

~~С. 2~~ 31.5
В67
Т 1103500

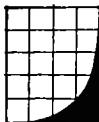
07
**НОВОЕ В НАУКЕ
И ТЕХНИКЕ**

студентам
и учащимся



Н. М. ВОЛЕВАХА
В. А. ВОЛЕВАХА

Нетрадиционные источники энергии



**НОВОЕ В НАУКЕ
И ТЕХНИКЕ**
студентам
и учащимся

Основана в 1987 году

Н. М. ВОЛЕВАХА
В. А. ВОЛЕВАХА

Нетрадиционные источники энергии

Киев
Головное издательство
издательского объединения
«Выща школа»
1988

ББК 31.15
В67
УДК 620.91/92

Рецензенты:

кандидат экономических наук *Б. З. Пириашвили*
(СОПС АН УССР);
кандидат географических наук, доцент *Г. Д. Проценко*
(Киевский госуниверситет)

Редакция литературы по биологии, географии и экологии
Зав. редакцией *А. А. Москалюк*

- Волеваха Н. М., Волеваха В. А.**
В67 Нетрадиционные источники энергии.— К.: Выща шк. Головное изд-во, 1988.— 62 с.; 1 табл., 10 ил.— Библиогр.: 7 назв.— (Новое в науке и технике — студентам и учащимся).
ISBN 5—11—000101—4.

В брошюре описаны достижения советской и мировой науки в использовании солнечной и ветровой энергии, энергии термальных вод и морских приливов, других малоизвестных источников энергии в современных условиях. На конкретных примерах показана экономическая целесообразность использования возобновляемых источников энергии.

Нормативные материалы приведены по состоянию на 1 января 1988 г.

Для студентов вузов, учащихся техникумов, профтехучилищ и общеобразовательных школ.

В 2301010000—035 КУ—№ 3—74—1988
М211(04)—88

ББК 31.15

ISBN 5—11—000101—4

© Издательское объединение
«Выща школа», 1988

«Ум человеческий открыл
много диковинного в природе
и откроет еще больше,
увеличивая тем свою власть
над ней...»

В. И. Ленин

Введение

Высказывание В. И. Ленина, приведенное в эпитафии, начертано у входа в павильон «Атомная энергия» на ВДНХ СССР. Оно зовет вперед к открытиям новых горизонтов науки.

Уровень развития цивилизации определяется количеством потребляемой энергии. Основными источниками тепловой энергии в настоящее время являются полезные ископаемые — каменный и бурый уголь, нефть, газ, сланец и торф. Их запасы из года в год уменьшаются. Огромными природными богатствами обладает Мировой океан. Но эти богатства используются пока в незначительном объеме.

Главной задачей и важным условием дальнейшего развития цивилизации на Земле является использование таких видов и источников энергии, применение которых не нарушало бы создавшегося на протяжении миллионов лет равновесия в природе. В связи с этим большое внимание должно быть уделено энергии солнечного излучения, энергии текущей воды, ветра, морских волн, живых организмов и т. д.

Все они, вместе взятые, могут быть объединены под общим названием «нетрадиционные источники энергии». Их широкое применение (при отсутствии загрязнения окружающего пространства и без нарушения энергетического баланса в природе) должно в значительной степени компенсировать дефицит энергии в будущем.

На Землю поступает огромное количество солнечной энергии: ежегодно на каждого жителя планеты приходится около 40 тыс. кВт. Среднее же потребление всех видов энергии на одного человека за год составляет в Европе примерно 4 кВт, в мире — не более 1 кВт, а в отдельных развивающихся странах — не превышает 0,2 кВт.

Наибольшей концентрацией энергии обладают ядерные и термоядерные виды топлива, дающие до 10^{10} Вт · ч энергии на 1 кг массы. Поэтому основная перспектива развития большой энергетики базируется на использовании атомной и термоядерной энергии.

Термоядерный синтез гарантирует безграничность ресурсов (в качестве рабочего вещества используется вода) и безвредность. Однако на пути его реализации стоят большие научные и технические трудности, в том числе и ликвидация угрозы теплового загрязнения, повышения температуры окружающей среды. Подъем температуры даже на несколько градусов резко меняет экологическую ситуацию, а с учетом все возрастающего наращивания мощностей, без существенного изменения теплосброса Земли, может привести к изменению климата и состава атмосферы. По мнению советских ученых, перегрев Земли на $3,5^{\circ}\text{C}$ следует считать критическим. Дальнейшее увеличение перегрева может привести к катастрофическим последствиям. Из-за угрозы перегрева Земли и воды производство всех видов энергии на нашей планете не должно превышать 1 % падающей на Землю солнечной энергии. И в будущем, при использовании термоядерной энергии, солнечная энергия на планете должна будет превышать термоядерную энергию более чем в сто раз, оставаясь по-прежнему основным источником жизни на Земле.

• Таким образом, необходимость исследования возможности использования самовозобновляющихся источников энергии не вызывает сомнения, так как определяется:

бурным ростом потребления электрической энергии, которое через 50 лет, по приближенным оценкам, возрастет в 3—4 раза, а в развитых странах — в 5—6 раз;

истощением в обозримом будущем разведанных запасов ископаемого топлива. Даже при современном уровне его потребления уже через 25 лет значительная доля необходимой электроэнергии должна будет обеспечиваться источниками принципиально нового типа, отличными от тепловых станций;

загрязнением окружающей среды, вызываемым оксидом азота и серы, углекислым газом, пылевидными остатками, а также тепловым перегревом атмосферы (при сжигании ископаемого топлива).

Рациональное, бережное отношение к природе и ее энергетическим ресурсам — одна из важнейших задач современной энергетики. Актуальность этой задачи, как подчеркнута на XXVII съезде КПСС, связана с тем, что речь идет о невозполнимых богатствах. За их правильное, рачительное использование мы несем ответственность не только перед нынешним, но и перед будущими поколениями.

Без использования самовозобновляющихся источников энергии, которые практически неисчерпаемы и во время эксплуатации которых отсутствует загрязнение окружающей среды, решение энергетических проблем становится невозможным. Пессимизм некоторых ученых в вопросах возможности использования самовозобновляющихся источников энергии связан скорее с современным техническим и технологическим уровнем, а также с экономическими оценками сегодняшнего дня, чем с трудностями принципиального характера. Совершенно очевидно, что и цивилизация, непосредственно использующая энергию этих источников, наиболее соответствует общему ходу развития истории.

В брошюре показана возможность использования лучистой энергии Солнца, воды, ветра и морских волн для получения тепловой и электрической энергии с целью повышения урожайности, улучшения условий быта сельского населения без применения органического топлива. Ее авторы стремятся в популярной форме разъяснить учащимся старших классов, студентам, всему подрастающему поколению важность этой проблемы. Над ее решением работает кафедра возобновляемых источников энергии Киевского политехнического института. Исследования комплексного использования нетрадиционных источников энергии осуществляется согласно научно-технической целевой программе «Энергокомплекс».

I. ВИДЫ И ЗАПАСЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА ЗЕМЛЕ

1. Краткая классификация видов энергии

Энергетические ресурсы Земли — этот продукт непрерывной деятельности Солнца — могут быть разделены на две основные группы: аккумулированные природой, в большинстве случаев невозобновляемые, и неаккумулированные, но постоянно самовозобновляющиеся. К первой группе относятся запасы горючих ископаемых (нефть, каменные и бурые угли, сланцы, торф, подземные газы), термоядерная и ядерная энергия; ко второй — бурные потоки рек, морские волны и приливы, солнечное излучение, тепловая энергия Земли, морей и океанов, ветер, растительный и животный мир. Запасы аккумулированных ресурсов в земных недрах ограничены; неаккумулированные, постоянно возобновляющиеся — практически неисчерпаемы.

Из всех видов энергии в значительных масштабах используется только энергия органических видов топлива и энергия текущей воды рек. В то же время ежегодный приток энергии солнечных лучей, достигающих земной поверхности, примерно в десять раз превышает все потенциальные запасы энергии органических горючих и примерно равны потенциальным запасам ядерной энергии. В последнее время интенсивно осваивается ядерная энергия и работают над проблемой управляемого термоядерного синтеза. Однако в ближайшем будущем создание большого числа управляемых термоядерных реакторов является проблематичным.

С течением времени запасы невозобновляемых источников энергии будут уменьшаться, и это неизбежно приведет к увеличению удельного веса возобновляемых источников энергии в общем энергетическом балансе нашей планеты.

Прав был К. А. Тимирязев, говоря, что каждый луч Солнца, не уловленный, а бесплодно отразившийся назад в мировое пространство, — кусок хлеба, вырванный изо рта отдаленного потомка.

Таково общее положение в области запасов энергии.

2. Невозобновляемые источники энергии

Современная энергетика в качестве топлива использует в основном горючие ископаемые, по сути дела, аккумулированную солнечную энергию. Главное их преимущество состоит в высокой концентрации энергии в единице вещества. Концентрация энергии в химическом органическом топливе составляет до 10^4 Вт · ч на 1 кг массы. За счет сжигания топлива вырабатывается электрическая и тепловая энергия при сравнительно небольших капиталовложениях. Органическое топливо могло бы служить основой энергетике и в будущем, если бы его запасы не были ограничены.

Однако, исходя из разведанных запасов топлива, при таких же темпах его добычи в будущем, можно установить, что приблизительно через 80 лет все природные топливные ресурсы мира будут исчерпаны. Так как число разведанных месторождений ежегодно возрастает, этот срок может быть увеличен до 140—150 лет. Любые пессимистические и оптимистические прогнозы сводятся к тому, что запасы горючих ископаемых будут исчерпаны в обозримое время.

К. Э. Циолковский писал, что только наше невежество заставляет нас пользоваться ископаемым топливом. Действительно, сжигаются запасы ценнейшего сырья, которое следовало бы оставить будущим поколениям для производства синтетических материалов, химических препаратов, органических материалов и веществ, моющих средств и т. д.

Необходимость перехода на новые виды энергии диктуется и тем, что современные заводы, электростанции и двигатели внутреннего сгорания выбрасывают в атмосферу в результате сжигания топлива огромное количество углекислоты, сернистого ангидрида, сажи, золы и других вредных веществ.

Можно ожидать, что потребление электростанциями нефти и газа будет ограничиваться вследствие их использования в качестве сырья для химической промышленности. На ближайшие годы основным топливом для тепловых электростанций останется уголь, хотя при его использовании уже сегодня возникают некоторые трудности. Они объясняются в частности тем, что основные бассейны по добыче топлива находятся от электростанций на определенном расстоянии. В связи с дефицитом топлива

в европейской части СССР возникает необходимость транспортировки угля из восточных районов страны, что увеличивает загрузку транспорта.

3. Самовозобновляющиеся источники энергии

В настоящее время широко используется только энергия водного потока рек и водопадов. Использование других самовозобновляющихся источников энергии затруднено тем, что они изменяются во времени, их потенциал нередко зависит от смены дня и ночи, времени года, широты местности, погодных условий.

Практически все продукты питания и ископаемые запасы топлива своим происхождением обязаны миру растений. Растительный покров образуется за счет непрерывного поступления на Землю солнечной энергии и созданного природой аппарата фотосинтеза. Сегодня коэффициент полезного действия (к. п. д.) фотосинтеза, перехода солнечной энергии в химическую энергию пищи и кормов, при урожайности 30 ц/га, не превышает одного процента.

Повысить к. п. д. фотосинтеза можно прежде всего путем увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, независимо от погодных условий. Это чрезвычайно трудная задача, но частично она может быть решена за счет регулярного полива полей, создания закрытого и открытого тепличных хозяйств, систем для подсушки урожая, уменьшения эрозии почвы и других мероприятий.

Для их осуществления также необходима энергия. Например, для полива полей нужно примерно 0,5 кВт установленной мощности на 1 га, а для создания тепличного хозяйства — 0,5 кВт на один квадратный метр и т. д. Для удовлетворения потребностей в энергии в масштабах, например, Украины необходимо в два-три раза увеличить установленную мощность электростанций, построить десятки и сотни тысяч километров новых электрических сетей, а это значит — ускорить истощение природных горючих ископаемых, вызвать загрязнение окружающей среды, увеличить загрузку топливом и его отходами транспорт, нарушить тепловой баланс Земли.

Самовозобновляющиеся источники обладают низкой концентрацией энергии, но нет нужды в ее транспортировке.

В отличие от энергии, получаемой от сжигания органического и переработки атомного топлива, энергия самовозобновляющихся источников не сконцентрирована в определенных местах, а рассеяна на больших пространствах. Это является одной из причин незначительного пока ее использования. Чтобы получить положительный экономический эффект, необходимо создавать крупные накопители энергии. Но существует много потребителей, использующих низкие концентрации энергии, поэтому выработка большого количества энергии, сосредоточенной в определенном месте, не всегда полезна. Действительно, основные источники жизни, такие как земля, вода и кислород, сконцентрированы на больших пространствах. Поэтому для повышения к. п. д. фотосинтеза необходима энергия низкой концентрации, рассеянная на больших площадях. Такая энергия нужна и для поддержания жизнедеятельности растений, животных. Выработка энергии для таких потребителей в одном пункте подчас приводит к весьма нежелательным последствиям, вызванным строительством крупных электростанций, прокладкой железнодорожных путей для подвозки тяжелого оборудования и топлива, сооружением крупных магистральных тепловых и электрических линий и сетей с подстанциями для передачи и распределения энергии, больших резервуаров воды. А это приводит к сокращению площадей плодородных земель, большим капитальным затратам, огромным расходам металла, строительных материалов и т. д. Выработка энергии в одном пункте с последующим ее распределением по площади приводит и к увеличению потерь энергии в результате превращения энергии из одного вида в другой. При этом коэффициент использования всех видов энергетических ресурсов значительно снижается.

Самовозобновляющиеся источники энергии наиболее рационально могут быть использованы в непосредственной близости от потребителей, без передачи энергии на расстояние. Это обстоятельство должно сыграть решающую роль при проектировании систем энергоснабжения отдаленных аграрных районов нашей страны, создании парникового и тепличного хозяйств, опреснительных установок, при добыче материалов из Мирового океана.

Энергия солнечных лучей может быть непосредственно использована как тепловая. Это весьма важно, так как на долю тепловой приходится примерно 75 % всей потребляемой энергии. Однако при построении схем энер-

госнабжения от самовозобновляющихся источников энергии, в том числе солнечной, следует учитывать, что энергия солнечных лучей, ветра, морских волн переменна во времени и пространстве.

II. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ

Более 2000 лет тому назад римские жрецы использовали солнечную энергию для обмана доверчивых людей, демонстрируя им различные «чудеса». Одним из таких чудес было самовозгорание святого огня в храме богини Весты. На самом же деле в храме устанавливалось металлическое зеркало, а в его фокусе помещался кусочек высушенного дерева, который воспламенялся под действием собранных в фокусе солнечных лучей.

Известна также легенда об Архимеде, который в 214 г. до нашей эры зажег с помощью линзы римский флот под Сиракузами. В 1747 г. ученый Бюффон зажег дерево на расстоянии 6 м.

Использовать солнечную энергию в практических целях мечтали с давних пор. В 1837 г. астроном Гершель сконструировал «солнечный ящик», внутренность которого покрыл черной краской, а сверху прикрыл двумя стеклянными пластинками. Когда лучи солнца попадали в ящик, температура в нем повышалась до 115 °С. В 1874 г. физик Стретт (Реллей) построил «солнечный котел», вода в котором нагревалась с помощью металлического рефлектора конической формы. Положение котла изменялось в зависимости от положения Солнца на небе.

В настоящее время «солнечные машины» разнообразной конструкции работают во многих странах.

В нашей стране в Ташкенте построены баня, водоподъемник, опреснитель, которые работают исключительно за счет энергии Солнца. В Крыму развернулось строительство крупной солнечной электростанции (СЭС-5) с планируемой мощностью 5 тыс. кВт. По расчетам ученых, можно создать солнечную электростанцию мощностью до полумиллиона киловатт.

Три тысячи гостей принимает одновременно новый туристический комплекс «Словенска пляжа» на Черномор-

ском побережье Адриатики в Югославии. Однако немногие из них знают, что расположившаяся рядом крытая стоянка для автолюбителей служит одновременно котельной. 1734 солнечных панели, смонтированные на кровле, ежедневно подогревают до 55° шестьсот тонн воды, которая используется для обслуживания комплекса. За два года эксплуатации установка сэкономила топлива на 70 млн. динаров. В Югославии энергию Солнца все чаще используют для хозяйственных нужд — отапливаются, снабжаются подогретой водой жилые дома, гостиницы, прежде всего в южных, приморских районах, где много безоблачных дней. Крупнейшие предприятия Сербии, Словении, Македонии включились в производство необходимого для этих целей оборудования. Испытываются разные типы установок. В Титограде, столице Черногории, началось строительство завода по выпуску специальных солнечных батарей.

• Используют энергию Солнца и с помощью так называемых «солнечных прудов». Для этого воду в прудах (площадью один квадратный километр, глубиной один метр) разделяют на слои воды за счет внесения в них разного количества соли на различных уровнях. Это препятствует перемешиванию слоев воды, нагретых Солнцем, и уменьшает затраты тепла на испарение. Как показали эксперименты, на дне пруда температура воды может достигать 90°C . Энергию этой горячей воды легко использовать для практических целей. Простые вычисления показывают, что из одного такого пруда в солнечном районе можно получить за год около 30 млн. кВт дешевой энергии.

Сколько же такого дешевого тепла можно было бы дополнительно получить, если учесть, что за сутки на поверхность Земли от Солнца поступает больше тепла, чем человечество добывает путем сжигания топлива за 1000 лет!

1. Радиационный климат и наши гелиотехнические возможности

Под гелиотехническими возможностями подразумевается не только количественная характеристика потоков лучистой энергии, но и возможность их использования для работы гелиотехнических аппаратов. В этом смысле очень важна такая характеристика,

Северная Степь

Кировоград	49	72	110	174	267	292	299	286	212	145	57	37	2050
Старобельск	45	70	121	186	297	363	330	307	218	101	44	34	2066
Днепропетровск	39	61	118	161	253	282	297	284	200	134	67	35	1930

Южная Степь

Херсон	63	86	141	198	263	306	346	324	242	169	76	54	2282
Аскания-Нова	58	83	143	204	285	308	345	326	241	166	98	45	2300
Одесса	70	88	140	201	277	305	347	323	250	174	69	59	2302
Болград	77	83	156	187	247	294	337	317	253	185	78	68	2287

Крым

Клепинино	62	74	138	200	274	304	347	324	245	169	84	56	2276
Симферополь	84	95	159	200	271	287	327	308	240	178	115	78	2343
Никитский сад	82	85	142	191	238	283	328	315	249	188	108	79	2289
Караби-Яйла	97	104	152	211	271	304	342	325	251	192	121	83	2453

Закарпатье

Берегово	59	66	158	199	229	251	282	264	227	167	70	42	2014
Ужгород	52	67	141	215	256	249	285	261	222	166	61	35	2010

1. Средняя продолжительность солнечного сияния по месяцам, ч

Пункт наблюдений	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За год
Полесье													
Ковель	48	64	139	193	234	259	262	241	185	118	47	39	1830
Чернигов	39	65	128	176	259	280	300	254	188	107	49	30	1876
Конотоп	38	62	123	190	272	285	305	258	189	96	50	37	1906
Житомир	50	68	116	179	245	269	293	238	190	120	49	30	1856
Киев	54	72	132	182	260	295	296	278	205	130	54	43	1980
Лесостепь													
Львов	73	70	122	164	247	244	256	237	203	142	54	40	1852
Черновцы	72	73	136	198	242	257	280	263	218	164	62	50	2016
Полтава	46	70	121	169	247	287	293	270	205	134	60	36	1932
Умань	47	63	131	184	251	278	314	279	213	133	51	37	1981

как непрерывная продолжительность времени, в течение которого напряжение радиации остается достаточным для экономической работы гелиоустановки.

Основными для гелиоэнергетики элементами радиационного режима являются суммарная радиация (Q) и ее составляющая — прямая (S) и рассеянная радиация (D).

Основными факторами, определяющими энергетические ресурсы суммарной радиации, являются астрономические — высота Солнца над горизонтом и продолжительность дня; метеорологические — облачность, помутнение атмосферы, отраженная от подстилающей поверхности радиация (альбедо).

Одной из важнейших характеристик радиационного режима в гелиоэнергетике является продолжительность солнечного сияния (ПСС), которая может служить косвенной характеристикой облачных условий. Между ПСС и элементами радиационного режима существует тесная связь.

В табл. 1 представлен годовой ход ПСС в различных пунктах Украины. Минимальные величины ПСС во всех пунктах наблюдаются в декабре, что вызвано наименьшей продолжительностью дня в этом месяце и наибольшей пасмурностью неба. В Полесье ПСС за декабрь составляет 30—40 ч, в Лесостепи увеличивается до 40—50 ч. В Степи происходит дальнейший рост ПСС до 60 ч в месяц, и максимальные ее величины наблюдаются в Крыму (Симферополь — 78 ч в месяц). В северной и центральной частях республики это составляет всего 10—15 % возможной ПСС, а в Причерноморье и Крыму около 20 %. Распределение суммарной радиации (в мгДж/м²) по сезонам показано на рис. 1—4. На них пунктиром обозначены величины радиации при ясном небе, а сплошными линиями — при средних условиях облачности.

В январе ПСС несколько возрастает, а в феврале она уже примерно в два раза больше (чем в декабре) для Полесья и Лесостепи (65—70 ч в месяц) и почти в 2,5—3 раза для Степи и Крыма.

Начиная с марта с увеличением дня и уменьшением облачности ПСС интенсивно растет, достигая в июле наибольших значений.

В среднем за год ПСС наибольших значений достигает на побережьях морей и составляет 2300—2400 ч (исключая Геническ — 1990 ч), наименьшие годовые ве-

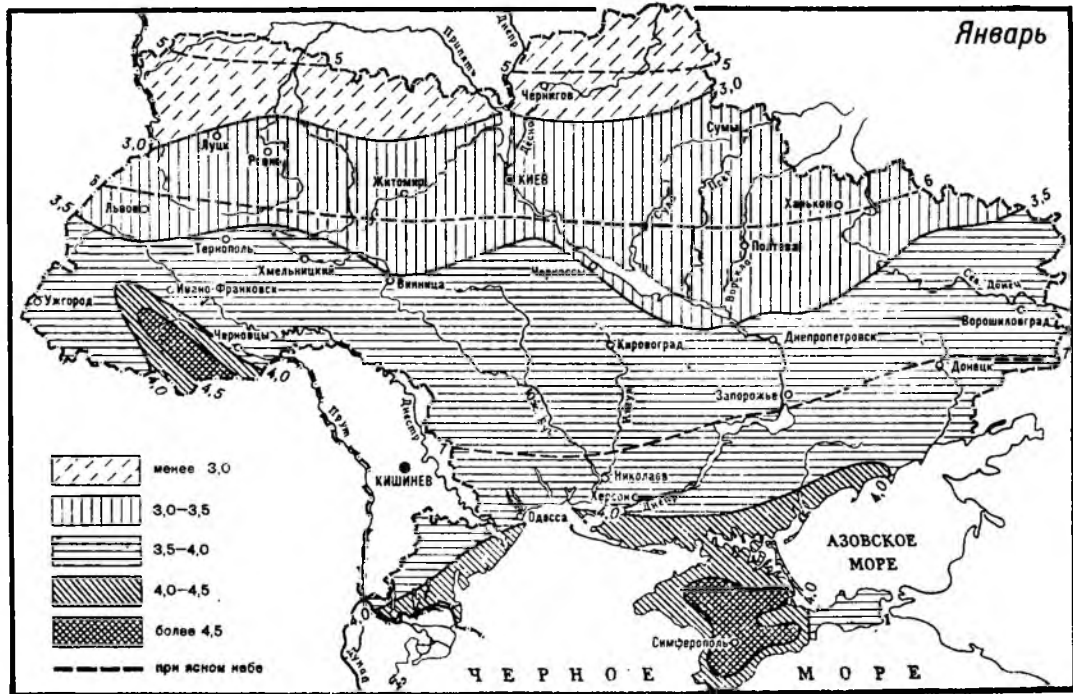


Рис. 16

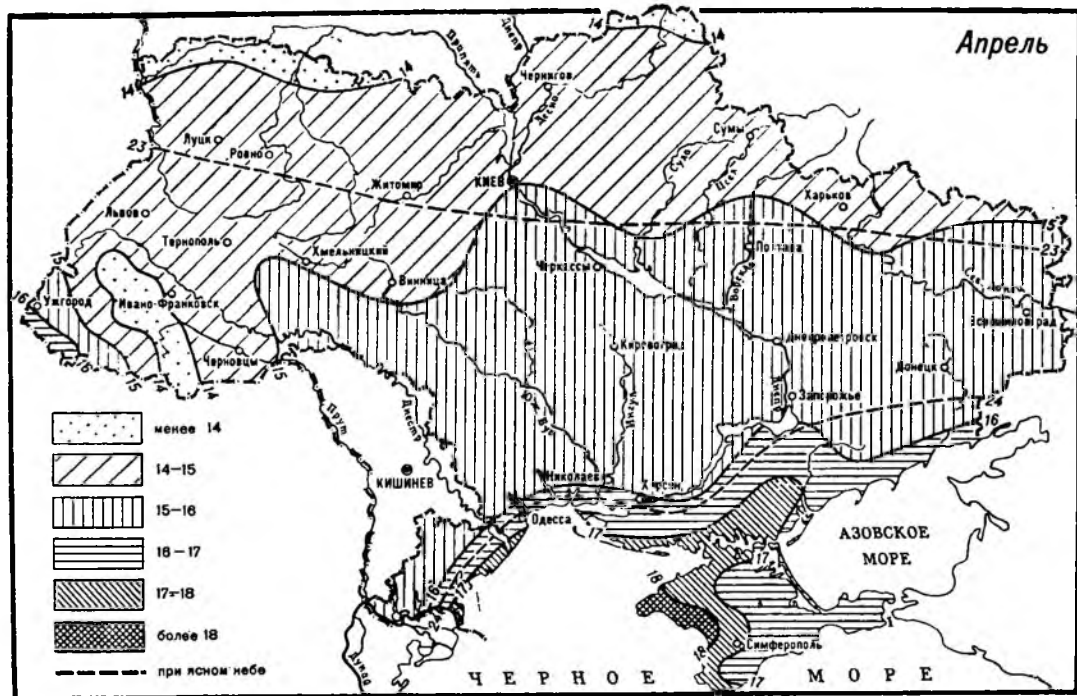


Рис. 2.

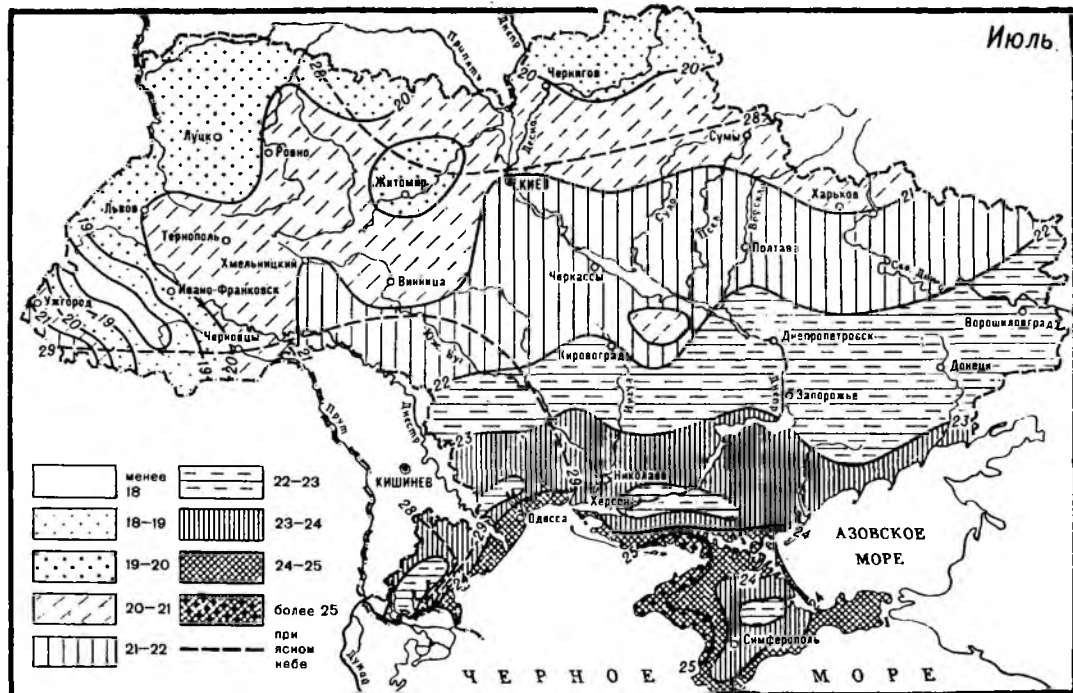


Рис. 3.

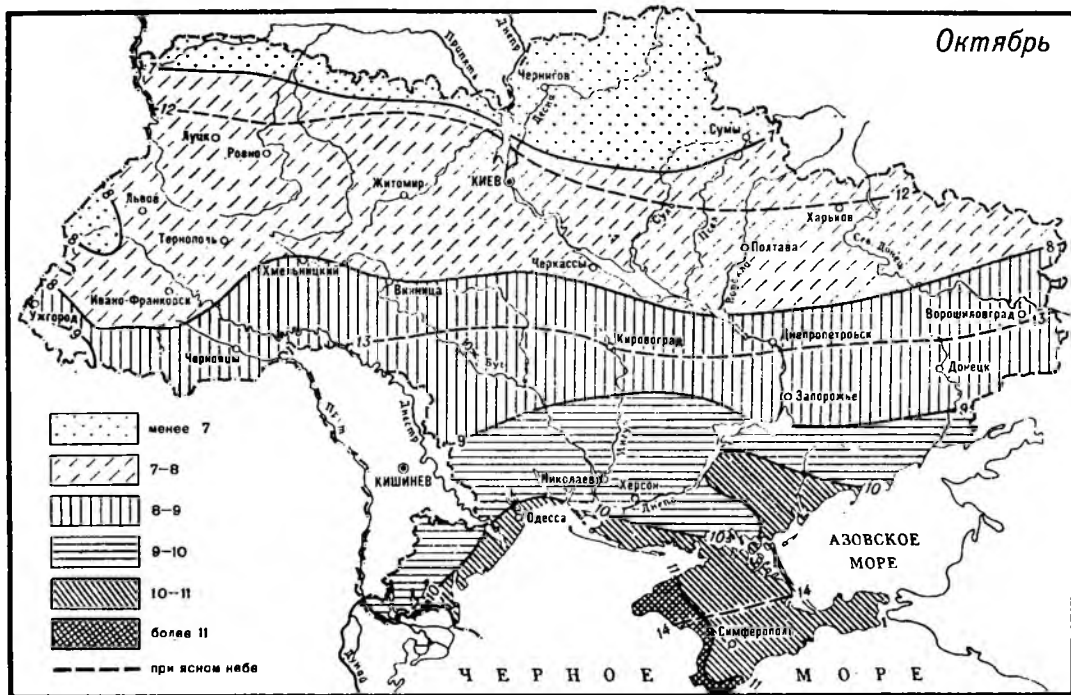


Рис. 4.

личины ПСС наблюдаются в западных районах Полесья и Лесостепи (1800—1900 ч).

Очень важным фактором для работы гелиоустановок являются продолжительность облучения солнечной радиацией и тепловая инерция гелиоустановки (время разогрева установки до рабочей температуры). Например, время разогревания до рабочей температуры для солнечной кухни, солнечных водонагревателей, солнечных опреснителей соответственно составляет: 15—20 мин, около 1,5 ч и около 2 ч.

В Карпатах продолжительность солнечного сияния (инсоляции) летом в 1,5—3 раза больше, чем зимой, при этом в горных районах с увеличением высоты местности она уменьшается. С декабря по февраль длительность инсоляции по абсолютному значению наименьшая за год, однако продолжительность солнечного сияния на возвышенных местах в среднегорной части в 1,5 раза больше, чем в предгорных, расположенных ниже местностях.

Решающее влияние на выявленные особенности в режиме облачности и соответственно солнечного сияния оказывают орография и условия атмосферной циркуляции в масштабе континента.

Влияние Карпатских гор на особенности радиационного режима проявляется в том, что зоны равных Q , эффективного излучения и радиационного баланса (разность между поглощенной суммарной радиацией и эффективным излучением земной поверхности) размещаются параллельно горному хребту, отклоняясь от широтного направления на равнине. Здесь же, в горных районах и на северо-восточных склонах Карпат, отмечаются минимальные для СССР годовые значения суммарной и поглощенной радиаций, эффективного излучения и относительного минимума радиационного баланса.

Известно, что величина Q с увеличением высоты местности до 200 м практически не растет, так как рост прямой солнечной радиации компенсируется уменьшением рассеянной. При подъеме до 1000 м рост Q зависит от положения слоя (верхней границы) дымки. Если последняя расположена выше 1000 м, то Q в этом слое повышается на 1—2 %, при высоте дымки ниже этого уровня Q увеличивается на 8—10 %.

На суммарную радиацию в холодное полугодие существенно влияет альbedo (отношение количества лучистой энергии солнца, отраженной от поверхности какого-либо тела, к количеству энергии, падающей на эту

поверхность) подстилающей поверхности, изменяющееся в зависимости от устойчивости снежного покрова. Если снежный покров лежит весь месяц, суммарная радиация вырастает на 27 % (по сравнению с условиями бесснежной зимы и одинаковой облачности); если снег лежит 20 дней, она увеличивается на 9 %, а если 15 дней — на 5 %.

Таким образом, горный характер рельефа и особенности крупномасштабной атмосферной циркуляции определяют фактический радиационный режим рассматриваемой территории, создавая на относительно небольшой площади заметные различия в распределении радиационного баланса и его составляющих и оказывая влияние на радиационный режим прилегающих территорий.

В целом же радиационный режим территории Украины, особенно ее южных районов, благоприятен для практического использования солнечной энергии.

2. Солнечный дом

В последнее десятилетие опять возрос интерес к использованию солнечной энергии для отопления жилых и общественных зданий. Во многих странах построены сотни опытных зданий различного назначения с солнечным отоплением. Серийно выпускаются комплекты бытовых гелиосистем, предназначенных для обогрева жилищ и иных хозяйственных нужд.

В нашей стране, в соответствии с долгосрочной Энергетической программой, предусматривается всемерное использование возобновляющихся источников энергии и прежде всего солнечной. Климатические условия наших южных республик позволяют применять гелиотеплоснабжение в районах, расположенных южнее 50° с. ш. Здесь успешно эксплуатируется немалое число гелиоустановок. Но большая часть территории СССР расположена севернее 50° с. ш., а солнечная радиация здесь не столь интенсивна. Достаточно ли ее для отопления жилых домов?

Вот цифры, иллюстрирующие возможность использования солнечной энергии в районах Нечерноземья: среднее значение суммарной солнечной радиации, поступающей за сутки на 20 м^2 горизонтальной поверхности, составляет 200—240 Дж. Это соответствует затратам энергии на отопление дома с полезной площадью 60 м^2 .

Значительный опыт использования солнечной энергии в умеренных широтах накоплен в Скандинавских странах. Разработаны проекты для Аляски и Севера Канады.

Природно-климатические условия этих регионов вполне сопоставимы с условиями средней полосы СССР.

В Московском архитектурном институте в течение ряда лет ведутся разработки установок для применения энергии Солнца при отоплении зданий. В 1982 г. осуществлен эксперимент, в котором рассматривалась возможность использования гелиосистемы в небольшом сезонно обитаемом жилом доме (рис. 5).

Анализ отечественного и зарубежного опыта проектирования «солнечных» домов показал, что для условий эксплуатации сезонно обитаемого жилища средней полосы наиболее подходящей является воздушная система теплоснабжения. Воздух нагревается в солнечном коллекторе и по воздуховодам подается в жилое помещение. Удобство применения воздушного теплоносителя по сравнению с жидкостным очевидно: нет опасности, что система в зимнее время замерзнет, нет нужды в трубах и кранах. Отсюда простота и дешевизна, возможность изготовления гелиосистемы своими силами. Проигрыш — невысокая теплоемкость воздуха.

Неравномерность притока солнечной радиации в течение суток, желание обогревать дом ночью и в пасмурный день диктуют необходимость устройства теплового аккумулятора. Днем он накапливает тепловую энергию, а ночью отдает. Для работы с воздушным коллектором наиболее рациональным считается гравийно-галечный аккумулятор. Он дешев, прост в строительстве. Гравийную засыпку можно разместить в теплоизолированной углубленной цокольной части дома. Теплый воздух нагревается в аккумулятор с помощью маломощного оконного вентилятора. Для небольшого дома, показанного на рисунке, объем засыпки составляет от 3 до 6 м³.

Система солнечного теплоснабжения дома работает в трех режимах: отопление от коллектора, аккумулярование тепловой энергии и отопление от аккумулятора. В холодные солнечные дни нагретый в коллекторе воздух поднимается и через отверстия у потолка поступает в помещение. Циркуляция воздуха идет за счет естественной конвекции. В ясные теплые дни горячий воздух забирается из верхней зоны коллектора и с помощью вентилятора прокачивается через гравий, заряжая тепловой аккумулятор. Для ночного отопления и при пасмурной погоде воздух из помещения прогоняется через аккумулятор и возвращается в комнаты уже подогретым. Бак горячей воды, расположенный в застекленном теп-

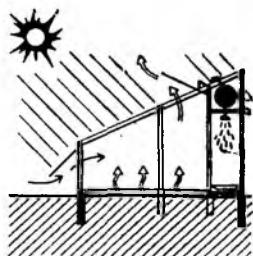
лоизолированном отсеке теплицы над душевой, нагревается непосредственно солнечными лучами. Понятно, что такая гелиосистема лишь частично обеспечивает потребность в отоплении. Расчеты показывают, что сезонная экономия топлива за счет комплексного использования солнечной энергии может достигать 50%.

3. Солнечная радиация служит людям

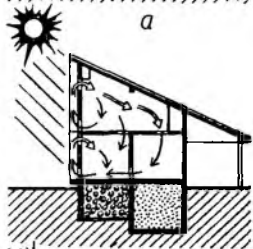
Широко используется солнечная радиация во Вьетнаме, в стране, где много солнечных дней. Солнечные лучи приносят 6,5—7,5 Дж тепла на каждый квадратный сантиметр в минуту. В южной части страны за год насчитывается 2300—2500 ч интенсивного солнечного сияния. Это тепло используется даже в промышленных масштабах, например на заводах железобетонных конструкций для ускорения затвердевания бетона. Первые опыты проведены в 1981 г. на Ханойском заводе железобетонных конструкций. Солнечные осушители дали за год экономию угля по 110—140 кг на каждый квадратный метр бетонных полос. Высвободились паровые установки для обогрева ферм, общие затраты снизились на 8—10%. В то же время атмосфера меньше загрязняется дымом от сгорания угля.

У нас в стране солнечная радиация используется главным образом в среднеазиатских республиках для нагревания воды, работы опреснителей. Началось строительство гелиоэлектростанций.

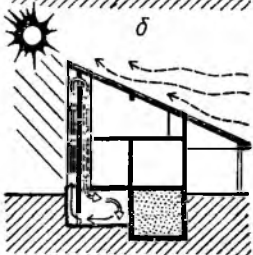
Как указывалось выше, в Крыму ведется строи-



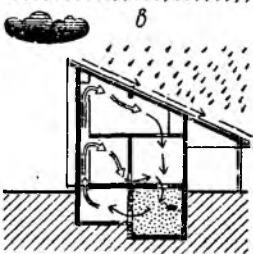
a



б



б



г

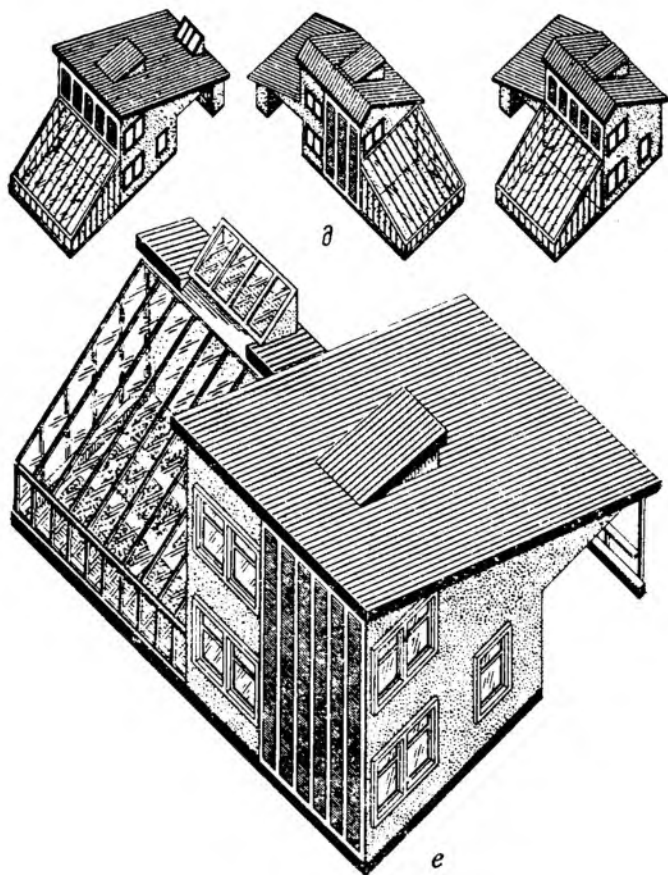


Рис. 5. Солнечный дом:

а — обогрев теплицы; *б* — отопление от воздушного солнечного коллектора; *в* — зарядка теплового аккумулятора; *г* — варианты блокировки дсма, теплицы и навеса для автомашины; *е* — жилище с солнечным теплоснабжением для центрального района европейской части СССР

тельство экспериментальной солнечной электростанции с предполагаемой мощностью 5 тыс. кВт. Отражатель солнечных лучей (гелиостат) будет состоять из 1600 зеркал с общей площадью зеркальной поверхности около 40 тыс. м². Солнечные лучи будут фокусироваться на солнечном парогенераторе.

Интересно использование солнечных батарей на искусственных спутниках Земли и космических кораблях.

Научно-производственное объединение «Солнце» в Туркмении использует солнечное тепло в широких масштабах. Так, солнечная энергия, собранная с площади несколько сот квадратных метров и превращенная в электричество, может за один день поднять тонну воды из колодца глубиной до двадцати метров. Водоподъемники проходили испытание в аулах, где еще недавно воду из колодцев в кожаных мешках вытягивали с помощью мышечной энергии верблюдов.

Использование солнечной энергии — принципиально новый подход к освоению пустынь. Представьте себе картину: в окружении песчаных барханов расположена зеленая долина, в которой живут со своими семьями чабаны. У них горячая и холодная вода, электричество...

Такое можно наблюдать в урочище Черкезли. За такыром — закаменевшим, потрескавшимся глинистым полем — белые домики чабанов. Овцы шумно обходят непривычное для пустыни сооружение опреснителя, торопятся на водопой. Опреснитель со стороны очень походит на парники. С той лишь разницей, что заставленные рамы имеют точно выверенный угол наклона. Принцип его работы удивительно прост. Горько-соленая вода подается из огромного железобетонного резервуара в лотки. А дальше все делает Солнце. Нагреваясь в лотках, вода испаряется, водяной пар осаждается на внутренней поверхности рам, конденсируется и стекает по желобкам в специальные сосуды. В летний период такая установка дает до четырех кубометров чистой дистиллированной воды в сутки. Кубометр опресненной воды в Черкезли стоит 3 руб., привозной — 5 руб.

В Туркмении, Узбекистане и в других республиках предполагается установить бассейны с подогретой водой для выращивания хлореллы. Добавление сухой массы микроводорослей в корм приводит к заметному увеличению продуктивности скота.

Не случайно эксперимент проводится в Черкезли. Вблизи урочища нет ни линий электропередачи, ни асфальтированной дороги. Гелиоустановка, работающая на солнечной энергии, должна создавать не просто сносные, а в определенной степени даже комфортные условия для работающих в пустыне людей. В связи с этим, прежде чем приступить к массовому внедрению подобных проектов, необходимо закончить эксперимент в Черкезли, чтобы точно знать, можно ли полностью обеспечить

водой и кормами отару овец в замкнутом урочище посреди пустыни. Для Туркменской ССР это очень важно, особенно сейчас, при переходе на новую организацию животноводства в условиях пустыни.

Гелиостаты, поставленные на берегах Нила, дают энергию для приборов на станциях, регулирующих уровень воды в реке после пуска в эксплуатацию Асуанской гидроэлектростанции. Сейчас работают пять таких измерительных станций.

Обычно гелиотеплоснабжение применяется в южных странах, расположенных южнее $45-50^\circ$ с. ш. В нашей стране в институте «Якутсельпроект» также создан проект дома, обогревать который должно солнце. Эксперимент проводится в поселке Маган близ Якутска с помощью гелиоколлекторов, серийное производство которых освоил Братский завод отопительного оборудования. Решено их размещать на крышах зданий.

Гелиоколлектор — плоская металлическая панель с загнутыми краями, которая наполняется водой, а сверху закрывается прозрачным стеклом. Вода нагревается до ста градусов. Кипяток отдает тепло циркулирующей в аппаратах воде. По трубам она поступает в квартиры. Такая установка обогревает и обеспечивает горячей водой даже в пасмурную погоду и ночью. Площадь каждой панели — 0,8 квадратного метра, мощность — более четырех ватт.

Смонтированная в Крымской области такая экспериментальная установка в сутки дает столько тепла, сколько получают при расходовании 2000 кВт·ч электроэнергии.

Солнечные радиаторы испытывались в разных районах страны — от Таджикистана до Владивостока. В межколхозном санатории «Барлык-Арасан» на берегу соленого озера Алаколь в Семипалатинской области гелиоблоки используются для горячего водоснабжения.

Ученые определили: гелиоустановки экономически выгодно использовать и при морозах до восемнадцати градусов. В условиях бездорожья завоз топлива в отдаленные районы обходится очень дорого. В холодные дни, при низкой интенсивности солнечной радиации необходимо подключать дублирующие системы отопления. С помощью гелиоблоков уменьшается расход топлива на 15—25 процентов. Смонтировать их нетрудно на крыше или обращенной к солнцу стене здания. Они готовы исправно нести службу в пустыне, тундре, в неприступ-

ных горах, лагерях геологов или археологов, на полевом стане.

Новые агрегаты можно эксплуатировать в комплексе с традиционными автоматизированными котельными установками, которые действуют сейчас в поселках разведчиков недр, добытчиков нефти и газа Сибири, на Байкало-Амурской магистрали. Солнечные радиаторы летом пригодятся и для деревенской избы, и для садового домика.

На территории деревообрабатывающего комбината в г. Питешти (Румыния) построена промышленная установка, использующая для сушки древесины солнечное тепло. Оборудование создано инженерами местного научно-исследовательского института. В пасмурные дни и темное время суток оборудование переключается на другие источники питания. Специалисты подсчитали, что за счет использования солнечного тепла предприятие экономит около 20 % топлива. Затем энергию Солнца стали использовать деревообделочники в уезде Сучава.

В Монгольской Народной Республике более 200 семей чабанов, кочующих на бескрайних просторах Гоби, получают комплекты солнечных батарей. С помощью этих батарей можно приводить в действие радиоаппаратуру, освещать юрты люминесцентными лампами. Установки просты, не требуют постоянного ухода, способны безотказно служить десятки лет. Созданы они были в Улан-Баторском институте физики и техники Академии наук МНР. Первые образцы батарей успешно испытаны в хозяйствах Южно-Гобийского и Восточно-Гобийского аймаков. Теперь начат их серийный выпуск. Сейчас проектируются агрегаты, которые, преобразовывая солнечную энергию в механическую, будут приводить в действие моторы для стрижки овец, подъема воды из колодцев, ее подогрева.

Монгольские ученые поддерживают постоянные контакты с советскими партнерами. Они совместно обсуждают результаты проводимых испытаний, планы дальнейших исследований. Специалисты двух стран отработывают проект нового производственного корпуса, который будет ежегодно выпускать сотни комплектов солнечных установок для животноводческих стойбищ.



Рис. 6. Памятники науки и техники Литовской ССР. Перлаукская ветряная мельница голландского типа XIX в. (Елгавский район)

III. НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА

Приближающаяся угроза топливного «голода» вынуждает многие страны с новых позиций обратить внимание на энергию солнечных лучей, ветра, текущей воды, тепла земных недр, т. е. на энергию, большая часть которой растворяется в пространстве, не принося ни вреда, ни пользы (рис. 6). С разных концов земного шара приходят все новые и новые сообщения об использовании даровой энергии ветра в практических целях.

1. Укрощение ветра

Вполне возможно, что уже в XX в. глобальная проблема энергоснабжения будет частично решена с помощью более широкого использования энергии ветра. Уже в 1981 г. энергия ветра начала использоваться в быстрорастущих масштабах. Смелые и в большинстве своем успешные научные исследования и опытно-конструкторские разработки, осуществленные в этой области в 70-х годах, способствовали возникновению целого ряда коммерческих предприятий и программ, направленных на рентабельное использование энергии ветра. После полувекового перерыва во многих странах опять началась установка многочисленных ветряных двигателей. Все это основывается на результатах недавно проведенных исследований, которые доказали, что ветер может служить в качестве практического и потенциально значимого источника электрической и механической энергии.

Используя древнюю идею и современные принципы аэронавтики, электротехники и материаловедения, ученые и конструкторы разработали технологию укрощения

ветра. Она представляет собой синтез старого и нового. Современные ветряные двигатели чрезвычайно разнообразны — от простейших водяных насосов, выполненных из дерева и ткани, до силовых турбин длиной до 100 м с лопастями из стекловолокна. Ветряные двигатели изготавливаются с учетом их использования в различных климатических условиях и районах, причем их конструкция непрерывно и быстро совершенствуется.

Ветряные двигатели имеют наибольший спрос в районах, где использование дизельных двигателей и небольших электросетей для передачи и получения электроэнергии стоит дорого.

В Австралии, некоторых районах Африки, Азии и Латинской Америки приводимые в действие ветром насосы для полива полей переживают период возрождения. Вероятно, потребуется немного времени, чтобы крупные ветряные турбины внесли свой заметный вклад в общее производство энергии. В конструкции новых ветряных турбин применяются все новшества, достигнутые в смежных отраслях за последние несколько десятилетий. Экономические анализы и результаты испытаний показывают, что производство турбин на промышленной основе сделает их рентабельными для выработки электроэнергии.

Многие страны могли бы с успехом использовать ветер для удовлетворения значительной доли своих потребностей в электроэнергии; в некоторых из них серьезно приступили к оценкам ресурсов энергии ветра. В СССР, США и некоторых других странах всерьез занялись исследованиями в этой области. Если в середине 70-х годов всего лишь шесть-семь стран занимались исследованиями в области использования энергии ветра, то сейчас это количество удвоилось. Конференция ООН по новым и возобновляемым источникам энергии (август, 1981) явилась весьма значимым событием в эволюции использования энергии ветра. Результат конференции — создание соответствующих государственных и международных программ.

Вполне возможно, что десятки миллионов малогабаритных ветряных турбин и насосов будут вскоре успешно функционировать в сельских местностях, а комплексы крупных ветряных двигателей, наряду с другим оборудованием, внесут свой достойный вклад в энергообеспечение городов. Ветер никогда не сможет стать основным источником электроэнергии, однако в сочетании

с расширенным использованием гидроэнергии и других возобновляемых источников его можно будет с успехом применять для удовлетворения большей части дополнительных потребностей в электроэнергии. К началу XXI в. многие страны смогли бы производить 20—30 % электроэнергии с помощью ветра.

Ветер фактически является одной из форм солнечной энергии. Солнечные лучи неравномерно падают на поверхность Земли, при этом определенные участки атмосферы нагреваются больше других. Поскольку теплый воздух легче холодного и стремится подняться вверх, то движение воздуха является результатом подобного неравномерного нагрева. Около 2 % падающего на поверхность земли тепла превращается в кинетическую энергию ветра, обладающую значительно бóльшим потенциалом по сравнению с общим количеством потребляемой энергии во всем мире в течение года. Ветряные потоки являются двигателем мировой системы бурь, они приносят дождь в засушливые районы, вызывают разрушительные ураганы и торнадо. Ветер — это животворящая и разрушительная сила, вот почему о нем столько говорилось в мифах и религиозных сказаниях.

Человек может потреблять очень малую часть энергии ветра. Наибольшие скорости ветряных потоков в основном наблюдаются на значительной высоте или над океанами, что затрудняет их использование. Даже реализация самых смелых проектов даст возможность использовать весьма незначительную часть энергоресурсов ветра. Несмотря на это ветер является наиболее щедрой и легко доступной формой солнечной энергии. Источник этот постоянно возобновляем и неистощим для практического применения.

Несомненно, идея укрощения ветра вовсе не нова. В Древнем Египте, как свидетельствуют материалы археологических раскопок, вдоль морского побережья высилось несколько ветряных двигателей, каждый из которых мог работать только при одном, определенном направлении ветра. И в зависимости от смены направления ветра установки работали по очереди. В писании средневековых арабов упоминаются примитивные ветряные двигатели в Персии в VII в. Их изобрели еще во II в. до нашей эры для перемалывания зерна, а затем они распространились на Ближний Восток. Подобные механизмы были изобретены и в Китае по крайней мере уже 2000 лет тому назад.

В Европе ветряные мельницы впервые были использованы в XII в., очевидно, возвратившимися после походов крестоносцами. Эти механизмы вскоре стали чрезвычайно популярными в средневековой Европе.

Во времена Ивана Грозного русские умельцы создали шатровую конструкцию ветряной мельницы, в которой ее верхушка сама поворачивалась по направлению ветра.

В 1721 г. Петр I именным приказом повелел «...построить в Петергофе ветряную мельницу и амбар, в котором пиловать и полировать камень мраморовый и другой всякий камень, кроме дикого камня».

В начале XIX в. интенсивность использования энергии ветра в европейской промышленности пошла на убыль. Паровые машины, работающие на угле, стали экономически выгодной их заменой.

Ветряной электродвигатель был разработан неизвестным датским инженером в 1890 г. (т. е. сразу же после того, как паровой двигатель впервые выработал электроэнергию), после чего открылись новые перспективы использования энергии ветра — начиная от выработки электроэнергии для ламп накаливания и кончая приведением в действие промышленного оборудования.

До начала XX в. строительство ветряных двигателей в России было делом практиков. Каждый из конструкторов полагался только на собственный опыт. Но вот этим делом занялся великий русский ученый Н. Е. Жуковский. В стенах Центрального аэрогидродинамического института (ЦАГИ) им была разработана теория совершенного ветродвигателя. У Жуковского было много учеников, которые конструировали десятки самых различных ветродвигателей — простых, дешевых и удобных в работе. Но необходим был двигатель, который работал бы независимо от скорости и направления ветра.

Мощность современных ветродвигателей колеблется от десятков до нескольких тысяч киловатт. Применяют их для самых различных работ: освещения, перемалывания зерна, орошения полей, осушения болот, работы лесопилок и других машин.

Нынешнее возрождение интереса к энергии ветра имеет непосредственное отношение к резкому повышению цен на нефть; появились десятки компаний — изготовителей небольших ветряных двигателей, а исследования по созданию более крупного и сложного оборудования проводятся как на деловом, так и на государственном уровнях. Все это убеждает в том, что ветряные турбины

и механические ветряные мельницы смогут в действительности стать значимым и экономичным источником энергии в будущем.

Основное достоинство ветряных двигателей заключается в том, что их производство требует сравнительно незначительных затрат. Уже сегодня оборудование обладает неплохой экономической конкурентоспособностью в тех районах мира, где преобладают высокие цены на горючее.

Интенсивность работы ветряных энергодвигателей в основном зависит от скорости ветра. Изменение скорости на 1 м/с значительно влияет на работу всего энергетического комплекса. Среднегодовая скорость ветра в разных районах земного шара различна. Для многих районов она составляет 5 м/с, чего вполне достаточно для функционирования ветряных электродвигателей. Механические ветряные насосы способны успешно работать в районах со среднегодовой скоростью ветра около 3 м/с. Такие географические зоны охватывают едва ли не всю планету.

Почему же энергетики надолго забыли о ветряных двигателях? Считалось, что ветер не может конкурировать с ГЭС, ТЭС, а тем более АЭС. Как не удивительно, может! С определенных позиций, конечно. Сначала несколько цифр. Если бы можно было «запрячь» все ветры, которые гуляют над территорией нашей страны, то они могли бы давать ежечасно 20—25 млрд. кВт · ч энергии. А все действующие электростанции Советского Союза, вместе взятые, дают 300 млн. кВт · ч. Невозможно заставить работать все ветры, «приручить» же какую-то их часть просто необходимо. Но у ветра непостоянный характер. Его скорость легко и быстро изменяется во времени и в пространстве. Она меняется также в зависимости от времени года и даже суток. Энергия ветра может с большим успехом использоваться в Европе, где максимальный расход электроэнергии приходится на зимний период, время наиболее интенсивных ветров. В США использование ветра менее эффективно из-за продолжительных периодов затишья (особенно летом). Говоря языком географов, энергия ветра наиболее ценна там, где живут люди и расход энергии велик. Колоссальный энергопотенциал ветра в Гималаях вряд ли когда-либо будет использоваться в широких масштабах.

Разработка такого источника энергии, как ветер, сопряжена с большими трудностями, однако ни измен-

чивость ветра, ни область его действия не могут рассматриваться в качестве непреодолимых препятствий, как считалось в прошлом. Во многих населенных районах ветер считается достаточно постоянным для того, чтобы служить в качестве надежного источника энергии. С помощью недавно разработанных аналитических методов можно легко определить потенциальную ценность энергии ветра. До сего времени было проведено всего лишь несколько таких анализов, но их результаты обнадеживают. Среднегодовая скорость ветра на континентах Земли составляет примерно 3,5 м/с. Всего лишь горстка стран страдает безветрием. В некоторых местах энергopotенциал ветра превышает солнечный частично потому, что ветер дует не только днем, но и ночью.

Доступность использования энергии ветра не везде одинакова, и весьма важно, чтобы в каждой стране более четко представляли себе размеры энергоресурсов ветра и их распределение. Первоначальные оценки, проведенные в Северной Америке и Западной Европе, показывают, что в большинстве северных умеренных районов существуют благоприятные условия для использования энергии ветра, причем некоторые места (такие, как горные перевалы и прибрежные зоны) особенно удобны для использования ветряных двигателей. Предварительные данные свидетельствуют, что ветер можно с успехом укрощать и во многих тропических странах, расположенных в поясе пассатов, наиболее устойчивых и постоянных ветров в мире. В Центральной Африке, на юго-востоке США и в некоторых других районах энергopotенциал ветра относительно низкий.

Важным шагом для большинства стран является определение районов с благоприятными метеорологическими условиями для установки ветряных двигателей. Выбор довольно велик, поскольку ветер можно укрощать с помощью самых разнообразных механизмов в зависимости от существующего режима ветра. Так, в скотоводческих районах, где вода для орошения или скота является первой необходимостью, наиболее целесообразно использовать механические ветряные насосы. В сельской местности, где преобладают сильные ветры, небольшие хозяйства и предприятия могут с успехом использовать малогабаритные ветряные турбины. Крупные ветряные турбины желательно устанавливать в местностях, прилегающих к крупным населенным пунктам.

2. Возрождение ветряных двигателей

В последнее время возникла необходимость в более дешевом способе добычи воды (она в основном добывается с помощью дизельных и электрических насосов), необходимой для орошения, скота и хозяйственных нужд, особенно в развивающихся странах. Ветряные насосы представляют собой хорошо изученный и апробированный вид оборудования, который может с успехом использоваться в районах со средней скоростью ветра не более 3 м/с для снабжения водой небольших ферм и отдельных зданий. Потребители могут запастись водой и хранить ее в цистернах во время безветрия.

В настоящее время во всем мире функционирует около миллиона механических ветряных насосов; большинство из них находятся в Аргентине, Австралии и США, где в основном используются для хозяйственных нужд. Не существует точных оценок количества энергии, вырабатываемого этими установками, однако, по всей вероятности, оно невелико. Механические ветряные двигатели обычно имеют мощность менее 0,5 кВт. В сумме это составит несколько сотен тысяч киловатт энергии, т. е. примерно мощность одной крупной ТЭЦ. Несмотря на подобные скромные показатели, механические ветряные насосы играют ключевую роль во многих районах, где добыча с их помощью воды является единственным экономичным способом. В большинстве ветряных двигателей используется от 4 до 20 лопастей. Энергия ветра передается с помощью приводного вала в насосный механизм, расположенный в нижней части системы. В зависимости от наличия необходимых материалов, двигатели могут выполняться из пластмассы, металла, ткани, дерева или их сочетаний. Наиболее распространенным ветряным насосом сегодня является многолопастный двигатель вентиляторного типа. Горизонтально-осевая конструкция, претерпевшая незначительные изменения со времени изобретения в XIX в., отличается повышенной прочностью и может успешно функционировать, даже если скорость ветра не превышает 4 м/с. Большинство узлов двигателя, включая лопасти, выполнены из металла. Их производят не только в Аргентине, Австралии и США, но и в Новой Зеландии, Филиппинах и ФРГ.

Дизельные насосы, получившие прежде широкое распространение в сельских районах стран Азии, Африки и Латинской Америки, малоэффективны в работе и дорогостоящи. Механические ветряные насосы являются их наиболее жизнеспособной заменой в ближайшем будущем. Уже сегодня с помощью ветряных насосов, функционирующих в районах со скоростью ветра 4 м/с, осуществлять добычу воды из колодцев на 50 % дешевле, чем с помощью дизельных. Недавние исследования, проведенные в Индии, показали, что даже в сравнительно безветренных районах использование ветряных насосов обходится дешевле, чем дизельных. Однако необходимо продолжать разработку новых конструкций, отвечающих местным условиям и нуждам. В последние годы проведен большой объем исследований в этой области.

Еще большую роль в использовании энергии ветра играют ветряные мельницы новых и усовершенствованных конструкций.

Парусоподобное крыло критской ветряной мельницы, впервые созданной на островах Эгейского моря и сейчас используемой в нескольких странах Средиземноморья, представляет собой конструкцию, которой уделялось много внимания. Эта горизонтально-осевая ветряная мельница включает в себя ротор с несколькими металлическими или деревянными спицами, между которыми натянуты матерчатые паруса, причем последние фактически служат в качестве лопастей. Лопастни критских мельниц обычно имеют от 3 до 6 метров в диаметре. Паруса можно свернуть или снять во время чрезмерно сильного ветра. Хотя ткань необходимо менять каждые 2—3 года, все остальные узлы могут успешно работать 10—15 лет при удачном исполнении. Тысячи подобных мельниц до сих пор используются для орошения в засушливых районах Средиземноморья. Подобный тип двигателя нашел широкое применение в Таиланде, где паруса делаются из бамбуковых матов. Несколько тысяч таких двигателей применяют для орошения рисовых полей.

Исследователей особенно интересуют мельницы с парусообразными крыльями, поскольку для их производства можно широко использовать местные материалы. Усовершенствованные варианты подобных мельниц изготовлены в Колумбии, Эфиопии, Гамбии и Индии. На строительном объекте вблизи реки Омо (Эфиопия) эффективность работы парусообразных крыльев значительно повысилась в результате использования критской конструк-

ции и насоса двойного действия. Подобные двигатели испытаны недавно в Канаде, Малайзии и Шри Ланке. Индийская национальная аэролаборатория построила мельницу с парусообразными крыльями диаметром 10 м.

Еще одной усовершенствованной конструкцией, основанной на принципе традиционной ветряной мельницы, является ротор Савониуса. Он представляет собой вертикально-осевое устройство, выполненное из двух полусфер (типа анемометрических чашек), смонтированных вокруг перпендикулярного вала для захвата ветра. Само устройство относительно несложное и недорогое в изготовлении, однако оно малоэффективно в работе и обладает чрезмерной массой. Помимо этого, в роторе Савониуса отсутствует система защиты от сильного ветра, вследствие чего его необходимо крепить к прочным и устойчивым опорам. Несмотря на недостатки, у ротора Савониуса есть немало приверженцев, что подтверждается его использованием на различных объектах во многих странах.

В последние годы проекты по усовершенствованию ветряных мельниц в основном основывались на применении для изготовления лопастей таких дешевых и имеющихся в избытке материалов, как солома (тростник) и древесина.

Большие работы выполняет институт по развитию сельских районов «Лас Гавиотас» в Колумбии, финансируемый ООН и правительством Колумбии. Тамашние конструкторы потратили шесть лет на разработку надежного и недорогого ветряного насоса вентиляторного типа, способного функционировать при небольшой силе ветра, снабжать водой небольшие хозяйства и орошать их поля. Создано производство, выпускающее 1400 ветряных мельниц в год, а правительство взяло на себя функции их установки в сельских районах страны.

Группа ученых Англии также разработала конструкцию ветряной мельницы типа вентилятора. Эта установка больше по размерам и дороже колумбийской, однако она отличается высокой прочностью. Небольшая фирма в Кении уже начала производство этого двигателя и сбывает его местным скотоводам и строительным фирмам. Подобные установки вскоре начнут изготавливаться в Индии и Пакистане. Специалисты, однако, откровенно признают, что эти машины все еще слишком дороги для большинства крестьян в развивающихся странах

и в основном могут быть приобретены только зажиточными фермерами.

Необходимо проявлять определенную гибкость для достижения успеха в деле освоения энергии ветра в развивающихся странах. Производство оборудования должно концентрироваться в самой стране с целью обеспечения занятости, стимуляции заинтересованности и поддержки издержек производства на низком уровне, учитывая затраты на транспортировку материалов. Структура обслуживания оборудования и обеспечения запчастями также имеет немаловажное значение. Подготовка монтажников и ремонтников должна стать неотъемлемой частью таких работ.

Перспективы использования ветряных насосов как в развитых, так и в развивающихся странах весьма радужны. Спрос на них несомненно возрастает.

3. Превращение энергии ветра в электроэнергию

Основным условием превращения ветра в универсальный источник энергии является его использование для производства электроэнергии. Начиная с 70-х годов интерес к ветряным генераторам вновь возрос. Вполне возможно, что к концу XX в. малогабаритные ветряные турбины станут частью сельского пейзажа. Ветряные турбины, возможно, станут первым в своем роде видом оборудования, позволяющим производить значительную часть требуемой электроэнергии на местах.

Малогабаритные ветряные турбины весьма разнообразны по форме и размерам; они, как правило, выпускаются с мощностью от 1 до 15 кВт и диаметром лопастей менее 12 м. Жители обычного дома, расположенного в местности со средней скоростью ветра, превышающей 5,5 м/с, успешно удовлетворяют большинство своих потребностей в электроэнергии с помощью ветряной турбины мощностью от 3 до 5 кВт.

Несмотря на то что в последние годы процесс усовершенствования малогабаритных турбин ускорился, все же большая часть имеющегося ассортимента мало отличается от более ранних прототипов. За редким исключением, это горизонтально-осевые турбины, снабженные 2—4 тонкими лопастями пропеллерного типа, вращающимися с переменной скоростью в зависимости от силы

ветра. Большинство турбин ориентированы против ветра, хвостовик монтируется позади ротора. Некоторые модели ориентируются по ветру, при этом устраняется необходимость в хвостовике, но может возникнуть проблема турбулентности (неупорядоченные, вихревые движения ветра), поскольку ветер входит в соприкосновение с башней (опорой) до контакта с лопастями. Основными материалами для лопастей являются металл, дерево и стекловолокно.

До начала 70-х годов большинство малогабаритных ветряных турбин использовалось в отдаленных и труднодоступных для электрификации районах. Установки такого типа были небольшими по размеру, прочными, вырабатывали постоянный ток, который аккумулировался в батареях для использования в период безветрия. В настоящее время в мире функционирует около 20 тыс. турбин такого типа. Их можно увидеть на отдаленных постах пожарной охраны, аэродромах, затерянных ранчо в Австралии, бухах у побережья Чили, вблизи высокогорных швейцарских коттеджей. Предприятия, производящие этот вид турбин, можно найти в Австралии, Дании, Нидерландах, Швеции, США и т. д.

Спрос на турбины продолжает расти, особенно в развивающихся странах с неполной электрификацией. В тех местах, где потребности в электроэнергии невелики, использование ветряных турбин обходится дешевле дизельных электродвигателей, но значительно дороже, чем стоимость энергии в странах с централизованной системой подачи электроэнергии. Эти установки производятся в ограниченном количестве, их энергию необходимо хранить в батареях, а это обходится дорого.

В последние годы разработана система, которая может использоваться в сочетании с традиционными энергоустановками. Вместо выработки постоянного тока эти ветряные турбины нового типа подсоединяются к генератору переменного тока характерному для большинства электросетей. Другие установки для той же цели используют синхронный преобразователь. Этот принцип позволяет использовать центральные электросети наряду с ветряными электроэнергетическими установками. Электроэнергия в батареях не хранится, а при отсутствии ветра используется центральная электросеть. При достаточной же силе ветра и малой потребности избыточная электроэнергия возвращается в электросеть. Владелец ветроэнергетической установки становится как бы производителем

электроэнергии, а электросеть служит в качестве батареи для хранения электроэнергии.

Малогабаритные вертикально-осевые ветряные двигатели, несколько напоминающие по своей форме карусель, выпускаются одной английской фирмой и одной американской компанией. Распространены парусообразные турбины. Они снабжены двумя закругленными лопастями, выполненными из проволоки и ткани. Их считают перспективными. Испытываются и другие конструкции.

Использование ветряных турбин для подогрева воды с целью отопления представляет собой еще одну весьма перспективную идею, которой до сих пор уделялось недостаточно внимания. Недавно разработанные устройства, получившие название тепловых мешалок, непосредственно используют механическую энергию для подогрева воды. Они дешевле электрогенератора и хорошо функционируют в комплексе с вращающейся ветряной турбиной. Исследования показали, что в районах с интенсивным ветром подобные устройства дешевле электроотопления. Выгодно использовать их в Канаде и Северной Европе, где зимой наблюдаются сильные ветры, а система отопления является одним из основных потребителей энергии.

Хотя сам ветер может показаться по сути децентрализованным источником энергии, крупные централизованные ветроэнергетические системы смогут вырабатывать значительное количество энергии в грядущих десятилетиях. С начала 70-х годов инженеры в различных странах работают над созданием крупных ветряных турбин сложной конструкции. К концу нашего века целые комплексы, состоящие из 50 или более крупных ветряных турбин и называемые «ветряными фермами», возможно станут привычным зрелищем в некоторых районах мира.

Существует несколько причин, обуславливающих перспективность «ветряных ферм». Малогабаритные ветряные турбины, хотя и способны успешно функционировать в некоторых районах, оказываются малоэкономичными в других. Близлежащие холмы, деревья и иные препятствия значительно снижают их эффективность. Даже наиболее активные приверженцы малогабаритных турбин признают, что они никогда не будут устанавливаться, например, на крышах большинства домов в крупных городах и их пригородах. Ветер в таких местах зачастую недостаточно силен, а стоимость строительства высоких опор для его захвата слишком велика. И все же города и их пригороды могли бы получать электроэнергию с по-

мощью комплекса крупных ветряных турбин, смонтированных на близлежащем горном хребте или другом открытом месте, где сила ветра достаточно велика. «Ветряные фермы», быть может, — единственное средство полного освоения энергетического потенциала таких районов.

Технология производства крупных турбин сходна с аэрокосмической. Требуется тщательный технологический расчет. Лопастей турбин, как правило, должны иметь такую же длину, как крылья больших самолетов; их работой должны управлять ЭВМ. Напряжение на лопастях достигает громадных величин, поэтому необходима их прочность, способная противостоять наибольшей интенсивности ветра.

Крупногабаритный ветряной двигатель представляет собой установку мощностью 100 кВт и более. В настоящее время в трех странах (СССР, США и Канаде) разрабатываются несколько вариантов многомегаваттных ветряных двигателей, а также целый ряд установок мощностью от 200 до 1000 кВт. Ветряной двигатель мощностью 1 мВт способен обеспечить электроэнергией жителей около 400 девятиэтажных домов (10 тыс. жителей). Чтобы достичь мощности крупной действующей ныне ТЭЦ, потребовалось бы 250 ветряных турбин мощностью 4000 кВт каждая.

Установки имеют различные размеры и сочетают разнообразные технологии изготовления в зависимости от местных условий и конструктивных особенностей.

Несмотря на то что горизонтально-осевая конструкция является преобладающей, другой тип конструкции также заслуживает внимания. Разработан вертикально-осевой вариант, названный ветряной турбиной Дарриуса. Установка снабжена двумя-тремя изогнутыми алюминиевыми лопастями, вращающимися вокруг вертикального вала, соединенного трансмиссией с генератором на земле. Данная конструкция отлично функционирует в районах с высокой интенсивностью ветра, и одно из ее преимуществ заключается в том, что ротор не нужно поворачивать по направлению ветра. Недостатком конструкции является низкое по отношению к земле расположение лопастей, что приводит к несколько заниженной утилизации ветра. Лопастей должны выдерживать постоянно меняющуюся нагрузку потока ветра.

Технология производства крупногабаритных ветряных турбин все еще находится в начальной стадии. Необходимо решить целый ряд технических проблем, поскольку

ни одна конструкция не прошла долгосрочного апробирования. Специалисты все еще дискутируют о требуемом количестве лопастей, вариантах трансмиссий, о том, должны ли быть опоры гибкими или жесткими. Весьма важен вопрос об используемых при создании двигателей материалах, здесь на первом месте выступают надежность и экономичность. В настоящее время лопасти изготавливаются из стали, фанеры, стекловолокна или их сочетаний. Их стоимость составляет значительную долю общей стоимости установки.

Крупномасштабность проводимых в области строительства ветряных двигателей исследований является обнадеживающим фактором. Установки различной конструкции одновременно разрабатываются во многих странах, и временные неудачи никого не останавливают. Стимулирование развития этих исследований зависит от интенсивности обмена информацией и сравнений конструктивных особенностей двигателей.

Второе поколение ветряных двигателей сможет эффективно функционировать в районах со средней скоростью ветра, не превышающей 6 м/с. Это расширит круг районов, где возможна будет установка турбин. В некоторых странах мира количество мест, пригодных для установки «ветряных ферм», ограничено. Поэтому целесообразно устанавливать максимальное количество турбин на специально выбранных для этой цели площадках. Предварительные исследования в этой области были проведены в некоторых западноевропейских странах и СССР. Так, в Советском Союзе уже найдены исключительно благоприятно расположенные площадки для установки «ветряных ферм» в районе Баренцева моря и некоторых других местах.

Установка турбин в море является одним из целесообразных вариантов для прибрежных стран. Техническая осуществимость этого варианта изучалась в Великобритании. Район Северного моря имеет мелководный континентальный шельф. Средняя скорость ветра здесь достигает 9 м/с. Можно поставить плавучие платформы наподобие морских буровых и проложить подводный силовой кабель к релейной подстанции на берегу. Для Великобритании ветер Северного моря возможно станет в будущем соперником нефти, добываемой из моря. Кроме того, комплексы ветряных турбин имеют то преимущество, что могут быть созданы быстрее, чем обычная электростанция.

В конце 1985 г. состоялась встреча монгольских и советских специалистов в области практического использования ветровой энергии. На встрече были рассмотрены пути реализации совместно намеченной программы работ. Среднегодовая скорость ветра на большей части территории МНР составляет от 3 до 5 м/с, а в зоне Гоби превышает 5 м/с. В стране можно эффективно использовать небольшие ветряные двигатели и таким образом полностью обеспечить электроэнергией стойбища кочевников-животноводов. Эксперимент осуществлен в Южно-Гобийском аймаке. В 20 районах здесь установлены ветряные агрегаты, с помощью которых добывают воду из колодцев, подогревают ее, приводят в действие бытовую технику, освещают юрты. Во время работы двигателей часть энергии идет на зарядку аккумуляторов, которые включаются в безветренную погоду. Накопленный опыт будет широко применен и в других районах страны.

В ЧССР вскоре начнется серийное производство ветряных электростанций мощностью 100 Вт. От каждой такой установки будет заряжаться 12-вольтовая батарея, с которой ежегодно будут получать примерно 100 кВт · ч электроэнергии. Метеорологические условия для этого в Чехословакии достаточно благоприятные. Так, в Праге и Брно бывает только 50 безветренных дней за год, в Татрах — 25, в Северной Моравии — 21. Особенно необходимы новые агрегаты для труднодоступных районов.

Все шире в мировой практике используется установка вспомогательных парусов на судах торгового флота. В Японии, например, такие паруса установлены уже на восьми судах грузоподъемностью 600 т и более, планируется оснастить ими еще несколько кораблей, в том числе грузоподъемностью до 80 000 т. Намечается построить флот парусных судов-автоматов, караваны которых будут управляться с береговых станций и плавучих баз.

4. Использование ветровой энергии на Украине

Движущая сила ветра относится к маломощным источникам энергии. Например, по сравнению с потоком воды поток воздуха того же сечения и той же скорости имеет почти в 800 раз меньшую энергию.

Величина ветровой энергии очень непостоянна даже на протяжении суток, не говоря уже о продолжительных промежутках времени; и в течение малых промежутков

времени ветер дует порывами, которые следуют один за другим через несколько десятков секунд.

Это непостоянство величины и малая мощность снижают энергетическую эффективность ветра. Задача техники — построить такие приемники энергии ветра, которые могли бы ее максимально использовать, имели достаточную прочность и были бы просты в эксплуатации.

Распределение энергетических ресурсов ветра на Украине представлено на рис. 7—10.

Энергия ветрового потока зависит от скорости ветра и плотности воздуха; последняя определяется физическим состоянием и составом воздуха — температурой, давлением, содержанием в нем влаги. Количественное выражение энергии воздушного потока с поперечным сечением 1 м^2 при скорости v , м/с, температуре t , давлении B , мм, получаем из таких соображений: тело массой m , которое движется со скоростью v , имеет кинетическую энергию (E):

$$E = \frac{mv^2}{2},$$

где m — масса воздуха в объеме с поперечным сечением 1 м^2 ; v — скорость потока, м/с.

Для практических целей формулу можно упростить, принимая давление B близким к 760 мм. Тогда при температуре 0° формула будет иметь вид

$$E = \frac{1}{15,2} v^3 \text{ кгм} \cdot \text{с}^{-1}.$$

Если рассматривать температуру воздуха на территории УССР по сезонам, то можно принять ее равной для зимы -5° , для весны и осени $+10^\circ$ и для лета $+20^\circ$. Тогда выражение для энергии ветра, если считать давление воздуха близким к 760 мм, при указанных температурах будет соответственно следующим:

$$\text{при } -5^\circ E_{-5} = \frac{1}{14,9} v^3 \text{ (зима); } +10^\circ E_{10} = \frac{1}{15,8} v^3 \text{ (весна}$$
$$\text{и осень); } +20^\circ E_{20} = \frac{1}{16,4} v^3 \text{ (лето).}$$

Учигывая некоторую неточность при определении скорости ветра по флюгеру или анемометром, считаем, что поправку на температуру можно не вводить и принимать для числового множителя при v^3 величину, которая соответствует средней годовой температуре на Украине: $5-10^\circ$.

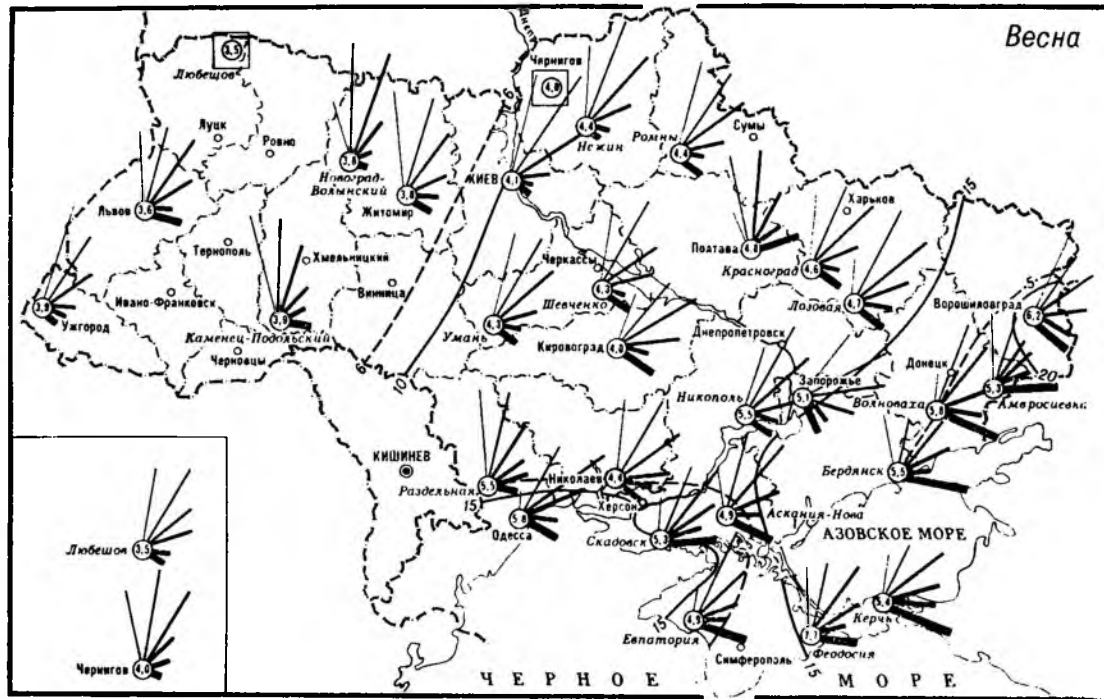


Рис. 8. Энергетические ресурсы ветра весной (обозначения см. рис. 7)

Как показывают теоретические исследования, ветродвигатели не могут использовать более 50 % этой энергии, а практически используют 30—40 % в зависимости от качества конструкции, легкости крыльев и др. Остаток энергии расходуется на завихрение потока за крыльями, трение и другие затраты. И все же ветровую энергию (после энергии движущейся воды) следует признать дешевой и выгодной. Там, где ее использование не связано с определенными сроками работы, она представляет собой очень полезный источник энергии и находит широкое применение. Использование ветродвигателей для различных работ в колхозах и совхозах в последние годы учитывается в хозяйственных планах. Причиной недостаточного внедрения ветродвигателей до сих пор было отсутствие их простых и дешевых конструкций. Теперь этому вопросу уделяется достаточно внимания. Разрабатываются соответствующие конструкции ветродвигателей.

Для каждого ветродвигателя существуют свои пределы рабочих скоростей ветра: (а) — слабый ветер, колесо не вертится; (б) — рабочие скорости ветра, при достижении верхнего предела которых двигатель может выйти из строя; (в) — слишком сильный ветер, при котором двигатель отключают во избежание поломок.

Составив карты распределения эффективных скоростей ветра, можно определить, в каких районах наиболее целесообразно устанавливать ветродвигатели того или иного типа. Например, на основании расчетов можно оценить, какую долю суммарной мощности теряет ветродвигатель за счет наличия скоростей ветра меньших нижней границы интервала рабочих скоростей (а) и какую — за счет наличия верхней границы — (в). Если повторяемость скоростей (а) больше (в), то следует рекомендовать устанавливать в данном пункте более легкий ветродвигатель. Наоборот, если потеря мощности двигателя происходит из-за большой повторяемости скоростей ветра предела (в), то рационально в таком пункте использовать более тяжелый ветродвигатель. Мощность ветродвигателя пропорциональна кубу скорости ветра, которая в приземном слое атмосферы изменяется с высотой по логарифмическому закону. Увеличение высоты приемной части ветродвигателя могло бы заметно увеличить его мощность. Так, повышение уровня установки с 10 до 15 м при шероховатости подстилающей поверхности $z = 1$ см привело бы к повышению мощности на 80 %, а при $z = 10$ см на 30 %. Над территорией Украины действие ветра почти нет пре-

ляствий, кроме района Карпат и Крымских гор. Временами территория поражается засухами, особенно степная полоса. Она и представляет собой территорию возможного максимального внедрения ветродвигателей для выполнения в сельскохозяйственном секторе большого числа дополнительных работ, таких как общее водообеспечение, орошение полей, осушение болот, изготовление твердых и мягких кормов, местный помол зерна, наконец, зарядка аккумуляторов и других работ. Не следует забывать, что каждый ветродвигатель, вырабатывая электроэнергию, тем самым освобождает в колхозе или совхозе много рабочих рук, экономит топливо, сохраняет чистоту окружающей среды.

Для характеристики эффективности ветровой энергии на Украине можно привести сравнительные данные о средних годовых скоростях (на высоте 15 м) ветра в различных частях СССР (по Н. А. Красовскому).

Зона	Средняя годовая скорость ветра (м/с)
Берега Балтийского моря	6,3
Берега Черного моря	6,6
Центральная часть СССР	4,8
Западная Сибирь	3,0—4,2
Восточная Сибирь (Якутия)	1,5

По нашим данным, рассчитанным для Украины (м/с)

Причерноморье	5,6
Степь	4,5
Донбасс	5,0
Лесостепь	4,0
Полесье	3,0—4,0

Судя по средним скоростям ветра, ветроэнергетичность причерноморской и всей степной зоны УССР занимает далеко не последнее место в Союзе. Чтобы выяснить возможность использования ветра на Украине, анализировались наблюдения 50 метеорологических станций за 16 лет (1966—1982 гг.). Можно спорить (и это делается многими, иногда не без оснований) о возможности использования обыкновенных флюгерных наблюдений для расчета ветроэнергетических ресурсов. Можно указывать на неоднородность установок, ненадежность наблюдений, особенно в темную часть суток, разную высоту флюгеров и некоторые другие особенности. Но более простого способа нет. Можно указать на выбор ветро-

мерных станций с тем, чтобы по возможности избежать указанных недостатков и получить репрезентативные результаты. Мы выбирали станции, расположенные преимущественно на равнине и по возможности открытые, незащищенные растительностью, холмами или высокими постройками. Задача поставлена такая: определить, насколько отдельные районы Украины рентабельны в использовании энергии ветра. Рабочими считались скорости ветра от 3 до 10 м/с.

Заводские ветродвигатели, правда, начинают работать при скорости ветра около 4 м/с, но когда по флюгеру отмечается 3 м/с, учитывая увеличение скорости ветра с высотой и большую открытость ветродвигателя, можно считать, что на уровне лопастей скорость ветра будет не менее 4 м/с. Продолжительность работы ветродвигателей в разных частях Украины и в разные месяцы составляет от 65 до 80 % дней, т. е. от 500 до 600 ч в месяц, или от 5700 до 7000 ч в год.

Таким образом, простой ветродвигателя из-за слабых ветров должны составлять в отдельные месяцы и в отдельных районах Украины от 120 до 200 ч за месяц (5—10 дней). Но никогда не бывает, чтобы ветродвигатель не работал подряд указанное число дней; перерывы ограничиваются или частью суток (летом ночью) или продолжаются не больше 1—2 и очень редко 3—4 дней подряд (например, зимой при антициклональной погоде и устойчивых температурных инверсиях, когда вертикальный обмен воздуха ослабевает). Для таких периодов в наличии должен быть, как мы уже отмечали, определенный запас энергии — «запасной блок», расчет которого нетрудно сделать на основании данных о продолжительности и частоте слабых ветров.

Можно заметить определенную закономерность в возможности использования ветра на территории Украины. В январе, например, максимум времени возможного использования энергии ветра наблюдается в приморской зоне, южной Степи и в Донбассе, где продолжительность работы ветродвигателя может достигать, а возможно и превосходить 24 дня, т. е. почти 600 ч в месяц. Эти районы, а также горные районы Карпат и Крыма характеризуются и более высокими средними скоростями ветра по сравнению с другими районами УССР.

Наименьшая ветровая эффективность приходится на среднее течение Днестра и северо-западную часть УССР. В этих районах продолжительность ветров, которые в

состоянии вращать крылья ветродвигателя, в среднем не превышают в январе 500 ч, или 21 день.

В апреле — июле атмосферная циркуляция немного ослабевает, но вся степная зона находится в области повышенной ветроэффективности. В Причерноморье возможно не менее 22 рабочих дней, т. е. около 550 ч за месяц; столько же на Полтавщине; меньше рабочих дней на остальной территории Украины.

В октябре интенсивность циркуляции атмосферы увеличивается и энергетическая эффективность ветра приближается к январской.

Подсчет дней со скоростями ветра ≥ 5 м/с и продолжительности действия такого ветра показали, что в приморской зоне Украины, Донбассе и южной части Степи можно иметь от 180 до 200 полных рабочих дней, т. е. ветродвигатель может работать полгода, а то и больше.

С продвижением на северо-запад, к Полесью, число таких дней постепенно уменьшается до одной трети года. Следует отметить, что в степной зоне Левобережья и Донбассе в отдельные годы наблюдаются ветры разрушительной силы, иногда значительной продолжительности. За 16 лет (1966—1982 гг.) такой случай наблюдался в феврале 1981 г., когда в Донбассе и Приазовье средняя месячная скорость ветра достигала 15 м/с. В это же время на Правобережье и в Полесье средние скорости ветра были от 4 до 6 м/с.

В суточном ходе наибольшие скорости ветра отмечаются в 13—14 ч. В январе наибольшие скорости ветра в 13 ч отмечаются в Причерноморье, где они достигают и превышают 6 м/с; на северо-западе и западе Украины скорости ветра уменьшаются до 4 м/с и менее.

В июле, в связи с летним ослаблением интенсивности атмосферной циркуляции, средняя скорость ветра уменьшается на 0,5—1,0 м/с. Общее распределение скоростей сохраняется таким же, как в январе.

Соответственно средним скоростям ветра распределяется и количество энергии, которое может быть получено с помощью ветродвигателей. Так, в районе Донбасса и Причерноморской низменности запасы ветровой энергии исчисляются 2—2,5 тыс. кВт · ч на квадратный метр обдуваемой площади. В Полесье и на Волыно-Подольском плато они не превышают 1—1,2 тыс. кВт · ч.

Использование энергии ветра в Советском Союзе в промышленных масштабах только начинается. Строительство ветросиловых установок признано перспектив-

ным направлением развития местной энергетики. Но до сих пор еще не решен вопрос об аккумуляции ветровой энергии, чтобы и в безветренный день установки работали. Как можно заставить работать ветер, если его нет? В какую кладовую отложить запас энергии в момент сильного ветра? Предлагалось использовать ветродвигатель в комплексе с водяной турбиной. В ветренную погоду трудится ветродвигатель; прекращается ветер — начинает работать водяная турбина. Но такое сооружение сложно сконструировать.

Разрабатываются виды и системы аккумуляции ветровой энергии, применяются различные энергетические установки, начинающие работу при небольших скоростях ветра. И если сегодня энергия ветра не может полностью заменить энергию, получаемую при сгорании угля, нефти, газа, горючих сланцев, при расщеплении атомного ядра, управлении термоядерным синтезом, то использование ее в ближайшем будущем должно хотя бы частично перекрыть нарастающий дефицит энергии.

Ветер должен служить верно и каждодневно — вот та задача, над разрешением которой успешно работают ученые и инженеры разных стран. Немало времени прошло, пока поняли природу ветра, изучили его режим в разных уголках земного шара. Этими познаниями мы обязаны науке метеорологии, которая занимается изучением погоды. На земном шаре имеются два мировых центра данных, в которых собираются сведения со всех имеющихся метеорологических станций. Один из них расположен в Обнинске под Москвой, другой — в Вашингтоне. Третий центр организовывается в Мельбурне (Австралия). Роль мировых метеорологических центров в решении проблемы изыскания и использования природных энергетических ресурсов велика и будет возрастать в дальнейшем.

Экономическая эффективность ветродвигателей подчеркнута В. И. Лениным еще в 1918 г. В замечаниях к плану научно-исследовательских работ Академии наук он указывал на необходимость использования ветряных двигателей вообще и в сельском хозяйстве в особенности. Насколько велика энергия ветра, которую можно использовать современными техническими средствами, показывает такой простой расчет. Допустим, что на Украине на каждом квадратном километре установлено 16 ветродвигателей типа Д-18 (ветроколесо диаметром 18 м). В районе, где средняя скорость ветра за год равна 5 м/с,

ветроэлектростанция с таким ветродвигателем может дать потребителю 50000 кВт·ч электроэнергии за год. Таким образом, с 1 км² можно ежегодно получить 800000 кВт·ч электроэнергии. Известно, что для производства 1 кВт·ч энергии необходимо около 0,5 кг топлива. Следовательно, 16 ветродвигателей этого типа могут сэкономить около 400 т топлива за год.

В нашей стране проблемой ветроэнергетики занимается научно-производственное объединение «Ветроэн» (г. Истра, Московская обл.), сотрудники которого разрабатывают проекты и производят небольшие партии ветродвигателей мощностью от 2 до 5 кВт. Эта продукция используется в районах, отдаленных от мест централизованного электроснабжения, со сложными природно-климатическими условиями.

На Украине определенный вклад в решение этой проблемы вносит научно-исследовательская база Киевского политехнического института. Она образована для испытания установок, которые используют возобновляемые источники энергии.

Пришло время заняться всеми этими проблемами, подключить все известные источники энергии в энергетический баланс страны.

IV. ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

Во всем мире уделяется большое внимание различным источникам энергии, не связанным со сжиганием топлива. К числу таких источников можно отнести внутриземное тепло. В районах вулканизма, где горные породы прогреты местами до самой поверхности, оно проявляется в виде горячих ключей, кипящих грифонов, гейзеров, паровых струй с высокой температурой. В невулканических районах — это преимущественно глубинные термальные воды.

Горячие воды могут быть использованы для выработки электроэнергии, в коммунальном теплообеспечении и технологических целях, соленые — в бальнеологии, рассолы — в качестве промышленного сырья.

Для практического использования горячей воды земных недр требуется создание в непроницаемых горных породах трещин большой протяженности. Принципиальных технических трудностей для создания таких трещин нет.

Первая система извлечения тепла Земли из непроницаемых горных пород путем циркуляции теплоносителя в трещине, созданной гидроразрывом, была сооружена в 1977 г. по проекту Лос-Аламосской научной лаборатории в штате Нью-Мексико (США). Нагнетаемая по скважине холодная вода нагревалась за счет теплообмена с массивом горячих гранодиоритов (185°C) в вертикальной трещине площадью 8000 м^2 , образованной гидроразрывом на глубине 2700 м . По другой скважине, которая пересекает эту трещину, перегретая вода, вскипая, выходит на поверхность в виде пара. При циркуляции в замкнутом контуре под давлением температура перегретой воды достигала $160\text{—}180^{\circ}\text{C}$, а тепловая мощность системы $4\text{—}5\text{ мВт}$. Утечки теплоносителя составляют около 1% общего расхода тепла. По концентрации механических и химических примесей водяной пар соответствовал кондициям пресной питьевой воды. Трещина гидроразрыва не требовала крепления и поддерживалась в раскрытом состоянии гидростатическим давлением. Уменьшение объема пород при их охлаждении приводило к увеличению среднего раскрытия трещины от $0,2$ до $1,0\text{ мм}$ и к пятикратному снижению гидравлического сопротивления системы. При разности температур горной породы и воды более 75°C зафиксировано развитие вторичных трещин, увеличивающих общую теплообменную поверхность системы.

За время работы циркуляционной системы не обнаружено ни повышения сейсмической активности, ни каких-либо иных вредных воздействий на окружающую среду.

На юге Великобритании по контракту с Европейским сообществом в $1977\text{—}1980$ гг. проведена первая фаза исследований, которая включала проходку 4 скважин диаметром 150 мм и глубиной 300 м и образование трещин гидроразрыва. Опыты, проведенные Кимборийской горной школой, показывают, что образование трещин осуществляется значительно интенсивнее после небольшого предварительного взрыва. В частности, потери воды не превышают 1% , а гидравлическое сопротивление снижается в 10 раз.

Для условий Херсона произведен расчет подземной циркуляционной системы, которая отличается от системы в США тем, что с целью удешевления буровых работ нагнетательная скважина выполнена с четырьмя ответвлениями. В каждом из ответвлений наклонных скважин

предполагается производить гидроразрыв. Максимальная глубина нагнетательной скважины составит 4200 м, количество гидроразрывов, которое будет проводиться в каждой из ответвленных наклонных скважин, будет равно 10. Предполагается, что при каждом гидроразрыве образуется в среднем две вертикальные трещины. Таким образом, в расчетах принимается во внимание, что для каждого из ответвлений образуется 20 трещин.

Подъемная скважина обычно бурится после проведения гидроразрыва в нагнетательной скважине. Эта скважина наклонная с двумя ответвлениями. Максимальная глубина подъемной скважины 3700 м.

Одна нагнетательная и две подъемные скважины образуют модуль подземной циркуляционной системы, который работает практически независимо от соседних модулей. Расстояние между нагнетательной и подъемной скважинами 150 м. Длина модуля под землей около 1200 м.

Проведение гидроразрывов в нефтяных пластах освоено на Украине объединением «Долинанефтегаз». Максимальная стоимость гидроразрыва, по данным «Долина-нефтегаза», составляет 10—12 тыс. руб., в расчетах принимается 20 тыс. рублей.

Академией наук УССР, Министерством энергетики и электрификации СССР разработано технико-экономическое обоснование целесообразности использования геотермальной энергии для теплоснабжения городов, в частности Херсона, Краснодара, Прикумска и некоторых других.

На полуострове Камчатка и близлежащих Курильских островах находится около 70 действующих вулканов. Любой из них можно считать гигантской подземной кочегаркой. Например, в районе Петропавловска-Камчатского под Авачинской сопкой находится несколько десятков кубометров горячей воды. На этом тепле могли бы работать десять электростанций мощностью в миллион киловатт каждая в течение 200 лет. Сооружение Паужетской геотермальной электростанции показало, что такая станция высококорентабельна и не загрязняет окружающей среды. Паужетская ГТЭС вошла в строй в 1967 г. Ее мощность около 11 тыс. кВт. Себестоимость энергии здесь в три раза ниже, чем на дизельных электростанциях той же мощности.

Под пристальным вниманием ученых Института вулканологии Академии наук СССР находится вулкан Мут-

новский, вблизи которого планируется сооружение геотермальной электростанции мощностью в 200 тыс. кВт. Геологоразведочные работы на Мутновском геотермальном месторождении, расположенном примерно в 70 км от Петропавловска-Камчатского, начались в 1978 г.

В пригороде Петропавловска-Камчатского Паратунке термальными водами отапливают тепличный комбинат, закладываются рыборазводные пруды, отапливается поселок. В Паратунке имеются плавательный бассейн и бальнеологическая лечебница.

В 60 км от Петропавловска-Камчатского выявлено еще одно Больше-Банное месторождение, из которого по скважинам выводится на поверхность около 300 кг за секунду смеси пара с водой при температуре 170—180°.

Таким же вулканическим районом является Исландия. О наличии геотермальных источников в различных районах Исландии было известно еще со времен ее первых поселенцев, но лишь в XX в. тепло этих источников стали использовать не только для стирки и купания, но и для промышленных целей.

Бурение для добычи горячей воды было начато в Рейкьявике (в районе Твотталаугар) в 1928 г. В 1930 г. горячую воду этого источника стали использовать для отопления зданий.

Общая глубина скважин, пробуренных службой теплоснабжения и государственных организаций, составляла в Исландии в конце 1963 г. около 36 км. Самая глубокая скважина имеет глубину 2200 м. Максимальное количество горячей воды с температурой 86°С, получаемой таким образом, составляет приблизительно 1050 м³/ч.

Построены геотермальные станции. На Филиппинах мощность этих станций составляет более 900 тыс. кВт, в Новой Зеландии — 202 тыс. кВт.

У. ЭНЕРГИЯ

ПРИЛИВОВ И ОТЛИВОВ

Еще одним видом энергии, которую человечество пытается использовать с давних пор, является энергия морских приливов и отливов.

Энергия морских приливов — естественная природная энергия. Она в значительной степени постоянна и не зависит от погоды или времен года, т. е. она всегда существует, неисчерпаема. Возможно преобразование лишь

ничтожной части этой энергии, но и эта небольшая часть тем не менее велика, и ее всегда можно будет преобразовать в электрическую энергию.

Преобразованная энергия приливов дешевая. К числу затрат, сопряженных с оборудованием установок, можно добавить лишь стоимость технического обслуживания и ремонтных работ. В результате эксплуатации этих установок обеспечивается косвенная защита окружающей среды, так как исключаются выбросы в атмосферу продуктов сгорания топлива.

В средние века для укрощения «лунной», как тогда говорили, энергии отгораживали бухту от моря, и приливно-отливные потоки воды вращали мельничные колеса.

Особенностью энергии приливов является пульсирующий прерывистый ее характер, что, конечно, осложняет возможность ее использования. Обычно приливные электростанции работают в тех районах, где есть и тепловые электростанции, увеличивая количество вырабатываемой электроэнергии в периоды наибольшего ее потребления.

В СССР работает несколько приливных электростанций, главным образом в заливах Белого и Охотского морей. Успешная работа Кислогубской ПЭС позволяет рассматривать возможность строительства таких же станций в Тугурском заливе Белого моря и в Пенжинском заливе Охотского моря.

В соответствии с Энергетической программой СССР по созданию материально-технической базы для дальнейшего широкого использования энергии морских приливов в 1986—1990 гг. должна быть построена опытно-промышленная Кольская приливная электростанция.

Недалеко от норвежского города Бергена сооружается экспериментальная электростанция, которая будет превращать в электричество энергию морских волн. Как полагают специалисты, по стоимости вырабатываемой электроэнергии она сможет конкурировать с тепловыми станциями, работающими на мазуте.

Экономичность преобразования энергии приливов зависит от количества воды и ее напора в точке преобразования. Напор имеет первостепенное значение, так как при одной и той же преобразующей способности установки количество воды, необходимое для ее работы, уменьшается с увеличением напора. Например, в ФРГ на побережье Северного моря величина прилива дости-

гает в среднем 3 м и не может быть экономично использована. Приходится создавать искусственный напор.

Для непрерывного преобразования энергии необходима специальная аккумулирующая система, которая сможет работать в период приливного подпора — стояния воды на наиболее высоком уровне.

VI. МАЛОИЗВЕСТНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

До сих пор речь шла о видах энергии, широко распространенных, но недостаточно используемых. В то же время в природе существуют виды энергии, которые еще не пытались осваивать. К их числу можно отнести энергию температурных перепадов между земной поверхностью и ее недрами, атмосферное электричество, магнитное поле Земли и некоторые другие.

С наличием высоких температур в земных глубинах столкнулись, когда начали прокладывать глубокие шахты для добычи золота и алмазов в Центральной Африке. На глубине 500 м температура в шахтах поднималась выше 30° С.

Электростанции, использующие земное тепло, построены в Италии, Новой Зеландии.

Делаются попытки использовать разность температуры поверхностных и глубинных вод океана. На этом принципе построена электростанция в Гвинейском заливе.

Разность температуры у земной поверхности и на глубине нескольких сот метров можно было бы использовать на обширных просторах Сибири, Канады, Аляски, на Чукотке, где долгие суровые зимы вынуждают затрачивать огромное количество энергии только на обогрев зданий. Однако возможность сооружения таких термоэлектрических установок пока не обсуждалась.

В природе существует и другой вид энергии, который пока никак не используется. Это атмосферное электричество. Учение о нем возникло в середине XVIII в., хотя и до того делались предположения, что молния представляет собой электрическую искру. В 1749 г. В. Франклин в США произвел ряд опытов, подтвердивших электрическую природу молнии. В 1752 г. изучение грозowego электричества началось в Европе — Париже, Брюсселе, Берлине, Лондоне.

В Петербурге «поймать» молнию пытались М. В. Ломоносов со своим другом Г. В. Рихманом. Во время одного из таких опытов Г. В. Рихман погиб. Исследования привели М. В. Ломоносова к важному выводу о том, что электрические явления в атмосфере наблюдаются не только при грозе, но возможны и в ясную погоду, т. е. электрическое поле в атмосфере — явление повседневное.

В последующие годы начались исследования электрического поля при разных погодных условиях. Дело тормозилось из-за отсутствия хороших приборов для наблюдений. Значительный прогресс стал возможен в XIX в. после появления специальной измерительной аппаратуры и самопишущих приборов. В XX в. учение об атмосферном электричестве получило дальнейшее развитие.

В нашей стране и за рубежом изобретены и запатентованы некоторые виды приборов для изучения интенсивности электрического поля, регистрации молний, записи гроз и атмосферных явлений, связанных с грозовой активностью, преобразования электрического поля атмосферы в переменный электрический ток и др.

Вот как использовали в Перу энергию громоотвода. На опорах каждой высоковольтной линии электропередачи помимо обычных проводов для передачи электроэнергии натянули выше еще один провод (иногда даже два). Это так называемый грозозащитный трос, фактически — громоотвод длиной во всю линию. Он заземлен и принимает на себя удары молний. На линиях переменного тока в нем наводится индукционное напряжение от токонесущих проводов. Обычно оно отводится в землю. Это напряжение решено было использовать для снабжения электроэнергией небольшой деревни, затерянной в горах Перу. Недалеко от деревни проходит линия электропередачи с напряжением 220 кВ. Посчитали неэкономичным строить понижающую подстанцию для нескольких десятков домов — ведь все материалы и оборудование пришлось бы доставлять в горы. Поэтому приглашенные для консультации инженеры одной канадской фирмы предложили подсоединить дома к грозозащитному тросу. Наводимого в тросе тока оказалось вполне достаточно для нужд деревни, а напряжение его значительно ниже, чем напряжение на линии, так что вместо подстанции понадобился лишь небольшой трансформатор. Смонтировали также автоматический переключатель, который при ударе молнии успевает на секунду отключить дома от системы и заземлить трос.

Этот способ подключения маломощных потребителей вызвал интерес также в других странах Латинской Америки, в Таиланде, Индии и Индонезии.

Кроме молний, в атмосфере нередко наблюдается истечение электричества с остроконечных предметов, сопровождающееся свечением, которое называется «огнями Эльма». Сильные электрические поля могут сформироваться во время пыльных бурь и метелей.

Попытки использовать атмосферное электричество, преобразовать электрические разряды в электрический ток, научиться аккумулировать, сохранять огромную энергию гроз пока малочисленны, но они важны и необходимы.

Возможность использования энергии магнитного поля Земли до сих пор также всерьез не рассматривалась. В этом направлении открывается широкое поле деятельности для физиков, геофизиков, метеорологов. Надо надеяться, что человечество научится использовать новые виды и источники энергии прежде, чем будут исчерпаны известные энергетические запасы.

Список использованной литературы

1. Васильев М. В. Машины энергии.— М.: Машиностроение, 1967.— 260 с.
2. Волеваха М. М., Гойса М. І. Енергетичні ресурси клімату України.— К.: Наук. думка, 1967.— 250 с.
3. Кудояров А. И., Бернштейн Л. Б. Перспективы строительства мощных приливных электростанций // Энергетическое строительство.— М.; Л., 1974.— С. 52—53.
4. Лидоренко Н. С., Мучник Г. Ф. Экологическая энергетика // Природа.— 1974.— № 9.— С. 8—17.
5. Денисенко Г. И. Возобновляемые источники энергии.— К.: Рад. шк., 1983.— 232 с.
6. Паршенко С. А. Технология и охрана среды // Природа.— 1972.— № 2.— С. 46—51.
7. Семенов Н. Н. Об энергетике будущего // Наука и жизнь.— 1972.— № 10.— С. 16—23; № 11.— С. 25—32.

Оглавление

Введение 3

I. Виды и запасы энергетических ресурсов на Земле 6

1. Краткая классификация видов энергии 3
2. Невозобновляемые источники энергии 7
3. Самовозобновляющиеся источники энергии 8

II. Энергетические ресурсы солнечной радиации 10

1. Радиационный климат и наши гелиотехнические возможности 11
2. Солнечный дом 20
3. Солнечная радиация служит людям 22

III. Новые направления использования энергии ветра 27

1. Укрощение ветра 27
2. Возрождение ветряных двигателей 33
3. Превращение энергии ветра в электроэнергию 36
4. Использование ветровой энергии на Украине 41

IV. Геотермальная энергия 52

V. Энергия приливов и отливов 55

VI. Малоизвестные источники энергии 57

Список использованной литературы 60

Научно-популярное
издание

НОВОЕ В НАУКЕ
И ТЕХНИКЕ —
СТУДЕНТАМ
И УЧАЩИМСЯ

Волеваха Николай Максимович
Волеваха Виктория Александровна

**НЕТРАДИЦИОННЫЕ
ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

Редактор
А. Ф. Грегуб
Редактор карт
А. А. Щербина
Художественный редактор
И. Г. Сухенко
Технический редактор
С. Л. Светлова
Корректор
В. П. Никитина

ИБ № 12301

Сдано в набор 29.06.87.
Подписано в печать 26.02.88. БФ 18594.
Формат 84×108/32. Бум. тип. № 2.
Гарнитура литературная.
Высокая печать.
Усл. печ. л. 3,36. Усл. кр.-отт. 3,57,
Уч.-изд. л. 3,25. Тираж 6000 экз.
Изд. № 7882. Зак. 7-489.
Цена 15 к.

Головное издательство
издательского объединения
«Выща школа», 252054,
Киев-54, ул. Гоголевская, 7

Отпечатано с матриц
ки. ф-ка им. М. В. Фрунзе,
310057, Харьков-57,
ул. Донец-Захаржевского, 6/8
в Харьковской городской
типографии № 16,
310003, г. Харьков-3,
ул. Университетская, 16. Зак. 980.

**В Головном издательстве
издательского объединения «Выща школа»
в 1989 году выйдут в свет новые книги:**

**Боревский Б. В., Дробноход Н. И.,
Язвин Л. С. Оценка запасов подземных вод:
Учебник.— 2-е изд., испр. и доп.— К.: Выща
шк. Головное изд-во, 1989 (II).— 30 л., ил.—
Яз. рус.— (В пер.): 1 р. 50 к.**

Рассматриваются основные виды запасов и ресурсов подземных вод, методика их оценки, вопросы формирования эксплуатационных запасов и охраны от загрязнения. Дается характеристика различных методов оценки запасов. Приводятся конкретные примеры оценки эксплуатационных запасов для отдельных типов месторождений подземных вод.

Во второе издание (1-е изд.— 1982 г.) включены новые разделы, посвященные изучению запасов и ресурсов подземных вод методами математического моделирования, оценке влияния эксплуатации этих вод на геологическую среду.

Для студентов, обучающихся по специальности «Гидрогеология и инженерная геология». Может быть полезен студентам и преподавателям горных и геолого-разведочных институтов, гидрогеологам.

Аннотировался в ТП — 89, поз. 142.

Горев Л. Н., Никаноров А. М., Пелешенко В. И. Региональная гидрохимия: Учеб. пособие.— К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989 (1).— 15 л., ил.— Яз. рус.— (В пер.): 80 к.

Рассмотрены региональные закономерности распространения, режима и формирования компонентов химического состава в природных водах суши и Мирового океана, территории СССР и УССР. Приведены особенности формирования и режим мелиоративно-гидрохимической обстановки в различных физико-географических зонах и областях УССР, результаты математического моделирования оптимальных для произрастания сельскохозяйственных культур, мелиоративно-гидрохимических условий с учетом влияния орошения на ионно-солевой режим речных бассейнов. Предложены рекомендации по повышению эффективности орошения и осушения в пределах выделенных таксономических единиц.

Для студентов географических и геологических специальностей университетов.

Аннотировалось в ТП — 89, поз. 143.

Уважаемые товарищи!

Эти книги можно заказать в магазинах облкниготоргов, облпотребсоюзов, а также в специализированных магазинах «Книга — почтой».

15 к.

НОВОЕ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ студентам и учащимся

В брошюре описано,
как современный
уровень техники
позволяет
использовать
солнечную радиацию,
силу ветра,
тепло термальных вод,
морские приливы
в качестве
дополнительных
источников энергии.

