

**С.В. ЕВДОКИМОВ**

кандидат технических наук, доцент кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарский государственный архитектурно-строительный университет

**ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК,  
АККУМУЛИРУЮЩИХ НЕТРАДИЦИОННЫЕ (ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ)  
ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

*PROBLEMS OF SAFETY WHEN BUILDING POWER INSTALLATIONS ACCUMULATING NONTRADITIONAL  
(RENEWED) ENERGY SOURCES*

*Представлены основные проблемы безопасности строительства энергетических установок, использующих нетрадиционные (возобновляемые) источники энергии как в России, так и за рубежом. Рассмотрено влияние энергоустановок, использующих энергию ветра, солнца, геотермальную, приливную и энергию биомассы на окружающую среду. Выявлены основные аспекты использования энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии с точки зрения их безопасного использования в окружающем пространстве как на этапе строительства, так и на этапе эксплуатации.*

**Ключевые слова:** безопасность, экологичность, энергоустановки, возобновляемые источники энергии.

Все запасы минералогического и углеводородного сырья на Земле всегда имеют исчерпывающий характер. Уже известно, что нефти и газа человечеству по одним источникам хватит на 150-200 лет, а по другим – только на 50-100 лет.

Урановые руды, которые являются основой атомной энергетики, также имеют ограниченный характер. Несмотря на то, что атомные электростанции Японии, Франции дают до 70 % всей электроэнергии этих стран, перспективы атомной энергетики остаются проблематичными и, прежде всего, из-за исчерпывающего характера сырья, проблемы захоронения радиоактивных отходов, грозящих перерасти в экологическую катастрофу, и, в том числе, из-за возможного терроризма.

Неожиданно неустойчивой проявила себя и гидроэнергетика. Аварийность сибирских электростанций (Красноярской, Братской, Иркутской, Саяно-Шушенской) привели к человеческим жертвам, экологическим катастрофам и значительным финансово-экономическим потерям.

Казалось бы, человечество зашло в тупик: с одной стороны, энергии не хватает, сырье исчер-

*Here are presented the basic problems of safety when building power installations using nontraditional (renewed) energy sources in Russia and abroad. The environmental influence of power installations using the energy of the wind, the sun, the geothermal, tidal energy and the energy of a biomass is considered. There have been found the basic aspects of using power installations based on the renewable sources of energy in terms of their safe use in the environment both at construction and operation periods.*

**Keywords:** safety, ecological compatibility, power installations, renewed energy sources.

пывается, с другой – мир фактически наполнен энергией, которая может быть использована для совершения работы различного характера. Энергия может находиться в людях и животных, деревьях и воздухе, в реках и озерах. Однако самыми большими резервуарами накопленной энергии являются океаны – это огромные пространства непрерывно перемещающихся водных потоков, покрывающих около 70 % всей земной поверхности.

Развитие энергетики возобновляемых источников за последние 15-20 лет происходит по очень оптимистичному сценарию с постоянным возрастанием установленной мощности и доли в топливно-энергетическом балансе. В 2007 г. доля использования ВИЭ в электроэнергетике составила около 19,5 % (вместе с большой гидроэнергетикой). Динамика изменения доли использования различных источников энергии при производстве электроэнергии приведена в табл. 1.

В России развитие ВИЭ происходит очень скромными темпами. Наша страна очень серьезно отстает как по объемам ввода, так и по технологиям преобразования различных видов возобновляемой энергии.

Таблица 1

Топливо-энергетические ресурсы	1971 г.	1986 г.	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2009 г.
Уголь	40,02	38,74	38,09	37,89	39,1	39,9	40,15
Нефть	20,87	11,92	11,31	9,43	7,92	6,88	6,56
Природный газ	13,27	12,53	13,78	14,86	17,41	19,26	19,65
Атом	2,12	15,86	17,02	17,57	16,86	15,74	15,12
Гидроресурсы	23,03	20,12	18,35	18,79	17,10	16,28	16,35
ВИЭ	0,69	0,83	1,45	1,56	1,71	1,91	2,1
Производство электроэнергии, тыс. Вт.ч	5247	10089	11828	13271	15379	16742	18307

Таблица 2

ВИЭ	2005 г.	2030 г.	Примерный рост (разы)
Производство электроэнергии, тыс. Вт.ч	3179	7775	>2
Гидроэнергия	2810	4903	<2
Биомасса	227	983	>4
Ветроэнергетика	82	1440	18
Солнечная энергетика	4	238	60
Геотермальная энергетика	56	185	>3
Приливная и волновая энергетика	<1	25	46

Анализ многочисленных исследований, связанных с прогнозами развития энергетики, в частности ВИЭ, на перспективу ближайших 20-30 лет показывает устойчивое и ускоренное (в разы) повышение доли использования ВИЭ. В табл. 2 приведены данные одного из прогнозов до 2030 г., из которого видно, что общий объем производства электроэнергии за счет ВИЭ увеличится более чем в два раза, а тепловой энергии более чем в 10(!) раз.

Всем понятно, что эпоха дешевых традиционных энергоносителей бесповоротно закончилась. В этой области имеется только одна тенденция – рост цен на все их виды. Не менее значимо стремление многих стран, лишенных своей топливной базы, к энергетической независимости. Существенную роль также играют экологические соображения, в том числе по эмиссии диоксида углерода. Активную моральную поддержку применению НВИЭ оказывает население развитых стран, у которых сформирована стойкая природоохранная психология.

По этим причинам развитие НВИЭ во многих государствах – приоритетная задача технической политики в области энергетики. В ряде стран эта поли-

тика реализуется через принятую законодательную и нормативную базу, в которой установлены правовые, экономические и организационные основы использования ВИЭ.

Все эти меры способствуют интенсивному развитию НВИЭ. Весьма показательным примером в этом отношении может служить Германия. Как известно, в этой стране решено в течение 30 лет закрыть все действующие АЭС и не строить новые. Вывод мощных АЭС будет возмещаться вводом новых ВЭС. Таким образом, довольно существенная часть электроэнергетики Германии будет замещена ветроэнергетикой. Еще 10 лет назад такое решение показалось бы совершенно нереальным!

В России практическое применение ВИЭ весьма существенно отстает от ведущих стран. Отсутствие какой-либо законодательной и нормативной базы, равно как и организующего государственного влияния и государственной экономической поддержки, крайне затрудняет практическую деятельность в этой сфере. Хотя в 2003 г. в России была принята «Энергетическая стратегия России на период до 2020 года» (утверждена распоряжением Правительства Россий-

ской Федерации от 28 августа 2003 года № 1234-р), в которой делается акцент на «наращивание душевого энергопотребления и энергетического потенциала и на основе экологически безопасных энергетических установок при сочетании централизованного и децентрализованного энергоснабжения». Но трудности с инвестициями, низкий платежеспособный спрос, отсутствие средств на необходимы НИОКР – все это будет являться тормозящим фактором развития НВИЭ в России.

Итак, проанализируем развитие наиболее интересных следующих форм энергии: геотермальная энергия, ветроэнергия, солнечная энергия, биоэнергия, малая гидроэнергия и приливная энергия.

*Геотермальная энергетика.* С 1999 по 2008 г. электрогенерация геотермальной энергии в мире возросла на 16 % (годовой темп роста 3 %). В России парогидротермальные месторождения имеются только на Камчатке и Курильских островах. Поэтому геотермальная электроэнергетика не может и в перспективе занять значимое место в энергетике страны в целом. Однако она способна радикально и на наиболее экономичной основе решить проблему энергообеспечения указанных районов, которые пользуются дорогим привозным топливом (мазут) и находятся в состоянии перманентного энергетического кризиса.

Первая геотермальная электростанция на Камчатке, да и первая в СССР – Паужетская Гео-ТЭС была введена еще в 1967 г. и имела мощность 5 МВт, увеличенную впоследствии до 11 МВт. Новый импульс развитию геотермальной энергетики на Камчатке был придан в 90-е гг. с появлением организаций и фирм (АО «Геотерм», АО «Интергеотерм», АО «Наука» и др.), которые в корпорации с промышленностью (прежде всего с Калужским турбинным заводом) разработали новые прогрессивные схемы, технологии и виды оборудования по преобразованию геотермальной энергии в электрическую и добились кредитования от Европейского банка реконструкции и развития. В результате в 1999 г. на Камчатке была введена Верхнее-Мутновская Гео-ТЭС (три модуля по 4 МВт). Вводится первый блок 25 МВт первой очереди Мутновской Гео-ТЭС суммарной мощностью 50 МВт. Планируется ввод второй очереди мощностью 100 МВт.

Таким образом, ближайшие и вполне реальные перспективы геотермальной энергетики на Камчатке определились, что является положительным примером использования НВИЭ в России, несмотря на

имеющиеся в стране серьезные экономические трудности. Потенциал парогидротермальных месторождений на Камчатке способен обеспечить 1000 МВт установленной электрической мощности, что значительно перекрывает потребности этого региона на обозримую перспективу.

*Ветроэнергетика.* Ветер – это самый непостоянный и изменчивый источник энергии среди всех других видов НВИЭ. Тем не менее именно ветроэнергетика является сегодня мировым лидером по масштабам применения по сравнению с использованием других видов НВИЭ. Это объясняется почти повсеместной распространенностью энергии воздушного потока и теми техническими успехами, которые были достигнуты в мировой ветроэнергетике за последние 10-15 лет.

Преобладающей технологией освоения ветровых ресурсов является создание ветропарков, в том числе расположенных на мелководье и шельфе. На конец 2009 г. общая установленная мощность ветроэлектрических станций (ВЭС) в мире составила 100 ГВт, а в Европе – 60 ГВт. В мире насчитывается 11 государств, в которых мощность ВЭУ превышает 1 млн кВт, из них 7 находится в Европе.

Промышленностью разработана широкая номенклатура ветроагрегатов с хорошими технико-экономическими показателями. За 25 лет единичная мощность серийных ВЭУ возросла с 30 до 6000 кВт. Диаметр ветроколеса увеличился с 15 до 115 м (в 8 раз). Годовое производство энергии одного агрегата возросло более чем в 500 раз.

В среднем страны Евросоюза в 2008 г. произвели из энергии ветра около 5 % потребляемой электроэнергии, но, например, в Дании около 25 % электроэнергии вырабатывается из ветра. В Германии в 2008 г. ветровые электростанции произвели 34,6 млрд кВт.ч электроэнергии, что составило 9 % от всей выработанной электроэнергии.

Согласно составленной программе Wind Force 13, производство электроэнергии за счет энергии ветра в 2020 г. должно достичь 13 % от общего производства электроэнергии в мире, с учетом роста общего электропотребления. Себестоимость электроэнергии от ВЭУ, по данным этой программы, должна снизиться до 3,3 цента/кВт.ч в 2012 г.

В настоящее время в России действуют следующие ветростанции: Воркутинская ВЭС (250 кВт x 5), Калмыцкая ВЭС (1 МВт x 2), Анадырская ВЭС (258 кВт x 10), Башкирская ВЭС (550 кВт x 4), о. Беринга (250 кВт x 2), Краснодарская ВЭС (600 кВт x 6),

Ростовская ВЭС (30 кВт x 10), ВЭУ в Красном Селе (75 и 95 кВт).

Единственно реальным путем вернуть Россию на международный уровень разработок и производства ВЭУ большой мощности является строительство крупной ВЭС мощностью 15-20 МВт на базе ветроустановок зарубежных фирм с условием трансфера технологий, т. е. изготовление на российских предприятиях сначала башни, затем кабины, а потом других металлоемких деталей с переходом на сборочные операции крупных узлов. Многие зарубежные фирмы готовы к такого рода сотрудничеству.

*Солнечная фотоэнергетика.* Демонстрирует значительные темпы прироста мощности. Если в 1999 г. установленная мощность фотоэлектрических систем, присоединенных к сети, впервые превысила 500 МВт, в 2000 г. составила 728,8 МВт, то в 2009 г. – 5000 МВт.

Среди НВИЭ фотоэлектрический метод преобразования солнечной энергии является в настоящее время наиболее подготовленным для широкого использования. Его применение сдерживается относительно высокой стоимостью солнечных батарей, составляющих в настоящее время 3-4 доллара за 1 Вт пиковой установленной мощности.

Современный рынок фотоэнергетики – это вполне сложившийся, быстроразвивающийся сегмент мирового рынка, причем с возрастающим темпом роста. Это обусловлено, во-первых, практической направленностью национальных программ высокоразвитых стран: «100 тысяч солнечных крыш» в Германии, «100 тысяч солнечных крыш» в Японии, «1 миллион солнечных крыш» в США. Япония и Германия прогнозирует в ближайшие годы выход на годовые объемы до 500 МВт каждая. Эти фантастические темпы и являются характерными для развития рынка фотоэнергетики по различным регионам мира.

Общий объем производства солнечных батарей в России составляет около 5 МВт в год. Производители фотоэлектрических батарей в России ориентированы на производство батарей из монокристаллического кремния. Самым крупным производителем является фирма «Солнечный ветер» (Краснодар).

*Биоэнергетика.* В странах Европейского Союза использование биомассы для энергетических нужд в среднем составляет ежегодно до 3 % от общего энергобаланса, но с широкими вариациями. Так в Австрии эта доля составляет 12 %, в Швеции – 18 %, а в Финляндии – 23 %.

В 2007 г. мировое производство электричества из биомассы составило 180 ТВт.ч с совокупной установленной мощностью порядка 40 ГВт. Среднегодовой темп роста в последнем десятилетии превысил 6 %.

В последние годы повышается интерес к использованию биотоплива, особенно к этиловому спирту и биодизельному топливу, прежде всего на транспорте. Повышение и нестабильность цен на нефть способствовали увеличению темпа роста производства биотоплива до 12 % в 2009 г.

*Малая гидроэнергетика.* За последние десятилетия заняла устойчивое положение в качестве важной составляющей электроэнергетики многих стран мира. Большое количество малых ГЭС построено в Западной Европе, Австралии, Азии, Северной и Южной Америке. Лидирующая роль в развитии малой гидроэнергетики принадлежит Китаю, где установленная мощность МГЭС на 2008 г. составила около 50000 МВт, а к 2016 г. прогнозируется ее увеличение до 60000 МВт.

Особое значение малая гидроэнергетика имеет для развивающихся стран, где около 2 млрд человек вообще не пользуются электроэнергией. Достоинством малых ГЭС является низкая абсолютная капиталоемкость, короткий инвестиционный цикл. Они могут сооружаться практически на любых водных объектах, имеющих сколько-нибудь значимый гидроэнергетический потенциал: на малых реках и ручьях, водосборных сооружениях мелиоративных систем, водосбросах ТЭЦ, а также в питьевых водоводах и канализационных коллекторах. По прогнозам к 2015 г. установленная мощность в мире достигнет 175000 МВт.

Сложившаяся экономическая ситуация в России заставляет обратить внимание на возможность использования потенциала малых рек – на сегодняшний день одного из самых доступных эффективных возобновляемых ресурсов на ее территории. Энергетический потенциал малых рек России, использование которого возможно доступными средствами, составляет 493 млрд кВт.ч, в том числе 100 млрд кВт.ч в Европейской части России.

В России накоплен большой опыт использования гидроэнергетических ресурсов малых рек. Еще в 50-60-е гг. страна занимала передовые позиции в мире по сооружению малых ГЭС. В последующие годы по ряду причин строительство малых ГЭС приостановилось, а в дальнейшем многие ГЭС были консервированы и разрушены.

В настоящее время в России установленная мощность МГЭС ориентировочно составила около 500 МВт.

*Приливная энергетика.* Сегодня в мире существует лишь одна мощная приливная электростанция (ПЭС) – Ране во Франции мощностью 240 МВт, производящая самую дешевую электроэнергию в этой стране. В России имеется одна экспериментальная Кислогубская ПЭС мощностью 0,4 МВт, введенная еще в 1967 г. с целью экспериментальной отработки строительных решений и режимов эксплуатации.

Основные исследованные в России своры для возможного создания ПЭС таковы, что мощность этих станций должна быть весьма велика. Проектные проработки показали, что, например, мощность Тугурской ПЭС на Охотском море должна составлять 7,8 ГВт, а Мезенской ПЭС на Белом море – 19,2 ГВт. При этом число гидроагрегатов исчисляется сотнями. Огромная мощность таких ПЭС требует чрезвычайно больших капитальных вложений как непосредственно в их строительство, так и в мероприятия, необходимые для адаптации в энергосистеме ПЭС с переменной мощностью в суточном цикле. Все это отодвигает сроки создания указанных ПЭС в России, по крайней мере до того времени, когда экономика страны позволит приступить к проектам подобного масштаба.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Альтернативные источники энергии [Текст] / под ред. Д.Я. Ушеренко. – М.: Век-21, 2010.
2. Бальзанников, М.И. Возобновляемые источники энергии. Аспекты комплексного использования [Текст] / М.И. Бальзанников, В.В. Елистратов. – Самара, 2008. – 228 с.
3. Елистратов, В.В. Мониторинг развития возобновляемой энергетики в мире и России [Текст] / В.В. Елистратов // Академия энергетики. Аналитика, идеи, проекты. – 2008. - № 2(22). – С. 32-44.
4. Проекты будущего XXI-XXII веков [Текст] / под ред. Д.Я. Ушеренко. – М.: Век-21, 2009.
5. Татуров, О.Л. Индивидуальные установки альтернативной энергии [Текст] / О.Л. Татуров // Академия энергетики. Аналитика, идеи, проекты. – 2009. - № 5(31). – С. 52-60.

© Евдокимов С.В., 2012