

ГОРЬКОВСКИЙ ОБЛАСТНОЙ СОВЕТ
ВСЕРОССИЙСКОГО ОБЩЕСТВА ОХРАНЫ ПРИРОДЫ
ОБЛАСТНОЙ МОЛОДЕЖНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ДРОНТ»

**ЭКОЛОГИЧЕСКИ
ЧИСТАЯ
ЭНЕРГЕТИКА**
(В помощь лектору)

I. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

Печатается по решению штатного отдела пропаганды
областного совета ВООП

Экологически чистая энергетика (в помощь лектору). Автор-составитель А. А. Каюмов-Горький, 1990 / Горьковский областной совет ВООП и областной молодежный экологический центр «Дронт».

Научный рецензент
член-Корреспондент АН СССР В. С. Троицкий
Ответственный за выпуск А. Н. Подстрельнов.

Среди мировых проблем в последние годы одной из важнейших является энергетическая проблема. Человечеству для равного экономического развития всех стран мира не хватает примерно 5—6-кратного количества энергии по отношению к ныне производимой. Еще недавно мы считали, что тот, кто хочет жить лучше, должен потреблять больше энергии, должен форсированно, опережающими темпами развивать энергетику. На протяжении длительного послевоенного периода и во всяком случае на протяжении двух десятилетий сравнительно гладкого эволюционного развития 1960—1970 гг. процент годового прироста валового продукта практически во всех без исключения развитых странах сопоставляется примерно с процентом же прироста потребления первичных энергетических ресурсов (в частности, в СССР—1,25 проц., в Японии — 1,00 проц., в США — 0,81 проц.). Потребление энергии во всех странах мира неуклонно растет. Темпы роста энергопотребления были подробно изучены Международным институтом прикладного системного анализа, который находится в Австрии, в городке Лаксенбург, вблизи Вены (в работе этого всемирно известного исследовательского центра принимают участие многие крупные советские ученые).

Существует два основных сценария потребления энергии в будущем мире — «высокий» и «низкий». Согласно первому, расход энергии будет ежегодно увеличиваться на 2,7 процента, тогда как второй, «низкий» сценарий предусматривает меньшие темпы роста — 1,8 процента. Однако даже при таких темпах приблизительно через сто лет — в восьмидесятых годах XXI века — мировое потребление электроэнергии возрастет более чем в десять раз (с учетом роста населения и неуклонно растущих энергетических запросов со стороны энергоемких, отраслей промышленности, например, таких, как выплавка алюминия или синтез новых материалов). Если же за этот период мир перейдет на искусственное горючее для транспорта, то производство такого горючего может резко увеличить потребность в электроэнергии. В частности, топливом XXI века, возможно, окажется водород, получаемый электролитическим разложением воды, и тогда, как подсчитали эксперты по научно-техническому прогнозированию, мировое потребление электроэнергии возрастет более чем в тридцать раз.

Чем опасна безудержно растущая энергетика как таковая? Прежде всего тем, что она прямо и косвенно нагревает приземные слои воздуха атмосферы Земли. Этот искусственный нагрев допустим лишь в очень незначительных пределах — намного менее 1 процента от поступающей к поверхности Земли солнечной

радиации. Иначе возникает энергетический разлад. Логический вывод из этого — лимит нужно точно вычислить и не переступать. Энергетика современного типа уже приблизилась к нему вплотную. Нарастают грозные климатические аномалии. Еще недавно гадали, естественны они или антропогенны. Ныне ясно — виновато хозяйствование человека.

Электроэнергетика нуждается в высоковольтных ЛЭП. Они создают электромагнитные поля. Как и радиацию, их физически человек не ощущает. Однако доказано, что они вредны для живого.

Не обошли проблемы энергообеспечения и Горьковскую область, которая является крупным потребителем электрической и тепловой энергии. Как видно из проекта комплексной программы научно-технического прогресса Горьковской области на период до 2010 года, в нашей области еще более возрастет напряженность в энергообеспечении. При отсутствии местных топливных ресурсов дефицит электрической мощности в 1990 году составит 2212 мегаватт, в 1995 году—3312, а также тепловой энергии по рассматриваемому региону на 1990 год—1317 гигакалорий в час, на 1995 год —3490.

і П. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ПУТИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Гигантское количество необходимой человечеству электрической энергии в принципе можно выработать за счет ядерной, солнечной и геотермальной энергии, запасы которых практически неисчерпаемы. Однако для будущей энергетики важны не столько сами энергетические запасы, сколько оптимальная комбинация низкой стоимости, универсальной повсеместной доступности и минимального воздействия на окружающую среду самого процесса получения энергии.

Энергетические кризисы последних двух десятилетий побудили более широко взглянуть на создавшееся положение. Во многих развивающихся странах горючие ископаемые — большая редкость, поэтому надежды на определенную энергетическую независимость они связывают прежде всего с нетрадиционными и возобновимыми источниками энергии. Во многих случаях такие страны располагают богатыми возобновимыми ресурсами, будь то солнечный климат, изобилие речной воды или доступные геотермальные источники.

Альтернативные источники энергии вызывают большой интерес даже в промышленно развитых странах.

Получение энергии, высвобождаемой в результате деления ядер некоторых тяжелых элементов, некогда казавшееся столь перспективным, было серьезно скомпрометировано чернобыльской катастрофой. Загремел гром народных протестов против атомных электростанций. Атомная энергетика, хотя и дала яркую вспышку в энергопроизводстве (во Франции, например, она дает 70 процентов всей электроэнергии), была изначально обречена. Она — эфемер научно-технического прогресса. Радиоактивные отходы безопасно складировать принципиально негде. А технологию, основанную на реакции ядерного синтеза, пока еще реализовать не удалось.

Вредоносность гигантских ГЭС (особенно на равнинных реках) с их громадными зонами затопления не вызывает ни у кого сомнения. Водохранилища заливают самые плодородные из существующих пойменные земли. Для кого-то эта земля — его малая Родина, земля предков, священных могил. В СССР за время гидростроительства были переселены 1 млн. 100 тыс. человек. Каждый двухсотый житель страны насильственно и безвинно был лишен своей малой Родины.

Кроме того, при строительстве ГЭС нужно учитывать, что реки не существуют сами по себе. Они неотрывны от морей, от озер, от тех мест, куда они впадают. Система река-море — это огромный природный «сверхорганизм». Плотины мы его постепенно режем, угнетаем и в конце концов грозим уничтожить.

Большую ставку некоторые страны (например, США) сейчас делают на уголь, на новую, «более чистую» технологию его сжигания. Но она еще не введена, и пока ТЭС являются существенным загрязнителем окружающей среды. Кислотные дожди, в основном образующиеся в результате выбросов. ТЭС окислов азота и серы, погубили немало лесов в Западной Европе и в Северной Америке, уничтожили рыбу в тысячах озер, нанесли ущерб городскому хозяйству, заметный урон здоровью людей. Да и запасы горючих ископаемых, таких, как уголь и нефть, далеко не бесконечны, хотя нам и нашим детям их, видимо, хватит.

В связи с этим сейчас, как никогда, возрос интерес к возобновимым источникам энергии. Так, в последние годы в США получает все большее распространение деятельность мелких независимых предпринимателей по созданию собственных электростанций, использующих в качестве энергоресурсов газ, ветер, течение горных рек, мусор, навоз. Более 50 таких фирм осуществили уже 321 энергетический проект с суммарной мощностью 12 гигаватт, что эквивалентно 12 атомным реакторам. В ближайшие пять лет ожидается удвоение этой мощности, вступит в строй 181 электростанция из числа работающих только на отходах. А если бы бю-

рократы из федеральной комиссии по регулированию энергии рассмотрели все 4 тысячи заявок, поступивших к ним за последние 10 лет, то можно было бы заменить 62 атомных реактора.

Преимущества возобновимых источников энергии очевидны. Эти природные ресурсы можно использовать в любых целях, они неисчерпаемы и ничего не стоят. Еще одно существенное преимущество — повсеместная доступность некоторых возобновимых источников (солнце, ветер), устраняющая зависимость от централизованного энергоснабжения. Поэтому наиболее выгодными они окажутся для вельских жителей, которые испытывают определенные неудобства из-за своей удаленности от центра.

Возобновимые энерготехнологии пока отличаются более высокой капиталоемкостью по сравнению с традиционными, однако ршенствование материалов и методов строительства в дальнейшем должно привести к снижению затрат на оборудование и его монтаж. Кроме того, немаловажным преимуществом является невысокая стоимость эксплуатации и технического обслуживания, особенно по отношению к АЭС.

В последнее время начали уделять внимание возобновимым источникам энергии и в нашей стране. Так, 8 июня 1988 года в ЦК КПСС состоялось совещание, на котором рассмотрен комплекс вопросов, связанных с решением актуальной научно-технической и народнохозяйственной проблемы широкого освоения энергии солнца, ветра, морской воды, биомассы и других нетрадиционных источников энергии.

Па совещании отмечалось, что важным фактором последовательного проведения курса XXVII съезда партии на ускорение социально-экономического развития страны является осуществление мер по более рациональному использованию и экономии топливно-энергетических ресурсов. Одним из резервов в реализации этой задачи является быстрое вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии. Перспективность широкого применения энергии солнца, ветра, геотермальных вод, переработки биомассы подтверждается эксплуатацией отдельных объектов и установок в ряде районов нашей страны и за рубежом.

Вместе с тем отмечалось, что министерства и ведомства медленно перестраивают работу в этом направлении. Масштабы и темпы усвоения нетрадиционных источников энергии не отвечают потребностям народного хозяйства, особенно в регионах, располагающих большими запасами этих энергоресурсов, где их применение дает большой эффект. Важно выработать экономический механизм ускорения разработки и производства соответствующих энергетических установок, стимулировать спрос на них.

Не проявляют необходимой активности в развитии нетрадиционной энергетики местные партийные, советские и хозяйственные органы, продолжая ориентироваться главным образом на потребление нефтепродуктов и газа. Надо коренным образом изменить отношение к этому важному делу, повысить ответственность кадров за реализацию намеченных мероприятий.

На совещании выступил кандидат в члены Политбюро ЦК КПСС, секретарь ЦК КПСС В. И Долгих. Он подчеркнул, что освоение и широкое использование нетрадиционных источников энергии является актуальной экономической и социальной задачей, решение которой позволит значительно продвинуться вперед на пути ускорения научно-технического прогресса, осуществления политики ресурсосбережения в народном хозяйстве.

Возможности развития нетрадиционной энергетики в стране огромные. Только выявленные запасы термальных вод, по оценке специалистов, позволят обеспечить при их добыче тепловой потенциал, эквивалентный 40—45 миллионам тонн условного топлива в год. Большие перспективы открываются в использовании солнечной, ветровой и других возобновляемых видов энергии.

Однако, как отмечалось на совещании, работа по развитию нетрадиционной энергетики ведется очень медленно, объемы замещения органического топлива пока незначительны. В 1987 году они составили лишь 900 тыс. тонн условного топлива вместо 1230 тыс. тонн по заданию. В РСФСР оно реализовано на 70 процентов. Узбекской ССР—на 69, Казахской ССР—на 16 процентов.

Основной причиной такого положения является недопонимание важности задачи и недисциплинированность руководителей ряда министерств и ведомств, научно-исследовательских организаций, местных органов в выполнении принятых решений по освоению и использованию нетрадиционных источников энергии.

Успешное решение задач более широкого вовлечения нетрадиционных источников энергии во многом зависит от их научного обеспечения. Здесь задействованы крупные силы академической и отраслевой науки, а отдача пока невелика.

Более активно следовало бы включиться в решение проблем нетрадиционной энергетики республиканским, краевым и областным советским органам. Перестройка системы управления и расширение прав Советов народных депутатов создают для этого все необходимые условия.

Многое предстоит сделать ЦК компартий союзных республик, крайкомам и обкомам партии по улучшению организаторской работы, усилению контроля за деятельностью предприятий, научно-исследовательских институтов, конструкторских бюро, занимающихся освоением нетрадиционных источников энергии.

Следует отметить, что практика использования возобновимых источников энергии, в сущности, далеко не нова. С давних пор человек предпринимал попытки покорить стихии и поставить себе на службу силы природы. О недюжинной изобретательности человека в данной области свидетельствуют ветряные и водяные мельницы, теплицы и другие сооружения.

Необходимо напомнить, как развивалось вековое классическое энергетическое хозяйство России, которое мы бездумно сгубили еще в 30-е годы. Это хозяйство шло по пути максимального использования разнообразных возобновимых источников энергии. Так, в стране работало несколько сот тысяч ветряных и несколько десятков тысяч водяных двигателей, многие из которых были построены по принципу деривационных (на отводных рукавах, без перегораживания основного русла реки), уже были созданы 6600 электростанций на базе водяных двигателей на малых реках. Только такие источники энергии, экологически безопасные, давали нам не менее 15 миллионов киловатт установленной мощности. Да к тому же работало в хозяйстве страны свыше 30 миллионов лошадей, использовавших биоэнергетический ресурс.

Что было бы, если бы мы тогда, 40—50 лет тому назад, сохранили эту энергетику, модернизировали и переоборудовали двигатели, снабдив их генераторами, то есть увеличили их мощность в 2—3 раза?

Мы бы обладали теперь установленной мощностью в 30—45 миллионов киловатт!

А ведь это такая мощность, которая в 3—4 раза превышает установленную мощность всего волжско-камского каскада ГЭС и составляет половину потребности в энергии всего агропромышленного комплекса. Имей мы ее сейчас в достатке, не потребовалось бы так экологически безграмотно и экономически расточительно строить мощные ГЭС, ТЭС и АЭС в таком количестве.

Практика развития мировой энергетики показала, что в решении энергетической проблемы важны пять фундаментальных направлений: соблюдение экологической безопасности создания и эксплуатации энергетических установок; максимальное приближение источников энергии к потребителям, особенно когда они рассредоточены; постоянное снижение затрат энергии на единицу вырабатываемой продукции; недопущение разрыва между потенциальными мощностями и используемой их долей и, наконец, максимальный выход технически применимой энергии с квадратного километра. Все эти пять принципов при создании энергетической базы как в целом по стране, так и в бассейне Волги не соблюдались. Исполнялся лишь один принцип — затратный: как можно»

больше создать энергетических установок огромной единичной мощности, не считаясь ни с какими затратами, не определяя масштабов разрушения экологических систем.

Но можно ли было развивать энергетику в волжском бассейне без этих ошибок и просчетов? Конечно, можно! И поправить их пока не поздно — государственная задача ближайшего времени.

Прежде всего надо было идти по пути сохранения и совершенствования тех энергетических установок, которые были созданы вековым трудом народа. То, что сейчас многие развитые страны только ставят на повестку дня (теоретически обосновывают и вводят мелкомасштабную энергетику), Россия разработала и применила на практике более 50—60 лет назад. Ныне живущее поколение еще помнит, как по необъятным ее просторам стояли бесчисленные ветряки на взгорьях и холмах, а по малым рекам, ручьям и даже арыкам — столь не многочисленные водяные мельницы, толчеи, крупорушки, маслобойки, лесопилки и т. п. Россия, как развитая аграрная страна, не могла бы существовать без развитой автономной энергетики на возобновимых источниках, как теперь ее называют — экологической, то есть введенной в природную среду без ее повреждений и нарушений.

Сколько же было по всему волжскому бассейну водяных двигателей, работавших на ключах, родниках, речках и реках, запруженных временно или постоянно, на основных руслах или отводных рукавах? Точно мы не знаем, как не знаем, сколько их было по всей России. Известно, что в 30-х годах было учтено более 60 тысяч действующих водяных двигателей мощностью более 450 тысяч киловатт. По данным ГОЭЛРО, в стране сохранялось 40 тысяч небольших плотин, позволяющих получать мощность около 400 тысяч киловатт. Значительная часть этих плотин находилась в бассейне Волги. Однако это была лишь незначительная доля того количества водяных двигателей, которые были созданы в стране.

Устройство же водяных двигателей, их расположение по потокам, типы запруд и плотин показывают, что система малой водяной энергетики, мудро экологически и хозяйственно продуманная, тонко вписанная в окружающую природу, не являлась самоцелью, то есть не строилась в ущерб другим природным ресурсам, но, наоборот, обогащала их. Она преследовала много целей: и регулирование, и накопление воды, и поддержание оптимального уровня грунтовых вод, и обводнение пойменных и заливных лугов в паводок, и орошение этих лугов в межень, и сохранение чистоты воды, и развитие рыбного хозяйства, и увеличение прироста лесов, и сбережение ягодников, и, наконец, получение

ние энергии без урона для природы и хозяйства. Водорегулирование начиналось с верховьев рек и речек, и тем самым обеспечивалась их полноводность в нижнем течении, поддерживались судходные глубины. Почвы и грунты на всем водосборе пропитывались влагой, и поток ее медленно шел с верховьев вниз с выходом вод на поверхность в родниках, ключах и речках. В таких условиях воздушные и почвенно-грунтовые засухи были редким явлением. Смыв почв по склонам был минимальным, а заиливание водотоков и водоемов незначительным. Именно такое водное хозяйство поддерживало высокое плодородие почв и стабильную урожайность сельскохозяйственных культур, которая при правильной агротехнике была очень высокой. Всех благ от искусства вписанных в природу водных устройств тут не перечесть.

Многоцелевую роль водяных мельниц, которую они играли в природе и хозяйстве человека, дополняли ветряные двигатели, стоявшие в тех же бассейнах рек, что и водяные. Ветряные двигатели брали на себя значительную долю в выработке экологически чистой энергии. Там, где их насыщенность была высокой, смягчалась сила ветра, и это благотворно влияло на климатическую обстановку, особенно в степных условиях. В начале нашего века было учтено 250 тысяч крестьянских ветряных мельниц мощностью до 1 миллиона киловатт. Они перемалывали 2,5 миллиарда пудов зерна на месте, без дальних перевозок. Строились не только ветряные мельницы, но и другие ветряные двигатели различного предназначения. Так что количество всех ветряных двигателей намного превышало только что указанную цифру, а мощность их достигала нескольких миллионов киловатт. Большая часть этих двигателей находилась как раз в бассейне Волги.

К сожалению, мы не сумели сберечь экологическое энергетическое хозяйство, в котором был заложен важнейший принцип, основополагающий для будущего нашей энергетики. В 40-х годах была порушена основная часть ветряных и водяных двигателей, а к 50-м годам они почти совсем исчезли, как энергетическая техника «отсталого исторического прошлого». Беда не обошла даже малые ГЭС: с тех же 50-х годов началось гонение на них. И многие были законсервированы, порушены. В 1982 году из 6600 малых ГЭС работало всего 180 мощностью 420 тысяч киловатт. В наши дни по всей стране действуют десятки водяных мельниц и около тысячи ветряных двигателей, суммарная мощность которых составляет всего тысячу киловатт, то есть в тысячу раз меньше, чем в начале века.

Давайте будем сберегать наследие наших дедов и отцов: каждый экологически безопасный источник энергии и технологии, скажем, ветряной двигатель, водяную мельницу, кузницу, сушильный

склад, погреб, навес или колодец, ибо они есть драгоценное приобретение, вековой экологический опыт. Их нужно сберегать и восстанавливать как прообраз биосферной энергетики и технологии.

Биосферной является такая энергетика, когда наше энергетическое хозяйство вписывается в биосферу и становится составной ее частью и, следовательно, безопасно для окружающей среды. Но возможно ли такое? Опыт показывает, что такое хозяйство возможно при условии использования солнечной энергии, ее естественных циклов в биосфере. Известно, что солнечная энергия реализуется в биосфере в форме энергии фотосинтеза, ветра, течений, льды, волн, градиентов температуры, солености и т. д.

III. ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, НАИБОЛЕЕ ПРИМЕНИМЫЕ В ГОРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Возможен ли переход Горьковской области на экологически чистые источники энергии?

Убедительный пример этому дает нам Лысковский энергетический феномен, существовавший длительное время в нынешней Горьковской области. Здесь 50—60 лет тому назад на реках Сундовике и Валаве стояло 18 водяных мельниц, а рядом, в окрестностях сел Лысково и Трофимове, — 150 ветряных мельниц. Десять водяных мельниц были двухпоставными (мощностью 48 киловатт каждая). Ветряные двигатели имели мощность: однопоставные — до 7 киловатт, а двухпоставные — до 14 киловатт. Водяные двигатели давали суммарную мощность 500 киловатт, а ветряные — более 2000 киловатт. Двухпоставные водяные мельницы перемалывали 1 тонну, а четырехпоставные — до 15 тонн зерна в сутки. Ветряные двигатели имели производительность помола более 3 тонн зерна в сутки. Сделанные подсчеты показали, что в этом районе на площади в 600 квадратных километров экологическая энергетика давала с квадратного километра не менее 10 киловатт, а в наиболее насыщенной ее части (на площади в 100 квадратных километров) — вблизи сел Лысково и Трофимове — более 20—25 киловатт.

Па некоторых водяных мельницах на реке Сундовике уже действовали электрогенераторы. Старые мельники С. А. Гребнев из села Лысково и И. Н. Игнатьев из села Трофимове, проработавшие на мельницах более 30 лет (первый — на водяных, а второй — на ветряных), подтвердили, что мощность тогда существовавших двигателей в 5—10 лет можно было поднять в 3 раза и довести съем энергии с квадратного километра до 60—75 киловатт!

Но Лысковское энергетическое хозяйство решало не только энергетические задачи, но и другие, не менее важные. Так, в весеннее половодье вода из запруд частично спускалась для орошения лугов и прохода рыбы. Многие плотины были разборными на период полых вод и нереста рыбного населения. Запруды служили также излюбленным местом нагула его молоди. Толково продуманная система прудов и плотин и спуска через них воды подерживала ее чистоту в реках. Ветряные двигатели умеряли в 2—3 раза скорость ветра по сравнению с той, что наблюдается теперь в этих местах.

Подобные же энергетические хозяйства, хотя и меньше по мощности, существовали 50—60 лет назад около села Сингелей в Ульяновской области, села Усолья в Куйбышевской области и сел Терса, Воскресенское и Березники в Саратовской области. В других районах бассейна Волги также осваивалась экологическая энергетика, хотя и не столь полно, как в Лысковском районе. На затопленных просторах Ивановского, Угличского, Рыбинского и Горьковского водохранилищ действовали тысячи водяных и ветряных двигателей и сотен ГЭС.

Таким образом, в Горьковской области есть возможности для развития экологически чистой энергетике. Из наиболее приемлемых путей ее развития можно назвать три — система малых ГЭС, ветроэнергетика, биогаз. Рассмотрим подробнее возможности и современное состояние данных путей энергообеспечения.

МАЛАЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

Во всем мире растет интерес к так называемой малой энергетике, к относительно небольшим гидроэлектростанциям на совсем маленьких реках, речушках и даже ручьях. Ныне также ГЭС во множестве строятся в ряде развитых в промышленном отношении государств. И в нашей стране идут исследования, разрабатываются планы восстановления ряда старых, строительства новых малых ГЭС.

Одна из целей развития малой гидроэнергетики — создание каскадов ГЭС на реках и обеспечение на этой основе всеобъемлющего использования водных ресурсов. При освоении гидроэнергетического потенциала рек практикуется комплексное планирование, учитывающее требования производства электроэнергии, орошения, судоходства и т. д.

Хотя термин «малые ГЭС» употребляется повсеместно, энергетики разных стран пока не договорились о том, какие гидроэлектростанции считать таковыми. «Водораздел» между «малой»

и «большой» энергетикой проходит в одних странах на уровне 5 тысяч киловатт, в других — на рубеже 15—20 тысяч киловатт. В нашей стране и в США «малой» считается гидроэлектростанция с мощностью не выше 30 тысяч киловатт и с диаметром рабочего колеса турбины не более 3 метров. Заметим попутно: не такая уж «малая» эта ГЭС, она способна снабжать электроэнергией город на 15 тысяч квартир — 50—70 тысяч жителей. Есть и нижний предел мощности таких ГЭС — 100 киловатт. Менее мощные станции называют «микро-ГЭС».

Кстати, микро-ГЭС также могут сослужить хорошую службу, особенно в удаленных поселках, в экспедициях геологов, изыскателей, туристов, в отгонном животноводстве и т. п. И такие ГЭС разработаны в нашей стране. Так, например, еще 5 лет назад Киргизским научно-исследовательским отделом энергетике был разработан проект рукавной переносной электростанции «РП ГЭС-1,5» и даже выпущены опытные образцы. Однако дело с серийным выпуском микро-ГЭС в стране продвигается медленно. Первую партию микро-ГЭС, рассчитанных на 1,5 киловатта, выпустил чебоксарский завод «Энергозапчасть». Пока эта продукция предназначена только для зарубежных партнеров. Сызранский завод обещает уже в этом году порадовать новым товаром наших покупателей. Планируется выпускать такие установки в Ленинграде и Харькове. Но, к сожалению, все это в будущем.

Чуть лучше обстоят дела с малыми ГЭС. Удельный вес малых ГЭС в энергетическом потенциале страны, увы, невелик, а их вклад в общее производство электроэнергии более чем скромно. В системе Министерства энергетики и электрификации СССР действуют 264 ГЭС до 30 тысяч киловатт, общая мощность которых около 1400 мегаватт. По сути, более половины гидроэлектростанций, значащихся на балансе Минэнерго, относятся к «малым». Но на них приходится всего лишь около процента (одна сотая!) суммарной мощности всех ГЭС. Для сравнения скажем, что на 14 ГЭС мощностью более миллиона киловатт приходится 64 процента суммарной мощности всех гидроэлектростанций. В то же время, например, из валового гидроэнергетического потенциала ввропейской части страны, оцениваемого в 692 миллиарда киловатт-часов электроэнергии в год, 320 миллиардов потенциально приходится на малые ГЭС.

Еще 70 малых ГЭС работают в системе сельского хозяйства; они вырабатывают ничтожно малую долю — менее 0,01 процента энергии, потребляемой колхозами и совхозами. И, наконец, 10 малых ГЭС общей мощностью 34 тысячи киловатт находятся в ве-

дени Министерства речного флота РСФСР. Имеются малые ГЭС и в системе Министерства цветной металлургии СССР. Но все это старые станции.

Заметим, что так было не всегда. В 1952 году в стране насчитывалось 6614 малых ГЭС, а их суммарная мощность составляла 332 тысячи киловатт. Правда, к 1959 году число малых гидроэлектростанций сократилось примерно до 5 тысяч, зато общая мощность возросла до 481,6 тысячи киловатт. Иначе говоря, происходило качественное совершенствование малой энергетики: закрывались совсем маленькие, кустарно сработанные станции, зато развивались ГЭС средней и относительно большой мощности — так сказать, великаны среди карликов.

А потом и число, и общая- мощность, и выработка электроэнергии малой энергетикой пошли па убыль. Дальнейшее развитие малой энергетики, строительство новых малых ГЭС было признано бесперспективным, ведь полным ходом шло развитие большой энергетики, строились гидроэлектростанции-гиганты на Волге, затем в Сибири. Появились мощнейшие тепловые и атомные электростанции. Малые ГЭС всем казались примитивными, кустарными, никому не нужными. Вот почему часть небольших гидроэлектростанций была остановлена, большинство из них постепенно пришло в негодность, разрушилось. Часть станций была законсервирована. И лишь небольшая часть, как правило, наиболее совершенные, автоматизированные, продолжает действовать,

Итак обстояло дело не только у нас. В США, где бум малой энергетики пришелся на первую треть века, с 1930 по 1970 год были законсервированы как недостаточно экономичные более 3 тысяч малых ГЭС. С 1963 по 1975 год выработка энергии на малых ГЭС Франции снизилась в 4,5 раза.

Однако к началу восьмидесятых годов положение резко изменилось. Начали расконсервировать старые, ранее оставленные малые ГЭС и интенсивно строить новые. На Западе главным стимулом такого поворота событий стало резкое — примерно в 15 раз — повышение цен на нефть. В этих условиях ранее убыточные станции сразу превратились в рентабельные. Также выгодным делом оказалось строительство ГЭС в створах рек, ранее считавшихся экономически бесперспективными. Сохраняющиеся на высоком уровне цены на минеральное топливо, растущая инфляция также стимулируют максимальное использование резервов энергетики, в том числе строительство малых ГЭС.

Несколько иными были стимулы поворота к малой энергетике в нашей стране.

Во-первых, за минувшие годы резко шагнула вперед автоматика, появились устройства, сделавшие возможным эксплуата-

цию почти всех малых гидроэлектростанций «под замком», в автоматическом режиме, без участия людей, что повышает их рентабельность. Даже у самых несовершенных малоэкономичных малых ГЭС стоимость электроэнергии не превышает 2 копейки, в большинстве же случаев — менее копейки за киловатт-час.

Во-вторых, выяснилось, что не такие уж они невыгодные, малые электростанции. Да, киловатт установленной мощности крупной ГРЭС или ГЭС действительно дешев, если считать его приведенным к стоимости только станции. Но крупная ГРЭС или АЭС — это еще и рабочий поселок с развитой инфраструктурой, это обширные ремонтные и прочие службы и многое другое, что обеспечивает жизнедеятельность станции. Близ малой ГЭС не надо возводить жилье, даже маленькую сторожку, тем более не нужны школы, магазины для обслуживающего персонала, поскольку сам персонал, как правило, не нужен. Агрегаты работают в закрытом помещении, за ними «присматривают» приборы.

И, наконец, в-третьих, обнаружилось множество мест, где малые ГЭС можно построить очень быстро при небольших затратах средств. Речь идет об оросительных и иных водохранилищах, которые появились в последние годы в разных концах страны. То, что в их проектах с самого начала не предусматривались малые ГЭС, — это, конечно, неправильно. Таких водохранилищ за последние годы создано очень много. Только крупных, емкостью свыше миллиона кубометров, более 2000. Из них 460 очень крупные: в каждом — более 20 миллионов кубометров воды. А свыше 200 — водохранилища-гиганты — более чем по 100 миллионов кубометров воды в каждом. Так вот, 42 процента водохранилищ стоимиллионников, 58 процентов — двадцатимиллионников и 90 процентов — миллионников не используются для выработки электроэнергии.

Именно здесь и надо в первую очередь строить малые ГЭС. Ведь все равно во время паводков или сильных дождей, а также в межсезонье излишняя вода этих хранилищ сбрасывается в реки. Затраты на реконструкцию водосбросов и превращение их в небольшие ГЭС будут не слишком большими. А потенциал некоторых водохранилищ весьма значителен, их энергетическое освоение означало бы серьезную добавку в общее производство электроэнергии.

На рисунке 1 даны два варианта малых ГЭС, которые можно быстро смонтировать на любом из действующих водохранилищ. И в том, и в другом случаях не нужно строить ни здания ГЭС, ни еще каких-либо дорогостоящих сооружений. В варианте «А» водоприемник просто-напросто перебрасывается через плотину и вода поступает в турбину в соответствии с «сифонным эффектом».

В варианте «Б» водоприемник гидростанции помещается в теле плотины. Обратите внимание на весьма рациональную компоновку агрегата. Генератор соединяется с турбиной посредством зубчатой либо червячной передачи так, что их оси расположены под углом 90° и весь гидроагрегат получается очень компактным. Подобных агрегатов можно установить на плотине водохранилища несколько.

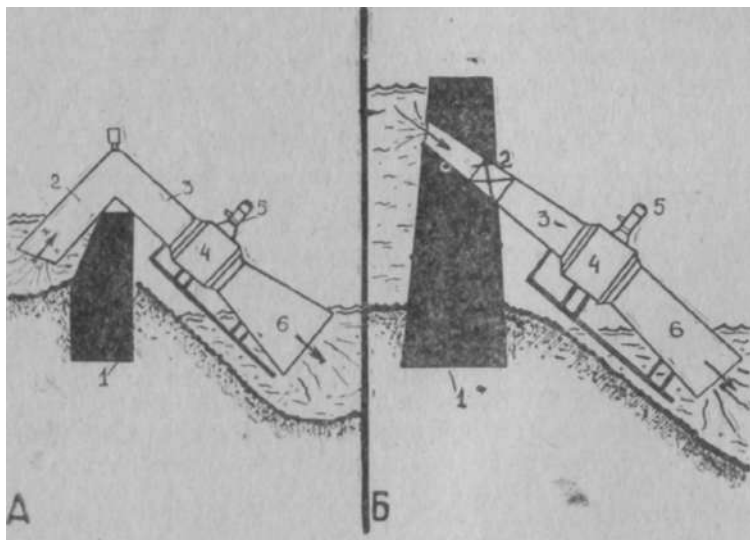


Рис. 1. Два варианта малых ГЭС: 1—плотина водохранилища; 2—водоприемник; 3—водонапорная труба; 4—турбина; 5—генератор; 6—труба водосброса.

Малые ГЭС можно «встраивать», например, в водопропускные сооружения шлюзов, в водосбросы тепловых и атомных электростанций, горнообогатительных и других предприятий, где по технологии используется много проточной воды.

В последнее время начали предприниматься первые шаги к «восстановлению в правах» малой энергетики. Организацией Минэнерго СССР проведена инвентаризация большинства сохранившихся малых ГЭС.

Картина оказалась довольно пестрой. Здания некоторых станций требуют лишь косметического ремонта. Часть из них используется другими организациями под склады, магазины, рестораны и пр. А вот оборудование почти повсеместно нуждается в замене

на более совершенное, иные малые ГЭС разрушены до основания.

Осмотрены и проверены оборудование и здания действующих малых ГЭС. И здесь общая картина, увы, не вселяет оптимизма. Агрегаты многих станций сильно изношены и вот-вот выйдут из строя. Кое-где достаточно провести капитальный ремонт зданий и оборудования. И, наконец, есть станции, где благодаря квалифицированному обслуживанию и уходу за агрегатами турбины и генераторы, проработавшие даже по 30—50 лет, находятся в удовлетворительном состоянии.

Но если исходить из общей картины, то малую энергетику, конечно же, надо не столько восстанавливать, сколько создавать заново. Сейчас головной институт — Гидропроект имени С. Я. Жука в Москве, его филиалы на местах работают, выясняя и уточняя, где можно построить малые гидростанции. К сожалению, мы существенно отстаем от мировых достижений в области малой энергетики.

Например, в США обширная программа развития малой энергетики уже давно составлена. Проведено обследование почти 3 тысяч выведенных ранее из эксплуатации малых ГЭС и подготовлены рекомендации по вводу в действие 2,1 тысячи из них. Проведена опись и обследование почти 50 тысяч существующих плотин, не имеющих в своем составе ГЭС. К 2020 году намечается довести суммарную мощность малых ГЭС до 50 миллионов киловатт и производить на них примерно 200 миллиардов киловатт-часов электроэнергии в год, что позволит экономить ежегодно около 65 миллионов тонн жидкого топлива. Со временем же общая мощность малых ГЭС, как предполагают, может составить половину мощности всех гидроэлектростанций США.

По-видимому, это не пустые слова. Во всяком случае, предпринимателям, берущимся за создание малых ГЭС, предоставляются в Америке немалые кредитные и налоговые льготы — правительство активно демонстрирует свою заинтересованность в развитии малой энергетики.

Интенсивно строятся малые ГЭС в странах Западной Европы. Ныне их насчитывается: в Австрии—950, в Италии—1200, в Норвегии—500, в Финляндии—170, во Франции—1100, в ФРГ—800, в Швеции—1200. В Голландии активно реконструируют водяные мельницы в малые ГЭС. 1300 малых ГЭС действует в Японии, 2000 — в Индии и почти 100 тысяч в Китае, где около трети электроэнергии производится на малых ГЭС. Общая их мощность сейчас 10 миллионов киловатт, и ежегодно она увеличивается примерно на полмиллиона.

На опыте Китая стоит остановиться особо. Гидроэнергетические ресурсы КНР пока используются всего на 14 процентов. Здесь предполагается каждую пятилетку наращивать мощности малой энергетики на 3—5 миллионов киловатт. В процессе развития малой гидроэнергетики в Китае был накоплен богатый опыт решения проблем электрификации сельских районов, который может оказаться полезным для многих стран при планировании, проектировании и строительстве объектов национальной энергетики.

К числу важнейших предпосылок, обуславливающих выбор конкретного типа малых ГЭС, относится требование максимально полного освоения и использования потенциальной энергии водных ресурсов. Проекты подобных гидроузлов должны составляться на основе анализа результатов всеобъемлющих технико-экономических сравнительных исследований с учетом специфики местных природных и социально-экономических условий. Важное значение придается соблюдением требований простоты инженерных решений и удобства управления подобными объектами.

Так, например, действующие в Китае малые ГЭС по схеме использования водных ресурсов можно разделить на приплотинные, деривационные и смешанные.

Приплотинные ГЭС относятся к двум основным типам: энергетические гидроузлы с силовой станцией, расположенной непосредственно за плотиной, и энергетические гидроузлы с силовой станцией, являющейся составным элементом самой плотины.

На ГЭС первого типа плотина используется для подъема уровня воды и соответственно, концентрации напоров, а турбинные трубопроводы проложены в теле плотины для отвода воды из русла и подачи ее на силовую станцию. Подобная схема эксплуатации потенциальной энергии водных ресурсов позволяет применять довольно простые конструкции гидротехнических сооружений и уместна в тех случаях, когда водохранилище имеет регулируемую емкость. Если же силовая станция встроена в тело плотины, напоры обычно незначительны и сама силовая станция выполняет также функцию водоподпорной структуры. ГЭС данного типа часто возводятся в среднем и нижнем течении рек. В равнинных областях, где сооружение высоких плотин из-за особенностей природных условий практически невозможно, нередко именно такие гидроузлы оказываются предпочтительными.

Деривационные ГЭС в подавляющем большинстве случаев строятся в верхнем и среднем течении рек, протекающих в горных областях, где склоновые поверхности отличаются значительной крутизной. Напор воды, подаваемой на турбины силовых станций,

зависит от особенностей деривационных сооружений (проложенных через склоны каналов, туннелей и т. д.). Важными преимуществами деривационных ГЭС являются: относительная краткосрочность строительства, малые размеры необходимых капиталовложений, быстрота их окупаемости и незначительные потери от затопления территории. В районах с соответствующими геоморфологическими и гидрологическими условиями можно создавать очень высокие напоры воды, хотя это, в свою очередь, может нарушить зарегулированность речного стока и привести к известной неустойчивости режима выработки электроэнергии на ГЭС.

ГЭС смешанного типа возводятся в основном в верхнем и среднем течении рек, где степень зарегулированности стока обычно невелика. Напор воды, частично создаваемой посредством подпора воды плотинами, затем увеличивается специальными водопроводящими гидротехническими сооружениями.

На протяжении длительного времени высказываются сомнения по поводу надежности систем снабжения энергии, вырабатываемой на малых гидроэнергетических установках. Это объясняется следующими причинами: незначительными объемами водохранилищ при ГЭС, их ограниченной установленной мощностью, слабой зарегулированностью стока и изменчивостью режима выпадения атмосферных осадков. Тем не менее практический опыт, накопленный в течение нескольких десятилетий, позволяет осуществить целый ряд технических мер в целях изменения подобного положения и повышения как надежности, так и рентабельности малой гидроэнергетики. Малые ГЭС включаются в единую энергетическую систему и совместно питают потребителей электроэнергии.

Накопленный в Китае опыт охватывает следующие аспекты развития малой гидроэнергетики. На государственном уровне был разработан комплекс политических и практических мер в целях поддержки развития малой гидроэнергетики (в частности, на вооружение были взяты: концепция «самостоятельного строительства», принцип «самостоятельного управления» и тезис о «самостоятельном потреблении»). Указанная задача решается с помощью действующих энергетических объектов, причем предпочтение отдается объединению малых ГЭС в рамках электроэнергетических систем страны. Необходимые для этого капиталовложения, оборудование и материалы выделяются за счет государственных субсидий, предоставляются налоговые льготы. Местные власти в уездах, городах и деревнях, а также сами их жители активно поощряются к осуществлению практических мер в целях развития малой гидроэнергетики. При строительстве гидротехнических сооружений используются местные материалы. Оборудование

гидроэнергетики в основном изготавливается национальными и предприятиями. Разработан целый ряд типовых моделей, что гарантирует высокое качество гидроагрегатов и облегчает выбор подходящего оборудования.

Словом, и отечественный, и зарубежный опыт подтверждает, развитие малой энергетики — дело перспективное, Что же конкретно предпринимается, чтобы ускорить развитие Малой энергетики в нашей стране?

1982 года «Гидропроект» проводит широкий комплекс проектов, имеющих целью создание нескольких унифицированных проектов малых ГЭС, таких, которые можно было бы быстро строить в разных районах и в разных условиях — при существующих и вновь сооружаемых водохранилищах, на перепадах каналов, на незарегулированных участках рек.

Исходя из условий работы, все возможные малые ГЭС разделены на 4 компоновочные группы. Первая: малые ГЭС при относительно небольших водохранилищах с малыми пропусками воды (5—15 кубометров: в секунду) и низкими—до 10 метров — напорами. Вторая: малые ГЭС при больших водохранилищах и на перепадных участка: каналов с пропусками воды от 20 до 200 кубометров в секунду и напорами от 5 до 20 метров. Третья: ГЭС для крупных водохранилищ с напорами более 20 метров. Четвертая: так называемые деривационные ГЭС, где расход воды относительно невелик— 1—2 кубометра в секунду, зато перепад очень большой — до 110 метров.

Для ГЭС каждого типа разрабатывается свой наиболее экономичный в данных конкретных условиях тип турбины. Для станций первого типа, например, это вертикальная пропеллерная турбина, для второго типа — горизонтальная осевая прямоточная, для третьего типа — вертикальная радиально-осевая, для четвертого — горизонтальная радиально-осевая турбина.

Когда-то мы имели довольно развитое производство оборудования для малых ГЭС. Оно выпускалось серийно на Сысертском в Свердловской области и на подмосковном Щелковском насосном заводах.

Проводились и обширные исследовательские и конструкторские работы — в основном силами ученых и проектировщиков Всесоюзного института гидромашиностроения (ВНИИГидромаш).

К сожалению, около 20 лет назад все работы были приостановлены, И использовать старые проекты сейчас нет смысла — они давно устарели.

Ныне решено специализировать на выпуске оборудования для малых ГЭС Сызранский турбостроительный завод в Куйбышев-области. В ленинградском Всесоюзном научно-исследова-

тельском институте электромашиностроения (ВНИИЭлектромаш) разрабатываются гидрогенераторы для малых ГЭС. С сожалением, однако, приходится отметить, что производственники не спешат развернуть серийное производство таких машин в нулевых масштабах.

К настоящему времени основные научные и конструкторские проблемы, связанные с развитием малой гидроэнергетики, решены и дело только за воплощениями идей и предложений в жизнь. Большинство малых ГЭС можно строить по унифицированным проектам, лишь «привязав» их к местности и выбрав нужный типоразмер оборудования, которое скоро будет выпускаться серийно. Ряд специфических требований предъявляется к малым ГЭС, сооружаемым на водохранилищах, имеющих рыбохозяйственное значение; здесь целесообразно устанавливать совершенно новые, еще нигде пока не применявшиеся гидроагрегаты, использующие кинетическую энергию потока. Перспективным представляется соединение малой ГЭС с энергетической ветроустановкой.

Есть еще одна проблема — своеобразный «психологический барьер» против малых ГЭС. Чтобы преодолеть его, одной пропаганды полезности и эффективности этих станций мало. Надо искать и вводить экономические стимулы, — которые побуждали бы строить такие гидростанции везде, где это возможно. Может быть, отпустить энергию малых ГЭС по льготному тарифу либо повысить отчисления в поощрительные фонды тем строительным и эксплуатационным организациям, которые охотно берутся за возведение и эксплуатацию объектов малой энергетики.

Расширять масштабы проектирования и строительства малых ГЭС — значит вводить в действие новые важные резервы роста энергетического потенциала страны, ускорения темпов развития нашей экономики.

ЭНЕРГИЕЙ ВЕТРА

В то время как история использования ветра для подъема воды насчитывает уже более тысячи лет, другие виды применения ветровой энергии появились сравнительно недавно.

Первые ветряные электрогенераторы были разработаны еще в 90-х годах прошлого столетия в Дании, а уже к 1910 году в этой стране было построено несколько сот мелких установок. Еще через пару лет датская промышленность получала от ветряных генераторов четверть необходимой ей электроэнергии. Их общая мощность составила 150—200 мегаватт. Этого было бы вполне достаточно для снабжения электричеством современного города

на 100000 жителей. Однако за пределами Дании ветряные генераторы тогда не нашли столь широкого применения.

С начала века стали проводиться эксперименты по оценке возможности использования ветродвигателей для производства электроэнергии. Эта технология оказалась вполне доступной, но при тогдашнем изобилии дешевых ископаемых ресурсов ветроэнергетическим установкам трудно было конкурировать с традиционными источниками энергии.

Однако в середине 70-х гг. нефтяной кризис привел к небывалому повышению цен на традиционные виды топлива, в результате чего вновь возрос интерес к альтернативным источникам, в том числе и ветровой энергии. Первая относительно крупная американская ветряная электростанция была построена в конце 1980 года в Нью-Гэмпшире. Исследовательские программы по использованию энергии ветра и проекты их реализации были разработаны правительствами нескольких государств. Ведущую роль здесь сыграли такие страны, как Дания, Великобритания, Нидерланды, США, ФРГ, Швеция. Затем и во многих других странах стали появляться национальные программы по ветроэнергетике. Так, итальянское национальное общество по энергетике — ЭНЕЛ изготавливает ветроэнергетические установки мощностью 2 тысячи киловатт.

За правительствами вскоре последовали корпорации. Намечился существенный рост ветроэнергетической индустрии. Если в 1980 г. суммарная мощность ветроэнергетических установок составляла несколько мегаватт, то на конец 1986 г. в национальные энергосети поступала энергия от 15 тыс. ветроэлектрических станций общей мощностью 1400 МВт.

Так, в США только с 1983 по 1985 годы производство электроэнергии на ветроагрегатах увеличилось в тринадцать раз и достигло 622 млн. кВт·ч. Известная фирма «Боинг» выпускает сейчас ветроагрегаты мощностью 3,2 МВт. В 1986 году, по данным американского журнала «Уорлд уотч», мощность находящихся в эксплуатации турбин возросла на 27 процентов, а в 1987-м — еще на 12. Средняя мощность турбин, установленных в Калифорнии, увеличилась с 49 киловатт в 1981 году до 111 киловатт в 1987-м. Значительно повысилась и надежность турбин. Они работают от 80 до 98 процентов времени, когда дует ветер. Установка одной такой турбины обходится в 800—1200 долларов за киловатт, что значительно дешевле, чем строительство тепловых и атомных электростанций той же мощности.

По оценкам американских специалистов, в США ветряных ресурсов вполне достаточно для того, чтобы ежегодно производить более одного триллиона киловатт-часов электроэнергии, что сос-

тавляет четверть прогнозируемой на конец века потребности страны в электричестве. Сейчас в США ведется работа по составлению атласов ветров, определяются наиболее удачные районы для строительства ветряных установок.

В Дании общая мощность действующих ветроэнергетических установок превышает 100 тыс. кВт. Цель деятельности датского правительства в этом направлении состоит в том, чтобы к 1995 году десять процентов необходимого стране электричества производить при помощи ветра.

Более 75% ветроустановок находится в Калифорнии (США), а из оставшихся 25% большая часть — в Дании. Ведущие позиции США и Дании объясняются той поддержкой, которую оказывают развитию ветроэнергетики правительства этих стран. Без такой заинтересованной поддержки было бы трудно преодолеть технологическую отсталость этого вида энергетики. Об успешных результатах правительственных программ говорит тот факт, что без учета государственных дотаций стоимость энергии, вырабатываемой ветроустановками, снизилась до нескольких центов за 1 кВт·ч на хороших ветреных участках. Совершенно очевидно, что при таких ценах энергия ветра может конкурировать с наиболее дорогими видами горючих ископаемых.

Преимущества, которые дает использование энергии ветра, совсем недавно стали широко использоваться и в Китае. В 1982 году на китайском рынке было продано 1280 ветряных турбин, а в 1986-м—11000 таких установок, что позволило обеспечить электричеством те районы, в которых раньше его никогда не было. По данным американского статистического центра «Уинд дейта сентр», в Китае сегодня находятся 5 из 10 мировых производителей турбин малой мощности.

Как наиболее дешевый и доступный источник электроэнергии, ветер имеет своих сторонников в 95 странах. Правда, сегодня энергетики уделяют больше внимания строительству ветряных турбин большой мощности — от мегаватта и выше, которые дают в десять раз больше электричества, чем средняя калифорнийская модель. По данным журнала «Уорлд уотч», к 1985 году в мире было построено 11 таких машин: семь из них в США, две — в Швеции и по одной — в Дании и ФРГ. Канада, Дания, Нидерланды, Швеция, Англия, ФРГ, Австралия в настоящий момент строят новые многомегаваттные турбины. В Нидерландах, например, принят план на ближайшие пять лет, в соответствии с которым к 1992 году в стране будут установлены турбины общей мощностью в 150 мегаватт.

В Великобритании первая мощная ветроэнергетическая установка построена на берегу залива Кармартен-Бей в Южном Уэль-

се, где часто дует ветер. Турбина необычной формы, изобретенная английским инженером П. Масгроувом в 1975 году, смонтирована на бетонной башне высотой около 25 метров. Она вращается всегда в одном направлении независимо от направления негра, поэтому отпадает необходимость в устройствах для поворота всей системы по ветру. Кроме того, лопасти турбины изменяют свое положение в зависимости от скорости ветра, используя его наилучшим образом и не допуская слишком большой скорости вращения. Генератор мощностью 130 киловатт смонтирован на земле.

К концу текущего десятилетия в стране планируется установка еще десяти подобных турбин. А на одном из Оркнейских островов вступила в строй самая мощная в Великобритании и одна из самых мощных в мире ветроэнергетическая установка. Она развивает мощность в три мегаватта.

Правительство Швеции изучает предложение о постройке и размещении в море 300 электростанций, работающих на энергии ветра. Предполагается разместить ветроэлектростанции в море и закрепить их на якорях. Исходя из силы ветра и условий морского дна, лучше всего эти станции расположить в 20 км от берега. Поскольку в море ветер дует чаще и средняя скорость ветра значительно выше, чем на суше, ветроэлектростанции там будут на треть эффективнее, чем на суше.

Несмотря на большое внимание, которое уделялось развитию ветроэнергетики в течение последнего десятилетия, влияние этой новой технологии в развитых странах пока невелико. Вопрос в том, смогут ли современные турбины давать электроэнергию по конкурентоспособным ценам и насколько данная технология подходит для местных условий. Как показывает опыт, использование энергии ветра в целях электрификации действительно имеет хорошие перспективы и может во многом содействовать социально-экономическому прогрессу.

Основные виды ветроэнергетических установок можно разделить на так называемые сетевые и ветро-дизельные системы. Под сетевыми подразумеваются установки, использующие воздушные турбины стандартного типа, которые подают энергию непосредственно в большие электросети, где требуется лишь довольно простая система регулировки и управления. Рентабельность сетевых систем определяется путем сравнительной оценки стоимости топлива, сэкономленного за счет снижения капиталовложений на оборудование, затрат на подготовку кадров по эксплуатации оборудования, текущих расходов на зарплату и закупку запчастей. В настоящее время сетевые ветроустановки можно рассмат-

ривать как вполне реальную испытанную технологию, и сейчас основные усилия направлены на повышение их рентабельности.

В свою очередь ветро-дизельные системы до недавнего времени мало интересовали промышленность, поэтому для их совершенствования, вероятно, потребуется еще несколько лет. Ветро-дизельный агрегат является гибридной системой, состоящей из двух основных компонентов — воздушной турбины и традиционного дизельного генератора. Оба компонента обладают примерно одинаковой мощностью. Воздушная турбина практически идентична сетевому ветродвигателю, но создание эффективной системы регулировки и управления для объединенного агрегата связано с немалыми трудностями.

Появление ветро-дизельных систем в сельской местности, где прежде не было электроснабжения, может способствовать развитию местной экономики и радикальному улучшению бытовых условий. В данном случае главная «прибыль» — это социальный прогресс, который просто невозможно оценить с чисто экономической точки зрения.

Введение новых систем энергоснабжения, в том числе и гибридных, неизбежно оказывает воздействие на социальную структуру. Не исключено, что благодаря этому уменьшаются отток населения из сельских районов и негативные последствия урбанизации — одной из самых острых проблем во многих странах. Хотя положительные результаты энергообеспечения в сельской местности не зависят от типа энергоустановки, нельзя не отметить, что смешанные системы все-таки более экономичны, что совсем немаловажно.

Непрерывное совершенствование ветроэнергетических установок позволяет рассчитывать на то, что в будущем их можно будет установить почти в любой точке земного шара. Единственным ограничением будет сама природа или, точнее, метеоусловия.

Успешное планирование проектов по использованию энергии ветра требует хорошего знания ветрового режима в той или иной местности. Для оценки рентабельности проекта необходимо рассчитать среднегодовой объем производства энергии ветродвигателем данного типа, а для этого, в свою очередь, требуется знать скорость и направление ветра на определенных высотах. Для горизонтальных ветродвигателей — это высота оси ветроколеса над землей. Поскольку энергия ветра пропорциональна кубу его скорости, точность оценки средней скорости ветра должна быть очень высокой. Ведь при изменении этой величины погрешность в 10% может привести к отклонению среднего значения расчетной выработки энергии примерно на 30%, что существенно затрудняет экономические прогнозы. Поэтому совершенно очевидно, что

вопрос о доступности и качестве данных является очень серьезным и важным. Широкое использование энергии ветра одновременно будет способствовать и совершенствованию системы изменений ветровых характеристик.

Объем потребляемой энергии и структура потребления, т. е. его изменчивость во времени, имеют большое значение при рассмотрении вопроса о целесообразности установки одного или нескольких высокопроизводительных ветродвигателей или обычной силовой установки. Существует значительное различие между гибридной системой и ветроустановками, подключенными к центральной сети. Если ветродвигатели осуществляют подачу энергии в систему, то предварительный анализ должен включать изучение эксплуатационных качеств систем различного типа.

Как уже было отмечено, хорошее знание ветрового режима, в котором будет работать ветродвигатель, и потребление энергии подключенными приборами имеют существенное значение при планировании ветроэнергетического проекта.

Предположим, что ветровой режим благоприятный. В таком случае необходимо изучить характеристики предполагаемой ветроэнергетической системы, чтобы оценить рентабельность проекта. Для этого требуется определить, во сколько обходится 1 кВт·ч энергии, полученной с помощью ветроустановки, по сравнению с традиционными источниками энергии.

Когда ветродвигатели функционируют в рамках центральной сети, скорость оборотов турбины, а также частота генераторов переменного тока машины поддерживаются на постоянном уровне с помощью гораздо более мощных обычных генераторов, подключенных к сети. Принципиальное назначение сетевых ветродвигателей заключается в снижении нагрузки на обычные генераторы.

Когда же доля энергии, произведенной ветродвигателями, становится сопоставимой с объемом энергии, вырабатываемой обычными генераторами, возникают проблемы, связанные с регулированием системы. Преимущество ветровой системы заключается в том, что она может работать независимо от дизельного питания, по крайней мере время от времени, используя возможности ветродвигателя в полную силу.

Развитие современных ветроэнергетических установок позволяет надеяться, что хотя бы часть необходимого электричества может быть получена благодаря энергии ветра. Ветроэнергетические системы можно подключать к энергосети больших городов или использовать в отдаленных районах, полностью лишенных энергообеспечения. Стоимость получаемой энергии выше стоимости энергии в системах, что является основанием для «сдержанного опти-

мизма», проявляемого многими руководителями по отношению к ветроэнергетике.

Несколько иначе будет выглядеть дело, если обратиться к новым конструкциям ортогональных крупных ветроагрегатов, разрабатываемым и испытанным в СССР и за рубежом в последние годы. Суть этих конструкций состоит в использовании тянущей силы крыла, движущегося быстрее ветра. Рабочие лопасти этих агрегатов (ими могут быть крылья современных дозвуковых самолетов) закреплены на оси и располагаются вертикально на высоком основании. Новые ветроагрегаты оказываются более экономичными и надежными, чем традиционные. Их оптимальная единичная мощность, с учетом технологических возможностей авиационного строения может быть около 5000 кВт. В Канаде уже испытывается агрегат мощностью 4000 кВт. Ветроагрегаты можно было бы строить и испытывать уже сейчас.

Еще более привлекательные перспективы открываются с использованием новых крупных ветроагрегатов другого типа, у которых рабочие лопасти (крылья самолетов) движутся по кольцевой трассе, «опираясь» на магнитную или гидравлическую «подушку». Этот «поезд», замкнутый в кольцо, включающий только элементы освоенной технологии, может развивать мощность до 25 тыс. кВт при диаметре трассы всего около 250 м. Возможно, что даже и эта площадь (в пределах трассы лопастей) может использоваться для сельскохозяйственных или других нужд, так как сама трасса будет высоко поднята над землей (или над морем). Агрегаты требуют сравнительно небольших материальных затрат на единицу мощности (не более 250 руб./кВт) и дадут низкую себестоимость энергии.

Ветровые агрегаты новых типов практически не нуждаются в эксплуатационном персонале — они включаются и работают автоматически. Почти все узлы машин стандартны и поставляются в комплекте исполнения. Стоимость строительной части установок составляет около 10%. Поэтому сроки возведения установок и количество рабочих, необходимых для монтажа, минимальны. Практически машину мощностью 1000 кВт бригада из 10 рабочих сможет собрать и подготовить к пуску в течение месяца.

Конечно, ветер изменчив, и массовое строительство, ветряков сделает необходимым создание в энергосистеме аккумулирующих (тепловых, электромагнитных или иных) систем.

Однако примечательно, что энергия ветра и потребность в энергии (нагрузка системы) в течение года изменяются синхронно! В летний период, когда ветры слабы, требуется минимальная мощность в системе. В этот период можно ремонтировать или заменять ветроагрегаты.

Единственным фактором, лимитирующим применение ветродвигателей, является ветровой режим. Однако, как уже отмечалось, для того, чтобы установить, насколько уместна данная технология в каждом конкретном случае, необходимо ответить на многие вопросы.

Да и размещать ветряки так часто, как это позволяют энергетические условия, явно нецелесообразно. Экологическую норму размещения ветроагрегатов еще предстоит выбрать с участием художников, архитекторов и широкой общественности. Ветряки не должны загромождать небо, нарушать телевизионный прием, шуметь, а также не должны искажать ландшафт. Этого можно избежать уже сейчас, но некоторые, например, ландшафтные, ограничения станут ясными лишь после строительства ветроагрегатов.

Перспективно использование энергии ветра и у нас в стране. В 1918 году на одном из заседаний Совнаркома В. И. Ленин упомянул ветроэнергетику наряду с гидроэнергетикой, отмечая особую роль получения энергии «с наименьшими затратами на добычу и перевоз горючего». Последующие расчеты специалистов показали, что технически доступный ветроэнергетический потенциал только на суше СССР примерно в 10 раз больше потенциала всех рек страны. Годовой ветроэнергетический потенциал нашей страны составляет около 20 000 миллиардов киловатт-часов. Напомним, что ежегодная валовая выработка электроэнергии у нас достигает 1500 миллиардов киловатт-часов. Такое количество энергии можно было бы снимать от ветра только в одной Архангельской области, а в Ямало-Ненецком округе — в 2 раза, в Красноярском крае — в 5 раз, в Казахской ССР — в 3 раза больше. Значительный ветроэнергетический потенциал имеется в Коми АССР и особенно на Украине. Энергетика хозяйства в этих районах страны, как и во многих других, могла бы быть полностью поставлена на их собственном ветроэнергетическом потенциале. Даже то, что сейчас уже имеется в теоретической аэродинамике и в строительстве ветросиловых установок, позволило бы существенно переключить энергетику хозяйства на этот путь. И только глубокое непонимание окружающей природы, пренебрежение к вековому опыту наших дедов и отцов могут препятствовать приобщению к использованию этого вида биосферной энергетики. И стоят еще сохранившиеся местами старые, примитивные, деревянные ветроэнергетические установки — ветряки — немой укором нам в том, что мы предали забвению мудрость природы и людей, живших до нас!

Развитие ветроэнергетики целесообразно прежде всего там, где есть сильные ветры, действует развитая сеть линий электропере-

дачи, напряженная экологическая обстановка. В частности, на безлесных вершинах горной части Крыма может быть размещена ветровая электростанция (ВЭС), обеспечивающая выработку большего количества энергии по сравнению с Крымской АЭС, но экологически безопасная. В Дагестане, Азербайджане, Грузии, Армении могут быть размещены высокоэффективные ветроэнергетические установки. Они также в состоянии полностью обеспечивать электроэнергией Прибалтику, Север, Дальний Восток, Северный Казахстан, Кавказ, Киргизию, Нижнее Поволжье.

Мелководные акватории Финского залива обладают огромными ветроэнергетическими ресурсами: их оценивают в 150 миллиардов кВт-ч в год. В одном только районе к юго-западу от острова Котлин и до города Ломоносова, где среднегодовая скорость ветра — 8,4 м/с, с помощью современных установок можно получить около 25 миллиардов кВт-ч в год, это приблизительно Годовая выработка АЭС в Сосновом Бору под Ленинградом, за закрытие которой ратуют сейчас многие ученые и общественные деятели.

Ленинградские энергетики и метеорологи А. В. Смирнова, М. В. Кузнецов, М. М. Борнсенко разработали проект развития крупной ветроэнергетики, в частности, они предложили создать на Финском заливе опытно-промышленную ветроэнергетическую станцию мощностью 1000 МВт. Здесь можно использовать одноколесные (мощность 0,3—2,5 МВт) и двухколесные (мощность 0,6—5 МВт) ветроустановки с диаметром колес 30—70 м. Тогда на Финском заливе можно будет создать станцию мощностью несколько тысяч мегаватт с выработкой энергии 10—20 миллиардов кВт-ч, это все равно что построить 25—50 таких небольших ГЭС, как Волховская, или одну-две больших, как Братская.

Если темпы развития машиностроительного производства для ветроэнергетики будут такими же, как достигнутые при развитии производства оборудования для атомных электростанций (ветроагрегаты, конечно, существенно проще), то уже к 2000 году можно было бы ввести ВЭС с годовой выработкой более 50 миллиардов киловатт-часов, что больше выработки всех волжских ГЭС.

Ветроэнергетические установки новых типов имеют небольшую материальность, высокую заводскую готовность, допускают полную автоматизацию, требуют минимального отвода земли на вершинах гор и холмов. При наличии развития электросетей это позволяет ожидать, что себестоимость электроэнергии, получаемой на ветряках в указанных регионах, будет не выше, средней существующей себестоимости энергии — порядка 0,8 копейки за киловатт-час.

Вообще, за предстоящее десятилетие стоимость электроэнергии,

вырабатываемой ветроэлектростанциями, приблизится к стоимости электроэнергии АЭС и тепловых электростанций, работающих на угле.

Надежность получения энергии может обеспечить объединение ветроагрегатов в систему, связанную с ГЭС, имеющими водохранилища. Это даст и дополнительные преимущества. Зимой, когда расход в реках минимален, скорость ветра максимальна, поэтому можно не запасать воду на зиму, обойтись без создания крупных водохранилищ, затапливающих огромные территории. Так, создание системы ветровых электростанций в Нижнем и Среднем Поволжье, где ветры очень сильны, позволило бы снизить уровень воды в волжских водохранилищах. Вместо крупных водохранилищ можно иметь несколько водохранилищ меньшего объема, сократив в несколько раз площадь затопленных земель.

Кроме того, турбины хорошо улавливают ветер, что способствует уменьшению эрозии почв.

Взять ресурсы энергии ветра в Горьковской области нелегко. В нашей области районы со среднегодовой скоростью ветра 6 м/с—5 м/с в основном отсутствуют, за исключением Арзамаса—5,5 м/с и Ардатова—5,0 м/с. Среднегодовая скорость ветра не превышает 4,0 м/с, что создает сложности для «большой энергетики». А вот ветроагрегаты средней и малой мощности следует рассматривать с точки зрения эффективности их применения.

Особенно широкое применение ветроагрегаты могут найти в автономном обеспечении электроэнергией малых и средних объектов. Возможно даже применение их в личном хозяйстве.

Хороший пример дает этому опыт Ивана Петровича Березова, жителя деревни Волчиха Сосновского района Горьковской области. Ветряк, построенный им на огороде, является маленькой электростанцией и исправно дает ток. С его помощью Иван Петрович заряжает сразу три больших аккумулятора, которые потом использует для освещения дома и мастерской.

А западногерманский инженер Фердинанд Дитрих соорудил на своем участке маленький ветроэлектрогенератор высотой всего около трех метров. В нем совмещены два вида роторов: в центре — три полуцилиндра, зачерпывающие ветер, а вокруг них — три петлевидных крыла. При ветре скоростью 19 метров в секунду агрегат развивает мощность два киловатта. Как утверждает хозяин, оригинальный ротор смотрится как движущаяся садовая скульптура и весьма украшает участок.

Кстати, у нас в стране начато производство переносных ветроэлектростанций. Первая партия их выпущена в 1988 году на Александровском опытно-механическом заводе Госагропрома

РСФСР в содружестве с польской фирмой «Апекс», поставляющей лопасти для генератора.

Испытания на прочность и продувки в аэродинамической трубе показали, что ветрогенератор устойчиво работает при скоростях ветра, превышающих десять метров в секунду. Специальное устройство — регулятор — не позволяет агрегату перейти на критические режимы, как принято говорить, «пойти в разнос».

Мощность нового ветроэлектрогенератора — двести ватт. Этого вполне хватит, чтобы осветить палатку, чум или кузов грузового автомобиля, вскипятить чай, сварить суп, включить приемник или радиостанцию. При этом размах лопастей — менее двух метров.

В 1988 году выпущена первая, так называемая установочная партия из десяти штук. В 1989 году производство увеличится в десятки раз. А заказов уже сейчас завод получил сотни.

Работы по разработке программы развития ветроэнергетики ведутся у нас в стране в рамках специальной научно-технической программы Госкомитета СССР по науке и технике. Правительство приняло постановление об ускорении развития ветро-энергетической техники. Брянский институт ГПИСтроймаш выполнил технико-экономический расчет развития и размещения производственных мощностей ветроэнергетики в стране на период до 2005 года: предлагается увеличить производство ветроэнергетического оборудования без малого в сорок раз. Однако это все же мало-мало по сравнению с имеющимися ресурсами данной природой стихии и растущей нуждой в энергии. В научных и патентных источниках последнего времени много новых конструктивных решений ветросиловых установок, которые сделали реальностью создание ветроэлектростанций мощностью в несколько тысяч кВт.

Работы в области крупномасштабной ветроэнергетики поручены институту «Гидропроект», известному проектированием многих гидротехнических объектов с печальными экологическими последствиями. До недавнего времени наиболее смелые предложения открывающие перспективы крупномасштабного использования энергии ветра, были здесь практически исключены из проектирования. Сейчас ситуация начинает меняться — создана хозрасчетная лаборатория ветроэнергетики, которая должна в течение ближайшего года запроектировать, построить и провести натурные испытания первой серии опытных ветроагрегатов. Этой лаборатории нужна помощь, особенно в части размещения заказов на машиностроительное и электротехническое оборудование — большинство предприятий этих отраслей задавлено госзаказами и еще не пользуются правами самостоятельного распределения части своей продукции.

БИОГАЗ

Термин «биомасса» используется для обозначения совокупности живой и неживой растительной и животной материи. Кроме того, это понятие охватывает широкий круг остатков и отходов, таких, как навоз, отходы мясокомбинатов, гниющие овощи, а также различные бытовые и промышленные отходы. Следует отметить, что горючие ископаемые (минералы, уголь, нефть и природный газ) в широком смысле являются ничем иным, как продуктом распада биомассы за период в миллион лет.

Только из биомассы различных растений на планете ежегодно можно было бы получить 60—80 миллиардов тонн жидкого горючего, то есть в 20—30 раз больше, чем добывается сегодня всех нефтяных и газовых скважин. Всего около четырех процентов от общего ее количества используется людьми. Страны, бедные горючими ископаемыми, уже давно обратили внимание на растительное сырье. Так, в Бразилии в интересах энергетики используется до 30 процентов всей биомассы. Один гектар специальных плантаций дает там сырье, эквивалентное 28 тоннам нефти. Кроме того, из отходов сахарного тростника и других культур бразильцы получают этиловый спирт, на котором вместо бензина работает два миллиона автомобилей.

В последнее время проводятся интенсивные исследования отходов как возможного источника энергии. Преимуществами такой энергии являются возобновимость запасов и экологически чистое преобразование. Биоконверсия отходов привлекательна еще и потому, что ее возможность доказана как в теории, так и на практике. Являясь технологически чистой, биоконверсия органических отходов (т. е. биомассы) привлекательна тройне: она играет определенную роль в производстве энергии, способствует сохранению окружающей среды и использованию отходов.

Сейчас осваиваются такие ресурсы, которые до недавнего времени вообще не рассматривались как источники энергии. В ход пошли «альтернативы альтернативам» — от миндальной скорлупы до персиковых косточек. И не без успеха. «Сан даймонд грюверс оф Калифорния» производит 4,5 мегаватта электроэнергии за счет сжигания скорлупы грецких орехов — побочного продукта их переработки. Таким образом в течение года экономится 11 тысяч тонн нефти. Как заявил один из руководителей компании, «грецкий орех дает превосходное и не загрязняющее окружающую среду топливо, оно не содержит серы и дает очень мало золы». Фирма «Имотек инкорпорейшн» вырабатывает 8,5 мегаватта электроэнергии путем сжигания миндальной скорлупы, косточек персиков и слив.

Существует три типа систем по превращению биомассы в энергию: с применением прямого сжигания для производства тепла или электричества; с получением молекул, более богатых высокоэнергетическими элементами (углерод и водород); с использованием животных и домашнего скота. Биологически разложимые органические отходы содержат энергию, которую можно получить физическим, химическим или микробиологическим способом.

Физическим способом энергию получают путем сжигания отстоя сточных вод, мусора и навоза. Непосредственное сжигание является наиболее простым и обычно самым дешевым способом преобразования биомассы в энергию (не считая ее скармливания тягловым животным). В настоящее время в развивающихся и промышленно развитых странах биомасса в основном используется именно так, более 100 миллионов тонн бытовых отходов сжигается в печах с регенерацией энергии. Это, конечно, мизерное количество по сравнению с мусором, который все еще вывозится на свалки, представляя немалую опасность для окружающей среды. Небезопасно, впрочем, и простое сжигание мусора: при современном уровне очистки отходящие газы не утрачивают своей вредности.

Химический способ основан на процессах пиролиза (термического разложения) и газификации. Пока здесь больших успехов нет, так как состав бытовых отходов неоднороден, и поэтому трудно подбирать и регулировать оптимальный режим пиролиза. Кроме того, в мусоре много вредных примесей.

Самый распространенный способ — микробиологическое безотходное производство — это получение биогаза, технология которого может включать и простые резервуары при небольших фермах и герметические автоклавы среднего уровня сложности. Принцип производства метана, или биогаза, в таких технологиях очень прост: органические остатки в закрытых системах разлагаются метаногенными бактериями. Полученный метан используется. Цепным побочным продуктом такого производства являются удобрения. В ряде стран используются установки по производству биогаза и функционирует несколько комплексных систем. Например, в Китае к 1990 году предполагается иметь 20 млн. биогазовых установок.

Фактически все горючие ископаемые могут быть заменены топливом из биомассы. Так, в период с 1977 по 1982 год Япония снизила количество нефти, которое идет на топливо, с 74,5 до 62 процентов, а к 1990 году надеется довести этот показатель до 50 процентов. Здесь из рисовой соломы получают этанол, из сельскохозяйственных отходов — ацетон и бутанол. Значительны успехи биотехнологии в США, ФРГ, Англии, Франции. В лабораторных:

условиях здесь получают из биомассы метанол, этанол, этилен, пропилен, бутadiен, метан, ароматические соединения и другие виды альтернативного по отношению к нефти топлива.

Переработка отходов с сортировкой — наивыгоднейший способ утилизации отходов. Но для этого нужны специальные заводы, что не каждому городу по карману. Городская свалка, напротив, самый дешевый способ хранения отходов.

Надо сказать, что городские свалки тоже могут быть очень разными. Затолкать мусор бульдозерами в карьер — это распространенный, но весьма опасный способ захоронения. Такой отвал может стать страшным источником заражения почвы и близлежащих водоемов. Токсичные вещества, разлагаясь, уходят в землю, попадают в реки, заражают гнилостным запахом воздух в радиусе до нескольких десятков километров вокруг.

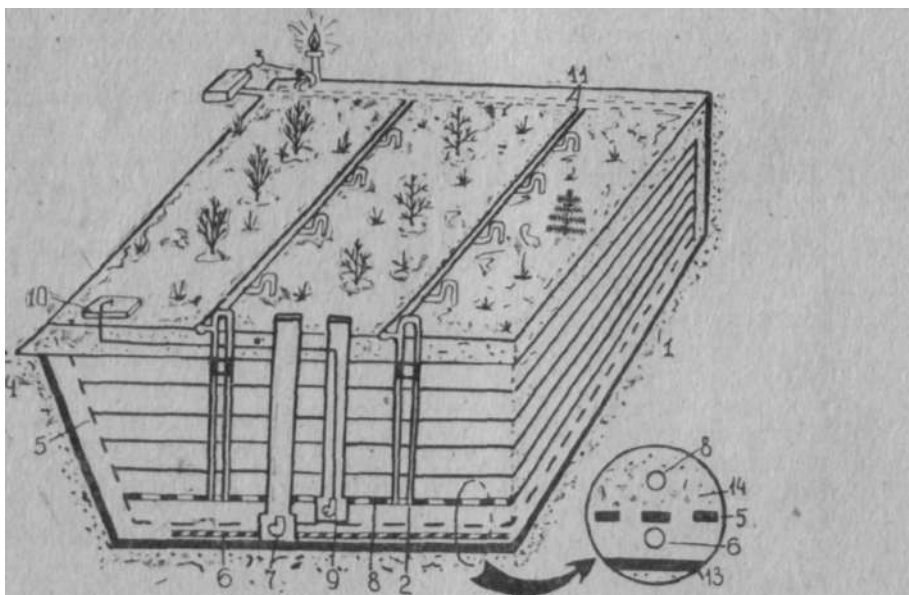


Рис. 2 Схема устройства управляемого отвала городского мусора: 1—слой мусора; 2—отвод биогаза; 3—утилизация биогаза; 4—грунтовое покрытие; 5—водонепроницаемая мембрана; 6—дренажные трубы; 7—смотровой колодезь уровня воды; 8—верхняя дренажная сеть для водосбора; 9—отвод воды; 10— сбор воды; 11—трубопровод биогаза; 12—галляка, 13—глина, 14—песок.

Итальянские фирмы предлагают обезопасить отвалы для мусора, держать их под контролем и получать из них биогаз. Для

строительства таких отвалов фирма «Калеппио» выпускает геомембраны: водогазопроницаемый полиэтиленовый материал невиданной доселе ширины — 12 метров. Им выстилают основание отвала. Это целое инженерное сооружение. На дне бассейна (карьера), выложенного полуметровым слоем глины, монтируется сначала дренажная система (на аварийный случай), выше настилается геомембрана; которая гарантирует герметичность в течение 100 лет. И уже выше геомембранной подстилки выкладывается целая сеть дренажных труб, а сверху строят смотровой колодезь, чтобы контролировать накопление жидкостей. В огромный отвал стекают и атмосферные осадки. Их отводят через дренаж, но часть их все же остается и способствует образованию биогаза. Он начинает образовываться примерно через год. В отвале предусмотрена система сбора биогаза. Все трубопроводы и соединительные фланцы изготовлены из полимеров, потому что среда агрессивная. Биогаз, по расчетам фирм, уже начавших эксплуатацию таких контролируемых отвалов, будет выделяться в течение 20 лет с хорошей производительностью — до 250 кубометров в час, этого хватит на получение электроэнергии для города со 100-тысячным населением. Биогазом можно отапливать теплицы, бассейны, сауны, спортивные сооружения, его можно подавать к специальным колонкам для заправки автомобилей.

Еще несколько примеров.

Свалка, расположенная в лесу близ австрийского городка Хальбенрайн, занимает площадь около 4 га и принимает ежедневно около 200 тонн мусора от близлежащих городов с общим населением в 230 тысяч человек. Для свалки выбрано место, где под почвой залегают толстый пласт глины, почти исключая просачивание загрязнений в грунтовые воды. Специальные тяжелые бульдозеры разравнивают и уплотняют привезенный мусор на площадке размером 150 на 250 метров, а откосы постепенно растущей полоской «горы» изолируют смесью битума с соломой.

Эта изоляция вкупе с подстилающим слоем глины делает возможным сбор метана, выделяемого бактериями, которые размножаются в толще отходов. Метан выделяется на всех свалках, где есть органический мусор, но обычно, он пропадает впустую. За час на свалке близ Хальбенрайна выделяется около 300 кубометров газа, на 60 процентов состоящего из метана (остальное — углекислый газ). Газ улавливают тремя десятками сборных устройств, вставляемых в слой мусора. Метан идет на отопление городка, используется в газовых плитах, и планируют построить электростанцию, на которой газом будут питаться четыре двигателя внутреннего сгорания с динамо-машинами. Свалка постепенно растет, так что в перспективе свалка сможет снабжать электро-

энергией не только Хальбенрайн, но и будет отдавать- излишки в общую районную сеть.

Еще один пример. Длительное время низина Либуш близ Праги была местом, куда из столицы свозили различный органический мусор. В результате здесь на площади в 17 гектаров образовался спрессованный слой отходов толщиной около 35 метров. Процессы разложения органических веществ без доступа кислорода привели к тому, что свалка стала своеобразным месторождением горючего газа. Чтобы оценить количественные и качественные показатели запасов газообразного топлива, были проведены пробные бурения. Результаты оказались благоприятными: подсчитано, что со свалки можно в течение восьми лет получить газ в количестве, достаточном для эксплуатации котельной мощностью 8000 киловатт, которая может обеспечить теплом 4500 квартир. Это значит, что в год будет экономиться 260 вагонов бурого угля.

После восьмилетней разработки этот источник горючего газа начнет постепенно истощаться, однако и в этом есть свои преимущества: почва над бывшей Свалкой избавляется от газа, мешающего расти зеленым насаждениям. На месте свалки поднимется молодая лес.

Сегодня в большом городе типа Москвы или Нью-Йорка за год набирается около полутора миллионов тонн отходов. Это немалое богатство, если его умело использовать.

Машиностроительный завод Хямсенлинна фирмы «Перусюхтюмя» (Финляндия) изготавливает газогенератор «Бионер». Он служит для получения горючего газа из древесных отходов, щепы, брикетов торфа и бурого угля, различных биомасс, а также из смесей всех этих видов топлива. Название аппарата и отражает эту его «всеядность», а созвучие со словом «пионер» указывает на новаторский характер созданного оборудования.

Газогенератор представляет собой шахтную печь. В нее сверху подается топливо, которое под действием своего веса опускается. Л снизу, ему навстречу, вдувается воздух через вращающуюся решетку. Топливо, встречаясь с горячим газом, нагревается, высыхает и отдает ему влагу. Температура в этой зоне, зоне сушки, в зависимости от влажности топлива, а она может достигать 50%. бывает 200—400°C.

Продолжая опускаться, топливо нагревается еще больше: до 400—800°C, происходит пиролиз от топлива отделяются летучие вещества, оно коксует. В газообразное состояние переходят не только легкие фракции углеводородов, среди которых основная — это метан, но и тяжелые, образующие древесную смолу.

В следующей температурной зоне (800—1200°C), а это и есть, собственно, зона газификации, закоксовавшееся топливо — его

твердый углеродистый остаток — вступает в реакцию с кислородом, содержащимся в свежем вдуваемом воздухе. В результате окисления (горения) образуются двуокись углерода CO₂ и водяной пар. Но так как кислорода очень мало и его недостаточно, чтобы сгорел весь углерод, то при температуре выше 900°C продукты окисления продолжают взаимодействовать с пестревшим углеродом. Процесс газификации завершается образованием окиси углерода (CO) и водорода, которые вместе с газообразными углеводородами, дегтем и являются горючими компонентами генераторного газа; кроме того, в нем содержатся инертные компоненты — азот из воздуха, водяной пар от влажного топлива и двуокись углерода.

И вот здесь мы подошли к основному моменту. Для прохождения реакции газификации температура золы — несгораемого минерального остатка топлива — должна поддерживаться непременно выше 900°C, но в то же время не переходить за верхнюю границу, определяемую температурой плавления золы, которая обычно находится между 1100—1200 С. Зола, расплавившаяся на решетке, нарушает нормальный ход всех стадий газификации, выбивает «почву из-под ног» у автоматики, регулирующей дальнейший процесс использования генераторного газа, и чаще всего надолго прерывает работу.

В этом главная причина того, что до сих пор биомассы используются в газогенераторах далеко не в том объеме, который соответствует их потенциальным ресурсам.

Чтобы исправить такое положение, надо обеспечить надежное, стабильное течение процесса газификации. А для этого в зоне ее прохождения необходимо гарантированно иметь требуемую температуру, управляя ею в соответствии с изменением состава топлива.

Как же это удастся делать на «Бионере»? С этой целью предусмотрена возможность регулировать влажность подаваемого в генератор воздуха и тем самым поддерживать температуру в заданных пределах. Такая идея не реализована ни в одном из известных способов.

Эффективное производство газа из биомассы — лишь одна часть проблемы использования ее в качестве топлива. Другая часть связана со сжиганием такого газа. Где бы он в дальнейшем ни применялся, надо обеспечить полное его сгорание. Это важно не только из соображений экономичности работы. Должны строго выполняться и требования по охране окружающей среды.

Существующие горелки для этого не годились, так как они не были рассчитаны на сжигание газа, содержащего деготь. Была создана специальная горелка, в которой воздух смешивается с га-

зом точно в тон пропорции, которая обеспечивает полноту его сгорания.

В дымовых газах нет серы, а твердых веществ содержится не более 250 миллиграммов в одном кубометре, то есть меньше допустимого любыми нормами. Благодаря этому не загрязняется окружающая среда. Станции не нужен фильтр очистки дымовых газов, без которого достичь столь малого количества пыли в дыме не удастся ни при каком другом способе сжигания.

«Бионер» может работать без присутствия эксплуатационного персонала — в автоматическом режиме. Все параметры, от которых зависят режим работы и надежность, регулируются с помощью микропроцессорной техники.

Конструкция генератора и горелки такова, что позволяет, если необходимо, снизить мощность до 10% от номинальной. Более того, можно даже приостановить работу станции, а затем довольно быстро запустить ее. А сжигание топлива, суше обычно применяемого, дает возможность превышать мощность на 40%. Такой широкий диапазон регулировки обеспечивает оптимальное использование мощности в течение года.

Газогенератор «Бионер» выпускается мощностью от 1 до 15 МВт.

Отечественная наука изобрела лучший газогенератор «обращенного горения», в котором вредные компоненты разложения древесины практически отсутствуют. Такой газогенератор построен на кафедре теплотехники и теплосиловых установок Ленинградской ордена Ленина лесотехнической академии им. С. М. Кирова и успешно работает уже с 1983 года на различного рода древесных отходах (кора, шпон-рванина, лесосечные отходы, опилки и т. п.) с влажностью до 60%.

К сожалению, внедрение газогенераторных установок задерживается из-за чисто ведомственного подхода технического управления Миилесбумпрома СССР.

В 70-е годы вместо небольших ферм у нас появились комплексы-гиганты по откорму 108 тысяч свиней. Один такой комплекс производит 15 тысяч тонн мяса в год и... 1 миллион кубометров навозных стоков. С реализацией мяса проблем, разумеется, не возникает, а вот с навозными стоками—катастрофа. Сейчас в стране ежегодно получают до 1,5 миллиарда тонн животноводческих отходов, из них 80 процентов никак не используется и только загрязняет окружающую среду.

В последнее время появился интерес к получению из навозных стоков горючего газа с высоким содержанием, метана. Процесс их сбраживания ведется в герметичных условиях, без доступа воздуха.

Так, близ города Густопече в Южно-Моравской области ЧССР недавно начала действовать крупная биогазовая станция. Горючий биогаз, получаемый при гниении органических отходов, используется в Чехословакии уже давно. Так, в 1905 году в Праге на очистной станции городской канализации собирали газ, выделяющийся при разложении осадка сточных вод, использовали его для отопления и освещения. Биогазовая станция в Густопече интересна тем, что использует для получения биогаза отходы крупного животноводческого комплекса. Навоз перегнивает в восьми ферментерах, каждый из которых за месяц дает около 2500 кубометров газа. Энергия газа, состоящего главным образом из метана, идет на нагревание воды для прилежащих ферм и зданий. Ежедневно до 65—70 градусов Цельсия нагревается 12 тысяч литров воды, на это уходит около 400 кубометров газа. Зимой на отопление зданий уходит еще 150 кубометров. Вскоре на газе будет работать движок, потребляющий для выработки одного киловатт-часа 1,14 кубометра газа. После гниения навоз превращается в почти лишенный запаха и свободное от болезнетворных организмов сухое удобрение.

Крупная биогазовая станция с реакторами объемом 6 тыс. куб. м, перерабатывающая жидкие стоки свиноводческого комплекса, недавно введена в эксплуатацию в г. Пярну Эстонской ССР. Для более мелких ферм Министерство машиностроения для животноводства и кормопроизводства приступило к серийному промышленному выпуску биогазовых установок «Кобос-1».

IV. ДРУГИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Рассказывая об экологически чистых источниках энергии, нельзя не упомянуть и другие источники, пусть и не применимые в Горьковской области — солнечная энергия, геотермальная, энергия приливов, тепловая энергия океана, градиент солености. Познакомимся с этими энергоисточниками.

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ

Солнце является практически неиссякаемым источником энергии. Преимущество установок, базирующихся на энергии, приходящей от нашего светила, в том, что они практически не добавляют тепла в приземные слои атмосферы Земли, не создают тепличного эффекта и не загрязняют воздуха во время своей работы. Они используют лишь то, что естественно дает нам природа.

Ежедневно Земля получает от Солнца около $64 \cdot 10^{16}$ кВт-ч энергии. И лишь ничтожнейшая часть этой энергии используется в наземных нагревательных и электрических гелиоустановках.

Главной особенностью солнечной энергии является ее прерывистость. Пригодность участка для использования солнечной энергии определяется не только средним поступающим потоком солнечного излучения, но и величиной соотношения среднего потока к максимальному. Прерывистость и рассеяние солнечной энергии дают лишь относительно низкие температуры, иными словами, необходимы системы с различными типами концентраторов и устройствами слежения, позволяющими концентрировать солнечную энергию.

Существует два основных метода использования энергии Солнца: в виде тепловой энергии путем применения различных термосистем или посредством фотохимических реакций. Рассмотрим оба этих метода.

Тепловая энергия Солнца

В промышленно развитых странах по крайней мере треть энергии потребляется в быту и на промышленных предприятиях, причем 80—90% этого количества расходуется на подогрев воды и отопление квартир, магазинов и контор. Для этих целей достаточна низкотемпературная энергия. Таким образом, значительную часть общемировых энергетических потребностей — около $1/4$ — можно в принципе удовлетворить с помощью простейших гелиоустановок.

Солнечный дом с пассивным подогревом. В так называемых пассивных системах солнечная энергия улавливается элементами самих зданий при незначительном использовании дополнительных устройств или без них. Такие системы применялись на протяжении всей истории человечества в целях повышения комфортабельности жилищ. В этом смысле традиционные постройки во многих странах обладают рядом положительных особенностей, разработанных многими поколениями. Для зданий характерны толстые стены, аккумулирующие энергию, и застекленные поверхности, обращенные к экватору. Принцип пассивного солнечного дома показан на рисунке, где схематично изображено сечение дома, спроектированного в 1967 году французским профессором Мишелем Тромбе. Между массивной южной стеной, окрашенной в черный цвет, и внешней стеклянной поверхностью оставлено пространство для воздуха, который нагревается солнечными лучами и циркулирует в доме путем естественной конвекции. Часть тепла накапливается в толстой стене дома и эффективно сохраняется для обогрева в ночное время. Для избежания теплопотерь ночью можно использовать жалюзи.

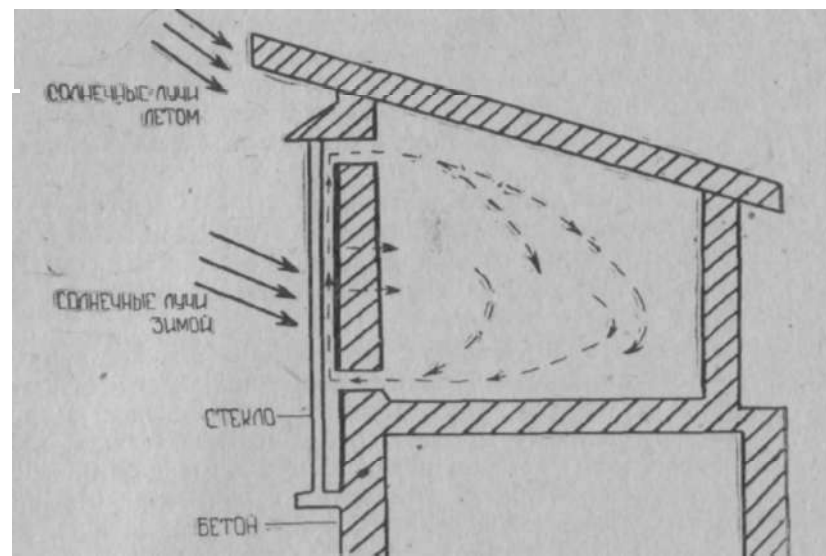


Рис. 3. Принцип действия пассивного солнечного дома. Солнечные лучи падают на массивную «стену Тромбе», которая действует как копитель тепла. Воздух перед стеной нагревается и в силу конвекции поступает в дом. Все остальные стены и крыши хорошо теплоизолированы.

Существуют различные варианты «стен Тромбе». Например, каменная кладка может быть заменена «водяной стеной», состоящей из наполненных водой резервуаров, выполненных чаще всего из стекловолокна. В более сложных солнечных домах используются застекленные выступы или «оборудование дневного освещения» для улавливания тепла и подачи его в помещение. Короче говоря, развитие технологии застекления, накопления тепла и оборудования «дневного освещения» позволит строить здания, которые будут получать от Солнца большую часть необходимого тепла.

В нашей стране в соответствии с долгосрочной энергетической программой предусматривается всемерное использование возобновляющихся источников энергии, в том числе солнечной. Климатические условия наших южных республик позволяют применять гелиотеплоснабжение на территориях, расположенных южнее $45—50^\circ$ с. ш. В этих районах успешно эксплуатируется немало гелиоустановок. Однако большая часть территории СССР расположена севернее, где солнечная радиация не столь интенсивна. Достаточно ли ее для отопления жилых домов?

Вот цифры, иллюстрирующие возможность использования солнечной энергии в районах Нечерноземья: среднее (за год) значение суммарной солнечной радиации, поступающей в сутки на 20 м² горизонтальной поверхности, составляет 50—60 кВт·ч. Это соответствует затратам энергии на отопление дома площадью 60 м².

Значительный опыт использования солнечной энергии в умеренных широтах накоплен скандинавскими странами. Разработаны проектные предложения для Аляски и севера Канады. Природно-климатические условия этих регионов сопоставимы с условиями средней полосы РСФСР.

В Московском архитектурном институте в течение ряда лет ведутся разработки по использованию солнечной энергии для отопления, зданий. В 1982 году был осуществлен проектный эксперимент, в котором рассматривалась возможность сочетания гелиосистемы с небольшим сезонно обитаемым жилым домом. В проекте не предусматривалась детальная проработка отдельных конструктивных элементов и узлов. Однако некоторые идеи можно осуществить в практическом строительстве, увязав их с действующими на сегодняшний день нормативами.

Рассмотрим главные особенности проекта, и прежде всего гелиосистемы.

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 помещение. Удобства применения воздушного теплоносителя по сравнению с жидкостным очевидны: нет опасности, что система замерзнет, нет нужды в трубах и кранах, отсюда простота и дешевизна, возможность изготовления гелиосистемы своими силами. Проигрыш — невысокая теплоемкость воздуха.

В части расположения солнечного коллектора на доме предпочтение отдается вертикальному варианту. Он много проще в строительстве и дальнейшем обслуживании. По сравнению с наклонным коллектором (например, занимающим часть крыши) не требуется уплотнения от воды, отпадает проблема нагрузки, с вертикальных стекол легко смыть пыль и т. д. Плоский коллектор, помимо прямой солнечной радиации, воспринимает рассеянную и отраженную радиацию — в пасмурную погоду, при легкой облачности, словом, в тех условиях, какие мы реально имеем в средней полосе. Он не создает высокопотенциальной теплоты, как концентрирующий коллектор, но для конвекционного отопления это-

го и не требуется, здесь достаточно иметь низкопотенциальную теплоту. По проекту солнечный коллектор располагается на фасаде, ориентированном на юг (допустимо отклонение до 30° на восток или на запад). Его площадь составляет 21 квадратный метр.

Конструктивно коллектор представляет собой ряд застекленных вертикальных коробов, внутренняя поверхность которых зачернена матовой краской, не дающей запаха при нагреве. Ширина короба около 60 см (определяется шириной стекла, чтобы его не нужно было резать), высота 10—12 см. Вертикальные перегородки между коробами изготавливаются из деревянного бруска, набитого на стену дома. Остекление выполняется обычным образом, в верхней горячей части коллектора для уменьшения теплопотерь ставятся двойные стекла. Воздуховоды изготавливаются из досок, фанеры или оргалита (металл и пластмасса нежелательны).

Неравномерность солнечной радиации в течение дня, а также желание обогревать дом ночью и в пасмурный день диктует 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 заглубленной цокольной части дома. Теплый воздух нагнетается в аккумулятор с помощью маломощного оконного вентилятора.

Система солнечного теплоснабжения дома работает в трех режимах: отопление от коллектора, аккумулялирование тепловой энергии и отопление от аккумулятора.

В холодные солнечные дни нагретый в коллекторе воздух поднимается и через отверстия у потолка поступает в помещения. 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 на случай пасмурной погоды воздух из помещения прогоняется через аккумулятор и возвращается в комнаты подогретый.

Понятно, что в средней полосе теплосистема лишь частично обеспечивает потребности отопления. Расчеты показывают, что сезонная экономия топлива за счет комплексного использования солнечной энергии может достигать 50%.

Теперь о самом доме. Он одноэтажный, с мансардой, имеет плоскую односкатную крышу. Дом сблокирован с теплицей и навесом для автомашины. Навес дополнительно защищает северную стену дома от ветра и переохлаждения.

Крыша дома выбрана односкатной не случайно. В доме с вер-

тикальным солнечным коллектором нужно, чтобы южный фасад имел наибольшую площадь. Тогда на нем можно разместить коллектор и благоприятно ориентировать окна в комнатах — для средней полосы на юг и на восток. Плоская крыша со скатом на север отвечает этим требованиям. Она также предохраняет стены от продувания ветрами северного направления, создает благоприятную для работы коллектора ветровую тень на южном фасаде. Односкатная крыша максимально проста конструктивно, дешева, дает возможность иметь удобное мансардное помещение с хорошим использованием его объема.

Небольшие изменения в планировке дома и размещении геосистемы позволяют приспособить жилище к особенностям местности.

Сейчас ведется разработка, нового строительного материала, призванного обеспечить 50-процентную экономию тепловой энергии при обогреве зданий. Важнейшее свойство нового материала заключается в том, что он пропускает солнечный свет, но задерживает тепло. Стенки здания, покрытые прозрачными панелями из этого материала, обогреваются солнечной энергией. При этом не происходит обратной отдачи тепла. Путь накопленной тепловой энергии открыт только внутрь здания. Даже в холодное время Солнце будет поставлять значительную часть тепла, необходимого для обогрева здания.

Плоские (плоскоплитные) коллекторы. Обсуждение конструкции пассивного солнечного дома и основополагающего принципа его действия, естественно, подводит нас к рассмотрению плоского коллектора, который является составной частью активной системы, использующей солнечную энергию. Коллектор действует по принципу «парникового эффекта», уже давно используемого для выращивания растений в холодном климате: обычное стекло пропускательно для солнечного излучения видимой длины волн и почти непроницаемо для инфракрасного, излучения. Солнечная энергия нагревает пространство под стеклом, что приводит к смещению спектра излучения в инфракрасную область. Большая часть образующегося тепла не может рассеяться сквозь стекло, и температура под стеклом возрастает.

Конструкция плоского коллектора показана на рисунке. В сущности, он состоит из поглощающей энергию плиты, остекления, прохода для теплопроводной среды и теплоизоляции. В качестве теплопроводной среды часто используется вода, и трубы, по которым она циркулирует, являются составной частью плиты. Теплоизоляция необходима для снижения потерь тепла с тыловой стороны плиты. Основные потери тепла происходят в результате конвекции от стеклянного покрытия. Их можно снизить, используя

большее число стеклянных покрытий. Однако при этом часть поступающего излучения поглощается и отражается: при увеличении числа стеклянных покрытий доля излучения, достигающего плиты, уменьшается. Поэтому обычно применяется лишь два стеклянных покрытия.

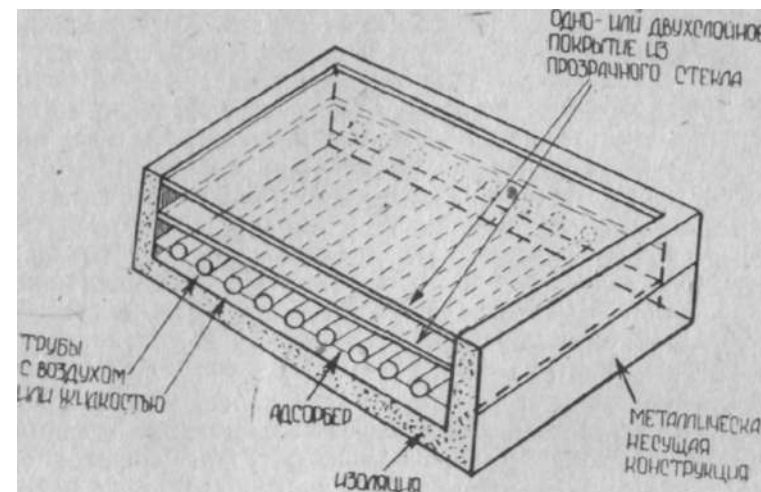


Рис. 4. Вид плоского солнечного коллектора в разрезе.

Характерной особенностью, определяющей «активность» такого оборудования, является наличие насоса для перекачки жидкости по трубам коллектора или, если теплопроводной средой является воздух, — вентилятора.

В простом плоском коллекторе вода может нагреваться до температуры 65°C, достаточной и для обогрева помещения. Для получения более высоких температур, например в диапазоне от 80 до 95°C, поглощающая плита должна иметь специальное покрытие и (или) остекление, причем стекло должно обладать антиотражающими свойствами. Потери тепла в коллекторе могут быть понижены, если откачать воздух из пространства между стеклом и поглотителем.

Нагрев воды и обогрев помещения. Для нагрева воды до 55°C на выходе (что вполне достаточно) можно использовать довольно простой плоский коллектор. Ввиду того, что потребление горячей воды остается сравнительно постоянным в течение всего года, ее подогрев с помощью Солнца не только технически возможен, но и экономически выгоден в целом, ряде стран.

Успех таких водонагревательных систем объясняется простотой конструкции и монтажа. По имеющимся сведениям, 80% систем для бытовых нужд, проданных за последнее время в США, установлены в уже эксплуатируемых зданиях. В Японии используются миллионы подобных систем, в Израиле их имеет каждая пятая семья, на Кипре устройствами для нагрева воды энергией Солнца пользуется 90% домовладельцев. В Австралии, Франции и других странах расширяется рынок сбыта оборудования, используемого как в жилых, так и в общественных зданиях.

Находят применение солнечные водонагреватели и у нас в стране. Ряды темных, поблескивающих прямоугольников появились на крышах некоторых бакинских зданий. Эффект поразительный. Только за полгода эксплуатация коллекторов НИИ травматологии и ортопедии Минздрава республики сэкономил около 2 тысяч тонн топлива. Внедрение и монтаж гелиоустановок для бытовых целей осуществляет специально созданное объединение «Азсантехгелиомонтаж» в рамках принятой Советом Министров Азербайджана программы «Гюнш» («Солнце»). Она предусматривает широкое использование нетрадиционных источников энергии для Азербайджана, где более 300 дней в году — солнечные.

В типичной водонагревательной системе необходимо создать запас тепла, достаточный для обогрева в течение двух пасмурных дней. Это легко достигается с помощью теплоизолированной емкости для воды. В более высоких широтах необходим вспомогательный источник тепла для теплоснабжения во время длительных зимних холодов. Предполагается, что солнечная энергия может удовлетворить 75% годовых энергетических потребностей. При КПД в 35% рабочая площадь плоского коллектора (в зависимости от широты) должна составлять от 1,5 до 2 м² для нагрева 100 л воды в день.

Промышленное использование. Системы солнечного отопления могут быть использованы в целом ряде низкотемпературных процессов. Подсчитано, что, например, в пищевой промышленности 70% энергетических потребностей можно удовлетворить низкотемпературным теплом (менее 100°C). Этим источником можно воспользоваться для мойки банок, бутылок и даже для стирки белья в прачечных.

Солнечная сушка. Солнечная сушка на открытом воздухе, когда продукты раскладываются в один слой на солнце, имеет давнюю традицию и все еще широко используется для сохранности фруктов, овощей, зерна, сена, рыбы и мяса. Однако без контроля за скоростью и качеством сушки этот метод неэффективен. Кроме того, продукты подвергаются воздействию дождя, пыли и повреждению насекомыми. Конструкции современных су-

шилок позволяют исключить эти недостатки и способствуют ускорению процесса сушки за счет принудительной вентиляции. Солнечная энергия может успешно применяться в сушилках типа шкафов, тоннелей и полок. В более простых конструкциях используется принцип плоского коллектора, а в оборудовании тоннельного типа предусмотрены специальные солнечные коллекторы для предварительного подогрева поступающего воздуха. Таким образом, солнечная сушка пригодна для многих сельскохозяйственных продуктов.

Солнечный опреснитель. Солнечная энергия может использоваться для дистилляции — преобразования солоноватой или морской воды в качественную питьевую воду. Ее технология относительно проста и хорошо испытана.

Фактически вся пресная вода на Земле является продуктом природной солнечной дистилляции в широком масштабе — гидрологического процесса испарения влаги с поверхности океанов, ее конденсации в атмосфере и выпадения в виде осадков (дождя или снега). Человек уже давно имитировал этот природный цикл. Еще в 1872 году в Салинасе (Чили) был сооружен огромный перегонный солнечный куб для обеспечения питьевой водой людей и животных, занятых на добыче нитратов. В настоящее время мощные дистилляторы работают в Греции, Испании, Тунисе, СССР, Пакистане и Австралии.

Принцип работы солнечного перегонного куба очень прост. Резервуар, наполненный водой, покрывается стеклом или пластиком. Вода, нагреваемая солнечным излучением, испаряется. Стекло не поглощает солнечное излучение, и его температура ниже температуры воды и пара, который конденсируется на стекле. Стекло наклонено таким образом, что конденсирующаяся на нем чистая вода стекает в водосборные каналы. Солнечное излучение может также использоваться как вспомогательный источник энергии в других дистилляционных процессах, в настоящее время применяемых в промышленных масштабах для производства пресной воды.

Гелиоконцентраторы. За исключением нагрева воды и отопления помещений, большая часть приложений солнечной энергии в городских и сельских районах требует либо высоких температур, либо совершения механической работы. В существующих разнообразных гелиоконцентраторах применяются либо зеркала, либо линзы. Зеркала бывают параболическими, параболическими или сферическими, а концентраторы могут быть дополнительно снабжены системой слежения. Поскольку концентрировать можно лишь прямые излучения и с увеличением угла падения соотношение зеркального к диффузному излучению уменьшается, конст-

рукция большинства концентраторов предусматривает слежение за Солнцем. Концентратор вращается вокруг одной или двух осей либо, в случаях стационарной установки, снабжается целым рядом плоских отражателей (гелиостатов), которые следят за Солнцем и отражают энергию на концентратор. Некоторые конструкции состоят из стационарного концентратора и перемещающегося приемника.

Основные типы солнечных концентраторов показаны на рисунке.

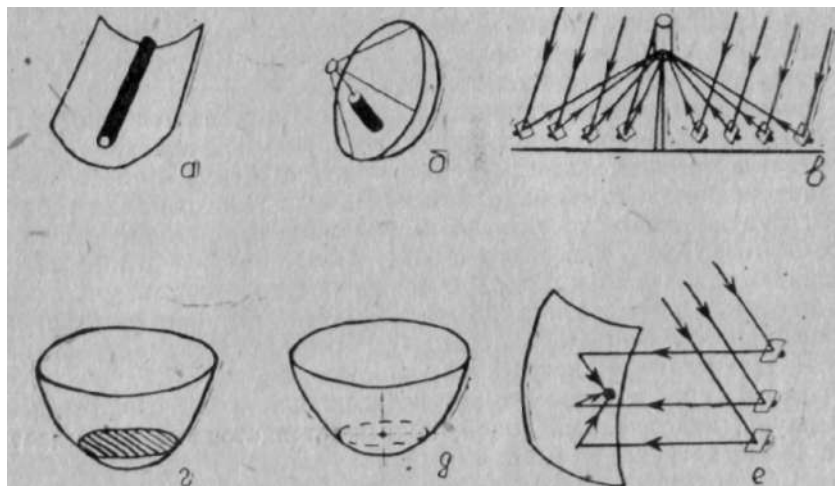


Рис. 5. Основные типы гелиоконцентраторов: а—параболический желоб; б—сферический отражатель с солнечным трековым поглотителем; в—центральный приемник с гелиостатами; г—параболоидный отражатель с круговым приемником; д—эллипсоидный приемник; е—отражатели гелиостатов с параболоидным концентратором.

Цилиндрический параболический отражатель с эллиптической трубой, используемой в качестве приемника, или цилиндрический коллектор оптимальной геометрической конфигурации теоретически обеспечивают коэффициент концентрации, близкий к 90. Однако на практике этот коэффициент редко превышает 50 из-за потерь на отражение.

На стационарном сферическом отражателе с приемником при плоскостном перемещении на фокальной линии, параллельной солнечным лучам, можно добиться коэффициента концентрации, близкого к 200. Центральный приемник и ряд гелиостатов, следящих за Солнцем и концентрирующих лучи на приемнике, мо-

гут обеспечить коэффициенты концентрации порядка 1000. Параболоидный отражатель с круговым приемником, следящий за Солнцем и перемещающийся вдоль двух осей, может давать коэффициент концентрации порядка 10 000. При использовании отражателя этого типа и эллипсоидального приемника возможны коэффициенты концентрации около 40 000; тех же результатов можно добиться, применяя стационарный параболоидный концентратор с рядом следящих гелиостатов.

Солнечные печи. Из всех возможных высокотемпературных приложений солнечной энергии в промышленности наибольшее внимание уделялось развитию солнечных металлургических печей. В экономическом плане они не могут конкурировать с традиционными печами, однако они позволяют быстро получать сверхвысокие температуры в диапазоне 3 000—4 000°С и исключают появление примесей в обрабатываемом материале. Такие печи имеют большое значение для исследования свойств огнеупорных материалов при высоких температурах.

Наиболее известная из действующих печей расположена в Сон-Роне-Одейо, во Французских Пиренеях, на высоте 1700 м. Солнечные лучи улавливаются с площади около 2 тыс. м² 63 плоскими зеркальными гелиостатами, следящими за Солнцем. Они отражают лучи на огромный параболоидный концентратор высотой 40 м и шириной 54 м, состоящий из закаленного стекла с 9 тыс. изогнутых граней. Излучение концентрируется на входе солнечной печи, где температура достигает примерно 4 000°С. Суммарная мощность печи составляет около 1 МВт. Большие солнечные печи сейчас работают в Алжире, Японии и США.

Термомеханическое преобразование солнечного излучения. Преобразование солнечного излучения в механическую энергию не является современным изобретением. Первая машина, качавшая воду под давлением расширяющегося воздуха, нагретого Солнцем, была разработана в 1615 г. во Франции. Поршневая машина, приводившая в действие печатный станок, была создана Мушо и демонстрировалась на выставке в Париже в 1879 г. До 1950 г. действовало довольно много машин, работавших на солнечной энергии, мощностью от нескольких сот ватт до 50 кВт, например установка, сооруженная в Египте в 1913 г. В большинстве этих машин концентрирующие коллекторы использовались для нагрева воды или воздуха до температуры порядка нескольких сот градусов. Полученный пар и нагретый воздух применялись затем для совершения механической работы по термодинамическому циклу. В термодинамическом цикле в дополнение к источнику тепла (в данном случае это солнечная энергия) и машине, выполняющей работу, необходимо использовать устройство

для отвода части тепла. Коэффициент полезного действия всегда значительно ниже единицы, а максимально возможный коэффициент полезного действия зависит от температуры источника тепла. Первоначально солнечная энергия использовалась для накачки воды, но и сегодня это остается основной областью ее практического применения. Накачка воды необходима во многих развивающихся странах, сельские районы которых часто удалены от линий электропередачи. В основном она применяется в ирригационных системах с низкой среднегодовой нагрузкой. В развивающихся странах установлено по крайней мере 50 таких солнечных водонасосных станций.

Из солнечной энергии методом термодинамического преобразования можно получать электричество практически так же, как и из других источников, например горючих ископаемых или ядерной энергии. Из-за ограничений, обусловленных КПД в цикле Карно, рабочие температуры должны быть порядка нескольких сот градусов по шкале Цельсия, поэтому необходимо применять концентрирующие коллекторы.

На ряде экспериментальных станций уже осуществляется прямое преобразование тепловой энергии в электрическую. Существуют два различных подхода к разработке систем солнечных термоэлектрогенераторов. Первый подход основан на использовании небольших централизованных станций для отдаленных районов. Второй — на создании крупных солнечных энергетических установок мощностью в несколько десятков мегаватт, рассчитанных на работу в центральной электросети.

Центральные приемные системы. Примером системы центрального приемника солнечного излучения может служить станция Теми в Таргассоне. Франция. Для того, чтобы гелиостаты могли следить за Солнцем вдоль двух осей и обеспечить высокий коэффициент концентрации порядка нескольких тысяч, теоретически пропорциональный количеству гелиостатов, необходима сложная техника. Из-за погрешностей в слежении, возможных при наличии большого количества гелиостатов, действительный коэффициент концентрации у термоэлектрогенератора часто составляет 1/3 от расчетного. Преимущество башни по сравнению с солнечной формой связано с транспортировкой рабочей жидкости на меньшее расстояние от приемника до турбины, что устраняет потери тепла. Необходимый запас тепла на несколько часов может обеспечиваться аккумулярованием: нагревом твердых материалов (горной породы или огнеупорных материалов), плавкой солей или металлов.

Предельный КПД термоэлектрогенератора немногим больше 20%, так что в солнечный полдень для выработки 1 кВт электри-

чества необходимы гелиостаты площадью по крайней мере 5 м². Данный тип станции занимает гораздо большую площадь, чем солнечная ферма.

Около десятка экспериментальных солнечных энергетических станций запущены в действие или сооружаются во Франции, Японии, ФРГ, Испании и США. В Крыму впервые в СССР построена экспериментальная солнечная электростанция мощностью 5 тысяч кВт—СЭС-5. 1600 гелиостатов с общей площадью зеркальной поверхности 40 тысяч квадратных метров будет следить за движением Солнца и отбрасывать его лучи так, чтобы энергия сфокусировалась на солнечном парогенераторе. Следить за Солнцем им «помогает» ЭВМ.

Разработана система гелиостатов в Государственном научно-исследовательском энергетическом институте имени Г. М. Кржижановского и Проектно-конструкторском бюро Главэпсргостроймеханизации. Выпускают их на опытном заводе «Гидросталь-конструкция» в городе Чехове под Москвой.

Мощность Крымской СЭС-5 всего 5 МВт. Столько же вырабатывали в 1906 году паровые турбины первой в России московской тепловой станции. Поэтому пока солнечную радиацию выгоднее использовать как побочный источник энергии, например, в комплексе с топливной электростанцией.

Сейчас проектируется первая такая комбинированная солнечно-топливная станция, ее строительство начнется в 1990 году в Средней Азии. Здесь, в Хорезмской области, на правом берегу реки Амударьи, в районе Тюямуонского водохранилища, на землях, непригодных для сельского хозяйства, предполагают разместить весь комплекс сооружений солнечно-топливной станции на площади около 200 гектаров.

Мощность солнечной части станции около 100 МВт в среднем составляет треть мощности всей станции. Топливная и солнечная части станции взаимосвязаны. Работа первой автоматически регулируется в зависимости от того, какая обстановка в данный момент во второй: при усилении солнечной радиации сразу уменьшается расход органического топлива.

Использование энергии солнца позволит сэкономить 80 тысяч тонн условного топлива в год. К тому же комбинированная электростанция мощностью 300 МВт по сравнению с тепловой станцией такой же мощности будет выбрасывать в атмосферу меньше окислов серы и азота.

Проводимые в настоящее время исследования направлены на оценку технико-экономических показателей и проектирование оборудования для станций следующего поколения. За последнее десятилетие стоимость систем солнечной тепловой энергии значи-

тельно снизилась благодаря усилиям по их усовершенствованию и строительству. При условии дальнейшего значительного понижения уровня затрат солнечные тепловые системы найдут широкое применение в качестве источника электроэнергии уже в 1990-х гг.

Фотохимические реакции

Мощность солнечного излучения, достигающего Земли, составляет около 2-10 Вт, что более чем в 30 тыс. раз превышает сегодняшний уровень энергопотребления человечества. При разработке высокоэффективных методов преобразования солнечной энергии в электрическую Солнце может обеспечить растущее потребление электроэнергии в течение многих тысячелетий. В большинстве районов планеты на каждый квадратный метр земной Поверхности яркое Солнце бросает бесплатный киловатт лучистой энергии. Если учесть «простой» в ночное время, облака на небосводе и т. п., то можно с запасом считать, что мы имеем средний поток даровой энергии 200—300 ватт на квадратный метр. Не так давно был популярен простейший расчет, в первом приближении он и сегодня справедлив: в среднеазиатской пустыне площадка размером 70x70 километров даже при нынешних средних фотоэлектрических преобразователях может заменить всех электростанций страны.

Уже сегодня ток, вырабатываемый Солнцем, вливается тонкой струйкой в энергетический поток для нужд человечества. Кремниевые пластинки преобразуют солнечный свет в электроэнергию. Специалисты убеждены, что к 2060 году доля энергии Солнца на мировом энергетическом рынке превысит 50 процентов.

Не нужно думать, что в солнечной энергетике все определяет только КПД фотоэлемента. Сегодня, пожалуй, главное препятствие — высокая первоначальная стоимость самой станции, каждый киловатт ее мощности реально обходится в несколько раз дороже, чем для тепловых или атомных станций.

В феврале 1983 года американская фирма «Арко Солар» начала эксплуатировать первую в мире солнечную электростанцию мощностью 1 мегаватт. Эта же компания приступила к строительству фотоэлектрической станции в Калифорнии, мощность которой должна достичь 6,5 мегаватта.

На вершинах Гималаев солнечные батареи заряжают никель-кадмиевые аккумуляторы альпинистов. В пустынях Египта они питают ирригационные насосы, а в отдаленных районах Австралии — электрические ограждения для овец. В домах японских крестьян они греют воду и дают электроток.

Посетителям международной выставки «Электро-87» в московском парке Сокольники на пути из одного павильона в другой неожиданно попадался небольшой сельский дом, каких сколько угодно можно увидеть в целинных поселках или в селах Херсонщины. Единственное отличие — черная покатая крыша — большая панель кремниевых фотоэлементов, очень похожая, если присмотреться, на панели солнечных батарей, которые хорошо видны на снимках многих космических аппаратов. Площадь крыши дома — 50—70 м², в солнечный летний день она может отдавать электрическую мощность до 4—6 кВт. Постоянное напряжение 230 В подается на мощный полупроводниковый преобразователь, с выхода которого обычное переменное трехфазное напряжение 220/230 В поступает во внутреннюю сеть дома. В сеть можно включить любые стандартные электроприборы — лампочки, телевизор, радиолу, холодильник и т. п. В зависимости от освещенности солнечной батареи и потребляемой мощности электронный автомат-переключатель обеспечивает различные режимы солнечного дома — фотоэлементы могут только питать нагрузку или одновременно подзаряжать довольно большую аккумуляторную батарею, размещенную в подвале; когда мощность, поступающая от фотоэлементов, станет меньше 80 Вт, питание дома будет осуществляться только от аккумуляторов.

Несколько домов могут работать в общей электрической сети, в этом случае электронные синхронизаторы заставят все преобразователи напряжения в домах работать согласованно, синфазно. В сеть могут включаться дома, где аккумуляторы имеют нежелательно, например; детский сад, а также потребители электроэнергии, не имеющие собственных солнечных батарей. Чтобы создать достаточную мощность источника энергии, в такую сеть включается несколько солнечных батарей, установленных на открытой площадке. Научно-производственное объединение «Квант» уже построило несколько таких солнечных домов в одном из поселков в Краснодарском крае.

До недавнего времени из-за высокой стоимости солнечных элементов они применялись либо в космонавтике, либо в местностях, отдаленных от линий электропередач, либо в особых видах изделий, где затраты энергии минимальны. Сейчас цена на эти элементы быстро падает: за последние 10 лет она понизилась в 3,5 раза. В этом заслуга химиков, разработавших новые способы получения кремниевых солнечных элементов.

Обычно солнечные элементы изготавливают из монокристаллических кремниевых стержней, выращиваемых в лаборатории. Их разделяют на маленькие пластинки, которые затем собирают в панели. Сейчас все большее внимание уделяется поликристал-

лическому и аморфному кремнию. Ему придают форму пленки толщиной 1 микронметр. КПД элементов на аморфном кремнии составляет 6—10 процентов, а на монокристалле — 12—16 процентов, но первые значительно дешевле, так как для их создания не требуется материала высокой чистоты.

Преимущественно солнечных электростанций (СЭС) состоит не только в практической неисчерпаемости энергетических ресурсов нашего светила, не только в возможности производства электроэнергии наиболее «чистым методом», без загрязнения окружающей среды. Есть еще один аспект использования солнечной энергии. Поскольку в основном методы производства электроэнергии основаны на сжигании различного топлива и в конечном счете на превращении в тепло различных минеральных или механических ресурсов, то нарушается энергетический баланс планеты и происходит ее «тепловое загрязнение». При нынешних темпах роста энергопотребления через столетие производство энергии за счет этих источников может приблизиться к величине порядка одного процента энергии, поступающей от Солнца. Особенно опасно в этом отношении сжигание каменного угля, запасы которого намного больше запасов других видов энергетического топлива, поскольку оно приводит к значительному увеличению содержания CO₂ в атмосфере и поглощению парами CO₂ теплового излучения Земли. Нарушение энергобаланса может произойти значительно раньше. Трудно оценить последствия таких масштабов «теплового загрязнения», однако опасность его не вызывает сомнений.

Предложение использовать солнечную энергию в больших масштабах для нужд энергетики ставит целый ряд вопросов.

Пожалуй, первый вопрос, который может возникнуть, это: как велика будет площадь Земли, покрытая преобразовательными системами для производства заметной в мировом энергетическом бюджете доли электроэнергии? Очевидно, эта площадь зависит от эффективности используемых преобразовательных систем, и поэтому требование разработки эффективных преобразователей особенно важно. Так, например, при 10% КПД солнечных преобразователей (типичное значение КПД для кремниевых фотоэлементов, освоенных в серийном промышленном производстве для нужд космической энергетики) потребовалось бы покрыть такими преобразователями 12 500 км², чтобы произвести всю электроэнергию, необходимую США в 1974 году. Заметим для сравнения, что магистральными автомобильными дорогами в США занята существенно большая территория (50 тыс. км²).

Следующий основной вопрос — накопление и сохранение энергии с учетом суточного солнечного цикла. Технические методы

накопления и сохранения энергии в больших масштабах развиты относительно слабо, так как при других методах производства энергии эта задача практически не ставится. Для солнечных энергетических установок, комбинированных с другими типами электростанций, их объединение в единую энергетическую систему позволяет значительно упростить проблему.

Основные методы накопления энергии: электрохимическое накопление аккумуляторами, механическое (с помощью вращающихся маховиков) и накопление в форме водорода.

При электрохимическом методе использование кислотных свинцовых аккумуляторов не является перспективным не столько по соображениям малой емкости и сравнительно высокой стоимости, сколько вследствие дефицита свинца, который возникает при значительных масштабах использования этого метода. Поэтому электрохимический подход нуждается в дальнейших исследованиях.

Электрическую энергию можно преобразовать в механическую и накапливать как кинетическую энергию вращающихся маховиков с последующим обратным преобразованием. При высоких скоростях вращения КПД установки и плотность накопленной энергии на единицу массы и объема могут быть достаточно высоки. Исследования здесь направлены на создание прочных долговечных конструкций, работающих на сверхвысоких скоростях.

Производство водорода путем электролиза воды является весьма эффективным и сравнительно дешевым процессом. Водород может сохраняться в виде гидридов металлов или в жидком состоянии, а затем использоваться для выработки электроэнергии в топливных элементах или в качестве горючего.

Эффективной, особенно для СЭС небольших мощностей, может оказаться и гидроаккумуляция энергии.

Открытие высокотемпературной сверхпроводимости в новом классе керамических материалов может позволить совершенно по-новому решать эту задачу: путем создания сверхпроводящих индуктивных накопителей электрической энергии.

Наконец, одной из самых главных проблем использования солнечной энергии является экономическая сторона. Какова стоимость производства, включая системы накопления электроэнергии на СЭС? Можно ли ожидать, что СЭС будут экономически конкурентоспособны по сравнению с другими источниками производства электроэнергии?

Еще совсем недавно полагали, что фотоэлектрический метод преобразования солнечной энергии имеет перспективы развития лишь для решения частных задач, например, для автономных

систем электропитания в труднодоступных или удаленных районах, Развитие новых методов производства полупроводникового кремния, разработка новых материалов и создание принципиально новых типов фотоэлектрических преобразователей кардинально меняют положение в этой области в настоящее время.

С 1974 года стоимость одного ватта, рождаемого кремниевым полупроводниковым фотоэлементом, снизилась на порядок: с 50 до 5 долл. Для того чтобы СЭС стали экономически конкурентоспособными в сравнении с другими типами электростанций, нужно пройти такую же дистанцию — снизить стоимость еще в 10 раз. Для концентраторных СЭС этот путь может оказаться короче. Использование систем с концентраторами солнечного света позволяет резко снизить стоимость преобразования. Но их использование невозможно в облачные дни. Впрочем, на планете много мест, где таких дней почти не бывает: наша Средняя Азия, Аравия, Аризона и Техас в США и многие другие районы.

Ближайшими «кандидатами» для использования в большой солнечной энергетике являются кремний для некоцентрированного солнца (КПД кремниевых фотоэлементов в лабораториях уже достиг 20—25%) и арсенид галлия для концентраторных систем. Аморфный кремний с большой вероятностью придет на смену кремнию кристаллическому.

Солнечные модули для СЭС изготавливаются в массовом масштабе на заводе, и объем строительного-монтажных работ для СЭС сводится к минимуму. СЭС мегаваттной мощности может быть построена за несколько месяцев. Так, крупнейшая СЭС в Карисса-Плэйнс в Калифорнии мощностью 7,2 МВт была построена менее чем за год. СЭС, состоящая из различного количества модулей, представляет не сравнимую ни с какими другими типами электростанций гибкую систему для удовлетворения нужд большой и малой энергетике, центральной и автономной, для промышленности, сельского хозяйства, транспорта, туризма, экспедиций и т. д.

ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

Разработка геотермальных ресурсов имеет давнюю историю, тем не менее их доля в мировом энергетическом балансе все еще невелика. В ближайшие десятилетия многие страны, особенно развивающиеся, вероятно, начнут использовать свои обильные запасы тепла земных недр в качестве эффективного первичного источника энергии.

Теоретически термин «геотермальная энергия» подразумевает весь объем теплоты, накопленной нашей планетой. Но на прак-

тике речь идет о полезном, при благоприятных обстоятельствах, использовании тепла, запасенного в 3—5 км ее коры. В среднем по мере углубления на 1 км температура повышается на 30°C, но в зависимости от местных геологических условий температурный градиент может быть в два раза меньше или же в пять раз больше среднего мирового уровня. Следовательно, на глубинах от 3 до 5 км температура может варьировать от менее 100°C до величин, в несколько раз превышающих указанное значение.

В верхних 5 км земной коры содержится около $3,4 \times 10^{25}$ кал тепла. Это поистине огромные запасы: они почти в 500 тыс. раз превышают мировое потребление энергии в 1984 г. Но дело в том, что это чисто теоретическая величина, а не практически доступный источник энергии.

Тепло Земли очень «рассеянно», и в большинстве районов мира температура теплоносителя мала. Поэтому человек может использовать с выгодой только очень небольшую часть энергии, накопленной в 5-километровом слое земной коры. Кроме того, с технической и экономической точек зрения земное тепло можно осваивать только в нескольких регионах с благоприятными геологическими условиями.

Для отвода земного тепла необходим естественный или искусственный теплоноситель, главным образом вода. Следовательно, можно выделить две категории геотермальных систем: гидротермальные и «сухие горные породы». В первом случае тепло переносится на поверхность Земли водой и (или) паром из естественного водного бассейна. Во втором случае вода поступает на поверхность из глубокозалегающих водонепроницаемых горизонтов через пробуренные скважины. Существуют особые технологии забора тепла из напорных и магматических систем и рассолов. Возможность использования геотермальной энергии определяется физико-химическими характеристиками теплоносителя и многочисленными местными факторами: спрос на энергию, затраты на освоение энергетического ресурса, общественная выгода, экология, наличие других источников энергии и т. д.

Геотермальная энергия может использоваться либо «непосредственно», либо в преобразованной форме (в виде электричества). В первую категорию входят все виды использования геотермальной энергии, не предусматривающие ее прямого преобразования. Во вторую — предусматривающие преобразование в иную форму энергии, например электричества.

Ясно, что «каскадное» использование геотермальной энергии повышает эффективность ее применения. Пример такого метода приведен на рисунке: отработанная вода закачивается в глубокий водоносный горизонт, из которого она была извлечена. При этом

обе скважины должны быть расположены на достаточно большом расстоянии, чтобы избежать температурного усреднения.

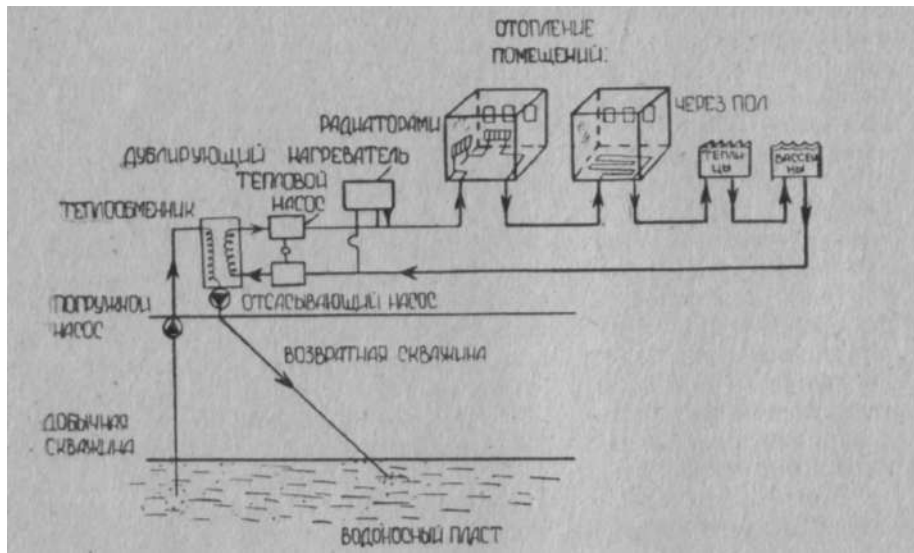


Рис. 6 Принципиальная схема системы для обогрева ряда помеще-

Если температура носителя на выходе из скважины достигает более 150°C , то возможно «непрямое» использование этого тепла, т. е. производство электричества. Из-за ограниченных величин температуры, давления и теплосодержания геотермальных флюидов все термодинамические циклы производства электроэнергии имеют довольно низкий КПД: от минимальных 5–6% для некоторых типов турбин с противодавлением и бинарного цикла до максимальных показателей в 18–20% для самых совершенных конденсационных турбин. Мощность турбин с противодавлением составляет обычно от 1 до 15 МВт, а конденсационных — от 15 до 130 МВт.

Наконец, необходимо отметить, что в некоторых случаях предпочтительнее комбинировать прямые и непрямые схемы, в которых теплоноситель сначала используется для выработки электроэнергии, а затем тепло, содержащееся в отработанной жидкости, применяется в тех или иных целях. В этих случаях можно говорить о комплексных геотермических станциях.

Прямое использование тепла недр на протяжении всей первой половины текущего столетия не выходило за рамки отдельных

случаев. Однако в 1973 году наметился серьезный перелом, когда это тепло стало рассматриваться как экономически выгодная альтернатива в некоторых технологических процессах, сельском хозяйстве и в централизованных системах отопления, нуждающихся в больших объемах тепла.

В 1980 году прямое потребление геотермальной энергии в мире достигло порядка 9 000 МВт, из них около 60% приходилось на долю бальнеологии.

Посмотрим теперь, как обстояло дело с развитием производства электричества из энергии геотермальных вод. Первые эксперименты были проведены в Лардерелло в 1904 году, когда динамо-машина была присоединена к поршневому двигателю, приводившемуся в действие паром нагретых природных флюидов. Успех эксперимента возвестил о начале производства геотермоэлектричества, которое приблизительно до 1955 года развивалось только в Италии.

В 1955–1960 гг. к Италии присоединились еще три страны (Мексика, Новая Зеландия и США), приступившие к производству геотермического электричества, затем в 1965–1970 гг. эта отрасль стала развиваться в Японии и СССР. В конце 1960-х гг. мировые мощности достигли 680 МВт, из них только на долю Италии приходилось 387 МВт. Средние общемировые темпы роста за этот период составляли около 6% в год.

Начиная с 1970 года, особенно после 1973 года, наблюдался резкий рост использования геотермальных флюидов для производства электроэнергии: к концу 1979 года общемировая мощность (2 022 МВт) возросла в три раза по сравнению с предшествовавшим десятилетием. В среднем за период с января 1970 года по декабрь 1979 года темпы роста фактически составили 13,6% в год.

В первые годы текущего десятилетия развитие геотермоэлектроэнергетики происходило еще более высокими темпами, но они резко замедлились в 1985 и 1986 годах. Тем не менее ежегодные средние темпы роста с января 1981 года по декабрь 1986 года составили 15,2%. На декабрь 1986 года в мире действовало 190 силовых установок мощностью 4 734 МВт. В 1986 году на геотермоэлектростанциях было выработано около 99 млрд. кВт-ч энергии.

Стоимость такой энергии существенно колеблется от страны к стране, и даже внутри отдельных стран, главным образом в зависимости от термодинамических характеристик флюидов, типа и размера станций. Для справки можно привести следующие цифры за 1986 год: минимальные затраты — 1,5, максимальные — 9, средние — 4 цента за 1 кВт-ч.

Говоря о перспективах использования тепла земных недр, сле-

дует прежде всего помнить, что на бальнеологию приходится 50% всей геотермоэнергии, а возможный темп роста ее доли в общем энергобалансе мира, вероятно, не превысит 0,5—1% в год. В других отраслях в следующие 10—12 лет ожидаются средние ежегодные темпы роста 8—10%. Следовательно, до конца столетия средний ежегодный темп роста прямого использования тепла Земли составит около 5%.

В освоении геотермальной энергии в целях производства электричества представляются наиболее вероятными умеренные темпы роста до 1990 года (в среднем 5% ежегодно) и новый скачок в начале следующего десятилетия: ежегодно от 10 до 15% до 2000 г. Согласно этим гипотезам, общемировые геотермоэлектрические мощности возрастут приблизительно до 20 000 МВт до конца текущего столетия; в 2000 году в мире будет производиться около 110 млрд. кВт-ч энергии.

Продолжается рост использования геотермальной энергии у нас в стране, особенно на Камчатке.

Действующий вулкан Мутновская Сопка, который находится на 65 км юго-западнее Петропавловска-Камчатского, почти круглый год покрыт шапкой снега. А под ней на глубине от 500 до 2 000 метров температура подземных вод, вернее, пароводяной смеси, достигает 230—270°C. Геологи пробурили здесь геотермальные скважины, и разведка подтвердила их предположения: пар, выходящий на поверхность из скважин, может обеспечить работу геотермальной тепловой электростанции.

Сейчас здесь идет подготовка к строительству промышленной электростанции на геотермальном паре мощностью 200 МВт, научный руководитель работ — Государственный научно-исследовательский энергетический институт имени Г. М. Кржижановского (Москва).

Запасов энергии камчатских геотермальных месторождений, так называемых естественных парогидротерм, по расчетам, должно хватить па то, чтобы обеспечить энергией всю южную часть Камчатки, где сосредоточены промышленные объекты и большая часть населения полуострова. Возможно, геотермальные электростанции вытеснят все другие станции, ведь сейчас они работают на дорогостоящем топливе, которое грузовые суда доставляют из Владивостока в Петропавловск-Камчатский, а на мелкие (мощностью до 1 МВт) дизельные электростанции в отдаленные совхозы топливо перебрасывают вертолетами.

Постепенно расширяется круг стран, приступивших к использованию геотермальной энергии. К этому списку в ближайшее время, видимо, добавится Дания. Датские инженеры планируют создать в Гренландии, в 450 километрах к северу от Полярного кру-

га, подземную тепловую электростанцию. Источником энергии для нее должен служить перепад температур между холодной поверхностью грунта и более теплой водой подземных озер, залегающих на большой глубине. Аналогичные электростанции существуют в Норвегии, но там системы станции находятся в скальных породах. Гренландскую электростанцию предстоит соорудить в слое вечной мерзлоты, не вызвав его разрушения из-за неизбежного нагрева. Удовлетворить это требование позволит сложная автоматическая система регулирования температуры.

Поскольку станция носит экспериментальный характер, мощность ее будет невелика — всего пять мегаватт, и электроэнергии хватит лишь для небольшого городка с населением в пять тысяч жителей.

В отличие от других первичных источников энергии геотермальные флюиды невозможно транспортировать на расстояние, превышающее несколько километров; их приходится использовать на месте. Поэтому земное тепло — это типично локальный источник энергии. Именно по этой причине работы, связанные с его эксплуатацией (разведка, подготовка буровых площадок, бурение, испытание скважин, забор жидкости, получение энергии, подпитка, передача энергии, создание инфраструктур и т. д.), ведутся, как правило, на относительно небольшом участке с учетом местных условий.

В ряде стран, имеющих благоприятные геотермальные условия и низкое энергопотребление на душу населения, геотермальная электроэнергетика сможет внести заметный вклад (10—30%) в удовлетворение их электроэнергетических потребностей в ближайшие десятилетия. В этом смысле геотермальные источники можно назвать альтернативными.

ЭНЕРГИЯ ПРИЛИВОВ

Приливы обусловлены силами притяжения Луны и Солнца в сочетании с центробежными силами, развивающимися при вращении систем Земля — Луна и Земля — Солнце. Движение этих тел относительно друг друга порождает различные приливные циклы: полусуточный, весенний квадратурный, полугодовой и другие более длительные циклы. Все они оказывают влияние на уровень подъема воды, и знание этих колебаний необходимо для правильного проектирования приливных энергетических систем.

Амплитуда приливов может значительно увеличиваться за счет таких факторов, как склоны, воронки, характерное отражение и резонанс. Наиболее часто такие условия наблюдаются в устьях рек.

Энергия приливов порождается кинетической энергией водяной массы при снижении ее уровня. Для работы современных энергетических систем необходим средний перепад уровней не менее 5 м. Количество энергии, производимой приливом, приблизительно пропорционально площади приливной волны. В течение весеннего квадратного цикла производительность приливной электростанции подвержена четырехкратным колебаниям. Более того, поскольку время начала прилива каждые сутки сдвигается приблизительно на один час, цикл работы приливной электростанции в целом не совпадает с суточными колебаниями в потреблении энергии. С другой стороны, приливы можно прогнозировать, и приливные электростанции могли бы работать по определенному расписанию в целях оптимального использования доступной энергии.

За последние 50 лет был проведен ряд исследований по выявлению мест, наиболее подходящих для строительства приливных станций. Они должны обладать такими характеристиками, как значительная амплитуда колебаний уровня воды, а также возможность создания крупных бассейнов для хранения больших объемов воды.

Теоретически приливные электростанции могли бы производить в целом 635 тыс. ГВт*ч/год электроэнергии, что является энергетическим эквивалентом более чем 1 млрд. баррелей нефти. Наиболее перспективными в этом отношении районами являются залив Фанди в Канаде и США, залив Кука на Аляске, Шозе в бухте Мон-Сен-Мишель во Франции, Мезенский залив в СССР, устье р. Северн в Великобритании, залив Уолкотт в Австралии, Сан-Хосе в Аргентине, залив Асанман в Южной Корее.

С незапамятных времен человек стремился использовать энергию приливов. Первые приливные мельницы появились на побережье Бретани, Андалузии и Англии еще в XII в. В более поздние времена сотни таких устройств приводили в движение лесопильные и мукомольные машины в британских владениях на территории Новой Англии (США).

Использование энергии приливов все еще не поставлено на коммерческую основу. Мировой опыт в этой сфере очень ограничен. За исключением станции и устья р. Ранс на западном побережье Франции, функционирующей на коммерческой основе, все остальные носят экспериментальный характер. Успешная работа этих первых установок и исследования по определению целесообразности строительства таких станций дали обнадеживающие результаты с точки зрения стоимости электроэнергии. Если будут преодолены трудности с финансированием новых проектов и решены

экологические проблемы, у ряда стран появится возможность использовать энергию приливов.

Приливные электростанции работают по тому же принципу, что и гидроэлектростанции. Их отличие заключается в том, что для вращения турбин используется не течение рек, а энергия приливов и отливов. Наиболее простые системы для получения энергии состоят из плотины, отгораживающей бухту с высоким приливом от моря. Приливная вода забирается в шлюзах и затем подается на турбину, вырабатывающую электричество. В более сложных системах используется течение воды в обоих направлениях и электричество производится как с помощью прилива, так и отлива.

Наиболее подходящей низконапорной турбиной (менее 13 м) является грушевидная турбина с осевым потоком. Размер таких турбин постоянно возрастает, и сейчас создаются машины с диаметром ротора 7,5 м и мощностью 60 МВт.

Министерство энергетики США финансировало разработку альтернативных систем, использующих не жесткую плотину, а тонкую пластиковую перемышку. Плотина — «водный парус» — поддерживается понтонами. Такая система обеспечивает перепад высот около 2 м и давление на уровне допустимого для существующих пластиковых мембран. Ток воды сверху вниз создает запасы сжатого воздуха, которые, в свою очередь, либо расходуются сразу для производства электроэнергии, либо аккумулируются и расходуются в периоды пиковой энергетической нагрузки.

Существуют и другие альтернативы строительству плотин. Так, в некоторых исследованиях рассматривается возможность размещения в подводных приливных потоках больших турбин. В некоторых бухтах приливные и отливные течения очень сильны и являются мощным источником кинетической энергии. Такие установки не требуют строительства плотин, и их можно размещать на обширных площадях, что в целом создает гораздо меньше экологических проблем. Однако технология применения таких систем еще не так детально отработана, как технология гидроэлектрических турбин, используемых в традиционных проектах приливных станций.

Однобассейновые приливные станции могут работать в трех режимах: работа в период отлива, работа в период прилива и двунаправленное функционирование.

В настоящее время действует совсем немного приливных станций. Электростанция Ранс является первым и крупнейшим предприятием такого рода в мире. Она была задумана как прототип более крупных приливных станций на побережье Бретани. Строительство началось в 1961 г. и завершилось в 1968 г. Система использует двадцать четыре 10-мегаваттных турбины Каплана, об-

ладает проектной мощностью 240 МВт и ежегодно производит около 50 ГВт-ч электроэнергии. Амплитуда прилива в устье реки составляет 14 м. Плотина длиной 750 м ограничивает бассейн площадью 22 км², который содержит 180 млн. м³ полезной воды.

Другая крупная приливная электростанция мощностью 20 МВт расположена в Аннаполис-Ройал, в заливе Фанди (провинция Новая Шотландия, Канада). Она была официально открыта в сентябре 1984 г. Система смонтирована на о. Хогс в устье р. Аннаполис на основе уже существующей дамбы, защищающей плодородные земли от затопления морской водой в период штормов. Амплитуда прилива колеблется от 4,4 до 8,7 м.

Стоимость станции Аннаполис-Ройал составила 53 млн. долл., или 2650 долл. на киловатт мощности. Согласно проекту, цена производимого электричества должна была составлять 2,7 цента за кВт. Удовлетворительные показатели данной станции подтвердили рентабельность низконапорных гидроресурсов, открыли широкие перспективы строительства крупных приливных станций в Канаде и других частях земного шара.

Кислогубская опытно-промышленная станция на побережье Баренцева моря, использующая 400-киловаттный генератор, начала действовать в 1967 году. Средняя амплитуда прилива в этом районе — 3,3 м.

В Китае за последние несколько лет были построены три маленькие станции — 40, 150 и 320 кВт. В начале 1986 г. в Китае начала действовать 10-мегаваттная станция, расположенная на Янцзы в провинции Чжэцзян.

За исключением станции Ранс, других приливных станций, действующих на коммерческой основе, нет. Все остальные системы — экспериментального характера. Нет пока такой отрасли промышленности, которая бы производила и монтировала оборудование для приливных электростанций. Однако поставщики всех основных компонентов такого оборудования есть. В финансируемых правительством проектах может использоваться опыт, накопленный при строительстве традиционных гидроэлектростанций, а также опыт фирм, занимающихся строительством морских сооружений. Существуют технические и строительные фирмы, обладающие практическим опытом, необходимым для строительства приливных станций. Конструирование и производство турбин могут взять на себя традиционные, поставщики гидроэнергетического оборудования.

Эксплуатация приливных электростанций может негативно сказываться на судоходстве, работе портов, состоянии зон отдыха, а также на местной фауне, в особенности на птицах и рыбе. Так как масштабы воздействия будут различны в каждом отдель-

ном случае, прежде чем строить станцию, необходимо определить возможные последствия. Для предупреждения большинства возможных пагубных последствий, связанных с эксплуатацией приливных станций, уже существуют технические решения и проекты новых решений.

Большинство возможных негативных последствий вызвано тремя основными причинами: изменением уровня воды, скорости и направления течений, перемещением осадочного материала и физическим присутствием плотины.

Изменение уровня воды влияет на судоходство и дренаж низин. Это может способствовать более эффективному использованию в качестве зон отдыха районов, лежащих выше плотин. Вместе с тем при этом вполне возможны дополнительные факты воздействия на береговую полосу и межпроточные мели, что не может не оказывать влияние на ареал обитания болотных и других птиц.

Изменение скорости и направления водных потоков может оказывать воздействие на перенос осадочного материала и процесс осадконакопления. Это в свою очередь имеет важные последствия для судоходства и окружающей среды. Качество воды в устье реки может ухудшаться в результате повышенной концентрации загрязняющих веществ, задерживаемых плотиной. Однако с технической точки зрения поддержание качества приливных вод не представляется слишком сложной задачей и может быть достигнуто за счет более тщательной очистки сточных вод и промышленных отходов.

Изменения процессов переноса осадочного материала и осадконакопления, а также эрозия в устье реки могут иметь многочисленные последствия для портов и окружающей среды. Эти процессы требуют тщательного изучения, поскольку факторы, влияющие на перенос осадочного материала, чрезвычайно сложны. Математические модели переноса и физическая модель, дающая детальную информацию о движении водной массы, могут определить различные воздействия плотины на перенос осадочного материала и оказать помощь при выборе адекватных решений.

Сегодня функционирует лишь несколько приливных электростанций, самые значительные из которых расположены во Франции, Канаде и Китае.

Использование энергии приливов основывается главным образом на проверенных идеях и технологиях, поэтому почти нет нужды в фундаментальных технологических разработках. Технология использования энергии приливов уже хорошо отработана, а стоимость осуществления проекта определяется, как правило, местом его расположения. Поэтому возможность сокращения капиталовложений кроется в тщательном выборе места и строжайшем

контроле за строительными работами. Число мест, пригодных для строительства приливных станций, весьма ограничено.

Опыт работы станции Ранс демонстрирует техническую осуществимость эксплуатации больших, турбин с высокой надежностью в условиях моря.

Приливная электростанция может оказывать воздействие на порты и судоходство, зоны отдыха и фауну близлежащих районов, причиной которого является изменение уровня воды, скорости и направления водных потоков, перенос осадочного материала и само присутствие плотины. Прежде чем принимать решение о сооружении приливной станции, необходимо дать оценку ее возможного воздействия на окружающую среду, чтобы устранить негативные явления.

Станция Ранс, расположенная во Франции, продемонстрировала свою экономичность, а различные исследования обещают высокую рентабельность таких станций и в других местах. Тем не менее огромные капиталовложения, необходимые для строительства больших приливных станций, являются препятствием на пути их широкого использования. Возможно, для того чтобы начать сооружение коммерческой электростанции, необходимы значительные правительственные капиталовложения.

ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ ОКЕАНА

Большая часть поглощаемого океанами солнечного излучения сохраняется в виде тепловой энергии поверхностных слоев воды. В то же время на глубине менее 1 000 м медленно движутся в направлении от полюса к экватору холодные течения. Таким образом, во многих тропических и субтропических районах в течение всего года между поверхностными и глубинными слоями сохраняется перепад температур, достигающий 25°C. Согласно фундаментальным законам термодинамики, этот градиент температур можно использовать в качестве источника энергии. При этом теплая и холодная вода, поступая соответственно в нагреватель и конденсатор, обеспечивает работу теплового двигателя, который отличается от обычного только тем, что не нуждается в топливе. Отсутствие значительных суточных колебаний температурного градиента делает его весьма надежным источником энергии. Правда, есть у него сезонные колебания, усиливающиеся по мере удаления от экватора.

Какова же мощность этого источника? Природный потенциал энергии теплового градиента оценивается в 10^{13} Вт. Совершенно очевидно, что извлечь всю эту колоссальную энергию технически

невозможно. Более того, можно освоить лишь часть технически доступной энергии. В настоящее время наблюдается значительный разброс в оценках реального потенциала энергии океана, вполне вероятной является цифра порядка 10^{11} Вт. Для сравнения заметим, что суммарная установленная мощность всех существующих электростанций составляет порядка 10^{12} Вт. Так что тепловая энергия океанов могла бы послужить существенным дополнением к мировой системе энергоснабжения.

Для преобразования энергии теплового градиента в электрическую используется так называемая рабочая жидкость, имеющая низкую температуру, например, аммиак, фреон или пропан. Рабочая жидкость, нагреваемая теплой морской водой, начинает испаряться. Расширяющийся пар вращает турбину, а затем, отдав ей часть своей энергии, конденсируется под воздействием холодной воды, поступающей из глубины, после чего начинается новый цикл. Механизм работы такой системы, известной под названием замкнутого цикла, показан на рисунке 7.

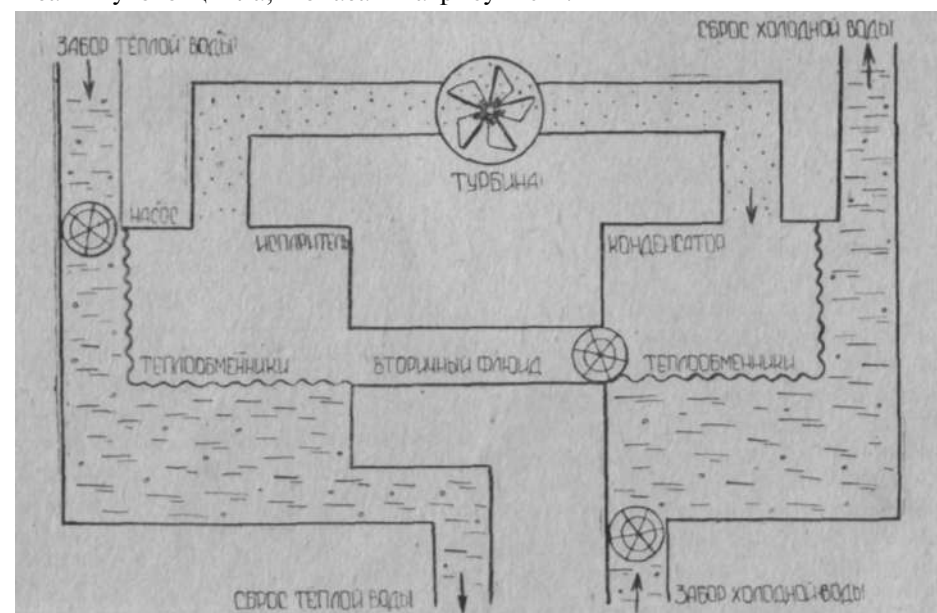


Рис. 7. Принцип действия установки преобразования тепловой энергии океана с замкнутым циклом.

В качестве нециркулирующей рабочей жидкости может использоваться и просто морская вода. Схема такой открытой сис-

темы представлена на рисунке 8. В одной камере происходит адиабатическое расширение теплой морской воды под низким давлением. Водяной пар вращает турбину электрогенератора, а затем поступает в камеру с холодной водой, где давление, естественно, ниже, и конденсируется. Одно из преимуществ данной системы заключается в том, что конденсат представляет собой практически опресненную воду, которую можно использовать для питья.

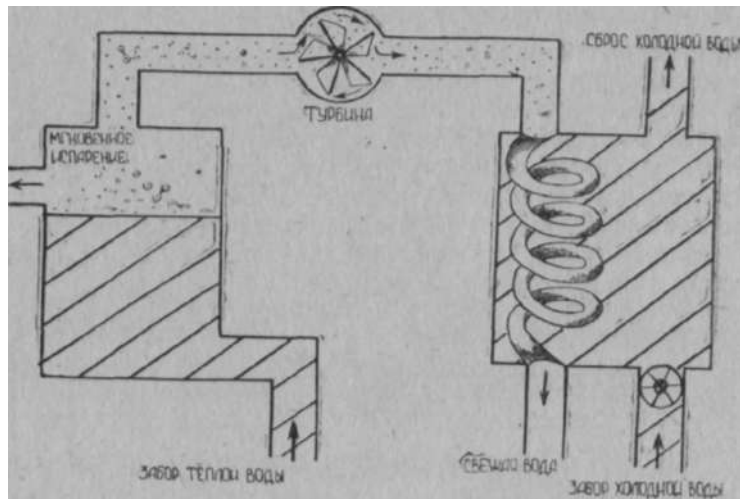


Рис. 8. Установка преобразования тепловой энергии океана работающая по принципу открытого цикла.

Процесс извлечения энергии основан на хорошо апробированных циклах работы тепловых двигателей. При градиенте температур порядка 20°C реальный КПД установки преобразования тепловой энергии океана составляет около 3% против 30% у электростанции, работающей на обычном топливе. Поскольку холодная вода находится на большой глубине (вплоть до 100 м), а расход воды на производство 1 МВт электроэнергии достигает порядка $4\text{--}8\text{ м}^3/\text{с}$, можно представить, каких размеров должна быть установка. Поэтому ключевым моментом с точки зрения практической реализации преобразования тепловой энергии океана наряду с экономическими факторами является разработка инженерного решения системы.

Обследование мест вероятного размещения станций преобразования тепловой энергии океана показало, что существует возможность использования самых разных типов конструкций таких станций, в том числе и в комбинации с сопутствующими видами про-

изводства: работающих по принципу замкнутого или открытого цикла; плавучих установок, связанных со станциями обслуживания, а также береговых и шельфовых станций, устанавливаемых на опорах недалеко от берега. Все они могут применяться не только для производства электроэнергии, но и для аквакультуры и опреснения воды.

Значительная часть работы, проводимой в последние десятилетия в области преобразования тепловой энергии океана, сводилась к опытно-конструкторским разработкам, в результате которых были устранены многие проблемы и сняты ограничения, связанные со строительством и эксплуатацией этих установок, и найдено немало интересных инженерных решений. В настоящее время из стадии лабораторных исследований программа преобразования тепловой энергии океана перешла в стадию испытаний крупных образцов оборудования в морских и наземных условиях. Как показало недавнее исследование, проведенное Всемирной энергетической конференцией, обширные программы развития преобразования тепловой энергии океана имеются по крайней мере в 16 странах, в том числе во Франции, Японии, Нидерландах, Великобритании, США и СССР.

ГРАДИЕНТ СОЛЕННОСТИ

Почти незаметным образом большие количества энергии рассеиваются в устьях рек нашей планеты, там, где пресная вода смешивается с соленой. Здесь наблюдается градиент солености — источник так называемой соляной энергии, которая высвобождается в виде тепла, когда морская вода, то есть соляной раствор, растворяется пресной речной водой. Выявить эту энергию не просто, поскольку соответствующий нагрев, составляющий $0,5^{\circ}\text{C}$, невелик по сравнению с температурными колебаниями, вызванными течениями и сезонными изменениями. В природе наблюдается широкий диапазон перепадов соляных концентраций, или градиентов соледождения.

Соль, если можно так сказать, испытывает тягу к воде: она легко растворяется в ней, а в растворе стремится к еще большему разбавлению. Если соляной раствор отделить от пресной воды по-средством водной мембраны, то пресная вода будет стремиться пройти через мембрану и резервуар с соленой водой, пока не установится гидростатическое давление подпора, равное разности осмотических давлений. Разность, или перепад, осмотических давлений является функцией разности концентраций в двух растворах.

Помимо разности осмотических давлений, теоретически для извлечения соляной мощности можно использовать еще два свойства соляного раствора: ионную диссоциацию и давление паров. Но для их реализации потребуется весьма дорогостоящая технология.

Для получения соляной мощности предложен ряд принципиально различных способов. Два из них предусматривают применение мембран. Однако существующие мембраны неэффективны и дорогостоящи, а их усовершенствование происходит весьма медленными темпами. В процессе эксплуатации мембраны нередко засоряются и забиваются, поэтому воду, которая должна переходить с пресной стороны на соленую, приходится фильтровать и подвергать предварительной обработке.

Осмоз с задержкой давления — это один из процессов, в которых необходимы мембраны. С помощью насоса морская вода или рассол сжимаются до давления (P), ниже перепада осмотических давлений (π). Молекулы пресной (или соленой) воды могут проникать в сосуд высокого давления вопреки подпору давления, пока P больше π . Объем морской воды (или рассола) возрастает прямо пропорционально давлению, обеспечивая привод турбогенератора. Для создания давления требуется лишь часть производительности турбин. Существует также вариант процесса, когда осмотическое устройство помещают в водяную толщу, используя давление, существующее на глубине.

Обратный электродиализ — процесс, также требующий применения мембран. Мембраны в этом варианте непроницаемы для воды; каждая вторая из них пропускает анионы, а промежуточные — катионы. Анионы из подаваемого соляного раствора проходят одну мембрану по направлению к катоду, а катионы — одну мембрану к аноду, посредством чего создается электромеханический потенциал 80 мВ на ячейку. Смешанный рассол выпускается из обоих наборов ячеек. Число ячеек не ограничено; комплект из 1 тыс. ячеек дает 80 В. Предпочтительнее применять комплекты, а не отдельные ячейки, так как это уменьшает трудности, связанные с эксплуатацией электродов. Подвергнутые эрозии электроды приходится периодически менять.

Обратное паровое сжатие — третий процесс. Он не нуждается в мембранах. Работает на принципе использования давления пара как функции солёности. При любой заданной температуре давление паров над поверхностью морской воды будет ниже, чем над поверхностью пресной воды; над рассолом — еще ниже. Понижая давление в частично заполненной камере, можно заставить кипеть пресную воду при температуре окружающей среды. При этом морская вода, помещенная в соседнюю камеру, еще не будет кипеть (при тех же значениях температуры и давления) и может абсор-

бировать водяной пар путем конденсации, вызывая незначительное падение давления. Полученный пар низкого давления задействует турбину, расположенную между камерами.

Дальнейшие, более серьезные эксперименты по подготовке к осуществлению этих процессов не проводились ввиду предполагаемых высоких затрат по освоению соляной мощности. Мембраны для осуществления осмоса с задержкой давления или обратного электродиализа недостаточно совершенны. Более того, в методах осмоса с задержкой давления и обратного* электродиализа совершенно необходимо производить еще и предварительную очистку подаваемых растворов от всех загрязнений как биологического происхождения, так и взвесей в виде частиц.

В процессе обратного парового сжатия возникают проблемы в области теплообмена, обезгаживания и габаритов турбины.

Для проектировщиков станций на соляной мощности наиболее привлекательным является применение высококонцентрированных растворов, таких, как природные или искусственные рассолы, что связано с их более высокой интенсивностью. Преимущество заключается в меньших размерах элементов станции на данную чистую выработку по сравнению со схемами, где используется подача пресной и морской воды. Однако ее недостатком является повышенная коррозия и более быстрое старение компонентов. Пока еще не ясно, каковы должны быть концентрации соли у агентов процесса, обеспечивающих оптимальную пару.

В принципе разработка соляной мощности не должна оказывать существенного отрицательного воздействия на окружающую среду, поскольку пресная и морская вода смешивается естественно. Однако, поскольку в любом подобном процессе предусматривается изменение обычного хода смешения вод в устьях рек, причем соответствующие потоки подвергаются забору, фильтрации через мембраны, обезгаживанию и химической обработке, могут возникнуть отрицательные последствия для биоты и донных отложений. Тепловой эффект при извлечении энергии, которая высвобождается при смешивании (тепло растворения), вызовет падение температуры самое большее на $0,5^{\circ}\text{C}$. Это немного по сравнению с естественным колебанием в устье.

Возможные экологические последствия эксплуатации соляных энергетических станций:

— повреждение или уничтожение живых организмов, частично при заборе воды, частично на мембранах;

— изменения циркуляции и скорости перемещения воды вследствие больших потоков, проходящих через станцию и способных воздействовать на движение питательных веществ и на концентрацию кислорода и соли;

— не исключены изменения фауны, особенно в сообществах организмов, живущих в донной зоне;

— токсические биоциды, применяемые для предотвращения загрязнения мембран, могут попадать в трофические цепи;

— спуск вод, имеющих соленость выше, чем у входящих вод, может угрожать организмам, находящимся во взвешенном состоянии, в результате повышения плотности воды;

— в противном случае, когда выпускается вода с соленостью ниже исходной, могут пострадать различные виды, например пресноводные.

V. КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ЭКОНОМИЯ ЭНЕРГИИ

Энергетика в свое время заболела гигантизмом. Огромные ГЭС, гигантские ТЭС, чудовищные АЭС на многие блоки-миллионники. Не было еще случая в эволюции планеты и истории человечества, чтобы гигантизм не приводил к быстрому и неизбежному концу. Будь то динозавры или супертанкеры, огромные империи или ЭВМ 1-го поколения. Всех *ил* «списала» жизнь. Гигантов сменяют карлики. Такова неотвратимая логика развития. И пока такие мощные карлики не придут в энергетику, не следует городить огород из гигантов.

Стратегия ясна. Все, что прямо или косвенно добавляет излишнее тепло в атмосферу Земли, все, что нарушает экологическое благополучие биосферы, становится опасным. Необходимо более рационально использовать ту энергию, что естественно приходит к поверхности планеты.

Энергетическая проблема страны должна одновременно решаться двумя путями.

Первое. Ориентация на уровне государственной политики на экологически чистые источники энергии. Почему Англия к 2000 году может пятую часть энергетики перевести на ветрогенераторы, а мы — нет? Почему миниатюрная Япония имеет малых ГЭС в три с половиной раза больше, чем имеем мы на необъятных просторах нашей страны. Путь решения проблемы видится в повсеместном переходе на комплекс экологически чистых источников энергии — малые ГЭС, ветер, биогаз, Солнце, геотермальные воды и т. п. Причем по каждому региону, краю, области и даже району и селу нужно составлять индивидуальную схему энергоснабжения с оптимальным соотношением всех возможных экологических источников энергии.

И второе. Необходимо возвести в ранг государственной поли-

тики всемерную экономию энергии, развитие неэнергоемких производств. Резервы здесь огромны.

Несмотря на первые успехи энергоснабжения в развитых странах, мир в целом остается весьма энергорасточительным. Мы, например, расходует приблизительно в два-три раза больше первичных энергетических ресурсов в расчете на единицу национального дохода, чем США. Так, например, энергоемкость продукции в сельском хозяйстве с 1970 года по 1985 год в США уменьшилась на 32%, а в СССР за тот же период увеличилась на 87%. А ведь США отнюдь не являются в данном случае примером добродетели.

Создавая единую энергетическую систему на европейской территории Союза, мы построили гигантскую сеть ЛЭП. В целом по стране она достигла 5 миллионов километров. С сооружением каждого километра ЛЭП возрастают и потери энергии. В лучших энергосистемах мира потери электроэнергии не превышают 5—6 процентов, а в нашей — втрое больше. Это означает, что десяток таких электростанций, как Саяно-Шушенская, работают «на ветер». Каковы причины огромных потерь энергии? Несовершенство технологии и техники передачи энергии на большие расстояния, что неизбежно при создании единой энергетической системы, и главное — нехватка силовых конденсаторов, компенсирующих индуктивные потери в электросетях. Именно из-за этого снижается и качество электроэнергии, отчего мы ежегодно несем убытки в 2 миллиарда рублей. И все эти беды в энергетике характерны и для бассейна Волги. Так, по указанным причинам ныне строящиеся Чебоксарская или Нижнекамская ГЭС (вместе с построенной Камской ГЭС) будет работать только, на покрытие таких потерь энергии. А уж тем более весь верхневолжский каскад ГЭС, начиная от Горьковской и выше, давно работает на покрытие потерь энергии.

Нечто подобное можно сказать и в отношении атомной энергетики. Вот простая иллюстрация.

На освещение расходуется 12 процентов всей производимой в стране электроэнергии, это приблизительно столько, сколько ее производят атомные электростанции. Пусть удвоение экономического потенциала означает вместе с тем удвоение «светопотребления» (это; конечно, очень грубое допущение). Желаемая «освещенность» нашей грядущей жизни может быть достигнута в рамках обсуждаемой схемы двумя путями:

— развитие атомной энергетики;

— переходом к энергосберегающим технологиям в электроосвещении, например, заменой 2/3 электрических лампочек накаливания флюоресцентными лампами второго поколения со светоот-

дачей на единицу электрической мощности в 4 раза выше, чем у ламп накаливания.

Речь не идет об инопланетных достижениях: лампы такого рода составляют 30 процентов электроосветительных приборов в США.

Пусть добросовестный эксперт оценит необходимые капитальные вложения для этих двух вариантов, стоимость сэкономленного и дополнительно произведенного 1 кВт-ч, сроки окупаемости и, наконец, в первую очередь, сравнит социальную и экологическую привлекательность того и другого пути.

Для такого огромного города, как Горький, с его промышленными гигантами реально использование вторичных ресурсов. Например, ту теплую воду, которая сбрасывается промышленными предприятиями, можно использовать для теплоснабжения. На многих предприятиях есть такие технологические процессы, проходящие с выделением тепла (химическое производство, например), выработкой пара и т. д., которые можно забирать для обогрева. Перечислять можно еще и еще, но главное здесь — это необходимость улучшить технологические процессы так, чтобы меньше «кушать» тепло, сохранять его и использовать во благо, чего пока у нас не делается. Справедливости ради следует заметить, что вторичные ресурсы — лишь дополнительный вариант обогрева, эти источники могут снабжать теплом лишь небольшие площади.

Потрясения энергетического кризиса привели к осознанию несколько неожиданной истины: экономический рост, и притом весьма значительный, возможен вообще без увеличения потребления первичных энергетических ресурсов. Так, в США абсолютное потребление первичных энергетических ресурсов, которое удвоилось за 17 лет, предшествовавших энергетическому кризису 1973 года, за последующее десятилетие не только не возросло, но даже сократилось на несколько процентов по сравнению с 1973 годом.

За то же время валовой общественный продукт США вырос на 25 процентов, и в результате расход первичных энергоресурсов в расчете на фиксированный доллар валового национального продукта уменьшился приблизительно на одну треть. Сходные или даже более значительные сдвиги, сопряженные со структурной перестройкой производственного механизма, произошли в экономике стран ЕЭС и Японии.

Было бы опрометчиво считать, что явление и тенденции, порожденные энергетическим кризисом тех лет, скоропреходящи и не несут глобального характера, отражая лишь противоречия в системе международного капиталистического разделения труда. В современном мире ни одна страна и никакая группа стран не могут оставаться изолированным экономическим островом. Было

бы странно пытаться осуществлять некую долгосрочную энергетическую политику без соответствующей системы гибкого реагирования.

Необходима разработка долгосрочной энергетической политики. Исследования такого рода возможны только с учетом всего комплекса мировых хозяйственных связей: колебания, циклы и пределы роста не могут рассматриваться изолированно для разных отсеков нашего космического корабля. Эта проблема может решаться только международными усилиями и на основе международных соглашений. Необходимость интернационализма энергетического хозяйства выступает здесь особенно отчетливо.

Рост энергопотребления в менее развитых странах совместим в перспективе только с ограничением энергопотребления в странах, достигших высокого уровня развития. Самоограничительная энергетическая политика развитых стран необходима и возможна на основе новых, более эффективных энерготехнологий, а это подвергает серьезным испытаниям сложившиеся стереотипы, традиционные правовые, идеологические и психологические установки. Они объективно ведут к преодолению национально ограниченности, • суверенного характера энергопроизводства, интернационализации мировой энергетики.

Решение глобальных международных проблем, естественно, должно быть осуществлено международными усилиями. Одной из инициатив такого рода является предложение о создании международного Московского энергетического клуба. Эта новая неправительственная ассоциация должна объединить крупных ученых-энергетиков, бизнесменов и общественных деятелей для выработки энергетической стратегии мира, разработки рекомендаций, которые могли бы облегчить правительствам проведение разумной и эффективной энергетической политики. Московский энергетический клуб должен заимствовать лучшее из имеющегося опыта и сделать шаг вперед.

Альтернатива' безудержному наращиванию энергетических бицепсов, ведущему к опасности глобальных изменений, способных нанести трудно предсказуемый ущерб и подорвать надежды многих стран и народов на социальный и культурный прогресс, существует. Она состоит в повышении энергоэффективности: лучше меньше да лучше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А., Елесин В. Лед и пламень. — Наука и жизнь, 1987, № 11.
2. Алферов Ж. И. Талантливых, грамотных, преданных делу людей у нас немало. — Наука и жизнь, 1987, № 11.
- 3. Архипченко И. Не отходы, а сырье.— Наука и жизнь. 1988. № 5.

4. Бастраков Г. Энергией ветра. — Брянский рабочий, 1988, 5 ноября,
5. Башня у моря. — Наука и жизнь, 1987, № 3.
6. Бионер. — Наука и жизнь, 1987, № 2.
7. В ладах с природой. — Правда, 1989, 30 января.
8. Воздвиженский М. Из отходов — сырье, энергия, прибыль. — Наука и жизнь, 1989, № 1.
9. Возрождение малых ГЭС. — Ленинская смена, 1987, 24 декабря.
10. Вулкан снабжает энергией. — Наука и жизнь, 1987, № 1Е.
11. Газ со свалки, — Наука и жизнь, 1986, № 4.
12. Гелиостат для Крыма. — Наука и жизнь, 1985, № 11.
13. Гигант ветроэнергетики. — Наука и жизнь, 1987, № 8.
14. Гринько Ю. Киловатт и экология. — Известия, 1988, 11 ноября.
15. Домбковский Н. Закрутился электрический цветок. — Советская Россия, 1988, 15 ноября.
16. Заиков Г. Химия и снабжение человечества энергией. — Наука и жизнь, 1986, № 3.
17. Искусственное месторождение горючего газа. — Наука и жизнь, 1987, № 8.
18. Касумова Т. Солнце дарит энергию. — Труд, 1989, 5 марта.
19. Королев Е. Дефицит энергии. Как от него избавиться? — Горьковская правда, 1989, 23 февраля.
20. Ляхтер В. Альтернативы в энергетике. — Коммунист, 1988, № 14.
21. Михайлов Л., Фельдман Б. Большие возможности малых ГЭС. — Наука и жизнь, 1986, № 8.
22. Надежды на ветер. — Наука и жизнь, 1989, № 2.
23. Новая служба старых мельниц. — Наука и жизнь, 1986, № 11.
24. Новые и возобновимые источники энергии — Импакт. 1988, № 1.
25. Откуда придет тепло? — Ленинская смена, 1989, 28 февраля.
26. Палушкин Я., Горелов Е., Алания В. Моторное топливо из древесины. — Наука и ЖИЗНЬ, 1988, № 4.
27. Петров Н. «Карманная» ГЭС. — Наука и жизнь, 1986, № 3.
28. Реймерс И. Энергетика на перепутье. — Социалистическая индустрия, 1989, 8 января.
29. Решит ли мир энергетическую проблему? — Известия, 1989, 17 января.
30. Садовый ветродвигатель. — Наука и жизнь, 1988, № 6.
31. Седов А. Электростанция... и огороде. — Горьковская правда, 1988, 2 октября.
32. Семенов А. Солнечный дом. — Наука и жизнь, 1985, № 12.
33. Солнечная и тепловая. — Наука и жизнь, 1987, № 6.
34. Солнечное село. — Наука и жизнь, 1987, № 11.
- Шипунов Ф. Я. Оглянись на дом свой. — М.: Современник, 1988.
36. Экологические проблемы энергетике (Кошелев А. А., Ташкинова Г. В., Чебаненко Б. Б. и др.) — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989.
37. Электростанция во льдах. — Наука и жизнь, 1988, № 6.
38. Энергия и удобрение из отходов. — Наука и жизнь, 1988, № 6.

СОДЕРЖАНИЕ

I	Проблемы энергообеспечения	3
TE	Альтернативные пути электроснабжения.	4
III.	Экологически чистые источники энергии, наиболее применимые в Горьковской области	11
	Малая гидроэнергетика	12
	Энергией ветра	21
	Биогаз	32
IV.	Другие экологически чистые источники энергии.	39
	Солнечная энергия	39
	Тепловая энергия Солнца	40
	Фотохимические реакции	52
	Геотермальная энергия	56
	Энергия приливов	61
	Тепловая энергия океана	6
	Градиент солёности	69
V.	Комплексное использование и экономия энергии	72
	Литература	75