве своем с вакуумными СК. Полномасштабное обобщение опыта эксплуатации гелиоустановок России по аналогии с [14] отсутствует.

### КРУПНЫЕ РОССИЙСКИЕ ГЕЛИОУСТАНОВКИ

На примере двух наиболее крупных для России гелиоустановок следует указать их достоинства и недостатки. Гелиоустановка в г. Нариманов Астраханской обл. была спроектирована и построена в 2012 г. фирмой “Термо-Технологии” (г. Астрахань). На рис. 7 представлена ее принципиальная схема, на рис. 8 – компоновка. Солнечные коллекторы фирмы Buderus типа Logosol CNN 1.0-S скомпонованы в четыре гелиополя (2 × 540 СК, 2 × 560 СК) на площади 24 тыс. м<sup>2</sup>. Характеристика гелиоустановки приведена далее:

Материал абсорберов .....	Медь и алюминий
Количество контуров .....	2
Расход воды, м <sup>3</sup> /сут .....	500
Температура нагретой воды, °С .....	55
Теплоноситель .....	Химически очищенная деаэрирован- ная вода

Нагретая в ГУ вода поступает в два бака вместимостью по 500 м<sup>3</sup> газовой котельной мощностью 30 МВт. Опытная эксплуатация гелиоустановки показала целесообразность выделения отдельного бака для работы с солнечными коллекторами, установки в каждом блоке СК балансировочных кранов, совершенствования систем автоматизации и приборов учета показателей.

На рис. 9 приведена схема трехконтурной со специальным теплоносителем ГУ в г. Усть-Лабинске Краснодарского края площадью 600 м<sup>2</sup> с 300 СК фирмы Wolf (Германия). Гелиоустановка полностью автоматизирована на основе контроллера Resol Delta Sol M-K3 с датчиком солнечной радиации. Контроллер-регулятор АРТ 01.01-K2 обеспечивает сброс в летнее время избыточной

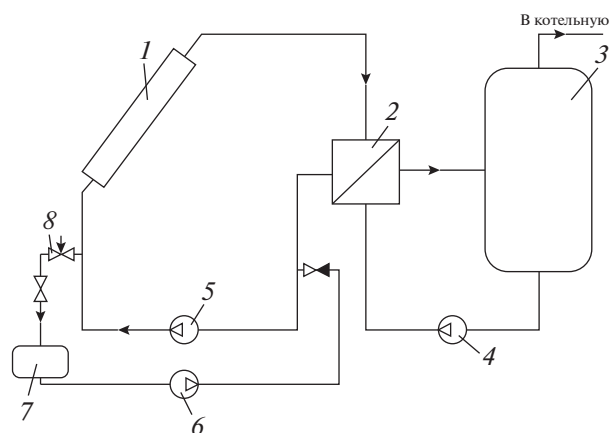


Рис. 7. Принципиальная схема гелиоустановки в г. Нариманов Астраханской обл.  
1 – солнечные коллекторы; 2 – теплообменник; 3 – бак-аккумулятор; 4, 5, 6 – насос горячего водоснабжения, гелиоконтур и дренажный; 7 – дренажный бак; 8 – клапан аварийного слива

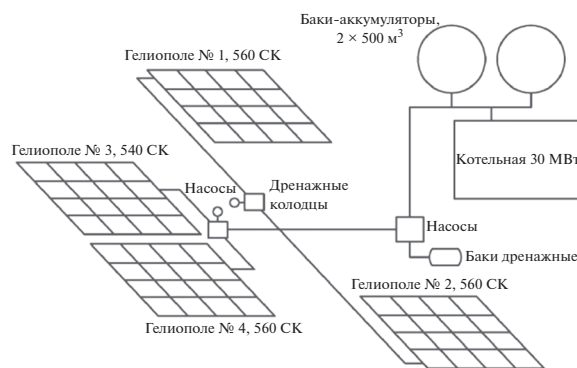


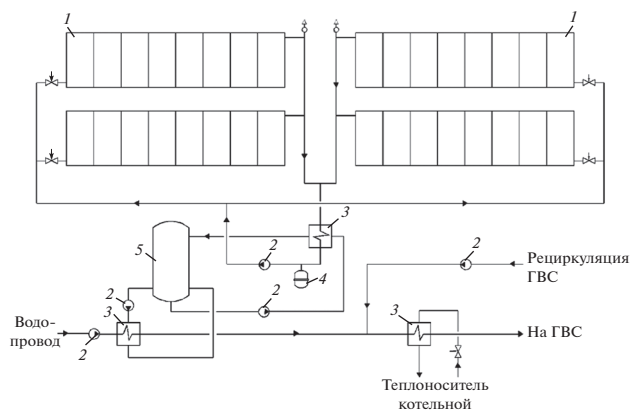
Рис. 8. Компоновка гелиоустановки в г. Нариманов Астраханской обл.

тепловой энергии в котельную. Гелиоустановка обеспечена регистрирующими приборами учета выработанной тепловой энергии. Разработку и монтаж ГУ в 2012 г. выполнило ОАО “Южгеотепло” (г. Краснодар). По результатам эксплуатации тепловая мощность гелиоустановки составила 300–350 кВт при температуре воды на горячее водоснабжение 60°С. Годовое количество выработанной тепловой энергии составило 427 МВт · ч, ее стоимость при действующем тарифе – 975 тыс. руб. Опытная эксплуатация гелиоустановки показала, что вместимость бака-аккумулятора недостаточна, а схема сброса избыточного тепла из гелиоустановки в котельную владельцем не востребована.

### ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Перспективы развития солнечного теплоснабжения в России при отсутствии государственной поддержки обуславливаются интенсивностью сол-





**Рис. 9.** Принципиальная схема гелиоустановки в г. Усть-Лабинск Краснодарского края. 1 – солнечные коллекторы; 2 – насос; 3 – теплообменник; 4, 5 – мембранный и буферный бак

нечной радиации в регионах, стоимостью и доступностью солнечных коллекторов, оборудования, технологий, экономической окупаемостью [15]. Значения суммарной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную плоскость, имеют вероятностный характер, и достоверность их определяется продолжительностью наблюдения и сопоставимостью данных станций наземного на-

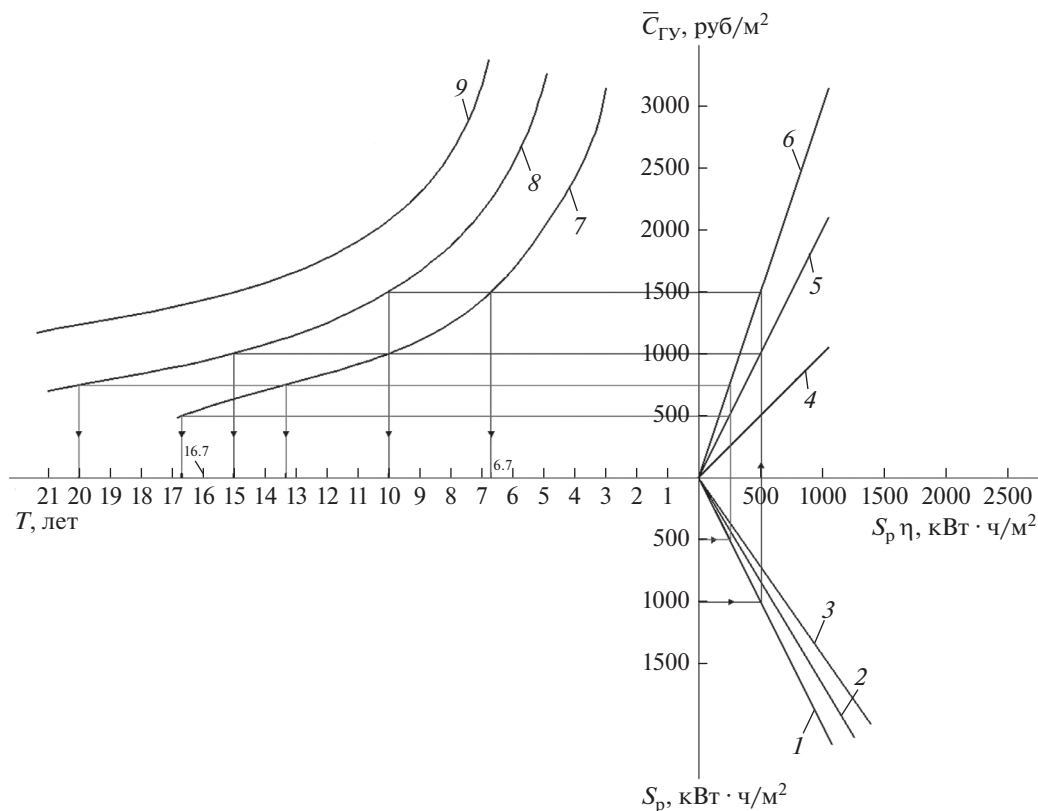
блюдения со спутниковыми измерениями. В практике проектирования применяют в основном Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России [16], результаты измерений конкретных станций наземного наблюдения с корректировкой по значениям климатологического справочника [17], компьютерную базу данных спутниковых измерений NASA SSE ([www.eoweb.larc.nasa.gov/esse](http://www.eoweb.larc.nasa.gov/esse)) и геоинформационную систему “Возобновляемые источники энергии” ([www.gis-vie.ru](http://www.gis-vie.ru)) [17–19].

Срок экономической окупаемости  $T$  гелиоустановок можно рассчитывать по формуле

$$T = \frac{\bar{C}_{ГУ}}{S_p \eta \bar{C}_T},$$

где  $\bar{C}_{ГУ}$  – удельная стоимость тепла, выработанного гелиоустановкой;  $S_p$  – суммарная интенсивность солнечной радиации в плоскости СК;  $\eta$  – коэффициент эффективности преобразования солнечной энергии в тепловую;  $\bar{C}_T$  – удельная стоимость замещающей тепловой энергии.

На рис. 10 представлены графики определения сроков окупаемости ГУ. Сроки окупаемости до 7 лет имеют ГУ, размещенные в южных регионах страны, с удельной стоимостью  $\bar{C}_{ГУ} = 15000$  руб/м<sup>2</sup>



**Рис. 10.** График окупаемости гелиоустановок.

$\eta$ : 1 – 0.5; 2 – 0.6; 3 – 0.7;  $\bar{C}_T$ , руб/(кВт·ч): 4 – 1; 5 – 2; 6 – 3;  $\bar{C}_{ГУ}$ , тыс. руб/м<sup>2</sup>: 7 – 10; 8 – 15; 9 – 20

и круглогодичным режимом работы при замещении тепловой энергии стоимостью от 2 руб/(кВт · ч), что сопоставимо с действовавшими в 2017 г. тарифами в городах Краснодарского края: Анапа, Геленджик, Сочи. При удельной сметной стоимости круглогодичной ГУ 10000 руб/м<sup>2</sup>, суммарной солнечной радиации в плоскости СК  $S_p = 1000 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ , коэффициенте преобразования солнечной энергии  $\eta = 0.5$  (СК типа “Сокол-Эффект” НПО “Машиностроение”) при замещении тепловой энергии стоимостью  $\bar{C}_T = 3 \text{ руб}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$  срок окупаемости ГУ составит 6.7 года. При увеличении удельной стоимости ГУ до 15000 руб/м<sup>2</sup> при тех же условиях срок окупаемости увеличится до 10 лет. При удешевлении замещающей тепловой энергии до 2 руб/(кВт · ч) окупаемость в первом случае составит 10 лет. Для сезонной ГУ с солнечной радиацией в плоскости СК и стоимости замещаемой энергии 2 руб/(кВт · ч) срок окупаемости возрастет до 13.3 г. При сроке окупаемости 5 лет сезонная гелиоустановка при замещении электронагрева стоимостью 6 руб/(кВт · ч) должна иметь цену 7500 руб/м<sup>2</sup>. Эффективность применения гелиоустановок горячего водоснабжения в различных климатических условиях России оценивается по методике [17].

Как следует из структуры ГУ России, в 2016 г. преобладали ГУ централизованного солнечного теплоснабжения (72.4%). Большинство таких установок построено в Краснодарском крае. По результатам расчетов [11] площадь сооружаемых систем солнечного теплоснабжения 50% гостиниц и санаториев Краснодарского края составит 535 тыс. м<sup>2</sup>. Согласно статистике Краснодарский край (без учета Республики Крым) по числу отдыхающих находится на первом месте в России. Поэтому при экспертной оценке допускается площадь перспективных ГУ 1070 тыс. м<sup>2</sup>. При сохранении существующей структуры ГУ перспективная площадь их к 2025 г. составит 1400–1500 тыс. м<sup>2</sup> (1100–1200 МВт).

## ВЫВОДЫ

1. Во многих странах мира технологии использования солнечной энергии для нужд теплоснабжения достигли коммерческой зрелости и там, где стоимость традиционных энергоносителей (природный газ, электроэнергия) высока, являются вполне конкурентоспособными. Уже создана широкая сеть малых и средних предприятий, обеспечивающих производство (сборку), монтаж и обслуживание солнечных установок. В некоторых странах удельная площадь солнечных установок достигла 0.7 м<sup>2</sup>/чел., что на 100% обеспечивает потребности в горячей воде. Мировым лидером по объемам производства и экспорта гелиоустановок является Китай. В последние годы рынок сол-

нечных установок достиг насыщения и стал сокращаться из-за последствий экономического кризиса и снижения государственного субсидирования.

2. В России общая площадь гелиоустановок составляет не менее 60 тыс. м<sup>2</sup>, при сооружении которых используются главным образом плоские солнечные коллекторы импортного производства. Отечественные производители изготавливают солнечные коллекторы площадью до 4 тыс. м<sup>2</sup>/год.

3. Перспективы развития солнечного теплоснабжения в России связаны с разработкой и организацией производства солнечных коллекторов с оптимальным соотношением стоимости и энергетической эффективности, а также массовым строительством солнечно-топливных котельных большой мощности. При существующих в России тарифах на тепловую энергию срок окупаемости тепловых солнечных установок при характерном для зарубежных производителей уровне их стоимости (70000 руб/м<sup>2</sup>), как правило, превышает 10 лет. Наиболее перспективным представляется использование солнечных тепловых установок в составе солнечно-топливных котельных (работающих преимущественно на жидком или твердом топливе), а также для замещения электронагревателей (гостиницы, дачи, рекреационные объекты и т.п.). Для повышения конкурентоспособности солнечных установок и расширения рынка актуальна разработка конструкций солнечных коллекторов с использованием более дешевых материалов и новых технологий, обеспечивающих снижение стоимости солнечных установок до 1500 руб/м<sup>2</sup> при сохранении высоких теплотехнических и ресурсных характеристик.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Weiss W., Spörk-Dür M., Mauthner F. Solar heat worldwide // Global Market Development and Trends in 2016. Detailed Market Figures 2015. AEE INTEC. AEE – Institute for Sustainable Technologies. IFA Solar Heating&Cooling Programme, May 2017. International Energy Agency.
2. Bundesamt für Energien (BFE): Markterhebung Sonnenenergie 2015 – Teilstatistik der Schweizerischen Statistik der erneuerbaren Energien; prepared by SWISSOLAR, Thomas Hostettler, Bern, Switzerland, July 2016.
3. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT): Innovative Energy Technologies in Austria—Market Development 2015; prepared by Peter Biermayr et al. Vienna, Austria, June 2016.
4. Bundesverband Solarwirtschaft e. V. (BSW-Solar): Statistische Zahlen der deutschen Solarwärmebranche (Solarthermie) 2015; accessed Oct. 2016.
5. ClearSky Advisors Inc.: Survey of Active Solar Thermal Collectors, Industry and Markets in Canada (2015); prepared by ClearSky Advisors Inc., Dr. Reda Djebbar. Natural Resources Canada, March 2016.

6. **European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF): Solar Thermal Markets in Europe, Trends and Market Statistics 2015**; Belgium, Brussels; Nov. 2016.
7. **IRENA: Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2016**.
8. **Weiss W.** Wirtschaftsfaktor Solarenergie. Wien, 2003.
9. **Weiss W., Biermayr P.** Potential of Solar Thermal in Europe. ESTIF, 2006.
10. **Lehr U.** Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb, Heute und Morgen. 2015.
11. **Бутузов В.А., Бутузов В.В.** Использование солнечной энергии для производства тепловой энергии: Справ.-метод. изд. / под ред. П.П. Безруких. М.: Интехэнерго-Издат; Теплоэнергетик, 2015.
12. **Результаты** разработки солнечной водонагревательной установки аккумулирующего типа из полимерных и композиционных материалов / О.С. Попель, С.Е. Фрид, А.В. Мордынский, М.Х. Сулейманов, А.В. Арсатов, М.Ю. Ощенко // Теплоэнергетика. 2013. № 4. С. 40–44. doi 10.1134/S0040363613040103
13. **Фрид С.Е., Арсатов А.В., Ощенко М.Ю.** Технические решения для производства солнечных водонагревательных установок из полимерных композиционных материалов // Теплоэнергетика. 2016. № 6. С. 19–24. doi 10.1134/S0040363616060023
14. **Remmers К.-У.** Große Solaranlagen. Einstiegt in Planung und Praxis. Berlin: Solarpraxis AG, 2001.
15. **Попель О.С., Фортвов В.Е.** Возобновляемая энергетика в современном мире. М.: Издательский дом МЭИ, 2015.
16. **Атлас** ресурсов солнечной энергии на территории России / О.С. Попель, С.Е. Фрид, Ю.Г. Коломиец, С.В. Кисилева, Е.Н. Терехова. М.: ОИВТ РАН, 2010.
17. **Научно-прикладной** справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Ч. 1. Вып. 13: Солнечная радиация и солнечное сияние. Л.: Гидрометеоиздат, 1990.
18. **Эффективность** и перспективы использования различных систем солнечного нагрева воды в климатических условиях Российской Федерации / С.Е. Фрид, Ю.Г. Коломиец, Е.В. Сушникова, В.О. Ямудер // Теплоэнергетика. 2011. № 11. С. 26–31.
19. **Разработка** геоинформационной системы “Возобновляемые источники энергии России”: постановка задачи и выбор методов / М.В. Гридасов, С.В. Кисилева, Л.В. Нефедова, О.С. Попель, С.Е. Фрид // Теплоэнергетика. 2011. № 11. С. 38–45.

## Solar Heat Supply: World Statistics and Peculiarities of the Russian Experience

V. A. Butuzov

*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, 350004 Russia*

*e-mail: mail@kubsau.ru*

Received October 5, 2017; in final form, March 21, 2018

**Abstract**—Summarized data on the number and types of solar collectors and solar plants in use in various countries of the world, as well as on the market dynamics and specific thermal capacity of operating solar plants per 1000 people, are given. State demand stimulation activities for solar plants are presented for some countries. It is noted that the modern trend in the improvement of solar collectors is the price reduction for materials with the substitution of copper for aluminum in the absorber manufacturing and the reduction of the energy-output ratio using soldering, crimping, and adhesive joints instead of welding. The minimal cost of the generated heat energy is provided by centralized solar heat supply systems. The values of the area of solar plants in Russia (2017), their structure, the features of solar collectors, including Russian-made, are presented. It is indicated that the construction of solar collectors with the optimal cost-effectiveness ratio is in demand on the Russian market. The information on the state of development and use of solar heat plants in Russia is summarized. The main design decisions and operating features of large solar plants in Narimanov, Astrakhan oblast (4400 m<sup>2</sup>), and in Ust-Labinsk, Krasnodar krai (600 m<sup>2</sup>), have been considered. It is established that the prospects of the Russian market are determined by the solar radiation in regions as well as the costs of solar collectors and replaceable conventional energy carriers. With allowance for the existing trends and peculiarities of regional development, the prospective Russian solar power market is estimated at 1400000–1500000 m<sup>2</sup> (1100–1200 MW).

**Keywords:** solar collector, solar plant, solar heat supply, solar radiation, return of investment