Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (НВИЭ)

Автор – доцент каф. ТиГ ВятГУ
Суворов Дмитрий Михайлович

Классификация НВИЭ

- Топливные
  - Сланцевый газ и сланцевая нефть
  - Метан угольных месторождений
  - Битуминозные пески
  - Газогидраты
  - Биотопливо
- Нетопливные невозобновляемые
  - Термоядерная энергетика
  - Нетрадиционная атомная энергетика
  - Водородная энергетика
- Нетопливные возобновляемые
  - Ветроэнергетика
  - Солнечная энергетика
  - Геотермальная энергетика
  - Океанские термодинамические тепловые электростанции (ОТЭС)
  - Волновые, приливные электростанции, микроГЭС

Ветроэнергетика

- ***Ветроэнергетика*** — отрасль науки и техники, разрабатывающая теоретические основы, методы и средства использования энергии ветра для получения механической, тепловой и электрической энергии и определяющая масштабы целесообразного использования ветровой энергии в народном хозяйстве.
- ***Основными достоинствами*** ветроэнергетики являются:
  - простота конструкций и простота их эксплуатации;
  - доступность этого поистине неисчерпаемого источника энергии.
- ***К недостаткам*** следует отнести:
  - непостоянство направления и силы ветра;
  - возможность длительных простоев и вытекающая из этого необходимость аккумулирования и резервирования ветроэнергетических установок;
  - отчуждение территорий и изменение традиционных ландшафтов

Суммарные установленные мощности ВЭС (МВт) в мире по годам**

1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
7475	9663	13696	18039	24320	31164	39290	47686	59004	73904	93849	120791	157000	196630

*** Данные Европейской ассоциации ветроэнергетики (WWEA)*

Суммарные установленные мощности ВЭС по странам мира

Страна	Суммарная установленная мощность ВЭС, МВт					
	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
Китай	1260	2405	6050	12210	25104	41800
США	9149	11603	16818	25170	35159	40200
Германия	18428	20622	22247	23903	25777	27214
Испания	10028	11615	15145	16754	19149	20676
Индия	4430	6270	7580	9645	10833	13064
Италия	1718	2123	2726	3736	4850	5797
Франция	757	1567	2454	3404	4492	5660
Великобритания	1353	1962	2389	3241	4051	5203
Канада	683	1451	1846	2369	3319	4008
Дания	3122	3136	3125	3180	3482	3752
Болгария	14	36	70	120	177	375
Венгрия	17,5	61	65	127	201	329
Чехия	29,5	54	116	150	192	215
Финляндия	82	86	110	140	146	197
Литва	7	48	50	54	91	154
Эстония	33	32	58	78	142	149
Украина	77,3	86	89	90	94	87
Россия	14	15,5	16,5	16,5	16,5	16,5

Данные Европейской ассоциации ветроэнергетики (WWEA) и Глобального ветроэнергетического конгресса (GWEC)

Основы ветроэнергетики

- При скорости ветра *u*, м/с, и плотности воздуха ρ, кг/м3, ветроколесо, ометающее площадь *F*, м2 развивает мощность *P*, Вт, определяемую как

$$P = \xi F \rho u^3 / 2 \quad (1.1)$$

Здесь ξ – коэффициент мощности, характеризующий эффективность использования ветроколесом энергии ветрового потока и обычно близкий к 0,35.

- Максимальная проектная мощность ветроэнергетической установки (ВЭУ) определяется для некоторой стандартной скорости ветра. Обычно эта скорость равна примерно 12 м/с, при этом снимаемая с 1 м2 ометаемой площади мощность – порядка 300 Вт при значении ξ от 0,3 до 0,45.

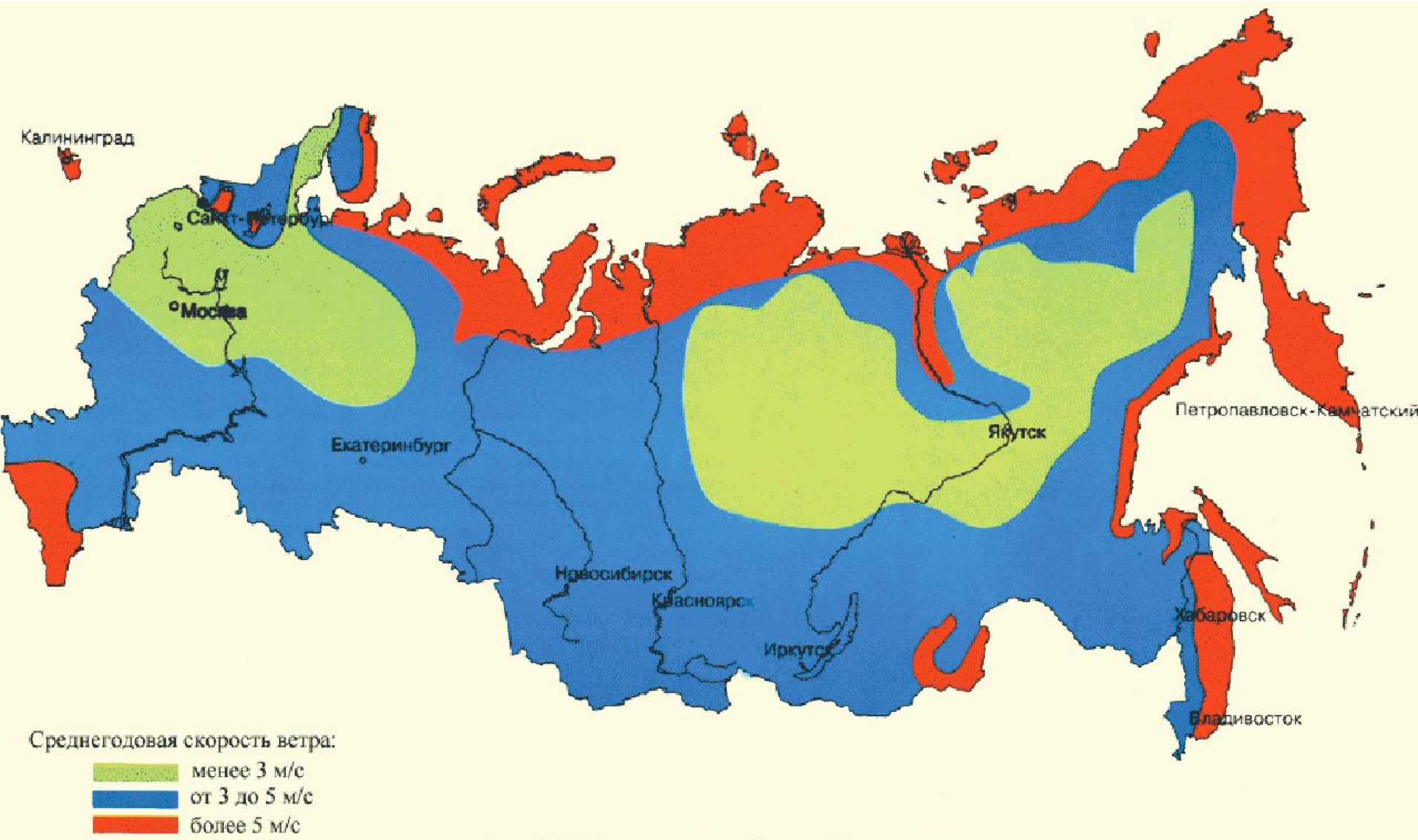
Основы ветроэнергетики

- При сильном ветре, от 10 до 12 м/с, ветроустановки вырабатывают достаточно электроэнергии, которую иногда даже приходится сбрасывать в систему или запасать. Трудности возникают в периоды длительного затишья или слабого ветра. Поэтому для ветроэнергетики является законом считать районы со средней скоростью ветра менее 5 м/с малопригодными для размещения ветроустановок, а со скоростью 8 м/с – очень хорошими. Но независимо от этого во всех случаях требуется тщательный выбор параметров ветроустановок применительно к местным метеоусловиям.

- Достоверно оценить, какая доля энергии ветра может быть использована в энергетике, невозможно, так как эта оценка очень сильно зависит от уровня развития ветроэнергетики и ее потребителей.

- Автономные ветровые энергоустановки весьма перспективны для вытеснения дизельных электростанций и отопительных установок, работающих на нефтепродуктах, особенно в отдаленных районах и на островах.

Ресурсы ветроэнергетики России



Классификация ВЭУ

- По мощности — малые (до 10 кВт), средние (от 10 до 100 кВт), крупные (от 100 до 1000 кВт), сверхкрупные (более 1000 кВт);
- По числу лопастей рабочего колеса — одно-, двух-, трех- и многолопастные;
- По отношению рабочего колеса к направлению воздушного потока — с горизонтальной или вертикальной осью вращения, параллельной (рис. 17.15) или перпендикулярной вектору скорости (ротор Дарье) (рис. 17.16).

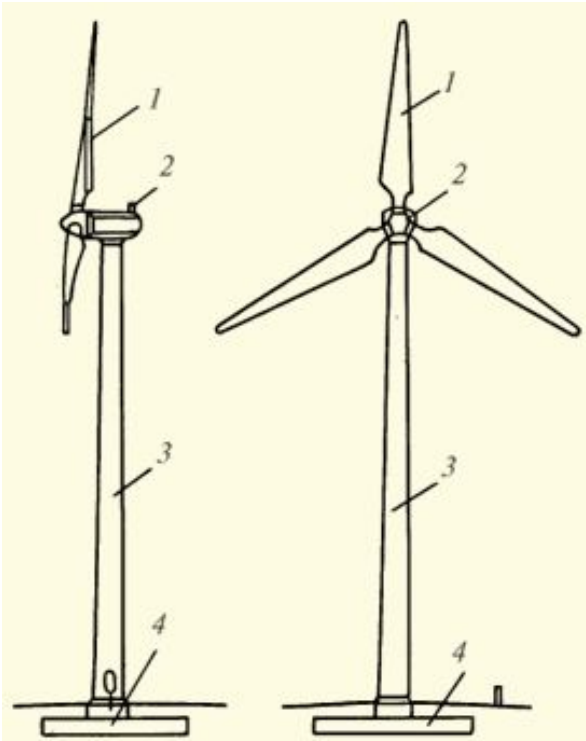


Рис. 17.15. Ветроэнергетическая установка с горизонтальной осью вращения

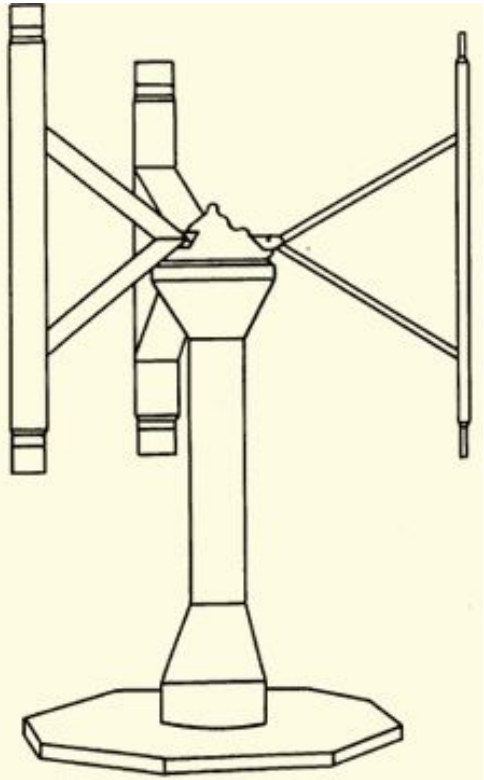


Рис. 17.16. Ветроэнергетическая установка с вертикальной осью вращения

Солнечная энергетика

- ***Солнечная энергетика*** — отрасль науки и техники, разрабатывающая теоретические основы, методы и средства использования солнечного излучения или солнечной радиации для получения электрической, тепловой или других видов энергии и использования их в народном хозяйстве.
- ***Солнечное излучение*** (СИ) — это процесс переноса энергии при распределении электромагнитных волн в прозрачной среде. По квантовой теории электромагнитные волны — это поток элементарных частиц или фотонов с нулевой массой покоя, движущихся в вакууме со скоростью света.
- ***Источник солнечного излучения*** — Солнце — излучает в окружающее пространство поток мощности, эквивалентный $4 \cdot 10^{23}$ кВт.
- Земля находится от Солнца на расстоянии примерно 150 млн км. Площадь поверхности Земли, облучаемой Солнцем, составляет около $500 \cdot 10^6$ км^2. Поток солнечной радиации, достигающей Земли, по разным оценкам составляет $(0{,}85—1{,}2) \cdot 10^{14}$ кВт, что значительно превышает ресурсы всех других возобновляемых источников энергии.

Солнечная энергетика

- ***Суммарное*** СИ, достигающее поверхности Земли, R_S обычно состоит из трех составляющих:
  - $R_{пр}$ — ***прямое*** СИ, поступающее от Солнца на приемную площадку в виде параллельных лучей;
  - $R_д$ — ***диффузное***, или рассеянное молекулами атмосферных газов и аэрозолей СИ;
  - $R_{отр}$ — ***отраженная земной поверхностью доля*** СИ.
  - При этом в течение как коротких (минуты, часы), так и длительных (сутки, недели) интервалов времени в данной точке Земли может отсутствовать полностью или частично составляющая $R_{пр}$. Наконец, в ночные часы отсутствует и R_S в целом.
- Это означает, что ***солнечная энергетическая установка*** (СЭУ) на Земле имеет нулевую гарантированную мощность при использовании только СИ без сочетания с другими источниками энергии. Кроме того, СИ достигает своего максимума в летний период, когда в России обычно происходит закономерное уменьшение потребления электроэнергии. Соответственно, максимум зимнего потребления энергии в стране приходится на период минимального прихода СИ.

Солнечная энергетика

- Поток СИ на Земле существенно меняется, достигая максимума в 2200 (кВт · ч)/(м^2 · год) для северо-запада США, запада Южной Америки, части юга и севера Африки, Саудовской Аравии и Центральной части Австралии. Россия находится в зоне, где поток СИ меняется в пределах от 800 до 1400 (кВт · ч)/(м^2 · год).
- Продолжительность солнечного сияния в России находится в пределах от 1700 до 2000 ч/год и несколько более. Максимум указанных значений на Земле составляет более 3600 ч/год. За год на всю территорию России поступает солнечной энергии больше, чем энергия от всех российских ресурсов нефти, газа, угля и урана.
- В то же время в мире уже сегодня солнечная энергетика весьма интенсивно развивается и занимает заметное место в топливно-энергетическом комплексе ряда стран, например в Германии. В этой стране, как и в ряде других развитых и развивающихся стран, принят ряд законов на государственном уровне, которые дают существенную поддержку развитию нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) и, в частности, солнечной энергетике. Без принятия указанных законодательных актов использование НВИЭ было бы практически невозможно, особенно на начальных этапах его становления.

Ресурсы солнечной энергии в России

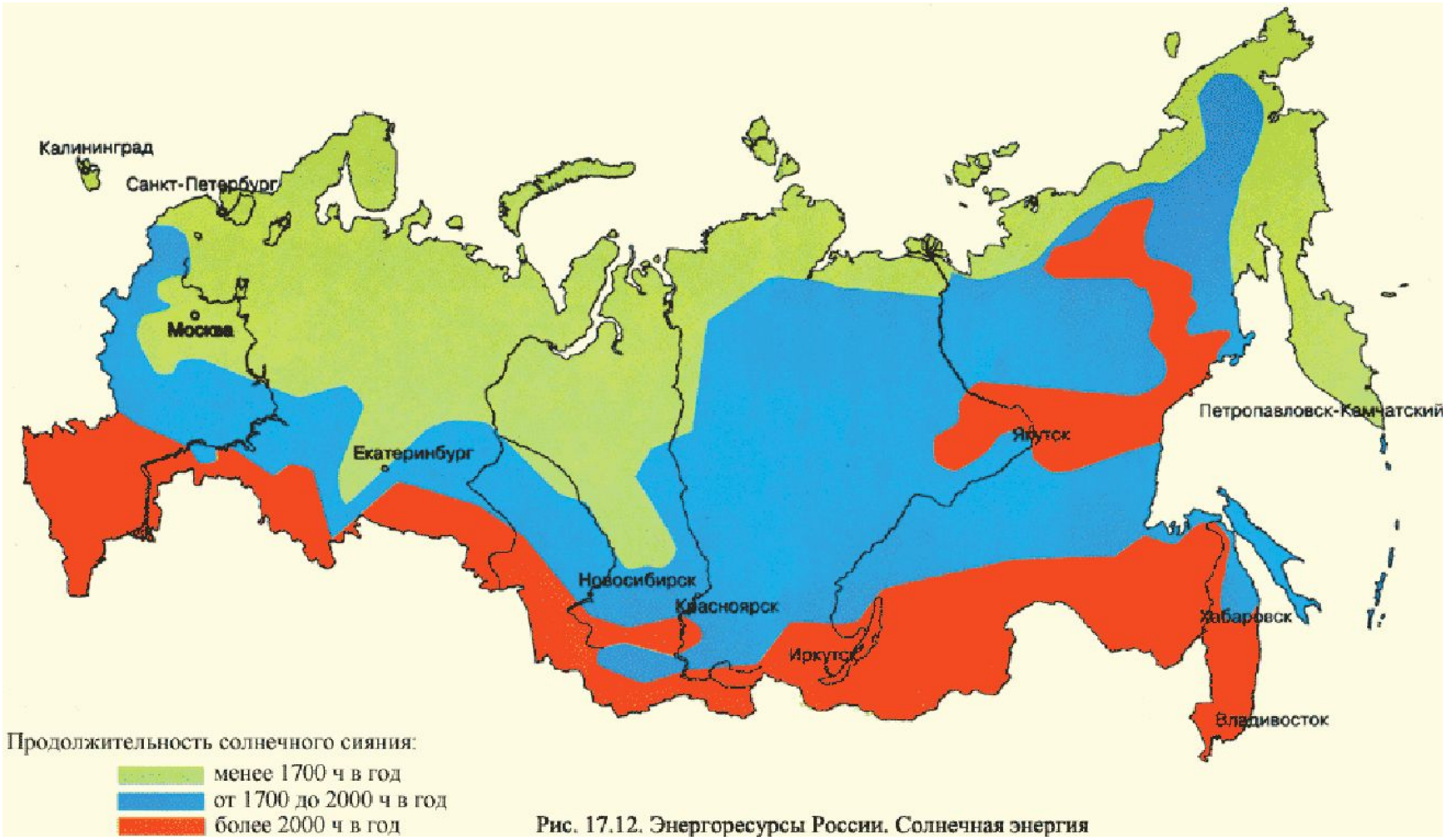


Рис. 17.12. Энергоресурсы России. Солнечная энергия

Классификация солнечных энергетических установок

- По виду преобразования солнечной энергии в другие виды энергии — тепло или электричество;
- По концентрированию энергии — с концентраторами и без концентраторов;
- По технической сложности — простые (нагрев воды, сушилки, нагревательные печи, опреснители и т.п.) и сложные.
- Сложные СЭУ разделить на два подвида.
  - Первый базируется в основном на системе преобразования СИ в тепло, которое далее чаще всего используется в обычных схемах тепловых электростанций. К ним относятся: башенные СЭС, солнечные пруды, СЭУ с параболоцилиндрическими концентраторами, а также *солнечные коллекторы*, в которых происходит нагрев воды с помощью СИ.
  - Второй подвид СЭУ базируется на прямом преобразовании СИ в электроэнергию с помощью *солнечных фотоэлектрических установок* (СФЭУ).

Солнечные коллекторы

- ***Солнечные коллекторы*** (СК) — это технические устройства, предназначенные для прямого преобразования СИ в тепловую энергию в *системах теплоснабжения* (СТС) для нагрева воздуха, воды или других жидкостей. Системы теплоснабжения обычно принято разделять на пассивные и активные.

- Самыми простыми и дешевыми являются *пассивные* СТС, которые для сбора и распределения солнечной энергии используют специальным образом сконструированные архитектурные или строительные элементы здания или сооружения и не требуют дополнительного оборудования.

- В настоящее время в мире все большее распространение получают *активные* СТС со специально установленным оборудованием для сбора, хранения и распространения СИ, которые по сравнению с пассивными СТС позволяют значительно повысить эффективность использования СИ, обеспечить большие возможности регулирования тепловой нагрузки и расширить область применения солнечных систем теплоснабжения в целом.

Солнечные коллекторы

- Солнечные коллекторы классифицируются по следующим признакам:
  - по назначению — для горячего водоснабжения, отопления, теплохладоснабжения;
  - по виду используемого теплоносителя — жидкостные и воздушные;
  - по продолжительности работы — сезонные и круглогодичные;
  - по техническому решению — одно-, двух- и многоконтурные.
  - Кроме того, все СТС делятся на две группы: установки, работающие по разомкнутой или прямоточной схеме (рис. 17.13), и установки, работающие по замкнутой схеме (рис. 17.14).

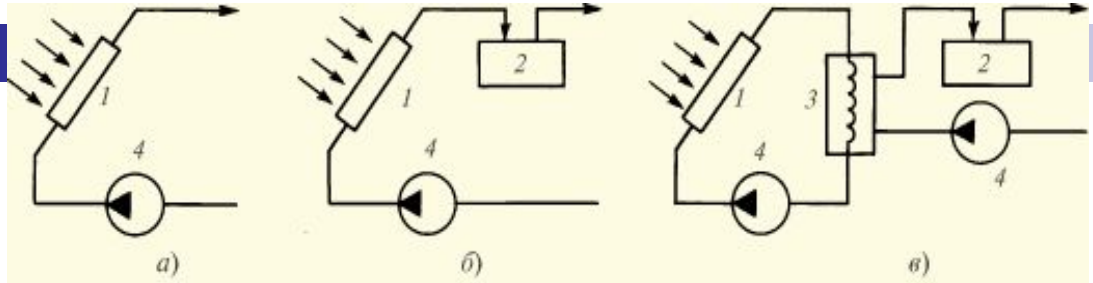


Рис. 17.13. Принципиальные схемы прямоточных систем:
а — без аккумулятора; *б* — с аккумулятором; *в* — с аккумулятором и теплообменником; *1* — солнечный коллектор; *2* — аккумулятор; *3* — теплообменник; *4* — насос

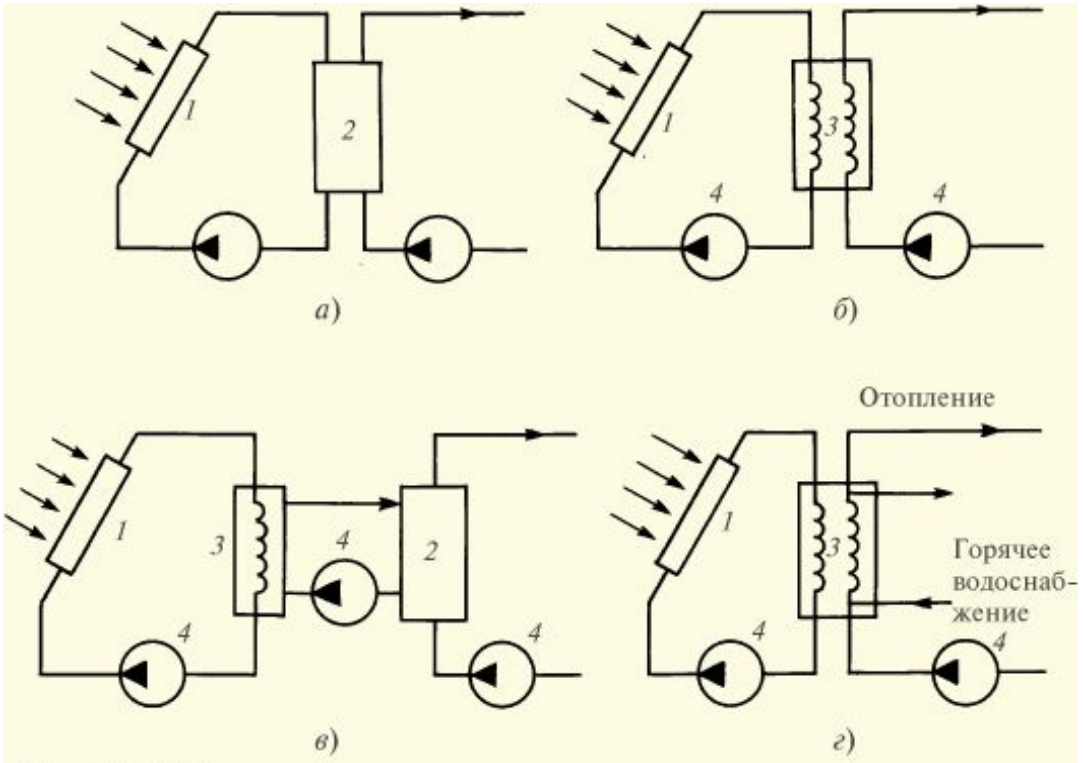
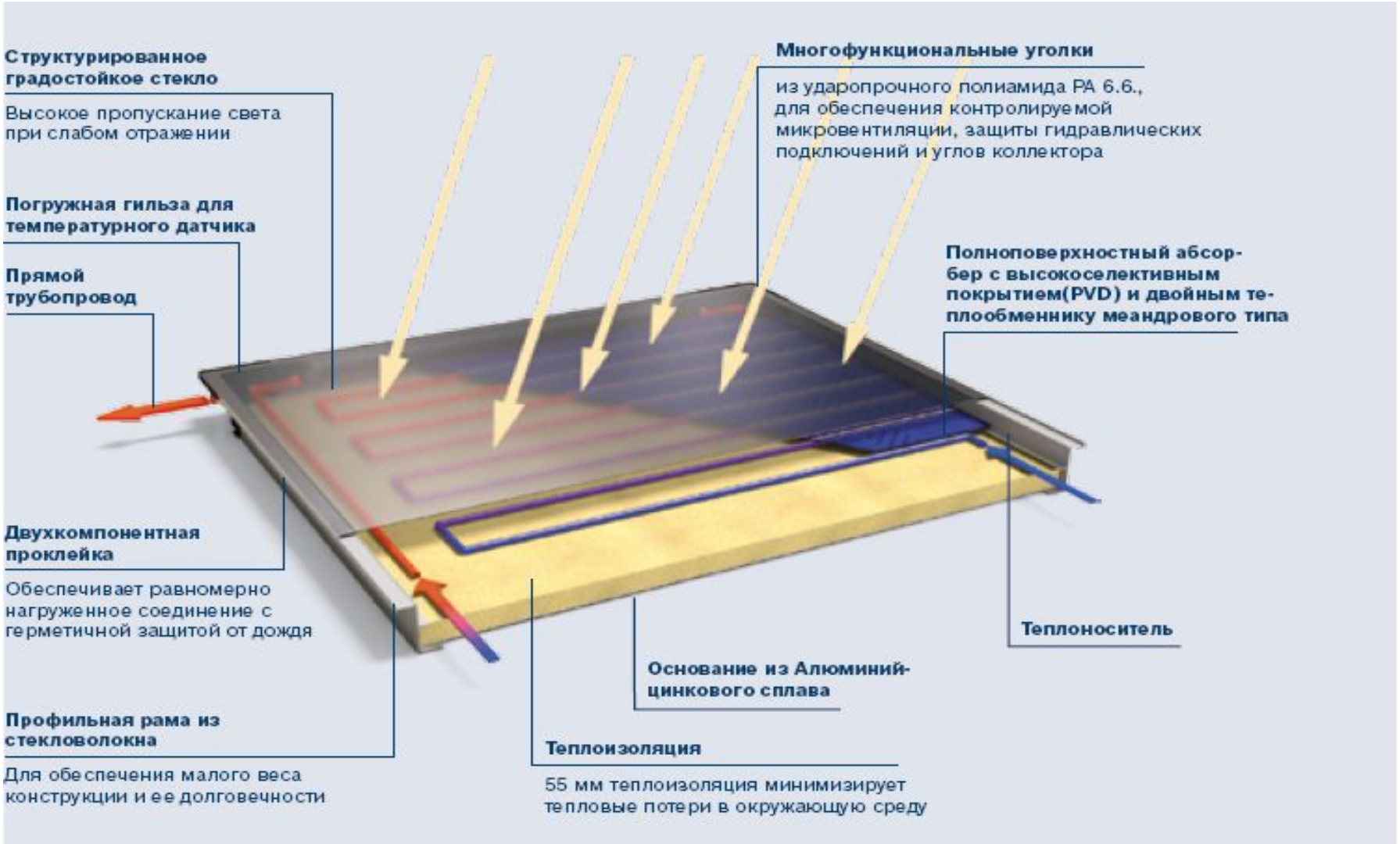


Рис. 17.14. Принципиальные схемы замкнутых систем:
а — с аккумулятором; *б* — с теплообменником; *в* — с теплообменником и аккумулятором; *г* — с теплообмениикоМ и аккумулятором для нескольких систем теплоснабжения; *1* — солнечный коллектор; *2* — аккумулятор; *3* — теплообменник; *4* — насос

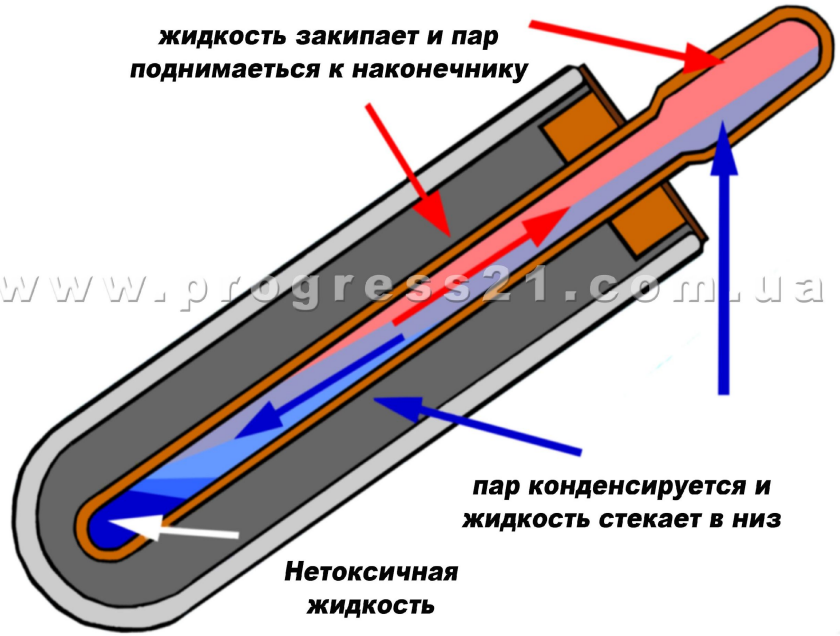
Солнечные коллекторы:

а) обычный плоский



Солнечные коллекторы:

б) вакуумный плоский

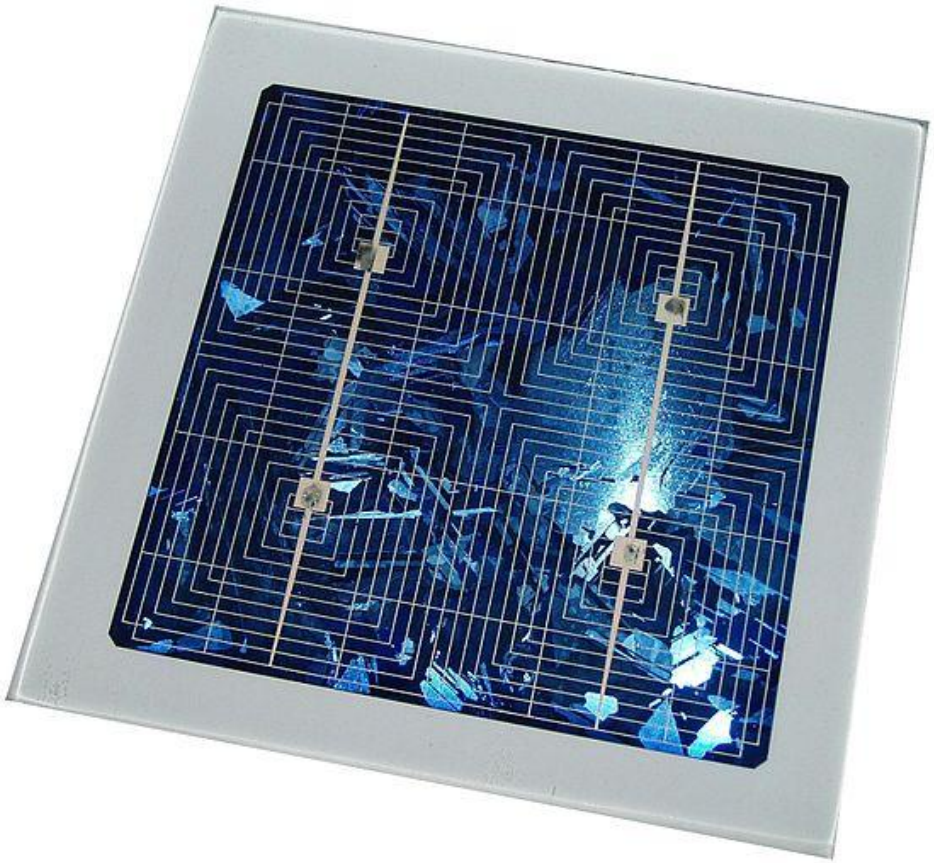


Солнечная башня (солнечная тепловая электростанция)

Солнечная фотоэнергетика

- ***Фотоэлемент*** — электронный прибор, который преобразует энергию фотонов в электрическую энергию.
- В настоящее время ***солнечные фотоэлектрические установки*** находят все более широкое применение как источники энергии для средних и малых автономных *потребителей*, а иногда и для больших солнечных электростанций, работающих в энергосистемах параллельно с традиционными ТЭС, ГЭС и АЭС. Конструктивно СФЭУ обычно состоит из солнечных батарей в виде плоских прямоугольных поверхностей.
- За последние десятилетия фотоэнергетика сделала очень большие шаги в решении двух основных проблем: повышении КПД СФЭУ и снижении стоимости их производства.
- Наибольшее распространение получили СФЭУ на основе кремния трех видов: монокристаллического, поликристаллического и аморфного. Сегодня исследуются одно-, двух- и трехслойные фотоэлементы.
- Наконец, в последние годы появился весьма перспективный конкурент для кремния в СФЭУ — арсенид галлия. Установки на его основе даже в однослойном исполнении имеют КПД до 30 % при гораздо более слабой зависимости его КПД от температуры.

Солнечный фотоэлемент



Солнечная батарея (фотоэлектрический модуль)

Солнечная фотоэлектирическая станция в Германии

Крупнейшие солнечные фотоэлектростанции мира

Пиковая мощность	Местонахождение	Описание	МВтч * год
247 МВт	Агуа-Калиенте, Аризона, США		
213 МВт	Чаранка, Гуджарат, Индия		
200 МВт	Голмуд, Китай		317 200
100 МВт	Перово, Крым, Украина	440 000 солнечных модулей	132 500 [5]
97 МВт	Сарния, Канада	более 1 000 000 солнечных модулей	120 000
84,7 МВт	Эберсвальде, Германия	317 880 солнечных модулей	82 000
84.2 МВт	Монтальто-ди-Кастро, Италия		
80.7 МВт	Финстервальде, Германия		
80 МВт	Охотниково, Крым, Украина	360 000 солнечных модулей	100 000 [6]
73 МВт	Лопбури, Таиланд	540 000 солнечных модулей	105 512
46.4 МВт	Амарележа, Португалия	более 262 000 солнечных модулей	
43 МВт	Староказачье, Украина	185 952 солнечных модулей	
34 МВт	Арнедо, Испания	172 000 солнечных модулей	49 936
33 МВт	Кюрбан, Франция	145 000 солнечных модулей	43 500
31.55 МВт	Митяево, Крым, Украина	134 760 солнечных модулей	40 000 [7]
11 МВт	Серпа, Португалия	52 000 солнечных модулей	
7,5 МВт	Родниково, Крым, Украина	32 600 солнечных модулей	9 683

Суммарные мощности фотоэлектрических станций, МВт, 2010 год, и производство солнечных фотоэлектрических модулей

№	Страна	
Весь мир -		**39778**
1	Германия	17320
2	Испания	3892
3	Япония	3617
4	Италия	3502
5	США	2519
6	Чехия	1953
7	Франция	1025
8	Китай	893
9	Бельгия	803
10	Ю. Корея	573
11	Австралия	504

Доля отдельных стран на мировом рынке производства солнечных батарей