

Г. ГЮНТЕР

ЭНЕРГЕТИКА БУДУЩЕГО

Г.Гюнтер

ЭНЕРГЕТИКА БУДУЩЕГО

Москва · 2021

В мире, где информация приобрела статус одной из главных ценностей, правильная, подходящая, редкая книга — замечательный подарок.

Мы решили запустить проект «Библиотека энергетика», который будет включать в себя книги, рассказывающие о важных исторических событиях и явлениях в отрасли; посвященные выдающимся ученым или написанные личностями, делавшими эту самую историю в свое время.

Переиздание книг — это дань уважения исследователям, желание сохранить первоначальные мысли авторов так, как видели и понимали только они.

Для читателя это возможность открыть для себя новое и по-другому взглянуть на уже известное.

Редкие, но удивительно интересные издания должны, по нашему мнению, быть прочитанными.



ОТ РЕДАКЦИИ

В этом третьем издании русского перевода книги Гюнтера «Энергетика будущего» редакция сочла необходимым дать две дополнительные главы. В главе 11 даются сведения о мировых запасах энергии, включая СССР. В главе 12 затрагивается вопрос использования энергии ветра в СССР. Книга дополнена рядом примечаний и сверена с немецким оригиналом.¹

¹ Произведение печатается по оригинальному тексту 1936 года

ПРЕДИСЛОВИЕ

К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

Нетрудно установить некоторые пробелы в работе Гюнтера. Он не исчерпал своей увлекательной темы. Не уделено должного внимания проблемам фото-химии, не сделано надлежащего упора на грядущую смычку между радиофикацией и электрификацией, вообще далеко не исчерпан богатейший материал последних мировых энергетических конференций.

Гюнтер порой недостаточно обосновывает — с точки зрения инженера-практика и зрелого экономиста — трактуемые им методы грядущей электроэнергии. Смело раздвигая пределы нынешнего капиталистического строительства, рисуя грандиозные перспективы грядущих работ, он не в силах обосновать их с социальной стороны той диалектикой исторического хода вещей, разумение которой дается лишь марксистско-ленинской выучкой.

И, тем не менее, работа Гюнтера настолько талантлива, что несомненно заслуживает перевода. Она рассчитана на весьма широкий круг читателей, и спрос со стороны такового не замедлит себя засвидетельствовать в любой библиотеке, где будет налицо эта книга. Причина ясна: литературный талант автора несомненен, а тема, которой посвящена его работа, — великая тема.

Мы живем в годы великой борьбы и грандиозного обострения противоречий во всем механизме капиталистического строя. Гниет и разлагается этот строй, и тяжкий молот современного капиталистического кризиса наносит ему смертельные удары. Без преувеличения можно сказать, что для этого строя наступили такие времена, когда для его адептов «разум становится проклятием, благодеяние — мукой».

А что же ожидает мир там, по ту сторону грядущего, со все возрастающим ускорением социального переворота?

На это дается решающий и точный ответ послеоктябрьской полосой «великих работ и развернутого социалистического наступления» в нашей стране, в Стране советов. Но эффект любого исторического действия прямо пропорционален массе вовлеченных в его сферу человеческих существований. Мы начали — человечество закончит. Плацдарм и ресурсы наших работ в своем непосредственном выявлении определяются лишь одной шестой земной суши, находящейся в нашем распоряжении, и численностью населения, составляющей менее десятой доли численности всего человечества. Кроме того, мы вступили в социалистическую стройку с тяжким грузом нашего незавидного исторического прошлого на плечах, в качестве индустриально отсталой страны с преобладающей массой неграмотного населения. Не следует забывать также, что вся обстановка наших работ протекает в условиях враждебного капиталистического окружения. Легко себе представить, в каком гораздо более выгодном положении окажется коллектив всего человечества, когда оно по всему лицу мира порвет капиталистические цепи. Гюнтер показывает нам, каков может быть масштаб работ уже на первых порах освобожденного от капитализма мира. Он показывает, на что способна современная техника в переустройстве основной базы всякого современного хозяйства, его электроэнергетической базы. Он свидетельствует, не отдавая себе в этом ясного отчета, как глубоко основные противоречия современных капиталистических порядков, которые в последнем счете заставляют проклинать на наших глазах самый прогресс техники устами матерых защитников этих порядков. Тема, которую трактует Гюнтер, — поистине великая тема.

Не беда, что исчерпать эту тему не по плечу любому автору-одиночке. Над частностями работы Гюнтера, не всегда положительными, доминирует нечто общее, безусловно положительное. Это общее — глубокая и достаточно научно обоснованная весть о грядущей великой и прочной победе человека над всеми стихиями мира. И рассказана эта весть живым и увлекательным словом. Побольше бы таких работ.

Г. КРЖИЖАНОВСКИЙ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

МИР БЕЗ УГЛЯ

В 1913 г. состоялся большой Международный геологический конгресс. Из многочисленных докладов, сделанных на этом конгрессе, один из важнейших был посвящен мировым запасам угля. Обычно цифры воспринимаются как сухой и скучный материал. Этот доклад снова подтвердил, что цифры могут волновать людей, так как за этой сухой статистикой запасов и добычи угля вырос внезапно угрожающий призрак настоящего угольного голода. Вначале цифры звучали вполне утешительно. Известных нам запасов каменного угля при разработке до глубины 1800 м и при сохранении настоящих размеров потребления должно было бы хватить, как предполагалось, на 6000 лет. Однако, к сожалению, оказывается, что мы не в состоянии использовать всех запасов угля, так как большая часть угольных пластов так тонка, что при современной технике разработка этих пластов невозможна или во всяком случае невыгодна. Кроме того, при добыче угля из годных для разработки пластов значительная часть теряется в виде угольной пыли. Наконец, в разрабатываемых пластах остается неиспользованным большое количество угля, так как во многих шахтах для крепления кровли приходится оставлять угольные столбы. Если принять во внимание все эти обстоятельства и учесть тот факт, что потребление угля растет с каждым годом, то не может быть речи о том, чтобы запасов угля хватило на 6000 лет. Поэтому докладчик заключает, что в наиболее благоприятном случае мировых запасов угля, пригодных для разработки, хватит не больше чем на 1500 лет.

Но эта цифра — средняя, ибо запасы в различных местах различны. Это обстоятельство играет большую, даже решающую роль.

Наибольшие запасы находятся в США, там их хватит на 2000 лет. Надо предполагать, что через 200 лет Англия не будет иметь угля, а немецких залежей при благоприятных условиях хватит лет на 400. Кроме того, всюду остается один и тот же не поддающийся вычислению фактор: никто не знает, как развернется постепенное увеличение потребления угля.

В промышленности мира уголь играет важную роль как горючее и как сырье в бесчисленном множестве случаев. Его роль настолько велика и разнообразна, что немыслимо себе представить мир без угля.

Попробуем все же представить себе, что означает «мир без угля». Прежде всего не будет отопления и возможности варить пищу. Потом — отсутствие газа, так как газ получают из угля. Точно так же нельзя будет топить дровами, потому что при отсутствии угля наши печи через пару лет сожрали бы все лесные богатства мира. Само собой разумеется, что должно будет прекратиться железнодорожное и пароходное сообщение. Прекратится также автомобильное и воздушное сообщение, так как источники нефти в земле к тому времени будут уже истощены, а искусственно создаваемое горючее также производится из угля. Дальше, отсутствие газа будет означать для большинства людей отсутствие искусственного освещения, так как не будет газа и керосина, а выработка электроэнергии в большинстве случаев производится за счет угля; поэтому нам пришлось бы вернуться к лучине и лампадке. Но это все было бы лишь только началом. Дальше, остановились бы все производства, потребляющие уголь как топливо или как сырье. Например, крупная химическая промышленность основывается в значительной степени на угле и продуктах коксования. Но самое важное — это то, что металлургическая обработка железных руд невозможна без угля, равным образом невозможна и дальнейшая переработка — выплавка стали и железа. При отсутствии железа должно прекратиться всякое производство машин и орудий. Эти производства должны будут остановиться также и вследствие отсутствия тепла и энергии, получаемых опять-таки из угля. Без машин же и орудий невозможно

будет рациональное сельское хозяйство, с прекращением которого не хватит пропитания для большинства людей.

Отсутствие угля по мнению одних должно, следовательно, привести к уничтожению цивилизации. А так как ни один народ не согласится добровольно на такое обнищание, то первым последствием наступающего угольного голода будет война стран, бедных углем, против стран, богатых углем, и совместная война тех и других против стран, обладающих водными источниками энергии и поэтому, в противовес обладателям угля, не потребляющих свой капитал. Часто высказывались и противоположные суждения лиц, сомневающихся в правильности этой статистики, потому что мы все время находим новые залежи угля и, кроме того, в Африке и Азии имеются громадные неразведанные пространства. Эти соображения имеют свои основания. Однако они не опровергают того факта, что земля располагает только ограниченным запасом каменного угля и так как этот запас беспрестанно расходуется, то все равно, рано или поздно, он должен быть исчерпан. В качестве довода приводилась также возможность новых образований угля. Но этот довод не следует принимать во внимание, так как миллионы лет, нужные для образования угля, стоят в этом процессе против столетий его потребления. И переходные состояния от растения к углю, которыми мы обладаем в залежах торфа и бурого угля, по теплотворной способности, и в особенности по имеющимся запасам, не могут идти в сравнение с окончательным продуктом — углем — и не в состоянии обеспечить развития человечества, несмотря на то, что для отдельных народов или стран эти залежи имеют большое значение (равным образом сравнительно ограничены запасы природного газа).

С точки зрения рациональной экономии тоже нельзя разрешить угольную проблему. С одной стороны, правильно утверждение, что уголь в настоящее время расходуется чрезвычайно неэкономно, главным образом потому, что его в громадном количестве употребляют в домашнем обиходе. Но предположим, что мы будем весь уголь сначала коксовать и всюду сжигать только кокс, от этого запасов угля хватило бы на более долгий срок, но не стало бы больше.

Эти рассуждения, естественно, показывают, что существует только один выход. В настоящее время мы используем уголь для двух целей — для получения энергии и как сырье, и поэтому наши угольные запасы уподобляются свече, которую жгут с двух сторон. А если потреблять уголь только как сырье, то мировых запасов угля хватит на множество тысячелетий. Следовательно, необходимо перестать употреблять уголь для добыwania энергии и заменить его возможно скорей другим источником энергии.

Если внимательно рассматриваешь эту проблему — замену угля, то прежде всего наталкиваешься на водную энергию, которая и сейчас в странах, бедных углем (например, Швейцария и Скандинавия), давно уже вытеснила уголь на многих электрических станциях. Общая мощность всех водяных источников на земле оценивается в 330 млн. *квт*¹. Сопоставляя это с углем, общая добыча которого составляет 1 млрд. *т*², что соответствует в обычных условиях использованию мощности в 180 млн. *квт*, мы увидим, что черный уголь может быть вполне заменен «белым». Этот простой расчет, однако, не оправдывает себя при более тщательном рассмотрении. Прежде всего мы видим, что большая часть гидравлической мощности уже сейчас используется рядом с мощностью, которую дает уголь. Эта часть естественно отпадает для замены угля. Еще более важно то, что самые мощные источники водной энергии находятся в мало исследованных местностях, далеко от центров цивилизации и промышленности. Из общей мощности водной энергии около 138 млн. *квт* приходится на Центральную Африку, где она совершенно не используется. Следующие 40 млн. *квт* находятся в почти недоступных местах Южной Америки. И еще около 52 млн. *квт* приходится на Азию³. Задача впрямь эти 230 млн. *квт* в колесницу человеческого прогресса — задача не столько техническая, сколько экономиче-

¹ Эта цифра преуменьшена. См. дополнительную главу о мировых запасах энергии.

² Цифра преуменьшенная. См. там же.

³ Автор не упоминает запасов водной энергии СССР, мощность которой оценивается более, чем в 200 млн. *квт*. Ред.

ская. Следующая задача — направить полученный электрический ток туда, где он требуется при современном распределении энергии и промышленных предприятий — это задача чисто технического порядка, так как известные в настоящее время технические средства недостаточны для передачи энергии на тысячи километров. Однако задача эта в ближайшее время будет разрешена. Для этого нужно будет только одно условие: мы должны овладеть напряжениями порядка 1000 *кв* не только в трансформаторах и коммутационных приборах (переключателях), но также и в воздушных линиях передачи. Для этого существуют все предпосылки, потому что линии в 380 *кв* уже работают. Весьма возможно, что через несколько десятков лет мы сможем применять беспроводную передачу энергии, которая сделает ненужными всякие линии передачи. То, что мы на сегодняшний день наблюдаем в радиотехнике и радиовещании, является первыми робкими шагами на этом пути.

Таким образом, мы можем спокойно предположить, что наступит день, когда нам удастся использовать все 330 млн. *квт* водной энергии. Будет ли этим окончательно предотвращен энергетический голод? К сожалению, ответ все еще будет отрицательным, так как 180 млн. *квт*, получаемых в результате сжигания угля и о замесе которых мы говорили выше, удовлетворяют только сегодняшние потребности человечества. Опыт показывает, что мировое потребление энергии удваивается за каждые 20 лет, так что в 1950 г. будет установлено 375 млн. *квт* в различных местах, а в 1970 г. потребляемая мощность возрастет по этому несколько произвольному подсчету уже до 750 млн. *квт*. Кроме того, нужно еще учесть, что имеющиеся на земле 32 млн. автомобилей, при средней мощности в 4,5 *квт* каждый, потребляют еще около 150 млн. *квт*.

Куда ни посмотрим, мы видим, что все растущее потребление энергии в конце концов не может быть длительно покрыто существующими запасами. Вся водная энергия даже при полном ее использовании далеко недостаточна. Таким образом, надежда при будущих затруднениях получить помощь с этой стороны окажется тщетной.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ПЛАНЫ ОТНОСИТЕЛЬНО СРЕДИЗЕМНОГО МОРЯ

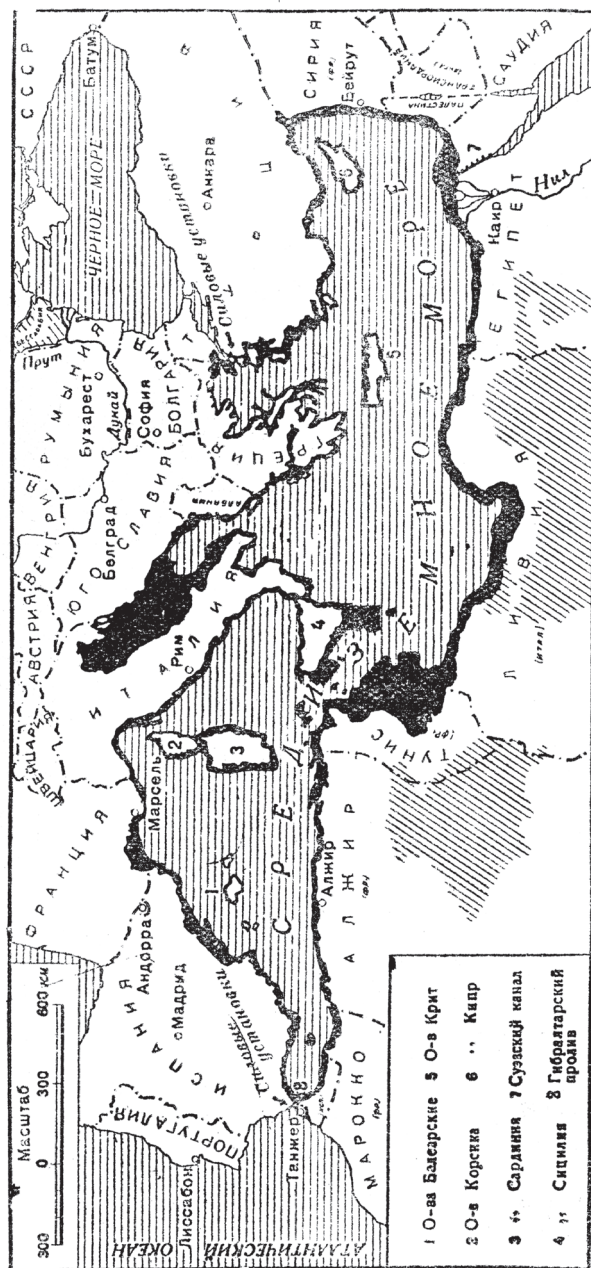
Несмотря на указанные затруднения, разрешение вопроса зависит в конце концов от водной энергии, так как имеется много сотен миллионов киловатт, еще не учтенных статистикой. Например, через Гибралтарский пролив из Атлантического океана в Средиземное море каждую секунду протекает 88 тыс. m^3 воды. Поэтому, если уровень Средиземного моря понизить на 200 м, то можно в Гибралтарском проливе вполне свободно получить 120 млн. *квт*, что составляет $\frac{1}{3}$ всех мировых источников водной энергии. Первый, кто указал на эту возможность, был Герман Зергель, чей проект пан-Европы¹ в свое время много обсуждался.

Зергель подошел к этой проблеме не с технической, а с политико-экономической стороны. Проект пан-Европы должен был поднять экономически и объединить раздираемые противоречиями страны Запада в большой общей творческой и мирной работе, в которой приняли бы участие все народы Европы. Целью этой работы является использование дремлющей в Средиземном море водной энергии и получение новой земли на берегу Средиземного моря и Северной Африки. Зергель хотел таким образом тесно связать с Европой Африку как источник сырья и рынок сбыта и создать из обеих частей света новую часть света — «пан-Европу». Эта новая часть света должна быть клином между сильными капиталами пан-Америкой и богатой населением пан-Азией. Прежде всего нас интересует техническое

¹ *Объединенной Европы. ПЕРЕВ.*

основание этого проекта, т. е. способ его осуществления. Зергель считал исходным фактом своего рассуждения то обстоятельство, что 50 000 лет назад уровень Средиземного моря был примерно на 1 000 м ниже, чем в настоящее время. Приблизительно половина пространства, занимаемого сейчас Средиземным морем, в то время была, как говорит Зергель, сушей, плодородной и населенной, быть может колыбелью среднеевропейской ранней культуры. Таким образом Африка и Азия составляли в то время один неразрывный материк. Потом наступил ледниковый период, который сменился страшной делювиальной катастрофой, наводнением, превратившим миллионы квадратных километров суши в морское дно. Эта катастрофа придала Средиземному морю современную величину и форму.

Зергель хотел провести в обратном направлении дело прежних тысячелетий при помощи грандиозных средств, которыми располагает современная техника. Основой этой работы должен явиться тот факт, что Средиземное море теряет ежегодно $4\,140\text{ км}^3$ воды благодаря тому, что сильные солнечные лучи, создавая испарение воды на площади в 2,5 млн. км^2 , ежегодно понижают уровень Средиземного моря на 1,65 м. Средиземное море таким образом является испаряющимся морем. Его уровень самостоятельно понижался бы ежегодно на 1,65 м, если бы не было постоянного притока воды, компенсирующего это испарение. Из этого притока воды наибольшая часть приходится на долю Гибралтарского пролива, вода которого не остается на месте, как вода многих проливов, а приносит ежегодно из Атлантического океана в Средиземное море 2760 км^3 воды. То же самое можно сказать и про Дарданеллы, с той лишь разницей, что приток воды из Черного моря в Средиземное равен 150 км^3 в год. Следующие 230 км^3 доставляют реки, втекающие в бассейн Средиземного моря, главным образом, Рона, По и Нил. Остаток в 1000 км^3 доставляют осадки. Из этого перечня, естественно, вытекает проект Зергеля. Гибралтарский пролив перегораживается плотиной, тянущейся от Тарифа до Танжера (фиг. 1). Этим самым приток воды из Атлантического океана прекращается. Таким же образом посредством плотины



Фиг. 1. Карта к проекту пан-Европы.

Черной краской отмечены пустынные области, которые станут обитаемы благодаря орошению. Черной краской отмечены пустынные области, которые станут обитаемы благодаря орошению.

будет заперт у Чанака Дарданельский пролив. Вследствие этого уровень Средиземного моря будет ежегодно понижаться на 1,5 м, так как испарение не будет компенсироваться притоком воды через пролив. Для того чтобы ускорить понижение, Зергель хотел, кроме того, при помощи насосов и оросительных каналов соединить со Средиземным морем низменные области Сахары и таким образом частично затопить их (у залива Габес, на большом Сырте и в низменности Кваттары). Этот старый проект создания моря в Сахаре должен превратить в плодородную землю бесплодную пустыню площадью в 6 раз больше площади Франции. К этому следует прибавить возникновение суши в бассейне Средиземного моря, так как Зергель хотел продолжить понижение его уровня до тех пор, пока это понижение не достигнет 200 м по сравнению с теперешним уровнем. Благодаря этому Адриатическое море совершенно исчезнет, Сицилия соединится с Италией, Сардиния — с Корсикой, и на протяжении всего побережья выступят из воды области в несколько километров шириной. Таким образом мы получим 660 000 км² новой земли, что соответствует площади Австрии, Венгрии, Германии, вместе взятых, пригодной для поселения, с богатой плодородной почвой, в то время, как теперешние берега большей частью скалистые и неплодородны.

Все это только одна сторона такого геологического восстановления. Тесно связан с этим преобразованием проект получения энергии, еще более грандиозный с технической точки зрения. По обе стороны плотины, запирающей Гибралтарский пролив, должны быть прорыты обходные каналы (фиг. 2). Через эти каналы 88 000 м³ воды, которые в настоящее время каждую секунду протекают из Атлантического океана в Средиземное море, подводятся к громадным гидро-силовым станциям для того, чтобы использовать большую разность уровней по обе стороны плотины для выработки электрической энергии.

Таким образом Средиземное море снова получит приток воды для компенсации испарения, как только наступит желаемое понижение уровня Средиземного моря. Поэтому при высоте напора в 200 м, по расчетам Зергеля, мы получим 120 млн. *квт*, т. е. в 1000 раз больше



Фиг. 2. Схема Гибралтарского пролива с проектируемой Зергелем плотинной в 29 км и двумя гигантскими гидро-электростанциями мощностью 120 млн. квт.

мощности гидростанции на Вальхен-Зее (и в 27 раз больше, чем проектируемая гидростанция на Ангаре. Ред). Конечно, для пуска в ход этих гидростанций не пришлось бы ждать окончательного понижения уровня, так как это должно продлиться несколько десятилетий. Часть силовых станций может быть пущена в ход после того, как существующий уровень моря понизится на 30 м для того, чтобы иметь возможность приводить в движение насосы и машины для орошения Сахары. С понижением уровня Средиземного моря выработка энергии должна все время увеличиваться.

Получаемая таким образом энергия вместе с мощностью в 5,5 млн. *квт*, которую можно аналогичным способом получить в Дарданеллах, не только обеспечит энергоснабжение вновь создаваемой суши, но, кроме того, значительная часть мощности может быть использована для других целей.

Как видим, такая идея могла бы вдохновить даже Жюль Верна. Как же обстоит дело с выполнением этого проекта? Зергель не хочет ставить плотину на Гибралтарском проливе в самом узком месте, где глубина достигает 500 м, а хочет сделать дугу между бухтой Танжера и рифами Табесо (Tabesos) со множеством мелких мест, самая большая глубина которой достигает 320 м. Плотина должна получиться в 29 км длиной, что дает при ширине основания в 550 м и ширине вершины 50 м около 3 млрд. м^3 земли, которую Зергель хочет получить при рытье боковых каналов. Конечно, обыкновенная земляная плотина здесь не годится. Ее можно применять только при одинаковом уровне воды. Здесь плотина должна быть водонепроницаемой и выдерживать большое давление, так как она должна сдерживать напор океана, уровень которого будет в конце концов выше уровня Средиземного моря на 200 м. Поэтому земля может служить только наполнителем такой плотины. Внешняя сторона так же, как и во всех других плотинах, должна состоять из литого бетона. Для этого требуется, однако, подводная работа и, следовательно, подводные кессоны и водолазные шахты; однако сомнительно, сможет ли техника сегодняшнего дня разрешить такую задачу. Конечно, через несколько десятилетий техника с этим делом справится.

Самым опасным будет место соединения двух половин плотины, которые будут строиться с обеих сторон. Закрыть последнее отверстие будет делом чрезвычайно трудным, так как здесь придется преодолеть всю мощь колоссального потока, который в настоящее время направляется из Атлантического океана в Средиземное море. Но все же это является только технической проблемой, которая тем или иным способом все же может быть разрешена, так как в меньшем масштабе такие задачи в настоящее время уже разрешены. Иначе обстоит дело с другими затруднениями, которые поэтому оказываются гораздо значительнее. На Средиземном море имеется множество гаваней, некоторые из них — мирового значения (Марсель, Генуя). При понижении уровня все они станут непригодными, потому что новые земли шириной в несколько километров отдалят их от морского берега. И как будет вести себя земля, когда исчезнет груз воды, действующий в настоящее время в береговой полосе? Подпочва Средиземного моря ведь далеко неустойчива, об этом свидетельствуют хотя бы вулканы Италии, действующие в течение тысячелетий. По сравнению с перечисленными проблемами чисто технические затруднения отступают на задний план. Все детали, связанные с исполнением проекта: судоходные шлюзы по обе стороны плотины, шлюзовой канал в 73 км у входа в Суэзский канал, основные электрические станции в устьях рек Роны и Нила, машинные агрегаты невиданной до сих пор мощности, линии электропередачи в несколько тысяч километров длины, устранение слоя солей на поверхности осушаемой почвы, освоение для земледелия девственной почвы и т. д., — все это техника сможет выполнить в течение десятилетий, и даже расходы, оцениваемые приблизительно в 8 млрд. долларов, можно будет постепенно оплатить ввиду несомненной выгоды предприятия. Остаются в качестве неизвестных факторов природа и люди. По мнению Зергеля, последняя цель проекта пан-Европы — это объединение Европы с Африкой в могучую часть света, лежащую между пан-Америкой и пан-Азией. Осуществление моста между Африкой и Европой путем частичного осушения Средиземного моря и орошения Сахары означает не что иное,

как уничтожение существующего соотношения сил в Средиземном море и замену его высшей организацией, в которой должны принять участие все передовые народы Европы. Этот проект, имеющий громадное значение в области мировой экономики, связан с многочисленными преобразованиями существующих политических взаимоотношений. Пострадали бы интересы Англии, господствующее положение которой на Гибралтарском проливе было бы затронуто. Италия увеличилась бы в своих размерах вдвое. Все это зависело бы от одной плотины, разрушение которой в случае войны привело бы к затоплению области, большей по своей площади, чем Германия. Кто же оградит заинтересованные страны от таких возможностей? Кто охранит оросительные каналы и провода высокого напряжения, проходящие через множество государств и пересекающие дюжины границ? Поставить этот вопрос — это значит и ответить на него. Необходимой предпосылкой для проведения проекта пан-Европы является коренное изменение европейского взаимоотношения сил. Возможно, что через 100 лет проект будет выполнен как первая большая общая работа Соединенных Штатов Европы.

Совершенно из других соображений исходит французский проект получения энергии на Средиземном море, автором которого является Пьер Гандрильон. По своим размерам этот проект много уступает проекту пан-Европы, но зато с технической стороны он лучше обоснован, так как он выполним уже в настоящее время.

*Проект Зергеля понизить уровень Средиземного моря путем постройки плотины в Гибралтарском проливе выдвинут ярко империалистическими стремлениями и имеет в рамках капиталистического строя реакционный и утопический характер.

Основным мотивом для создания этого проекта у Зергеля является желание тесно связать с Европой Африку как источник сырья и рынок сбыта. Он продиктован стремлением использовать Африку как колонию европейских империалистических стран в борьбе против «сильной капиталами пан-Америки» и «богатой заселением пан-Азии». Не желание рационально использовать богатства и силы природы, а чисто империалистические стремления лежат в осно-

ве этого проекта, который по мнению Гюнтера может осуществить только пан-Европа. Для нас эти рассуждения Гюнтера интересны как новое доказательство правильности той характеристики, которую Ленин еще в 1915 году давал идее пан-Европы: «на современной экономической основе, т. е. при капитализме, Соединенные Штаты Европы означали бы организацию реакции для задержки более быстрого развития Америки» (Ленин, Соч., т. XVIII, стр. 230).

Вот этот империалистический характер проекта Зергеля (а другим он и не может быть в рамках империализма) и делает этот проект в этих рамках утопическим. Осуществление его в условиях империалистической действительности не ослабило, а усилило бы империалистические противоречия. Оно означало бы страшную угрозу для Америки и Азии, т. е. жестокое сопротивление государств Америки и Азии. Построить Гибралтарскую плотину при этих условиях, — значит вызвать невиданную войну между ее европейскими строителями и всем остальным миром, а война — это будет значить разрушение плотины при помощи воздушного флота. А кроме того, трудно даже представить разногласия и борьбу, которые возникнут между самими европейскими государствами при дележе тех выгод, которые может дать осуществление проекта Зергеля, тем более, что трудно представить как могут воспользоваться этими выгодами страны, расположенные далеко от Средиземного моря.

Все это заставляет прийти к выводу, что осуществление этого громадного и интересного проекта в настоящее время утопично, невозможно. Это осуществление будет по силам только для будущего социалистического общества. (Ред.)

Кроме того, проект Пьера Гандрильона имеет еще и то преимущество, что его осуществление можно повторять всюду, где имеются для этого естественные предпосылки. Физическое обоснование проекта очень просто и легко понятно. Представим себе два водоема: один — на уровне моря, другой — на горе. Соединив эти два водоема, можно получить падение воды, столь же неистощимое и настолько же хорошо применимое для получения энергии, как и естественный водопад. Такое падение воды можно получить только при соблюдении двух

условий: верхний водоем должен быть неистощимым, а вода, подводимая к нижнему водоему, должна отводиться оттуда с той же скоростью.

Кто подробнее обсудит возможность реализации такого «перпетуум-мобиле» (вечного двигателя), тот легко сообразит, что указанные предпосылки, на первый взгляд не осуществимые, могут быть осуществлены во многих местах. Даже больше того, эти предпосылки уже тысячи раз осуществлены, так как движение наших рек и водных потоков происходит, следуя такому же механизму. Верхним «неиссякаемым» водоемом является атмосфера, питающая своими осадками все источники. Нижним же водоемом является море, из которого подводимая вода непрерывно удаляется благодаря нагреванию солнечными лучами. Подобно естественному паровому котлу гигантских размеров, море каждый раз отдает обратно в атмосферу в виде испарения всю втекающую в него воду. Таким образом создание такого вечного движения сводится в конечном счете к тому, чтобы человек взялся переделывать мир и создал новые искусственные водопады там, где не хватает естественных водных сил.

Все это звучит фантастически, на самом же деле, вполне реально, если мы, как предполагает Гандрильон, повернем как раз в обратную сторону естественный процесс. Роль неистощимого водоема приходится на долю моря. Нет никакого сомнения, что оно на практике явится действительно неистощимым. В данном случае Гандрильон думает о Средиземном море, потому что его прибрежные местности в Северной Африке и Аравии имеют многочисленные углубления, которые могут быть использованы как нижележащие резервуары. Например, можно назвать Шот-Рарза (Schott-Rharsa) в Алжире (21 м ниже уровня моря) и Меб-Рир в Тунисе (31 м ниже уровня моря), а также местность между Аудила и Сиды в Триполи (30 м ниже уровня моря), но самое главное — это низменность Иорданской долины, ограниченная с севера Тиверийским озером (208 м ниже уровня моря) и с юга Мертвым морем, которое лежит на 394 м ниже уровня Средиземного моря. Здесь создается напор высотой почти в 400 м. Во всех этих местностях выполнение второго условия обес-

печено, так как эти области сильно нагреваются солнечными лучами, отличаются малым количеством осадков при высокой температуре¹, и поэтому в них обеспечено значительное испарение воды.

Задачу удаления подводимой воды, очевидно, выполняет само солнце; при этом необходимо регулировать приход воды в соответствии с ее испарением. Таким образом, в действительности, здесь никакого перпетуум-мобиле нет. Здесь также добытой энергии соответствует по закону превращения энергии равное количество подведенной энергии.

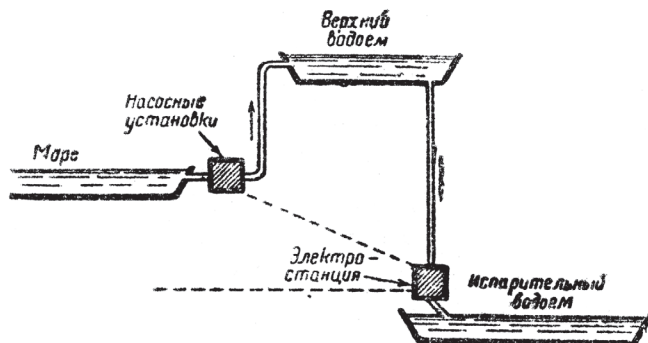
Но эта потребляемая энергия доставляется не нами и не какими-либо земными средствами, а солнцем. Тепловое излучение солнца, пока еще недоступное для непосредственного использования, может быть таким простым способом превращено в полезную энергию. В конечном счете в проекте Гандрильона мы имеем дело с установкой, использующей солнечную энергию. Это использование ведется, однако, не теми мизерными средствами, когда солнечная энергия концентрируется при помощи дорогих оптических приборов для нагревания одного небольшого парового котла. Напротив, Гандрильон использует тот же процесс, который происходит при естественном круговороте на земной поверхности, — испарение воды с поверхности естественных паровых котлов, которыми являются моря и озера.

Однако и здесь осуществление проекта связано с преодолением значительных трудностей. Все низменности, нужные для выполнения плана, отделены от Средиземного моря не только широкими прибрежными полосами, но также и возвышенностями. Таким образом прежде всего необходимо избрать не слишком дорогое и практическое средство для того, чтобы, несмотря на это препятствие, соединить оба резервуара. Для этого Гандрильон предлагает способ, поясненный на фиг. 3. Беглый взгляд на этот рисунок показывает, что идея Гандрильона возникла, несомненно, под влиянием больших насосных установок, все чаще применяемых за послед-

¹ В долине Иордана уже в начале мая температура поднимается свыше 40° С.

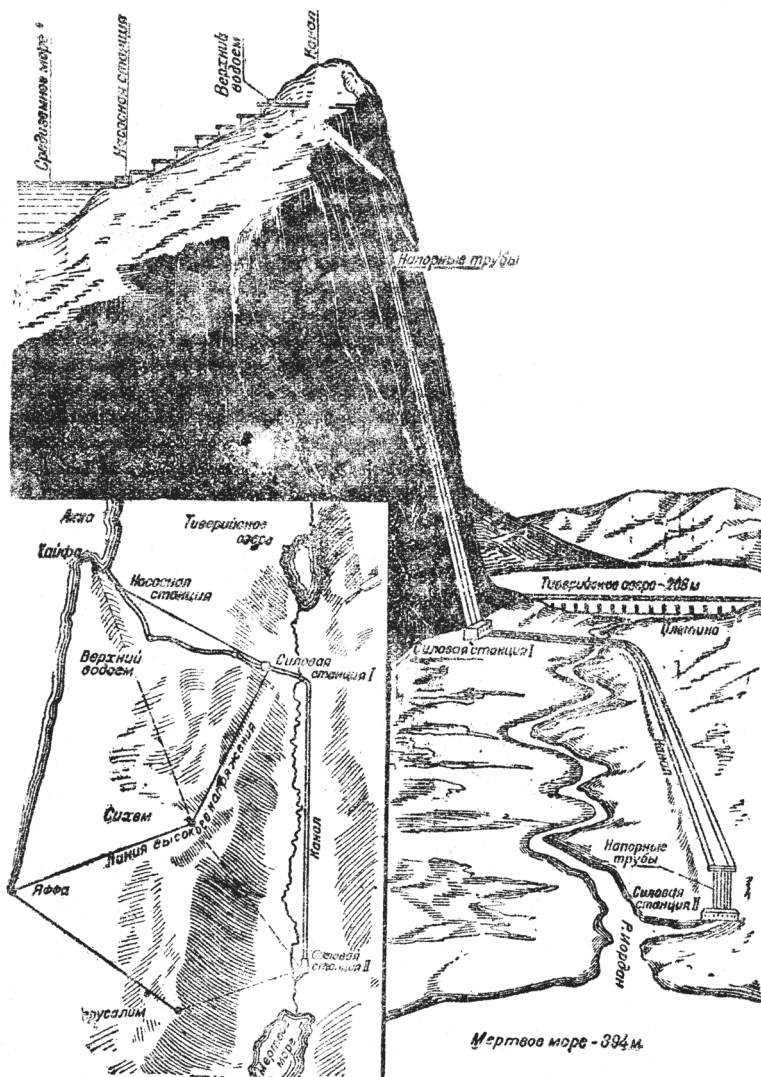
нее время в энергетическом хозяйстве для накопления свободной энергии гидроэлектрических и теплоэлектрических станций, когда эта энергия используется для накачивания воды в вышележащий водоем.

Между морем и испарительным водоемом включается в качестве третьего элемента системы водоем, помещенный на хребте возвышенности, отделяющей Средиземное море от углублений почвы. Колоссальные насосы накачивают воду из Средиземного моря и нагнетают ее по вертикальным трубам в промежуточные водоемы. Отсюда вода попадает по напорным трубам на турбины электрической станции, чтобы потом попасть в большой испарительный водоем. Если высота падения воды больше разности уровней, которую должны преодолевать насосы при поднятии воды, то для работы насосов затрачивается только часть вырабатываемой турбинами энергии. Остальная энергия может быть полезно использована.



Фиг. 3. Схема проекта получения энергии в Средиземном море в соединении с естественными углублениями почвы.

Эту идею Гандрильон хочет использовать в условиях долины р. Иордана, отделенной на уровне Тиверийского озера от Средиземного моря прибрежной полосой шириной около 50 км. На расстоянии 20 км от берега моря хребет разделяющей возвышенности имеет наименьшую высоту, приблизительно 80 м (фиг. 4). В этом месте следует установить искусственный пруд, в который мощные



Фиг. 4. Схема к проекту Гандрильона.
 Слева наверху — Средиземное море, вода которого накачивается мощными насосами в водоем, расположенный наверху. Отсюда вода попадает через каналы и водонапорные трубы в долину р. Иордана, образуя гигантский водопад, падение воды которого может быть использовано двумя электростанциями.

центробежные насосы должны накачивать морскую воду. Отсюда по длинному каналу, частично прорытому в туннеле под землей, вода отводится на другую сторону горы к водонапорной станции и затем по напорным трубам спускается к электрической станции при разности уровней почти в 300 м, попадая в гидроэлектрическую станцию на Тиверийском озере на высоте 208 м ниже уровня моря. Когда вода выполнит свою работу в турбинах, то она будет отводиться по открытому каналу на другом берегу р. Иордана до Мертвого моря, где может быть использована добавочная разность уровней в 180 м во второй гидроэлектрической станции. Выводящий канал этой станции должен вливаться в устье р. Иордана.

Чтобы увидеть, какие мощности можно получить в данном случае, мы должны изучить испаряющее действие солнечного тепла. Во французских солеварнях под действием солнечных лучей ежедневно испаряется слой воды толщиной в 16 мм, причем дело идет об очень мелких бассейнах, тогда как при большой глубине можно считать столб испарения, равным максимум 3–6 мм. Этому соответствует баланс испарения Мертвого моря, так как с его поверхности, равной 926 км², в среднем каждую секунду испаряется 100 м³ воды. Но это испарение незаметно, потому что оно как раз пополняется притоком воды из рек, в особенности из Иордана. Принимая за основание эти обстоятельства, мы видим, что приток воды из Средиземного моря в Мертвое повысит его уровень; расчет показывает, что приток воды в 30 м³/сек должен повысить уровень Мертвого моря в один год на 1 м. Этот расчет предполагает, однако, наличие бассейна с вертикальными стенками, тогда как Мертвое море с севера и юга ограничено громадными пустынными равнинами; поднимающаяся вода, конечно, разольется по этим равнинам. Благодаря этому площадь испарения значительно увеличится, и соответственно этому возрастет испарение, именно на каждые 100 км² добавочной поверхности воды – на 11 м³/сек.

Если таким образом оценить приток воды, то можно при сравнительно малых затратах средств получить 15 000 квт без того, чтобы существенно изменить имеющийся в настоящее время водный

баланс. Столь малая мощность, впрочем, имела бы только местное значение. Поэтому план Гандрильона простирается гораздо дальше. Он хочет запрудить воду р. Иордана в Тиверийском озере, а также отвести остальные притоки Мертвого моря, чтобы таким образом оросить пространства, которые в настоящее время из-за недостатка воды не могут быть использованы.

Это дало бы возможность поднять приток воды из Средиземного моря столь значительно, что силовые станции могли бы дать примерно 185 000 *квт*. Наконец, можно было бы спокойно несколько десятилетий допускать превышение притока воды над испарением. Тогда уровень Мертвого моря ежегодно несколько повышался бы, что никому бы не повредило; полезная же мощность увеличилась бы вдвое. Наконец, нужно еще принять во внимание то, что области, прилегающие к Средиземному морю, вовсе не являются единственными для претворения в жизнь такого плана. Есть, кроме этого, еще многочисленные области, например: Каспийское море (26 м ниже уровня моря), озеро Ассал у бухты Сомалиа (–174 м), Долина смерти (–84 м) и долина у Тоахуллы (Toahulla) с Сухим озером (–90 м) в Соединенных Штатах — все они удовлетворяют условиям, необходимым для такого получения энергии. Отсюда следует, что проект Гандрильона заслуживает большого внимания как вклад в будущее мировое энергохозяйство. Особенно, если связать этот проект по примеру проекта пан-Европы с естественной идеей создания мощных внутренних морей в жарких областях, в настоящее время необитаемых, для того чтобы там в корне изменить климат и превратить пустыни в плодородные земли.

Будущее энергохозяйство, несомненно, будет учитывать с экономической точки зрения возможность такой увязки.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

БУДУТ ЛИ СУЩЕСТВОВАТЬ СТАНЦИИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ЭНЕРГИЮ ПРИБОЯ?

Техника должна иметь наготове различные пути для решения поставленной задачи. В нашем случае техника учитывает, что, кроме угля и водной энергии, на нашей планете имеются различные источники энергии, так что самое лучшее — это твердо установить, где можно больше всего ее получить. Видимые запасы можно быстро обозреть; оставим в стороне уголь, нефть, реки и водопады; тогда останется для рассмотрения следующее: бесконечное количество тепла, излучаемое солнцем на землю; громадное количество жара, сохраняемое землей в своих недрах; потоки в воздушном океане, которые мы называем ветром; волны морей, которые ревушим прибоем разбиваются о берег; вечное поднятие и опускание уровня морей благодаря приливу и отливу, периодические изменения высоты моря, создаваемые притяжением луны.

Солнечные лучи, ветры и тепло земли займут наше внимание позднее. Сначала скажем несколько слов о морских волнах. Запас их энергии наиболее ярко выступает там, где они в виде ревущего прибоя разбиваются о скалистые берега с мощностью, достаточной для того, чтобы подхватить и разрушить большие суда. В волнах такого прибоя возникают совершенно невероятные силы. Англичанин Стеффенсон попробовал их измерить и нашел давление 15–35 *t* на 1 *m*² береговой полосы. Если продолжить это вычисление, то мы увидим, что западное побережье Франции, известное своим сильным при-

боем, при одном порыве ветра подвергается удару волны, энергия движения которой соответствует мощности 75 млн. *квт*.

Однако нет смысла удивляться таким числам, так как они дают только мгновенное значение и с ними нельзя считаться на длительные промежутки времени. Их возникновение слишком капризно и непостоянно. Там, где сегодня взбудораженные ударом шторма волны своей яростью разрушают плотины и запруды, смывают целые селения, там завтра, может быть, при тихой погоде наступит штиль.

И то же самое море, которое сегодня под напором своих волн заставляет дрожать скалистый берег, может уже на следующий день манить нас выкупаться.

Эта изменчивость и есть самое большое препятствие тому, чтобы использовать игру волн, так как важнейшее условие для использования энергии, — продолжительность и постоянство.

Тем не менее всегда повторялись попытки построить волновые двигатели. Большинство из них очень примитивно, так как они ограничиваются простейшей мыслью использовать поднимающиеся и опускающиеся поплавки. Это движение при помощи рычага передается шестерне и насосу, работа которых наполняет верхний водоем морской водой. Поднятая вода приводит в движение турбину. Так получается электрическая энергия. В других случаях хотя бы вместо поплавка использовать вертикально подвешенные буи, раскачиваемые, как маятники, ударами волн. Колебательное движение через простой рычажной механизм передается на воздушные компрессоры.

Таким способом хотят наполнить большие резервуары сжатым воздухом и с помощью этих запасов приводить в движение генераторы.

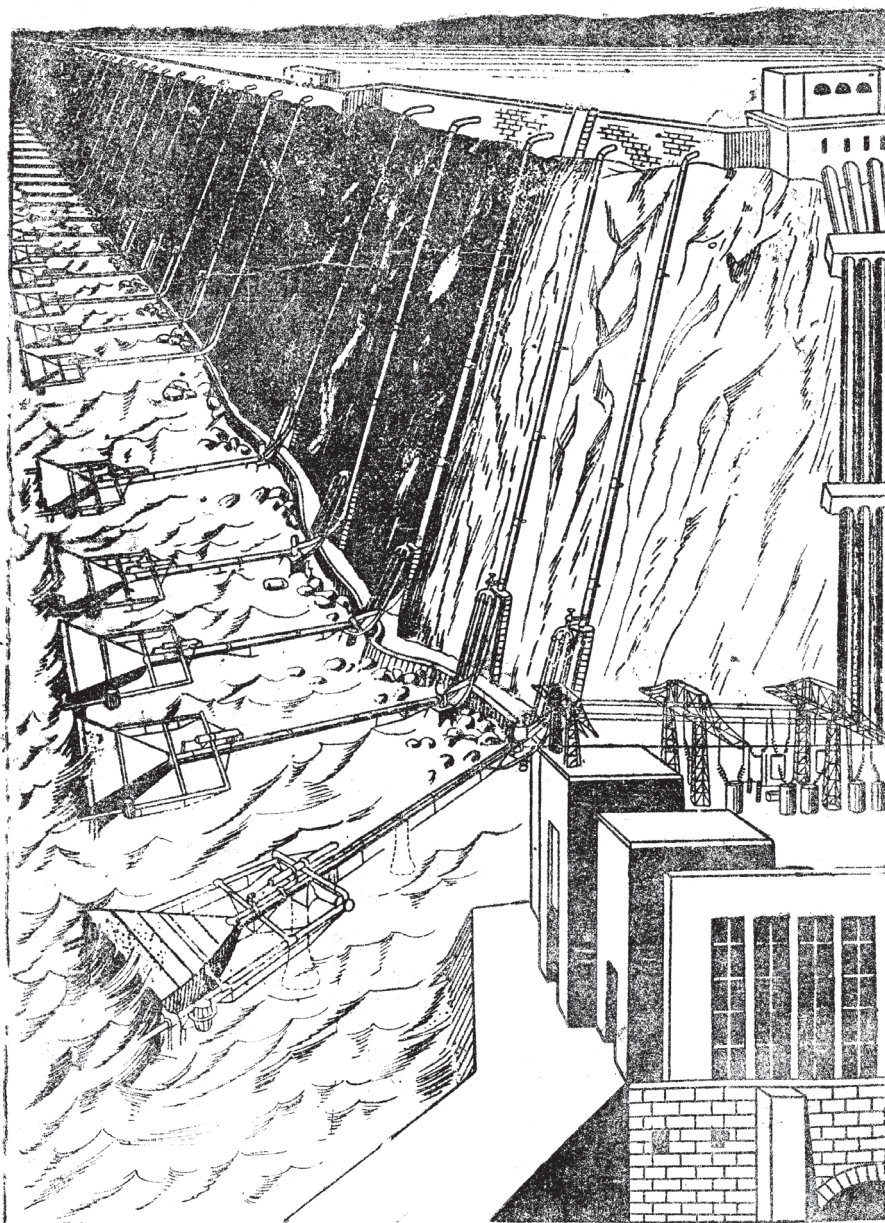
Все это на бумаге звучит довольно реально, но только до тех пор, пока не приступают к расчету. Каждое превращение энергии из одного вида в другой связано с поглощением некоторой доли энергии. Здесь же несколько превращений энергии следует одно за другим. Следствием явится очень незначительный коэффициент полезного действия (отдача). Если прибавить к этому непостоянство

источника энергии, то становится ясной без дальнейших рассуждений непригодность таких предложений. Авторы этих предложений говорят, правда, что энергия волн неистожима и неограниченна, и поэтому совершенно безразлично, если коэффициент полезного действия мал. Кроме того, такие установки нужно рассматривать в очень большом масштабе; в качестве поплавков можно использовать остовы старых кораблей, которые ставятся на якорь дюжинами друг около друга на местах сильного прибоя волн, чтобы их движение перенести посредством мощных коромыслообразных рычагов на приводной механизм. Действительно, такой механизм дал бы весьма приличную энергию. Однако, если строить столь обширные планы, то обнаруживается новый недостаток проекта, ибо здесь требуется установить такое соединение с сушей, которое одновременно было бы не слишком громоздким и все же могло бы выдержать возникающее усилие. Принимая во внимание невероятные силы, получающиеся от прибоя волн, согласно измерениям Стеффенсона, нужно считать осуществление такого проекта невыполнимым.

Но существует еще одна возможность получения энергии из морских волн. На ней основывается американский проект, изображенный на фиг. 5.

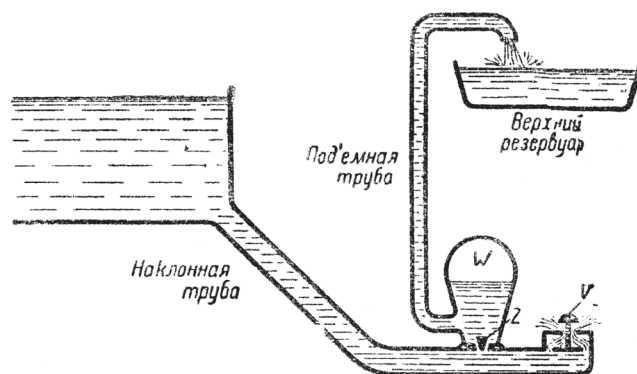
Это единственный до некоторой степени технически грамотный проект такого рода.

Чтобы уяснить себе этот проект, мы должны изложить некоторые добавочные соображения. Лучше всего начнем с общеизвестного явления. Резкий удар, который часто слышен, если очень быстро закрыть кран водопровода, происходит от того, что энергия внезапно остановленной струи воды может проявляться только в виде толчка о стенки трубы. Такой толчок может быть настолько сильным, что труба лопнет. Но если водопровод по близости от крана имеет трещину, то толчок проявится совершенно иначе: в момент закрытия крана в этом месте вода будет бить из трубы высокой струей. Непродолжительное размышление приводит к тому, что такое явление может быть использовано для поднятия воды. Это известно уже более 100 лет, так как в 1796 г. Иосиф Монгольфьер, один из двух братьев,



Фиг. 5. Американский проект волновой станции по принципу тарана.

которые заставили подняться первый воздушный шар, построил на этом основании самостоятельно работающую машину, так называемый ударный подъемник, или гидравлический таран. Фиг. 6 показывает схематически его устройство. Довольно широкая труба, питаемая из большого резервуара, в нижнем конце своем закрыта клапаном. Масса клапана V столь велика, что напор неподвижного водяного столба недостаточно велик, чтобы его приподнять. Итак, клапан остается открытым, и вода вытекает наружу. Через некоторое время быстро увеличивающееся течение воды будет настолько велико, что вода увлечет массу клапана вверх. Благодаря этому клапан закрывается и закупоривает выход. Следствием этого явится сильный толчок в трубе, благодаря чему откроется клапан Z , находящийся в стенке трубы. Через это отверстие устремится часть воды с большой скоростью, т. е. большой силой, в котел W . Благодаря этому воздух здесь сжимается, и вода загоняется в трубу, отвесно поднимающуюся вверх. Когда удар передал таким образом свою энергию, клапан Z закрывается под тяжестью расположенной над ним воды. Одновременно открывается клапан V , и процесс начинается снова. Это продолжается до тех пор, пока вода, вытекающая у V , обладает достаточно большой скоростью. Котел W выравнивает колебания давления в вертикальной трубе, возникающие благодаря ударной



Фиг. 6. Схема действия гидравлического тарана.

работе установки. Поэтому вода вытекает равномерно через верхний конец трубы.

На основании этих указаний мы можем легко понять фиг. 5. Резервуар, питающий трубу, заменяет море, а давление воды, нужное для достижения необходимой скорости течения, доставляет прибой. Большие плавающие воронки — это уловители волн, преобразующие удары волн в направленный поток. Удар, создаваемый этим потоком, гонит воду в подъемные трубы, которые передают ее в пруд, расположенный на высоком месте. Падение воды из этого пруда питает гидравлическую станцию обычной установкой. Такое устройство было бы наиболее осуществимо в действительности. Неравномерности прибоя выравниваются благодаря наличию пруда. Если можно допустить достаточно большие колебания для отношения подачи воды к ее расходу, то постоянная работа установки может быть обеспечена.

Механические трудности здесь в значительной части отпадают, так как нет сложных передаточных органов; другой вопрос — во сколько обойдутся такие установки. (Мы можем добавить, что в настоящее время уже строится опытная установка для использования энергии прибоя во Франции у маяка в Биаррице. Эта установка осуществляется по проекту инженера Грассе, несколько усовершенствовавшего описанную систему. Ред.)

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

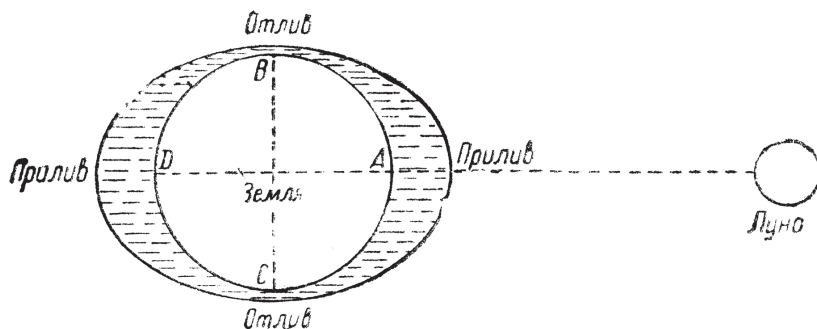
МОРСКИЕ ПРИЛИВЫ И ОТЛИВЫ НА СЛУЖБЕ У ЧЕЛОВЕКА

В течение 24 час. земля обращается один раз вокруг своей оси и поворачивается по отношению к луне каждый раз другой частью своей поверхности. В то же время луна совершает свой путь вокруг земли. Луна удерживается на своем пути под действием силы притяжения земли. С другой стороны, на землю действует в свою очередь сила притяжения ее спутника. Наиболее ярко это проявляется там, где поверхность земли покрыта морями, так как легко подвижная вода поддается притяжению луны много сильнее, чем твердая суша. На фиг. 7¹ мы видим явление, известное как приливы и отливы. На стороне *A*, как раз противолежащей луне, море поднимается, но оно поднимается и на противоположной стороне *D*. Здесь сила притяжения луны действует сильнее на сушу, расположенную ближе к луне, так что до некоторой степени дно моря утягивается у него «из-под ног».

Результат получается такой же, как и в случае *A*. Вода прибывает, она поднимается. Этот подъем моря относительно суши называется приливом. Необходимым дополнением прилива является отлив. На местах *B* и *C*, отстоящих на 90° от *A* и *D*, вода убывает, в то время как море поднимается у *A* и *D*. Но так как земля в 24 часа поворачи-

¹ Для простоты на фиг. 7 предположено, что море прикрывает всю землю. Настоящее соотношение моря к суше невозможно представить в таком малом масштабе.

вається один раз вокруг своей оси, то через 6 час. место *A* будет там, где сейчас лежит *B*. Другими словами *A* будет иметь отлив. Но *B* за это время также переместится на 90° и займет место *D*, поэтому в *B* возникнет прилив. Еще через 6 час. *A* обернется на 180° , достигнет места *D*, и таким образом в *A* будет снова прилив. В это время *B* лежит в месте *C*, где будет снова отлив. Точно так же перемещаются точки *C* и *D*, а также и все другие точки земной поверхности. Из этого следует, что во всех местах, покрытых морем, каждые 24 часа наступают два раза прилив и два раза отлив. Отлив заключается в том, что вода отходит от берега и обнажает морское дно, прилив, наоборот, снова покрывает водой берег, обнаженный отливом.



Фиг. 7. Схема возникновения приливов и отливов.

Вращение луны вокруг земли и разделение поверхности земли на сушу и море не меняет в основном характера приливов и отливов. Правда, эти обстоятельства создают в отдельных случаях некоторые отклонения. Так, например, в Балтийском и Средиземном морях, которые соединены с океаном только узким проливом, прилив и отлив почти отсутствуют.

В других местах разница между приливом и отливом нормально исчисляется в 3 м. Но имеются побережья, у которых расположение и профиль берега особенно способствуют образованию волн прилива, так что они достигают высоты 10—12 м. В Европе западное побережье Франции, юго-западное побережье Англии и Ирландии

имеют наиболее благоприятные для этого условия, главным образом, в фиордообразных заливах и длинных, глубоких устьях рек. На таких местах при наибольших приливах¹ образуются водяные горы до 16 м вышины, которые с возрастающей стремительностью обрушиваются на берег, а затем еще быстрее отступают в море. При наибольших приливах подъем воды длится 5 час., а падение — 7,5 час. При нормальном приливе и отливе можно считать по $6\frac{1}{4}$ часа для каждого.

Само собой разумеется, что движение такой громадной массы воды содержит невероятные запасы энергии. Попытки вычислить приблизительно ее размеры показали, что приливы и отливы представляют самый большой из доступных нам источников энергии после солнечного излучения. Средняя годовая мощность этого источника энергии может быть оценена в 8 триллионов $квт^2$, — цифра, которую даже невозможно себе представить. В сравнении с ней совершенно ничтожными кажутся 750 млн. $квт$ годовой мощности, которая человечеству, по всей вероятности, понадобится как источник энергии через 50 лет. Но с этим богатством дело обстоит так же, как и с золотом морской воды. Оно существует. В каждом кубическом километре находится 5 000 кг, но извлечь мы его не можем, так как золото растворено и в растворе раздроблено на бесчисленное множество частей. Так же обстоит дело и с энергией приливов и отливов. Энергия эта существует, но использовать ее можно только в небольшом количестве, так как для получения энергии должны существовать определенные условия, которые совпадают только в некоторых местах земного шара. Главное затруднение состоит в том, что годное для использования количество энергии очень сильно изменяется.

¹ Наибольшие приливы возникают при полнолунии и новолунии, потому что тогда солнце, создающее тоже небольшие приливы и отливы, усиливает притягивающее действие луны. Противоположностью наибольшего прилива является наименьший прилив, возникающий тогда, когда луна находится в первой или последней четверти. В этом случае действие солнца ослабляет притяжение луны.

² Один триллион равен миллиону миллиардов. Один миллиард равен миллиону миллионов. Таким образом один триллион равен 10^{18} , а миллиард — 10^{12} . Ред.

При приливе вода начинает медленно подниматься, все время нарастая, и через 6 час. довольно быстро достигает своей предельной высоты. Вскоре после этого вода начинает убывать — сначала медленно, потом все быстрее, пока, наконец, через 6 час., не наступит полный отлив, после чего прилив начинается снова.

Эти 12-часовые колебания несколько нарушаются расположением луны относительно солнца. Наконец, может произойти вмешательство ветра, который, если будет дуть при приливе, может привести к невероятно высоким волнам, т. е. получится штормовой прилив.

Мы видим, что приливы и отливы — явление повторяющееся, но отнюдь не равномерное. А необходимым условием для промышленного использования сил природы является равномерность. Чтобы придать эту равномерность приливам и отливам, надо запрудить прилив в большом бассейне при помощи плотины. В таких установках используемая мощность определяется просто поверхностью пруда и средним падением воды. Так как падение всегда незначительно, то для большой мощности необходимы очень большие поверхности. При таких обстоятельствах с самого начала надо исключить плоское побережье при постройке приливных станций, так как в этом случае запруду приходилось бы устраивать с помощью плотины, тянувшейся на километры, и постройка такой плотины стоила бы невероятно дорого.

Но и скалистое побережье не всегда пригодно. Практически применимы только такие места, где природа в широких бухтах с возможно узким проходом образовала запруды, так как здесь для того, чтобы окончательно закрыть проход, понадобится сравнительно короткая плотина. Глубокие заливы также удовлетворяют нашим условиям. Препятствием здесь является то, что в большинстве случаев необходимо оставить дорогу для пароходов, так как большие шлюзы удорожили бы постройку сверх нормы. Важно еще то, чтобы запруда могла очень быстро наполняться и освобождаться, для того чтобы изменение внутреннего уровня могло происходить в том же темпе, как и внешнего. Этому требованию противоречит, однако, то обстоятельство, что в плотине можно устраивать только ограниченное

количество пропускных отверстий из соображений крепости плотины. А эти отверстия необходимы для эксплуатации турбин. Но на практике это оказывается недостаточно, так как турбины могут поглощать только ограниченное количество воды, и необходимо для лишней воды построить дополнительные спуски. Наконец, нужно иметь возможность продолжать работу станций и в те периоды времени, когда турбины не могут работать из-за уменьшения напора воды ниже определенного минимального предела. В среднем такие периоды малой разности уровней воды занимают из 12,5-часового цикла приливов и отливов от 2 до 3 час. Для перекрытия этого промежутка времени имеются различные возможности: вторая резервная запруда, соединение с насосной станцией или с паровым резервом. Но такие вспомогательные устройства дороги, так как они должны быть так рассчитаны, чтобы полностью заменить главные установки. По сути дела приходится, следовательно, строить две станции. Эта необходимость сильно увеличивает стоимость сооружения.

Мы видим, что использование энергии приливов и отливов — задача далеко не легкая. Но, несмотря на это, вряд ли какая-либо другая задача на протяжении истории привлекала так много специалистов и неспециалистов. Первые известные нам предложения о применении энергии приливов доходят до XI в. После этого литература по данному вопросу безгранично разрослась. Но самое важное — это то, что все время делались попытки выполнить эту идею сначала, конечно, в очень маленьком масштабе, при помощи простого водяного колеса,двигающего «приливную мельницу». На долю нашего времени выпало и здесь совершить большое дело. Англия, Франция, Аргентина и, конечно, США серьезно занялись такими проектами, в отдельных случаях действительно гигантских размеров. Перед мировой войной Германия также находилась в ряду этих стран, так как в 1910 г. один гамбургский инженер Е.Ф. Пайне хотел построить приливную электростанцию у Хузума (Husum) на Немецком море. Этот проект был первой попыткой разрешить современными средствами проблему использования энергии приливов и отливов. Естественные условия были благоприятны — три стороны «пруда»

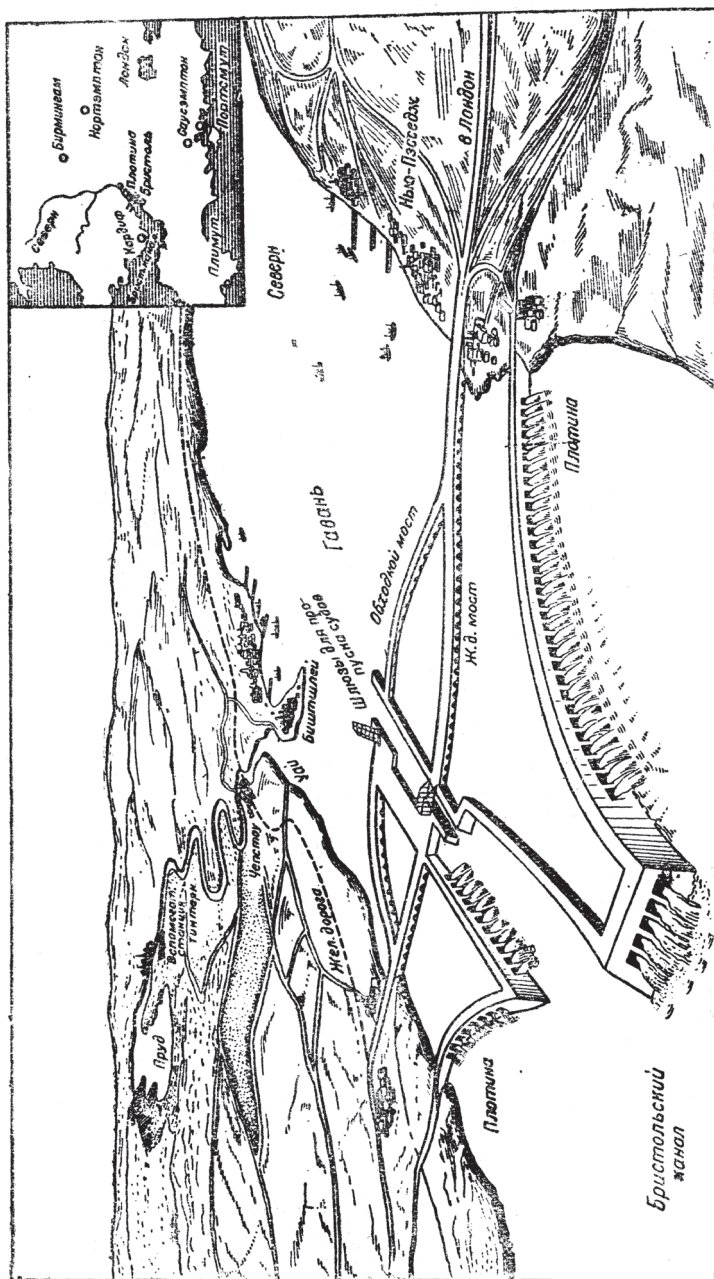
были налицо: остров Нордштранд, противолежащая суша и соединяющая их железнодорожная насыпь длиной в 2 800 м. В общем этот проект был довольно скромных размеров. Мощность станции составляла бы только 5 500 *квт*. Но это было все же началом. Полученный опыт очень скоро позволил бы пойти и дальше. К сожалению, 3 года ушло на бесполезные споры. Наконец, в 1913 г. построили маленькую пробную станцию, для того чтобы разрешить на практике спорные вопросы. Результат получился хороший. Все предсказания Пайне сбылись. Осуществление проекта уже казалось обеспеченным, когда вспыхнула мировая война. Опыты были прекращены, и пробная установка разобрана. С тех пор ничего не было слышно об этих планах.

Это понятно, так как для крупной станции плоское побережье Немецкого моря с его сравнительно небольшим приливом непригодно, а практически именно для такого рода установок все говорит за постройку больших и даже очень больших станций. Великолепные условия для этого существуют на французском и английском побережьях. В обеих странах правительства уже давно обращали большое внимание на проблему приливов и отливов. Франция построила несколько лет тому назад в устье р. Диурис при Аберврак (Aberwrach) пробную станцию в 1 800 *квт*, которая за время 12,5-часового падения и поднятия воды работает в среднем 10 час. Во время малой разности уровней воды снабжение током берет на себя вспомогательная станция, расположенная на 6-м км вверх по течению. Эта насосная станция, использующая в своих турбинах падение воды запруженной р. Диурис, имеет, кроме того, три больших насоса, приводимых в движение свободной энергией приливной станции.

Таким образом, в то время как вспомогательная станция не работает, вода, использованная ее турбинами, попавшая в резервный бассейн, накачивается обратно в верхний бассейн для восстановления запаса энергии. Обе станции присоединены к линии высокого напряжения в 30 *кв*, передающей энергию в Брест, где эта энергия отдается арсеналу и другим правительственным предприятиям.

Еще не выяснено, можно ли будет использовать через некоторое время этот проект в большом масштабе. Соответствующих проектов имеется, правда, как раз во Франции достаточно, но, повидимому, до сих пор не был серьезно изучен ни один из них. В Англии министр путей сообщения несколько лет назад обнародовал план постройки у устья р. Северн, в Бристольском канале, станции, работающей за счет энергии прилива и отлива и дающей в среднем 370 000 квт. Как показывает фиг. 8, Бристольский канал образует фиордообразную морскую бухту, которая в том месте, где должна быть плотина, достигает 3 км ширины. Действие прилива и отлива в этом месте очень сильно. При самом слабом приливе его волны все же достигают высоты 9 м. Берега спускаются к морю очень круто, а во внутреннюю часть страны — полого. Благодаря этому облегчается постройка плотины, которая должна иметь 4 км в длину и образовать запруду площадью в 70 км². В своей верхней части залив являлся бы одновременно большой гаванью, которая может быть хорошо использована соседним промышленным районом. Таким образом часть стоимости этого проекта падает на гавань и постройку большого шлюза при входе. То же самое можно сказать относительно давно планируемого железнодорожного моста через р. Северн, который можно будет построить при выполнении этого проекта. Картина общей установки изображена на фиг. 9. На переднем плане видим мощную плотину, загораживающую установку от моря, основание этой плотины приспособлено к естественному расположению морского дна. Многочисленные проходы (шлюзовые щиты) могут быстро открываться и закрываться¹ при помощи электрического привода. Позади плотины лежит большой железнодорожный мост, образующий в середине петлю, ведущую к двум подъемным мостам. Это устройство определяется наличием большого шлюза, работа кото-

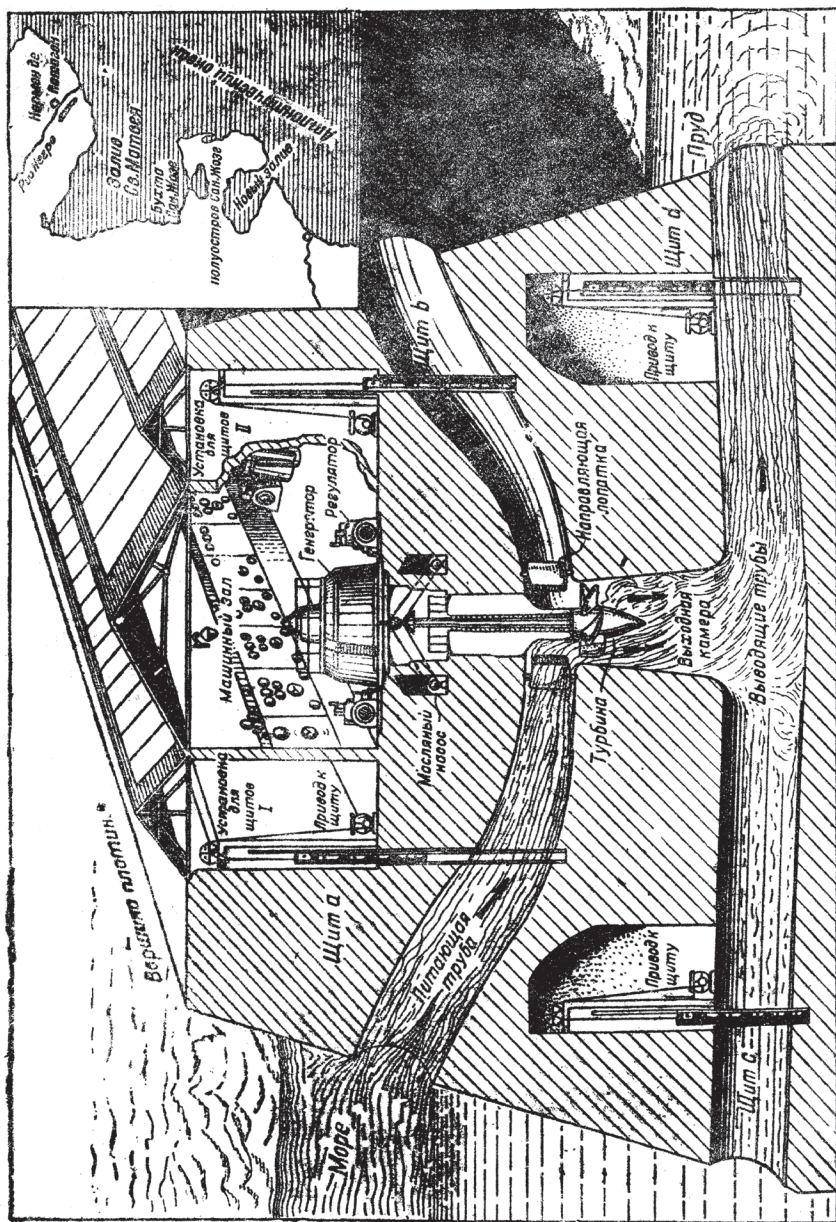
¹ Под щитом в технике понимают железную пластину, скользящую вверх и вниз в двух боковых пазах. С помощью таких щитов можно по желанию полностью или частично закрывать отверстия запруды. У больших плотин перемещение щитов производится при помощи электромоторов.



Фиг. 8. Вид с птичьего полета на устье р. Северн с предполагаемой приливной станцией. Справаверху карта.

рого никоим образом не мешает работе железнодорожного моста. Машины для получения электрической энергии расположены внутри плотины (фиг. 9), причем на каждый шлюз приходится один агрегат, состоящий из турбины и генератора, средней мощностью в 1 300 *квт*. Таких групп предполагается установить 280; из этого получается средняя мощность всего устройства равная 370 000 *квт*. Промежутки неизменного уровня делятся также и здесь за каждый прилив и отлив в среднем $2\frac{1}{2}$ часа. Для того чтобы перекрыть вытекающие отсюда естественные остановки в работе машин, проект предусматривает согласно фиг. 8 электрическую насосную станцию у Тинтерн с наполняемым насосными установками прудом в долине р. Уай (Wye) и агрегатами по 13 000 *квт*, состоящими из турбины, центробежного насоса и генератора.

В течение ночи генераторы, питаемые излишней энергией приливной станции, должны работать как электромоторы и, таким образом, приводить в движение центробежные насосы, накачивающие в пруд воду р. Уай. Этой водой хотели питать вспомогательную станцию, построенную тоже на мощность 370 000 *квт*, которая должна была заменять главную установку во время простоя машин. Однако в настоящее время, повидимому, от этого намерения отказались. Этот проект подвергся в Англии сильной критике, обращенной, главным образом, на его стоимость, так как указанная сумма в 30 млн. фунтов стерлингов была признана недостаточной. Кроме того, критике подверглись отдельные технические вопросы. Между прочим, указывалось, что перед началом работ по такому громадному проекту необходимы основательные исследования для предварительного научного обоснования проблемы использования приливов вообще и, в частности, в устье р. Северн. Справедливость этого требования была очевидна. Поэтому и правительство присоединилось к этому мнению. Для того чтобы выполнить предварительные исследования, в 1930 г. построили на р. Северн небольшую опытную станцию, но не с насосной станцией в качестве резерва, а с вспомогательной станцией, использующей излишки энергии для нагревания электричеством парового котла. Полученный пар направляется в большой



Фиг. 9. Разрез плотины приливной станции с установленными в плотине машинами и вспомогательными установками.

резервуар, защищенный от потерь тепла, и сохраняется в этом паровом аккумуляторе, питающем паровую турбину во время остановки главной станции. Эта турбина приводит в движение генератор, когда приливная турбина не может работать из-за недостаточного напора.

Мы видим, что это совсем простая и притом весьма замечательная идея. Если она оправдается на практике, то проблема использования приливов практически значительно продвинется вперед.

Из остальных проектов приливных станций можно упомянуть еще один. Во-первых, благодаря его величине и, во-вторых, благодаря тому, что на II международной энергетической конференции (Берлин, 1930 г.) этот проект возбудил оживленную дискуссию. Разработала этот проект инженерная комиссия аргентинского правительства, преследуя цель сэкономить для страны, бедной топливом, дорогой импорт угля. Побережье Аргентины обладает благоприятными предпосылками для постройки приливных станций. Разница между высоко и низко стоящей водой достигает до 12 м, а южнее Байна до Магелланова пролива расположено много устьев рек и морских бухт, которые легко запрудить плотинами.

Наиболее пригодной по проведенным до сих пор обследованиям является бухта Сан-Жозе, расположение которой указано на карте фиг. 9. Эта бухта покрывает площадь, равную 780 км^2 , а самое глубокое место достигает 54 м. Так как вход узок, то, несмотря на большую поверхность бухты, для запруды достаточна плотина в 7 км длины. Шлюз для пароходов не нужен, так как соседняя Новая Бухта обслуживает ту же прибрежную полосу. Плотина должна быть отлита из бетона и превышать на 2 м самый высокий уровень воды. Внутри находятся в различных станциях генераторы, турбины, щиты и необходимые мастерские. Стены отдельных помещений со стороны моря должны быть толщиной в 14 м, а с противоположной стороны — в 4 м.

Фиг. 9 показывает, как в остальном мыслят себе эту установку. Турбины установлены по одной в камерах с питающими и выводными трубами по обеим сторонам.

Все четыре трубы могут запираются щитами с электрическим приводом. Применяться будут горизонтальные турбины с вертикальными валами. На верхнем конце вала находится генератор. Вода сверху через питающую трубу попадает отвесно в турбину. Таким образом ротор турбины, соединенный с генератором, вращается все время в одну сторону независимо от того, будет ли вода попадать сюда при приливе из открытого моря или при отливе из бухты. Турбины построены так, что они начинают работать только при разнице между верхним и нижним уровнями в 50 см и развивают наибольшую мощность при разнице уровней в 1 м. Соответственно этому приток воды регулируется автоматическими дросселями. Другими словами, при избытке воды турбины поглощают ровно столько, сколько необходимо для того, чтобы наиболее выгодная разница уровней между морем и бухтой оставалась как можно дольше. Это дросселирование приводит, однако, к тому, что поглощение воды всеми 376 турбинами, расположенными на протяжении 7 км плотины, оказывается недостаточным для выравнивания уровней моря и бухты за каждый прилив и отлив. Для того чтобы это выравнивание уровней все же происходило, лишняя вода незадолго до окончания каждого прилива и отлива пропускается непосредственно через нижние коммуникационные трубы, минуя турбины. С этим связано всасывающее действие, увеличивающее соответственно коэффициент полезного действия турбины.

На основе указанных соображений легко понять работу приливных станций. Предположим, что отлив подходит к концу. Все щиты открыты, но турбины не работают, так как вода по обе стороны плотины стоит на одном уровне. Начинается прилив. По сигналу все щиты закрываются. Вследствие этого вода с морской стороны плотины поднимается, в то время как вода в запруде сохраняет покамест уровень отлива. Как только разница уровней достигнет 50 см (что достаточно для работы турбины), открывают щиты *a* и *d*. Благодаря этому соединяются турбинные камеры с морем, а выпускные камеры — с запрудой. Итак, вода прилива устремляется через плотину в запруду, и все машины начинают работать. За это время вода в море продолжает

подниматься, но в таком же темпе поднимается вода и по ту сторону плотины до того момента, пока мощность турбины не дойдет до наивысшей точки. После этого впускные регуляторы начинают пропускать только такое количество воды, при котором все время сохраняется наиболее выгодный напор в 1 м между внешним и внутренним уровнями воды. С этим напором машины продолжают работать до тех пор, пока прилив не достигнет наибольшей высоты. Теперь, для того чтобы использовать последнее нарастание прилива, открывают щиты с. Тогда бассейн через выпускные камеры соединяется с морем и разница между внешним и внутренним уровнями воды довольно быстро сглаживается. Турбины продолжают работать до тех пор, пока разница уровней остается больше 50 см. Мощность в этом случае будет даже больше, чем вначале, так как в этом периоде как добавочная мощность проявляется всасывающее действие потока воды, упомянутое выше. Однако выгода от этого получается небольшая, так как разница уровней скоро становится ниже предельной величины. Тогда останавливают турбины, прекращая доступ воды и закрывая щит а. В скором времени уровень воды по обе стороны плотины становится одинаковым. Таким образом начинается первый простой, длящийся в среднем $1\frac{1}{4}$ часа. Теперь закрывают также щиты с и d и ждут, пока благодаря отливу вода в море не опустится на 50 см. Тогда работа начинается снова. Для этого открывают щиты b и с. Вода начинает течь из бассейна через турбинные камеры в море. Таким образом турбины работают снова в течение 5 час. Незадолго до истечения этого времени бассейн путем открытия щитов d соединяется непосредственно с морем и совсем опустошается. Наступает второй простой машин, длящийся также $1\frac{1}{4}$ часа. Затем опять наступает прилив, и весь процесс начинается сначала. Совершенно очевидно, что в такой установке громадные массы воды перемещаются взад и вперед. Тем не менее, как только начинают производить расчет, получают цифры, поражающие своими размерами. На установке Сан-Жозе уровень воды в бухте в течение каждого отлива и прилива в среднем должен будет подниматься и опускаться на 2,6 м. При 780 км^2 поверхности выходит, что за каждый прилив и отлив через

закрываемые щитами шлюзы плотины должно протекать 2 млрд m^3 воды. Для овладения таким потоком воды необходимо иметь подводящие и отводящие трубы диаметром 8–10 м; 376 машинных агрегатов, распределяемых вдоль плотины длиной в 7 000 м на расстоянии около 19 м друг от друга, дают при напоре в 1 м всего 750 000 *квт*, а при напоре в 50 см – все еще 300 000 *квт*. Из этого получают ежедневно 15 млн. *квтч*, которые при максимальных приливах могут увеличиться вдвое. Если вычислить годовую выработку, исходя из минимальной мощности, то мы получим приблизительно 5,5 млрд. *квтч*. Что это означает, можно лучше себе представить, если знать, что все гидроэлектростанции Швейцарии в 1929 г. дали 5,52 млрд. *квтч*, причем Швейцария относится к странам с относительно наибольшим потреблением электроэнергии. Республика Аргентина сэкономила бы несколько миллионов тонн угля, если бы она могла производить ежедневно такое количество энергии, используя приливы и отливы.

Таким образом, нет никакого сомнения, что проблема использования приливов и отливов повсюду разрабатывается. Вероятно, в следующем десятилетии мы увидим уже появление больших приливных станций. А через 100 лет все подходящие бухты будут использованы. Во многих странах побережье океана будет тогда центром энергоснабжения.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ПОРАБОЩЕННЫЕ ЦИКЛОНЫ

Мы только что назвали колоссальными и невероятными те запасы энергии, которые человечество имеет в приливах и отливах. Еще гораздо большей оказывается неиспользованная энергия, заключенная в солнечных лучах, несмотря на то, что наша планета получает всего около $\frac{1}{250\,000\,000}$ доли полного солнечного излучения. Например, в областях Сахары на 4 м^2 горизонтальной площади попадает ежегодно количество теплоты, соответствующее мощности до $0,75\text{ кВт}$. Следовательно, с 1 км^2 поверхности Сахары, если использовать только 10% получаемой солнечной энергии, с учетом ночного времени и менее жарких дней, можно получить в среднем не меньше $18\,700\text{ кВт}$ в течение всего года.

Если считать, что мировое потребление электроэнергии удваивается каждые 20 лет, то мировая потребность на 1970 г. вероятно будет равна 750 млн. *кВт*. Для покрытия этого количества энергии при 10% использования солнечной энергии понадобилось бы только $40\,000\text{ км}^2$ поверхности Сахары, в то время как вся Сахара в 150 раз больше. Таким образом, если только удастся использовать солнечную энергию, энергетическая проблема человечества одним взмахом будет разрешена.

Попытки достичь этой цели повторялись не раз. До сих пор ни одна из них не привела к нужным результатам, потому что они все были предприняты с негодными средствами. Бессмысленно строить громадные зеркала и сложные испарители, для того чтобы получить в конечном счете 35 кВт . Прежде всего нужно отступи-

ционных взглядов, что посредником между тепловой и электрической энергией обязательно должен быть паровой котел. Полезно, когда теплота может быть использована в концентрированном виде, как в угле, а не рассеянной на больших поверхностях, как теплота солнца. Для того чтобы использовать это тепло, надо за основу взять природу. Гандрильон показал один путь, который, однако, применим не всюду. Совершенно другой путь наметил Бернард Дюбо (Dubos), проект которого воодушевил парижскую Академию наук ввиду недостатка угля в северной Африке. Одной фразой этот проект может быть охарактеризован следующим образом: действительным средством для использования солнечного тепла является ветер. Это звучит как парадокс для того, кто знаком с большим числом напрасных попыток использования течения воздуха¹. Непостоянство ветров, повидимому, является самым плохим основанием для крупного энергоснабжения. Но Дюбо и не думает об естественных течениях воздуха. В то время как Гандрильон хочет создать искусственные водопады с помощью солнца, Дюбо хочет с помощью солнца создать вертикально поднимающиеся вихреобразные потоки воздуха. Послушаем, что может об этом сказать сам изобретатель.

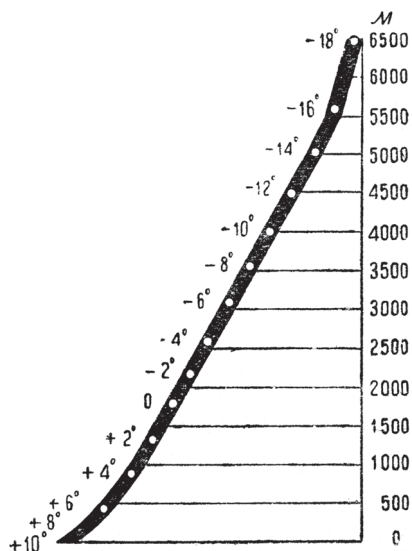
Если бы мы могли на один миг превратить воздух в воду, и, таким образом, сделать его видимым, то каждый мог бы увидеть то, что метеорологи и летчики давно знают, а именно то, что весь воздух, окружающий нас, в значительной мере состоит из потока водоворотов и вихрей. Мы не могли бы в этом мире, невидимом для нас, сделать хотя бы один шаг без того, чтобы не встретить всюду «поднимающиеся водопады», точно такие же, какие получаются, если демонстрировать в обратном направлении киноленту, изображающую водопад. Так как настоящие водопады используются в весьма большом количестве, вполне логично подумать об использовании поднимающихся воздушных потоков. Тропические циклоны пока-

¹ Между тем за последнее время разрабатываются реальные проекты ветросиловых станций на десятки тысяч киловатт с ветровыми башнями громадной высоты (сотни метров). См. дополнительную главу XII. Ред.

зывают нам, сколько энергии может содержаться в воздушных потоках. Простые рассуждения приводят к выводу, что эти потоки так же неистощимы, как и потоки воды, так как оба произошли от одного источника — солнца. Метеорологи давно уже исследовали эти явления. Но их знания остались отрывистыми, ибо никто еще не объединил отдельных фактов в общей картине. Передо мной лежит учебник метеорологии. В нем я читаю, что в атмосфере имеются совершенно устойчивые круговороты, столь же постоянные и столь же известные по всему пути, как и Гольфштрем. Лучшим примером являются пассаты, направленные к экватору, где они образуют мощные воздушные потоки, поднимающиеся почти вертикально. Противоположное этому явлению происходит у полюсов: там «падающие ветры» замыкают круговорот. Я перелистываю дальше и читаю, что когда в области смерча барометр с 760 мм нормального давления падает до 715 мм, то эта разность давлений создает ветер, дующий со скоростью 180 км/час. Известна громадная энергия таких штормов и их колоссальные разрушения. В другом месте книги написано, что давление воздуха, равное на уровне моря в среднем 760 мм, уменьшается до 603 мм на высоте 1 000 м; эта разница, следовательно, гораздо больше, чем разность давлений в области циклона. Температура воздуха тоже быстро уменьшается с увеличением высоты, как показано на фиг. 10.

Дюбо объединил эти наблюдения и построил на основании указанных фактов проект, позволяющий соединить непосредственно с областью малых давлений на вершинах гор воздух, имеющий большое давление, расположенный над долинами, нагреваемыми лучами солнца. Таким образом изобретатель хочет создать искусственные циклоны. Однако они не должны свою энергию проявлять в виде разрушений, а послушно и прилежно, как их собратья — водопады, приводить в действие турбины. Мы видим, что это решение просто, как колумбово яйцо. Выполнение здесь тоже просто, как это всегда бывает при действительно гениальных идеях.

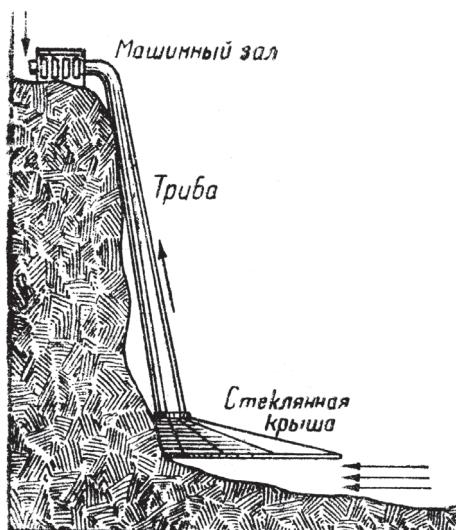
С этой целью берут открытую с двух сторон трубу длиной около 1 000 м и прислоняют ее в очень жаркой области, например в Сахаре,



Фиг. 10. Уменьшение температуры воздуха при увеличении высоты над поверхностью земли. Это один из факторов, использованных Дюбо в его проекте ветросиловых станций.

возможно круче у склона горы (фиг. 11). Внизу труба расширяется в грандиозную воронку, имеющую практически форму большой плоской оранжерейной крыши, нагреваемой солнечными лучами и поднимающей температуру воздуха до максимально возможных значений.

Эта крышка спереди широко открыта и постепенно сужается наподобие воронки. Этим достигается еще следующее: устремляющийся под крышку воздух приходит в вихревое движение, вполне аналогичное движению, возникающему при начале циклона. Таким образом воздух попадает в трубу, диаметр которой надо считать очень большим, причем труба должна иметь гладкие стороны, для того чтобы не препятствовать воздушному потоку. Снаружи труба покрыта толстым теплонепроницаемым слоем, для того чтобы теплый воздух при своем подъеме терял возможно меньше теплоты. В самом деле, чем больше разница температур между воздухом внутри трубы и внешним воздухом наверху трубы, тем больше ско-



Фиг. 11. *Схема ветросиловой станции Дюбо. Равнина на уровне моря, нагреваемая солнцем, соединяется поднимающейся трубой и 1000 м с областью уменьшенных давлений на вершине горы. Таким образом в трубе создается постоянный поднимающийся поток со скоростью, равной примерно 50 м/сек. Мощная энергия этого потока может быть использована в ветряных турбинах. Стеклянная крышка у основания трубы создает нагревание, еще усиливающее скорость течения воздуха.*

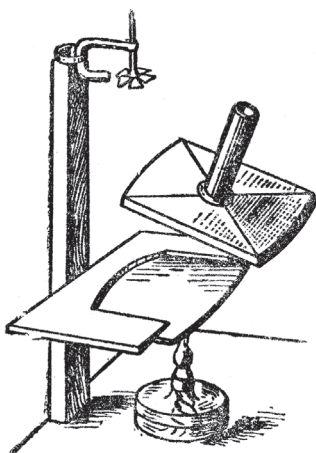
рость, с которой воздушный поток стремится через трубу. Вычисления показывают, что можно добиться таким образом скорости 180—200 км/час. Такой воздушный поток практически может быть приравнен к циклону, который, будучи скован, может проявить свою мощь только в определенном месте; он должен бросаться на лопасти мощной воздушной турбины, к которой его подводит труба. Конечно, эта турбина, как и ее сестра в водяном потоке, соединяется с генератором, дающим электрический ток. В таком виде вихревая энергия, превращаемая в электричество, направляется назад в долину, где она может приводить в движение другие машины.

Эта идея является остроумным выводом из до сих пор неиспользованных, но сотни раз подтвержденных точными наблюдени-

ями законов. Правильность этих выводов подтверждается опытом, который каждый может произвести сам. Берут кусок жести, он изображает равнину; под жестью помещают спиртовку, она заменяет солнечные лучи. Подведенное тепло нагревает жечь на несколько градусов выше окружающей температуры. Вследствие этого от жести поднимается теплый поток воздуха, который можно явно ощутить, если приблизить к нему руку или лицо.

Теперь расположим приблизительно на расстоянии 25 см над нашей миниатюрной равниной миниатюрную турбину, представляющую собою простое воздушное колесо, вроде игрушек, продаваемых на ярмарках.

Колесо должно быть расположено горизонтально, для того чтобы воздух правильно попадал на его лопасти (фиг. 12). Что же происходит? Ничего. Воздушный поток слишком слаб, чтобы вращать



Фиг. 12. *Простой опыт, посредством которого Дюбо доказывает правильность своих рассуждений.*

Жестяная пластинка изображает Сахару, спиртовка — солнечные лучи. Маленькое колесо наверху изображает ветряную турбину. Если поместить пламя спиртовки под пластинкой, то начинают подниматься потоки горячего воздуха. Но турбина начинает работать только после того, как воздушный поток направляется по определенному пути при помощи воронкообразной трубы.

колесо. Оно остается неподвижным, даже если усилить пламя спиртовки и таким образом увеличить нагревание. Однако, если между жестью и турбиной поместить, как показано на фиг. 12, трубу, оканчивающуюся внизу плоской воронкой, то колесо сейчас же начинает вращаться. Скорость быстро растет и позволяет заключить о появлении сильного воздушного потока. Если убрать трубу с воронкой, то колесо остановится. Если же мы снова поставим трубу на место, колесо снова начнет вращаться. Простота этого опыта усиливает его убедительность. Здесь мы имеем дело с вполне естественным явлением. Следовательно, мы можем допустить, что громадные массы горячего воздуха, возникающие непрерывно над действительной равниной и нагреваемые на всей своей поверхности жаркими лучами солнца, преобразуются в гигантских трубах с воронками в мощный поднимающийся поток, который может быть использован для выработки электроэнергии.

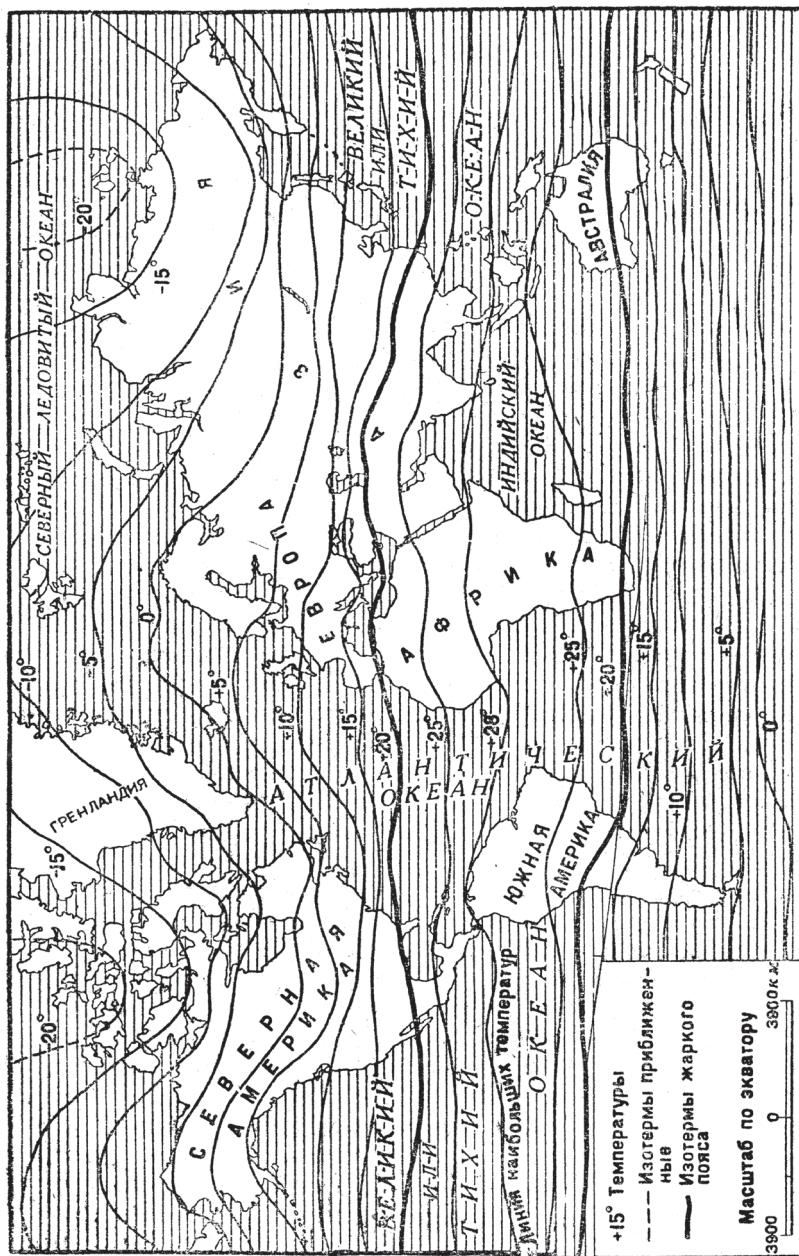
После подтверждения теоретических соображений нам остается выяснить вопрос, в состоянии ли техника строить установки по планам Дюбо. Одного взгляда на фиг. 11 достаточно, чтобы ответить утвердительно. Постройка стеклянной крышки не представляет затруднений, а трубопроводы такой длины в отдельных случаях давно уже применялись при постройке водопровода; ведь установка Пуньи в долине р. Роны использует даже напор в 1 630 м для приведения в действие своих турбин. Чтобы выдержать давление воды, такие трубопроводы должны быть составлены из цельнотянутых стальных труб. Причем такой трубопровод необходимо старательно укреплять. В нашем случае мы имеем дело скорее с дымовой трубой и потому можем обойтись со значительно более легкой конструкцией; например, можно взять железобетонную трубу диаметром в 10 м и длиной от 1 000 до 1 500 м. Задача сохранения постоянной температуры воздуха во время его подъема в трубе также легко разрешается, так как для этого существует много подходящих средств. Наиболее целесообразным, может быть, является устройство трубы из теплобетона (Leichtbeton), бесчисленные поры которого представляют великолепную тепловую изоляцию. Остается только построить

большую воздушную турбину. Но и эта задача, наверное, не смутит наших инженеров при их опыте работы с водой и паром.

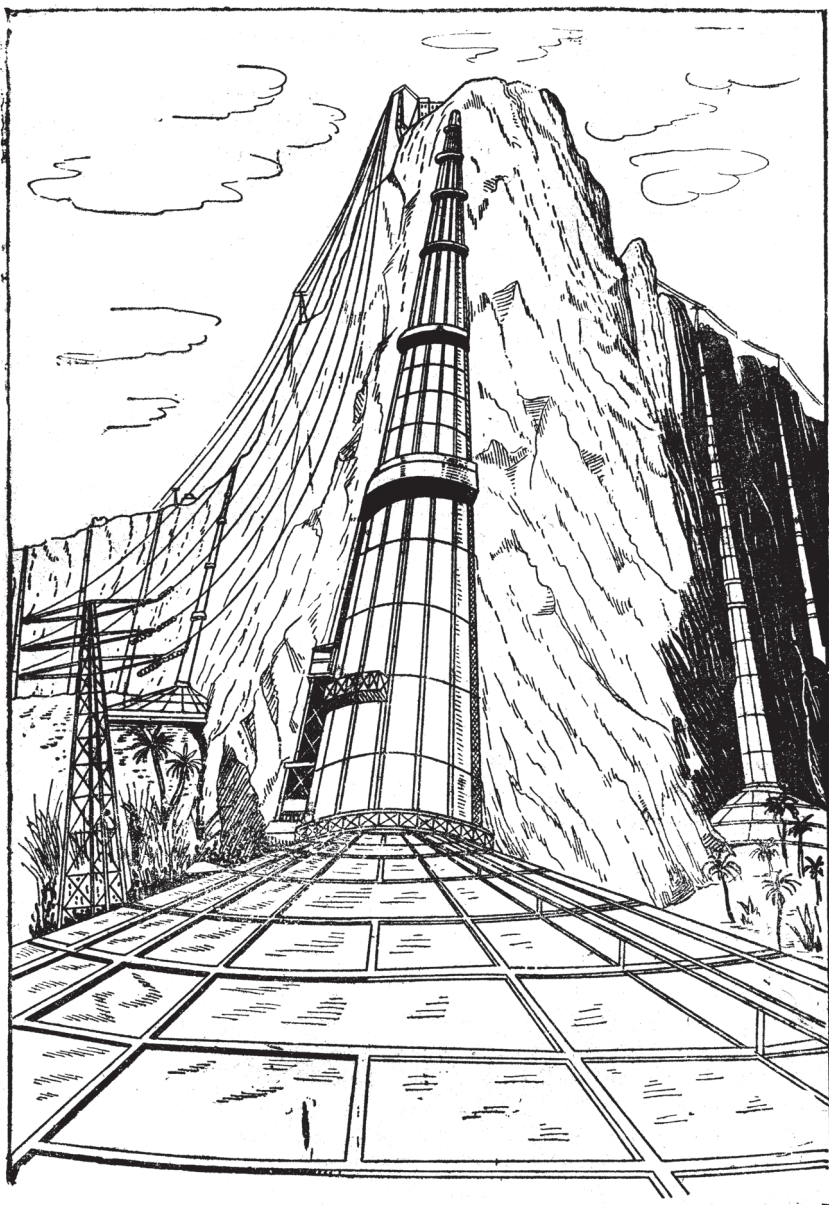
Ни в коем случае такая установка не может быть дороже гидравлической станции, потому что здесь отпадают плотина, водяные камеры, защитные приспособления, каналы и т. д. Само собой разумеется, что такие установки возможны только в жарких странах. Согласно указаниям Дюбо наиболее подходящей является область между двумя изотермами со средней температурой в 20° по обе стороны от линии наибольшей температуры (фиг. 13).

Мы видим, что эта область занимает громадное пространство, но она охватывает почти исключительно очень малонаселенные страны и, в частности, всю Африку. Прежде всего благоприятные условия имеются в Сахаре, где три хребта гор Атласа и горы Хоггара со своими отвесными склонами как будто нарочно созданы для устройства поднимающихся труб, причем соседние области Алжир, Тунис и Марокко давно уже изголодались по новым источникам энергии. Поэтому здесь, по всей вероятности, и проведут первые опыты. Если они увенчаются успехом, то склоны гор Северной Африки и других жарких стран через сто лет будут выглядеть, как показано на фиг. 14. Они будут тесно усеяны ветросиловыми установками, которые будут не только снабжать энергией соседние области, но свяжутся с районными станциями Европы при посредстве линий передач, соединяющих оба материка. Таким образом удастся установить обмен энергией, устранить единственное затруднение в работе этих станций, а именно то, что они могут работать только днем. В дневное время равномерная работа будет вполне обеспечена, так как поток воздуха у основания вытяжных труб всегда будет сохранять одинаковую мощность.

Надо иметь в виду, что громадные массы холодного воздуха, расположенные в верхних слоях атмосферы над вытяжными трубами таких ветросиловых установок, образуют основную часть всей системы в той же мере, как массы воды, расположенные над водопадом, принадлежат к системе гидростанции, питаемой этим водопадом. Эти громадные массы воздуха будут поддерживать воздушный



Фиг. 13. Карта земли с изотермами (линиями, соединяющими области с одинаковой температурой), дающая наглядное распределение температур.



Фиг. 14. Картина будущего. Ветросиловые установки Сахары на крутых склонах цепи гор Атласа.

поток до тех пор, пока почва будет более нагрета, чем атмосфера. Это условие всегда выполнимо в жарких областях в течение дня, однако ночью в связи с быстрым охлаждением, возникающим после захода солнца, соблюдение этих условий является сомнительным. В этом случае параллельная работа дает возможность регулировать нагрузку. Днем энергия будет направляться в европейскую сеть электроснабжения в помощь ее тепловым и гидросиловым станциям с их огромной дневной нагрузкой. Ночью энергия может посылаться из европейских станций, имеющих в ночное время достаточно свободной энергии, в африканские сети ветросиловых установок, у которых машины в ночное время могут быть остановлены. Таким образом и этот проект, открывающий новые по нашим понятиям и неслыханные источники энергии, способствует теснейшему объединению Европы с Африкой.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

ВЕТРОВЫЕ БАШНИ

Так как ветросиловые установки Дюбо прикреплены к тем местностям, где солнечные лучи имеют наибольшую силу, они применимы в Европе только на крайнем юге. В более холодных странах необходимо поискать другие методы, если желательно и там использовать силу ветра для получения энергии. В небольшом масштабе это как раз и практикуется в северной Европе уже с давних пор, так как Нидерланды и Северную Германию можно считать родиной ветряной мельницы. То, что старая ветряная мельница не является пригодной «ветряной машиной», знает каждый. То же самое можно сказать и про ее преемницу — ветряную турбину, которую также можно использовать как машину малой мощности. В попытках улучшить эти машины не было недостатка, потому что вопрос о полезном использовании ветра является с незапамятных времен любимой проблемой изобретателей. Все имеющиеся до сих пор конструкции построены на той же самой основе. Ветер движет многолопастный пропеллер — это способ, образцом которого является работа вентилятора. Теоретически это явление понятно и не встречает возражений, но перенесение его на практику все же представляет некоторые затруднения.

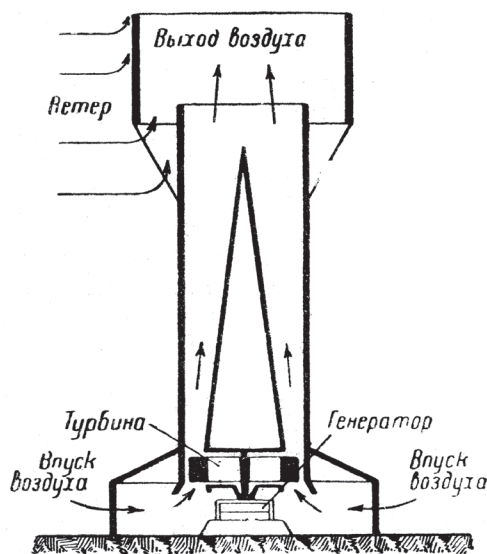
Прежде всего необходимо установить пропеллер на вершине высокого сооружения и притом совершенно открыто, так что он будет подвергнут всем атмосферным воздействиям. Кроме того, нужно тяжелую ветряную установку уметь поворачивать при каждом изменении направления ветра, что однако, к сожалению, не препятствует тому, что при неблагоприятном угле падения ветра полезное действие приближается к нулю. Далее, необходимо передавать на

поверхность земли вращение пропеллера при помощи вертикальных штанг, что создает большую потерю энергии. Наконец, ветряная установка должна быть чрезвычайно велика, если она при средней скорости ветра, равной примерно 5 м/сек, должна отдавать хотя бы мало-мальски заметную мощность, так как энергия ветра, которую можно использовать, чрезвычайно быстро уменьшается с ослаблением силы ветра.

Все это показывает ясно, что на таком основании никогда не могут возникнуть настоящие ветросиловые установки. Если хотят этого добиться, необходимо искать новых, еще не проторенных путей. Такие пути открыли исследования, проведенные в Сен-Сирском аэродинамическом институте, преследовавшие совершенно другие цели, а именно создание эффективного вентилятора для проветривания жилых и рабочих помещений или для увеличения тяги фабричных труб.

Задача была решена с неожиданным успехом: пробная установка показала себя идеальной ветросиловой машиной с коэффициентом полезного действия почти в 100%. Фиг. 15 объясняет ее устройство, осуществляемое без наружных подвижных частей: снаружи видна лишь башнеобразная цилиндрическая труба вроде дымовой трубы из листового железа, которая на верхнем конце на некотором расстоянии окружена довольно коротким цилиндром. Это внешнее кольцо поддерживается снизу узкими ребрами, но в остальном открыто с двух сторон. Все остальное становится ясным из фиг. 15.

С какой бы стороны и под каким бы углом ни дул ветер, результат будет всегда один и тот же — вертикальный поток воздуха в цилиндрической башне. Другими словами, постоянно изменяющий свое направление и силу ветер здесь превращается в постоянный воздушный поток. Хотя скорость этого потока, очевидно, и меняется, но он сохраняет все время постоянное направление. Поэтому достаточно у нижнего основания ветровой башни установить горизонтально лежащую турбину, для того чтобы получить мощность, пропорциональную энергии ветра, которая исчезала бы вместе

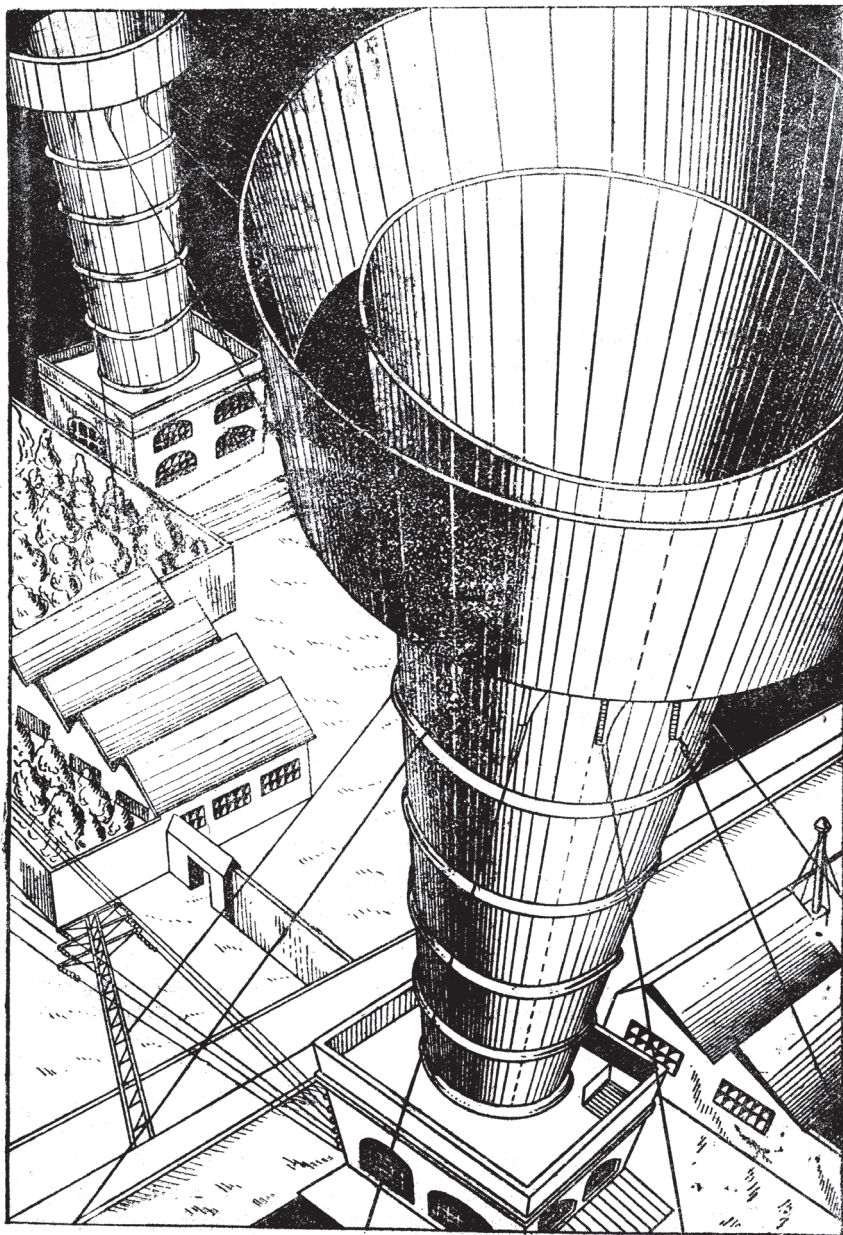


Фиг. 15. Схема ветровой башни.

с ветром, независимо от его направления, т. е. практически никогда бы не исчезала.

В таком расположении всех подвижных частей (турбины и приводимого ею в движение генератора) у основания ветровой башни заключается второе большое преимущество таких ветросиловых установок, так как это расположение обеспечивает легкий доступ к машинам, защищенным в то же время от всех влияний непогоды, точно так же, как и на электростанциях обычной конструкции. Третьим преимуществом является то, что коэффициент полезного действия становится весьма большим, потому что скорость всасываемого воздуха всегда равна скорости ветра (в качестве потерь надо учесть только потери при трении). На таком принципе вполне возможно построить ветросиловые установки самых больших мощностей.

Как они будут выглядеть, показывает фиг. 16 — фантастическое изображение, до осуществления которого мы все же можем быть еще доживем, потому что уже на сегодняшний день ветровые башни могут



Фиг. 16. Ветровые башни для использования энергии ветра.

быть ценными источниками энергии в областях, не охваченных электроснабжением. Но в будущем их можно будет располагать на плоскогорьях и горных хребтах, сотнями соединять в «батареи» и таким образом создавать настоящие силовые установки большой мощности, использующие энергию ветра. Эти силовые установки наряду с гидростанциями явятся источником достаточного энергоснабжения страны при истощении запасов угля.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ТРОПИЧЕСКИЕ МОРЯ

КАК ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

В журнале «Revue Scientifique» 17 сентября 1881 г. появилась замечательная статья, автором которой является проф. д'Арсонваль, став впоследствии знаменитым физиком. «Попробуем мысленно поместить паровой котел в колодец Гренеля, имеющий температуру 30° . Если мы будем конденсатор, принадлежащий к этому котлу, орошать водой из водопровода, которая в среднем имеет температуру в 15° , то получим падение температуры в 15° . Пусть паровой котел будет наполнен вместо воды жидкой сернистой кислотой, которая при нагревании до 30° дает давление пара в $4,7 \text{ ат}$, в конденсаторе давление составило бы тогда около $2,8 \text{ ат}$. Эта разность давлений соответствует постоянному давлению около 2 ат , которое нам ничего не стоит»¹.

«Предоставляет ли нам природа такие условия часто? — спрашивает далее статья. — Конечно, — гласит ответ, — потому что в горячих источниках недостатка нет. Впрочем, имеются еще и другие могущие

¹ Второй закон термодинамики гласит, что для превращения теплоты в работу всегда необходимо иметь два уровня температуры, т. е. разницу температур. Так, например, у бензинового двигателя мы имеем, с одной стороны, температуру сгорания бензиновых паров перед поршнем, а с другой стороны, холодное окружающее пространство. У паросиловой установки можно противопоставить друг другу горячие газы — продукт горения угля под паровыми котлами и охлаждающую воду конденсатора, где эти пары снова сжижаются. Из этого закона следует, наоборот, что каждая разность температур может быть использована для получения энергии. Знание этих фактов необходимо для понимания дальнейшего изложения.

быть использованными источниками тепла. А именно мы можем наш конденсатор с таким же успехом поместить в лед, а паровой котел — в речную воду температурой в 15° ; в этом случае мы также имеем падение температуры в 15° и тем самым то же давление пара, как и раньше.

Идеальным было бы поместить котел в море близ экватора, а конденсатор — в вечные льды полюса. Практически же совсем ненужно строить такое длинное соединение, так как вода в глубине моря, даже на экваторе, имеет температуру только в 4° . Таким образом достаточно поместить котел на поверхность воды, а конденсатор — на глубину 1 000 м под ним, для того чтобы иметь достаточное падение температуры».

Мы можем себе представить, как осмеяли полвека назад идеи тогда еще мало известного молодого физика. По всей вероятности их даже не считали достойными обсуждения. Именно такова была участь всех последующих изобретателей, которые выступали перед общественностью с той же самой идеей, только более тщательно проработанной, а именно: с американцем Кемпбеллом (Campbell) в 1913 г., с итальянцами Дорнигом и Боджиа и с немецким физиком Бройером (Bräuer), который эту проблему проработал, пожалуй, тщательней других. Всех их почти не выслушивали, и то, что они писали, было предано забвению, как статья д'Арсонваля. Это длилось до тех пор, пока однажды в ноябре 1926 г., парижская Академия не получила сообщения, чтение которого заставило насторожиться весь мир, потому что подписано оно было именами, имевшими мировую известность.

«Я имею честь — начинал автор, — доложить Академии от имени П. Бушера и от моего о результатах исследований, давших нам возможность осознать совершенно неожиданные факты из области физической географии.

Как известно, морская вода имеет на глубине 1 000 м из года в год равномерную температуру в $4-5^{\circ}$. С другой стороны, известно, что температура поверхности тропических морей в основном колеблется от 26 до 30° . Исходя из этих двух фактов, можно набросать

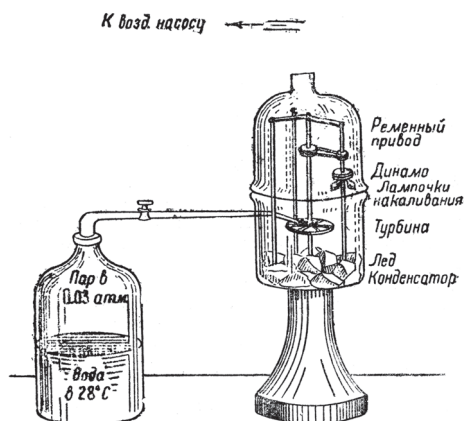
грандиозный план использования тепла морей, который в конечном счете является планом использования солнечного тепла. Использовать глубинные воды на первый взгляд кажется затруднительным. Но эти затруднения легко побороть, так как достаточно опустить до желаемой глубины трубу, хорошо изолированную от колебаний температуры; тогда холодная вода поднимается в этой трубе. Так как глубинные воды отличаются от вод поверхности своей плотностью, то глубинные воды не достанут до самого верхнего края трубы, а останутся приблизительно на 1 м ниже. Только лишь на эту высоту нужно поднимать воду насосом, остальной подъем воды происходит по законам сообщающихся сосудов.

Трудно преодолимым препятствием является на первый взгляд то, что разница температур между глубинными водами и водами поверхности составляет только 20—22°. Получающееся отсюда давление пара так ничтожно, что до сих пор еще никогда не употреблялось как источник энергии из-за предположения, что его на это не хватит. Наши же опыты привели нас совершенно неожиданно к другому выводу.

Больше из любопытства мы проверили, достаточно ли вышеупомянутого давления пара для использования его в качестве движущей силы. Особенно больших надежд в этом направлении мы не питали, однако к нашему большому изумлению выяснилось, что энергия этого водяного пара достаточна даже для существующих паровых турбин, несмотря на то что разность давлений здесь значительно ниже обычных величин.

Если водяной пар с температурой в 24°, имеющий давление 0,03 ат, всасывать посредством высокого вакуума, получаемого в конденсаторе при охлаждении до 7°, то пар получает скорость истечения в 500 м/сек и в состоянии сообщить одноступенчатой турбине окружную скорость до 250 м/сек. При этом каждый килограмм этого пара, давление которого в 700 раз меньше давления пара в 20 ат, совершает работу, которая только в 5 раз меньше количества энергии, освобождаемого при расширении пара с давлением в 20 ат до 0,2 ат.

Этот факт настолько невероятен, что мы придумали небольшой опыт, для того чтобы показать его правдоподобность. Мы взяли модель ротора турбины Лавала на 20 ат и поместили ее горизонтально в сосуд, как показано на фиг. 17. Труба подводит из большой бутылки сверху к турбинному колесу водяной пар с температурой в 28°; в пространстве под турбиной находятся кусочки льда, служащие конденсатором. В верхней части сосуда находится труба, через которую воздушный насос медленно выкачивает воздух из сосуда, содержащего турбину, и из бутылки. Как только вследствие этого давление в бутылке станет ниже давления испарения воды, вода начинает кипеть¹. Пар протекает через турбину, приводит ее во вращение и под влиянием льда снова превращается в воду. Турбиной, делающей 5 000 оборотов в минуту, приводится в движение небольшая динамомашина, дающая достаточно тока для того, чтобы заставить ярко светиться три небольших лампочки.



Фиг. 17. Опытная установка, с помощью которой Клод и Бушере демонстрировали перед парижской Академией наук свой способ получения энергии из моря.

¹ Согласно известному основному закону физики: чем ниже давление, тем ниже точка кипения. На горах вода кипит при более низкой температуре, чем в долинах, потому что наверху давление воздуха значительно ниже. Если давление достаточно уменьшается, то вода кипит уже при комнатной температуре.

То, что этот опыт показывает в миниатюрном масштабе, мы хотим осуществить в больших размерах. Вместо искусственно подогретой воды берется теплая вода поверхности моря; эта теплая морская вода непрерывно накачивается в котел, где при уменьшенном давлении испаряется. После того как водяной пар проходит турбину, он сгущается под влиянием находящейся в конденсаторе холодной воды и превращается опять в воду. Давление пара составляет при этом только 0,03 ат. Это значит, что поток, постоянно идущий через аппарат, почти не заметен. Но если удастся построить турбину, которая приводится в движение таким незначительным давлением, то с экономической точки зрения ничто не препятствует практическому использованию этого метода, так как теплая вода все время имеется в неограниченном количестве».

Под этим проектом стояло имя: Георг Клод (Claude). Оно повсеместно обеспечило краткому докладу самое большое внимание; иначе эта идея и на этот раз считалась бы возникнувшей в мозгу фантазера и была бы отложена в сторону. Что Клод — не фантазер, это с давних пор знает мир специалистов. Точно так же было известно, что его принципом было избегать проторенных дорог, для того чтобы идти вперед по неразведанным путям. Это его уже много раз приводило к большим промышленным успехам. Этот факт обеспечивал его словам совсем другой прием, чем теоретику, хотя бы самому авторитетному¹. Несмотря на это, консервативная часть специалистов отнеслась к его идее весьма скептически. Одни критиковали одну деталь, другие — другую. Наконец, некоторые пытались доказывать путем подсчета, что вся затея является нелепостью. На все эти возражения Клод молчал. Он делал самое умное, что можно было, решив противопоставить критике письменного стола

¹ Было бы неправильным сделать отсюда вывод, что в техническом творчестве возможно обойтись без теории. Клод потому имел возможность не считаться с возражениями, что сам прекрасно продумал теоретически свой проект. Наоборот, только тесная уязка теории и практики обеспечивает в настоящее время успех изобретателя. Ред.

практику, результаты все расширяемых опытов, проводимых при полной гласности.

Сначала описанный выше опыт был повторен перед членами парижской Академии и некоторым количеством приглашенных гостей, при этом с полным успехом. Турбина вращалась, электрические лампочки горели, и измерение отдаваемой мощности показывало потребление энергии в 3 *вт*. Второй опыт был проделан уже в большем масштабе. Клод спроектировал со своим сотрудником инженером Полем Бушери установку на 50 *квт*, пущенную в эксплуатацию на бельгийском металлургическом заводе Угрей — Мариэй. Источником тепла служила вода, охлаждавшая домну, нормальная температура которой равнялась 14°, причем путем введения пара температура настолько поднималась, что в течение всего времени оставалась на 20° выше, чем температура воды р. Маас, охлаждавшей конденсатор. Таким образом представилась возможность сохранять в продолжение всего опыта одно и то же падение температуры, на которое по всему имеющемуся опыту можно рассчитывать в тропических морях.

Насосы и деаэраторы¹ были сконструированы в соответствующем масштабе. Установка была готова к пуску 25 апреля 1928 г. Через четыре дня впервые заработала турбина, делая 5 000 оборотов в минуту и отдавая проектную мощность в 25 *квт*. Анализ энергетического баланса показал, что все вспомогательные машины потребляли только $\frac{1}{4}$ полученной мощности, так что полезная отдача составляла 75%. Таким образом было доказано, что предложения Клода практически выполнимы.

Пробную установку 1 мая 1928 г. посетила комиссия парижской Академии. Ее докладчик Ле-Шателье окончил свое заключение словами:

«В первый раз мы здесь видим паровую машину, которая работает при разности температур в несколько десятков градусов.

¹ Деаэратор — аппарат, служащий для удаления из питательной воды паровых котлов растворенных в ней газов (кислорода, углекислоты). Ред.

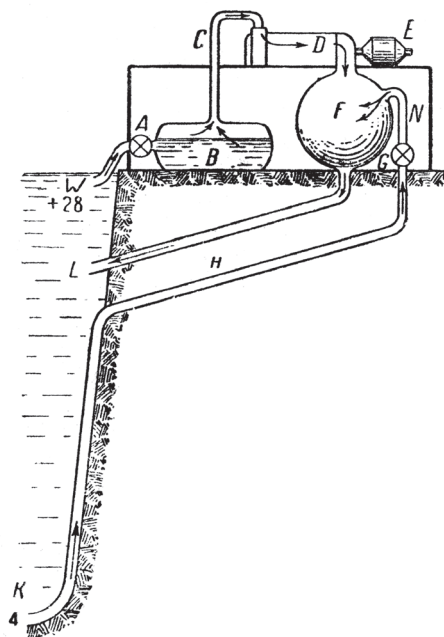
Первую часть проблемы можно считать этим решенной. Остается вторая: погружение в море насосной трубы длиной в несколько тысяч метров».

В этом заключении звучали сомнение и вызов. Клод не колебался принять его, рискуя всем своим состоянием, потому что расходы большого предстоящего опыта составляли несколько миллионов марок. После тщательных предварительных исследований выбрана была бухта Матанца, расположенная на северном берегу острова Кубы, примерно в 85 км западнее Гаванны. Там температура воды, профиль морского дна и другие условия оказались особенно благоприятными. Схему этой третьей установки показывает фиг. 18. Насос *A* всасывает поверхностную воду с температурой в 28° и накачивает ее после удаления воздуха в испаритель *B*. Здесь давление пара путем разрежения воздуха настолько снижается, что точка кипения воды доходит до 28° . Вследствие этого подведенная вода испаряется без специального подвода тепла. Пар проходит через трубу *C* в турбину низкого давления *D*, соединенную с генератором *E*, приводимым турбиной во вращение. Затем пар направляется дальше в конденсатор *F*. Здесь появляется на сцену холодная вода из *K*. Через трубу *H* и насос *G* она засасывается на поверхность и накачивается в конденсатор, превращая в воду отработавший пар турбины. Конденсат вместе с охлаждающей водой возвращается в море через трубу *L*. Конденсация отработавшего пара создает в конденсаторе вакуум, и это разрежение всасывает пар, работающий в турбине. Как только описанный процесс начался, можно отключить насос, служащий для пуска в ход и выкачивающий воздух из испарителя.

Это краткое описание показывает, что конструктивные затруднения, если не говорить о величине отдельных частей, заключаются, в основном, в прокладке гигантской всасывающей трубы, которая направляла бы холодные глубинные воды на поверхность.

Для установки в Матанца оказался необходимым цельный трубопровод длиной около 2 км, так как там нельзя было опускать трубу вертикально в глубину, а нужно было прокладывать ее косо по постепенно опускающемуся отлогому морскому дну. Так как Клод

решил использовать трубу впоследствии для еще более крупной установки, то он предусмотрел внутренний диаметр трубы в 1,6 м, хотя для пробной установки достаточен был бы значительно меньший диаметр. Трубу сделали из слегка волнистых стальных листов сначала в отрезках по 20 м, которые снабжались достаточной тепловой изоляцией. Затем эти отрезки свинчивались с применением резиновых прокладок. Таким образом изготовили две части: трубу длиной в 150 м, которую выдвинули с берега в море так, чтобы она опускалась на 18 м в глубину, и главную трубу длиной в 1 850 м, которая должна была быть присоединена водолазами к трубе, идущей



Фиг. 18. Схема опытной установки, построенной Клодом и Бушери на северном берегу Кубы.

W — теплая вода на поверхности; K — холодная в глубине; A — насос для теплой воды с деаэратором; B — испаритель; C — трубопровод; D — турбина; E — генератор; F — конденсатор; G — насос холодной воды с деаэратором; H — трубопровод для охлаждающей воды; L — выводящая труба.

с берега. Два раза прокладка не удавалась. В первый раз порвались поддерживающие тросы, и труба утонула. В следующий раз она была смята и получила трещину, которую не удалось заделать. Эти несчастные случаи вызвали значительные денежные потери. Несмотря на это, Клод ни на минуту не терял мужества. Третья труба была проложена 7 сентября 1930 г., и на этот раз все шло, как по программе. Правда, новая труба была короче первой, так как она оканчивалась уже на глубине около 600 м.

Следующие недели ушли на монтаж подсобных машин, и 1 октября 1930 г. турбина заработала в первый раз, но давала всего 22 *квт*. Причины были ясны. Всасывающая труба была слишком коротка для того, чтобы подымать холодную глубинную воду. Вследствие этого охлаждающая вода попадала в конденсатор, имея температуру приблизительно 14°, так что при температуре воды верхних слоев в 28° получалось падение температуры лишь в 14°. Кроме того, Клод использовал ту небольшую установку в 50 *квт*, которая была прежде построена в Бельгии. Для нее новая всасывающая труба со своим центробежным насосом, рассчитанным на часовую производительность в 4 000 м³ охлаждающей воды, была слишком велика; из-за этого вспомогательные машины потребляли гораздо больше энергии, чем это нужно было для турбины.

Для поверхностного наблюдателя этим доказывалась неудача всего принципа. Если же посмотреть в корень вещей, то необходимо согласиться с Клодом, что опыт показал во всяком случае одно, а именно то, что в тропиках принципиально возможно использовать для получения энергии различие температур на разных расстояниях от уровня моря.

То, что это не обходится без трудностей, и то, что первые опыты не отвечают всем ожиданиям, не значит, что нужно опускать руки. Нет ни одного мирового открытия, которое при всей верности теоретических предпосылок не требовало бы от своих творцов известных пробных попыток и исканий для его осуществления. Поэтому и Клод не потерял мужества, несмотря на описанные выше результаты. Наоборот, в связи с кажущейся неудачей у него появились са-

мые смелые надежды. К этому его привели следующие размышления. В большой установке всасывающая труба, равная по поперечным размерам железнодорожному тоннелю, будет доставлять со дна океана воду с температурой около 4°C . Тогда можно рассчитывать на разность температур до 24° . Максимально возможная по законам термодинамики мощность пропорциональна этой разности температур, причем коэффициент полезного действия паровых турбин значительно возрастает вместе с их мощностью; наконец, потери на трение и связанное с ними потребление энергии охлаждающим насосом на каждый кубический метр воды уменьшаются с увеличением диаметра подводящей трубы. По всем этим соображениям коэффициент полезного действия будущей мощной установки должен быть значительно более благоприятным, чем пробной установки в Матанца.

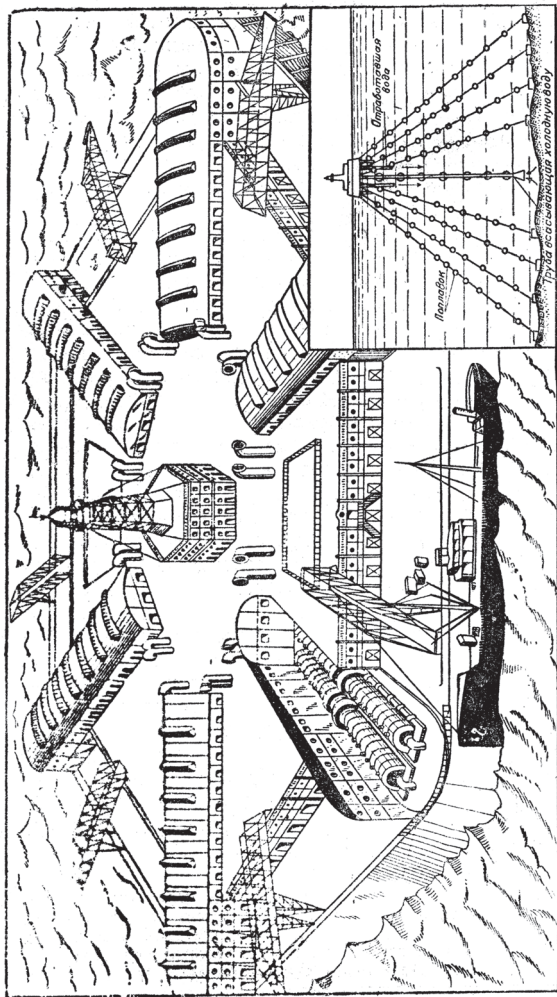
На основании имеющихся до сих пор опытных результатов Клод рассчитал основы такой будущей установки. Он пришел при этом к заключению, что каждый кубический метр воды после вычета всех эксплуатационных расходов энергии может совершать работу, переводимую в электрическую энергию, равную нетто 50 000 *кВт*. Другими словами, установка в отношении своей мощности потребления воды будет подобна гидросиловой станции с напором в 60 *м*. По расчетам Клода стоимость установки составит 550 марок на установленный киловатт, в то время как для больших гидростанций эта цифра определяется в 700—1 000 марок на установленный *кВт*. Так как океанская станция не должна платить налогов за право пользования водой, и ее эксплуатационные расходы значительно ниже, чем у обычной гидростанции, и так как, наконец, морская вода всегда имеется в распоряжении в неограниченном количестве, то из всех этих соображений ясно, что идеи Клода могут быть в будущем осуществлены даже в том случае, если действительная стоимость окажется выше оптимистических расчетов Клода.

Кроме того, необходимо отметить, что было бы неправильным при оценке экономичности таких установок исходить из современных условий, потому что в конечном счете здесь дело идет о новых

путях, и экономические затруднения, могущие возникнуть на сегодняшний день, уже, возможно, через несколько лет будут преодолены. Во всяком случае история техники показывает в избытке примеры как легко, сказав «невозможно», осрамиться перед будущими поколениями. Мы с присущей нам консервативностью мысли слишком охотно рассчитываем на устойчивость всех современных соотношений, которая в действительности совсем не существует. Предположим, например, что когда-нибудь осуществится мысль об устройстве опорных пунктов для южных воздушных линий сообщения через Атлантический океан в виде пловучих ангаров, укрепленных на якоре. В таком случае установки Клода были бы как раз наиболее подходящими для получения энергии, питающей машины, маяки и т. д. В таком случае можно было бы, конечно, всасывающую трубу опускать вертикально — способ прокладки, который технически гораздо проще, а также значительно дешевле, чем косая прокладка с берега. Тогда легко можно было бы трубу сконструировать таким образом, чтобы количество воды, вытесняемое ею, равнялось бы ее весу и чтобы стенки не испытывали никакого натяжения. Подобные идеи приходили в последнее время в голову и Клоду. На это указывает, между прочим, приведенная на фиг. 19 конструкция Клода, в которой вся установка помещается на пловучем понтоне. Во всяком случае было бы большой недооценкой исследователя масштаба Клода и его помощника, опытного инженера Бушера, если бы мы хотели отделаться от всего вопроса поверхностным расчетом.

Совершенно правильно написала поэтому большая американская инженерная газета «Инженер-механик» в декабре 1930 г.

«Если Клод и Бушера, несмотря ни на что, решили провести опыт, стоимость которого значительно превышала миллион долларов, причем деньги они взяли из собственных средств, а не путем распространения акций, то мир специалистов должен воздержаться от проявления слишком сильных сомнений. Потому что способность увидеть возможности там, где никто другой не видит пути, отличает имеющего успех изобретателя от всех тех, кто, основываясь на поверхностных расчетах, предсказывает неудачу предприятия».



Фиг. 19.

Проект плавучей морской станции по Клоду и Бушери.

На шестиугольном понтоне диаметром 600 м размещены звездой шесть машинных помещений. В каждом машинном помещении установлено четыре турбогенератора по 40000 квт. Общая мощность равна, следовательно, около 1 млн. квт. Теплая вода верхних слоев засасывается сейчас же под понтоном. Холодные глубинные воды поступают по центральной всасывающей трубе длиной в 600—1000 м. Между машинными помещениями расположены предприятия, использующие электроэнергию для выработки легко транспортируемых продуктов. Поездки производятся при помощи подвижных кранов непосредственно в океанские корабли. В центральном здании находятся жилые помещения для инженеров и рабочих. Маяк, построенный сверху, указывает местонахождение „острова“. Такой понтон можно было бы построить методами современной техники. Специальной проблемой является укрепление понтона на якорю. Чертеж справа показывает возможный способ осуществления.

Но если бы сверх ожидания идеи Клода оказались непригодными, то есть еще другой путь к намеченной цели. На него указывал уже осенью 1922 г. Вильгельм Шмидт, знаменитый конструктор паровой машины с перегретым паром, и независимо от него в июле 1924 г. (значит также до Клода) — немецкий физик доктор Е. Бройер.

Главные затруднения идеи Клода лежат, повидимому, в необходимости перед испарением освободить от газов поверхностную воду¹, а также в колоссальных размерах, которые необходимо придать всей машинной установке при действительно больших мощностях, так как чем меньше давление пара, тем больше его объемы, необходимые для работы турбины, а следовательно, тем больше и размеры оборудования. Все эти затруднения исчезают, если применять поверхностную воду не для приведения в движение турбины, а для нагревания водотрубного котла.

В таком котле заставляют испаряться при сравнительно большом давлении какую-либо жидкость, кипящую при низкой температуре, например, аммиак, жидкую углекислоту или даже, как предложил д'Арсонваль, сернистую кислоту. Этот пар высокого давления вращает турбину, затем осаждается (сжимается) в конденсаторе, охлаждаемом глубинной водой, и снова направляется в котел². Преимущества этой системы, разработанной, главным образом, Бройером, очевидны. Освобождение от газов теплой поверхностной воды становится излишним. Равным образом отпадает необходимость выкачивать воздух из испарителя для уменьшения температуры кипения. Таким образом отпадают две вспомогательные машины, необходимые в системе Клода и поглощающие значительную часть вырабатываемой мощности. Большое значение имеет еще одно обстоятельство: теплопередача на поверхности труб водотрубного котла, омываемого теп-

¹ В этой воде содержится много воздуха. При испарении давление освободившегося воздуха уменьшило бы или совсем уничтожило бы существующую весьма незначительную разность давлений в установке.

² Принципиально такая установка вполне соответствует изображенной на фиг. 20. Труба с природным паром заменяется здесь трубой, по которой проходит теплая вода верхних слоев.

лой водой, во много раз больше, чем в аналогичном котле, отапливаемом углем. В силу этого обстоятельства котел с такой системой двух жидкостей должен занимать немногим больше места, чем паровой котел обычной конструкции. То же можно сказать и о турбине, которая в данном случае работает при значительно большем давлении пара, так что она может занимать гораздо меньше места. Наконец, Бройер вовсе не собирается опускать так глубоко трубу холодной воды, как Клод. По его расчетам, проверенным и подтвержденным с различных сторон, такая установка с двумя жидкостями работает достаточно экономично при перепаде температур в 20° . Другими словами, если вода верхних слоев имеет температуру в 28° , то охлаждающая вода может иметь температуру в 8° . В тропических морях вода такой температуры находится во многих местах на глубине не больше 400 м. Экономическим следствием этих видоизменений проекта является значительное снижение стоимости. Это относится не только к самой установке, но также и к расходам по ее монтажу и эксплуатации. На основании тщательных подсчетов Бройер предполагает, что стоимость установки должна быть не выше, чем у обычных теплосиловых станций, в то время как стоимость эксплуатации оказывается значительно ниже. Например, для установки в 2 млн. *квт* он оценивает стоимость установленного киловатта в 300 марок.

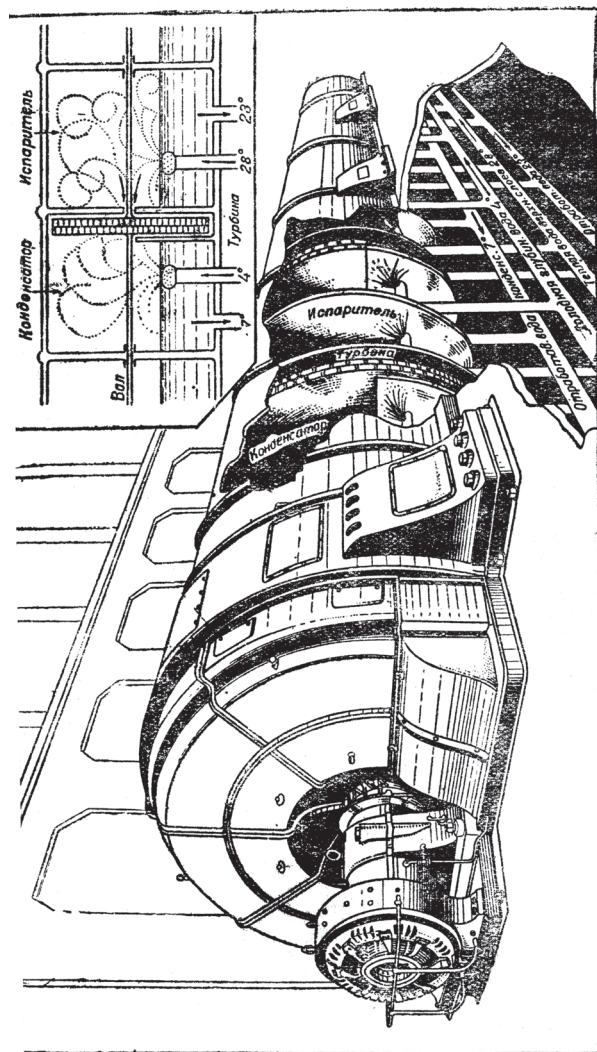
Надо согласиться, что эти рассуждения весьма убедительны. Но и здесь возникает возражение, о котором мы уже говорили выше: все эти соображения известны Клоду так же хорошо, как и Бройеру. Следовательно, он должен иметь достаточные основания для того, чтобы рисковать собственными деньгами на осуществление своего проекта. Может быть решение зависит от одного обстоятельства, о котором мы до сих пор еще не говорили. Так как в установке Клода испаряется непосредственно морская вода, то в испарителях этой установки должно осаждаться большое количество солей, содержащих много ценных веществ. Необходимость удалять эти соли критики причисляли тоже к недостаткам проекта Клода. А что, если как раз в этом обстоятельстве Клод и видит наилучшие экономические перспективы своей системы? С теплотехнической точки зрения наличие

солей, конечно, нежелательно. Но с экономической точки зрения эти «побочные продукты» могут при подходящих условиях оказаться гораздо выгоднее, чем стоимость вырабатываемой энергии. Можно представить себе машинную установку, общая схема которой изображена на фиг. 20, построенную таким образом, что попеременно работает только часть испарителей. Тогда удаление выпадающих солей не нарушает эксплуатации.

Это является наиболее правдоподобным предположением, уже потому похожим на Клода, что его работа всегда проводилась с сильным химическим уклоном. Как бы то ни было, для нас важно, чтобы тем или иным способом можно было добиться намеченной цели, ибо запас энергии, которым мы располагаем в массах теплой и холодной воды океанов, после энергии солнечных лучей и энергии приливов является несомненно наибольшим источником энергии на земле. И этот источник энергии обладает тем большим преимуществом, что в отличие от солнечных лучей и приливов он не зависит ни от времени дня, ни от времени года и вообще мало изменяется.

При таких условиях использование этой энергии может послужить основанием для полной реорганизации общественно-экономических условий в тропиках, ибо новые установки непрерывно создают в качестве отбросов холод (в виде холодной отработанной воды). Поэтому такие установки, кроме дешевой энергии, дают возможность охлаждать почти бесплатно жилые и рабочие помещения. Это обстоятельство может сразу сделать тропики пригодными для заселения.

С этой точки зрения нам интересно еще рассмотреть, какие места на земле пригодны для постройки океанских силовых станций. Пловучие установки можно, понятно, помещать почти где угодно. Однако они требуют гораздо больше расходов при постройке и эксплуатации, и поэтому следует предпочесть силовые станции, расположенные на суше. Кроме возможно большего падения температуры в воде, которое встречается только в тропиках, прибрежные области, на которых будут строиться такие установки, должны удовлетворять еще двум условиям: возможно более крутое опускание дна до



Фиг. 20.

Проект турбогенератора для морской станции по Клоду и Буширо.

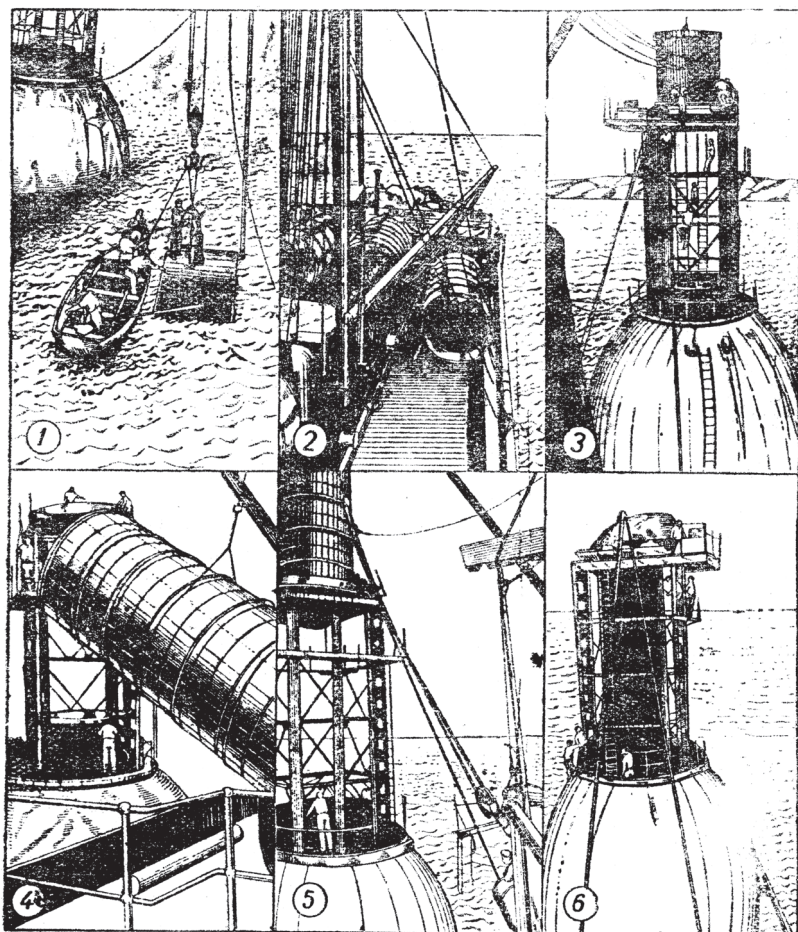
Вода поверхностных слоев с температурой в 28° засасывается центробежным насосом и после удаления газов поступает в испаритель, где давление понижается специальными насосами. Здесь вода частично испаряется. Неиспарившаяся вода с температурой около 23° по особой трубе возвращается в море. Глубинная вода с температурой около 4° засасывается другим центробежным насосом и направляется по особому трубопроводу в конденсаторы, где эта вода нагревается приблизительно до 7° и тоже возвращается в море. Между каждым испарителем и соседним конденсатором расположена турбина, в середину которой подводится пар, создаваемый в испарителе. Отработавший пар выходит из турбины и направляется в конденсатор, где он осаживается. Ротор турбины имеет диаметр от 10 до 15 м. Этому соответствуют размеры других частей машин.

встречи с холодными слоями воды и возможно более сильное морское течение вдоль берега, которое уносило бы отработавшую воду силовой станции. Если это не будет происходить, то холодные воды постепенно будут охлаждать теплую поверхностную воду. Последствия этого очевидны: мощность установки будет постепенно уменьшаться и дойдет в конце концов до нуля. Если с этой точки зрения рассмотреть прибрежные области в тропиках, где удовлетворены оба указанных условия и где вместе с тем существует потребность в электроэнергии, то подходящие условия можно найти в первую очередь на Яве, Цейлоне, Кубе, Малых Антильских островах, затем у Кей-Вест и у Миами на Флориде и, наконец, на побережье Мексики. Эти области уже в настоящее время имеют вполне европейский характер в отношении плотности их сетей электроснабжения и размеров потребления энергии. Гораздо большим становится выбор пригодных мест, если для потребления энергии учитывать не только потребности населенных мест, но и другие возможности, например, выработку на заводах, расположенных по соседству со станцией, электрохимических продуктов, удобных для перевозки. В этом случае можно также принять во внимание коралловые острова в австралийских водах, рифы островов Сунда, Мальдивы и Лаказивы, Никобары и Андаманы, Коморры и Сейшелли, а также острова в Атлантическом океане. Берега всех этих островов круто спускаются книзу, и все они омываются сильными течениями. Правда, здесь возникает новое условие — наличие гавани, доступной для больших пароходов. Если такая гавань налицо, то электростанции, построенные на этих островах, получают преимущества по сравнению со станциями на материках не только благодаря малой стоимости вырабатываемой энергии, но и благодаря еще одному важному обстоятельству. Все они расположены на величайшем пути сообщения, в океане, так что цены изготавливаемых продуктов удорожаются только на незначительную стоимость морского транспорта. Клод думает об этих возможностях, когда он предсказывает в случае осуществления своих идей полную революцию существующих экономических отношений и видит будущие центры промышленности в тропических областях.

*Опыты Клода в Матанце в конце концов увенчались успехом и показали полную технико-экономическую целесообразность промышленной эксплуатации энергетических установок, использующих теплоту тропических морей. В капиталистических условиях нечего было и думать привлекать государство к такому предприятию, и потому Клод опять решил оборудовать все предприятие на свой счет. На этот раз он решил устроить у берегов Бразилии, недалеко от г. Рио-де-Жанейро ледоделательную установку. В октябре 1934 года у берегов Рио появилась целая флотилия из 7 судов с экипажем в 80 человек и общим водоизмещением 15 000 *т*. Идея установки заключалась в следующем. В открытом море неподвижно укрепляется пловучая электрохолодильная установка. Двигатели для генераторов этой установки получают энергию от тепловой станции, использующей в качестве источника энергии теплоту поверхностных слоев воды. Для охлаждения засасывается вода из глубины около 600 м, где температура воды приблизительно равна 5° С. При этих условиях Клод получает еще то большое преимущество, что он может превращать в лед холодную глубинную воду вместо того, чтобы брать теплую воду, как это ему пришлось бы делать при обычной ледоделательной установке.

Технически Клод предполагал укрепить вертикально засасывающую трубу, нагружая ее снизу тяжелым кессоном, весом вместе с балластом около 200 *т*. Сверху эту трубу должен был поддерживать поплавок, имеющий форму громадного шара, весом в 130 *т*. После монтажа труба должна была опуститься с таким расчетом, чтобы поплавок находился метров на 15 ниже уровня воды в океане. Более или менее гибкое соединение этой трубы с пловучей станцией, укрепленной на якорях, позволяло считать установку достаточно надежной для того, чтобы выдержать любую непогоду.

Однако Клоду «не повезло». Вследствие различных неполадок начало работ задержалось, и вся флотилия прождала в Бразилии до начала февраля 1935 г., когда в южном полушарии кончается лето и погода становится бурной. Сначала все как будто шло хорошо. Повреждение одного из кессонов легко удалось исправить на месте.



Фиг. 21. Последовательные этапы монтажа всасывающей трубы пловучей установки Клода.

1) Вид шарового поплавка, к которому при помощи крана подводится кессон. Этот кессон соединяется с нижним концом трубы и должен опускаться вместе с трубой. 2) Несколько элементов трубы, лежащих на борту одной из барж флотилии. 3) Установка нулевого элемента трубы, нижний конец которого должен быть соединен непосредственно с кессоном. 4), 5) и 6) Последовательные этапы установки стандартных элементов трубы. Эти элементы, покрытые теплоизоляционной обшивкой, длиннее нулевого элемента. Они опускаются друг за другом вертикально через поплавков и затем скрепляются.

Труба должна была опускаться по частям. Первые элементы опускались каждый в течение 50 минут, но потом дело пошло скорее, и, начиная с четвертого элемента, время опускания сократилось до получаса. Уже можно было предвидеть благополучное окончание наиболее ответственного монтажа всасывающей трубы (фиг. 21). Но тут случилась беда. Без видимой причины возникли сильные содрогания всей системы. Не успели утяжелить систему, нагружая кессон балластным грузом, как сильные содрогания повторились и кессон затонул, поврежденный ударами о нижний элемент трубы. Налицо была устранимая техническая ошибка. Но Клод подумал о том несчастье, которое могло бы произойти, если бы авария случилась после погружения трубы, когда поплавков, обладающий громадной пловучестью, освобожденный от груза, ринулся бы наверх и своей громадной массой буквально торпедировал бы всю установку.

Кроме того (и это было главное), у Клода были большие финансовые затруднения. Будучи вполне уверенным в технической возможности исправить ошибку, он понимал, что потребные для дальнейшей работы суммы превышают средства отдельного предпринимателя. Чтобы не поддаваться искушению продолжать работу, он добровольно взорвал поплавков, чем и похоронил свое предприятие. Так неудачно окончилась в капиталистических условиях попытка Клода¹.*

¹ Это добавление (между звездочками) написано Я. Н. Шпильрейном.

ГЛАСА ВОСЬМАЯ

ЭНЕРГИЯ ИЗ АРКТИЧЕСКОГО ХОЛОДА

В технике также крайности сходятся. От тропических планов Клода прямой путь ведет к вечным полярным льдам, к методу, изобретатель которого тоже хочет использовать естественную разницу температур, а именно тот запас тепла, которым обладает вода под слоем вечного льда по отношению к значительно более низкой температуре наружного воздуха. Слой льда образует прекрасную тепловую изоляцию, тем лучше защищающую расположенную внизу воду от замерзания, чем толще этот слой. Вследствие этого даже на крайнем севере под слоем вечного льда всюду морская вода имеет температуру в $2-3^{\circ}$ выше нуля, в то время как температура окружающего воздуха в среднем не превышает -22° С. Эта разность температур воды и воздуха в полярных областях в принципе может быть так же использована для получения энергии, как и разность температур поверхностных и глубинных вод на экваторе. Необходимо только найти вещество, упругость паров которого при указанных низких температурах позволила бы выполнять с этим веществом в пределах данных температур такого же рода круговой процесс, какой производится при гораздо более высоких температурах с водяным паром в наших паровых машинах.

Этому условию лучше всего удовлетворяет бутан — углеводородное соединение, кипящее под атмосферным давлением при -10° и остающееся жидким при более низких температурах. Кроме того, бутан обладает очень ценным для данного применения свойством — не растворяться в воде. На этих свойствах бутана основан

проект «ледяной электростанции», разработанной физиком Баржо (Barjot), который он хочет применить для энергоснабжения крайнего севера, в частности, канадских горнопромышленных областей.

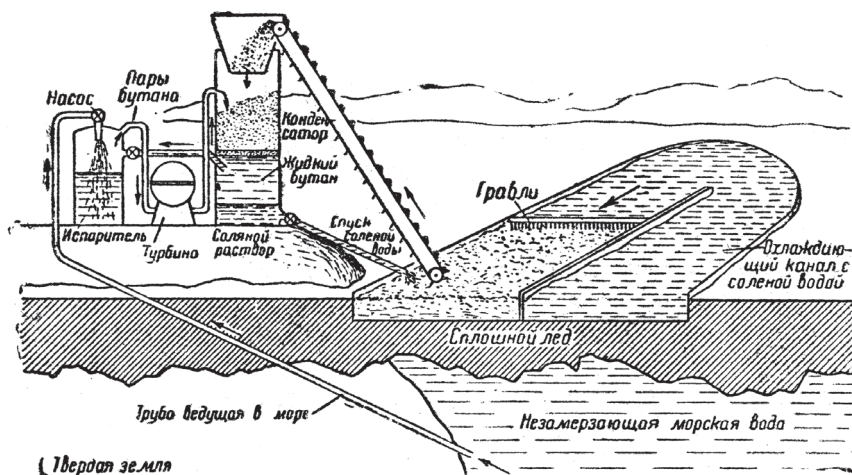
Из предыдущей главы следует, что для использования падения температуры нам необходимо иметь три устройства: испаритель, образующий рабочий пар, турбину, в которой тепловая энергия этого пара превращается в механическую, и конденсатор, в котором отработавший пар турбины снова превращается в жидкость. В данном случае испаритель может быть совсем простым. Так как бутан не растворяется в воде и кипит уже при -10° , то достаточно смешать в закрытом котле с бутаном морскую воду с температурой в $2-3^{\circ}$, теплота которой может быть использована для нагревания. Бутан тогда сейчас же начинает испаряться, в то время как под действием бутана на воду, у которой отнимется тепло, вода замерзнет. Возникающие таким образом куски льда необходимо, понятно, удалять. Они соответствуют золе в топке котла, отапливаемого углем. В остальном испаритель должен быть еще снабжен устройством, удаляющим воздух, освобождающийся при замерзании воды. Так же просто может быть построен и конденсатор, превращающий снова в жидкость пар бутана, выходящий из турбины. С этой целью пар бутана направляется в резервуар, в котором находятся куски замороженного насыщенного раствора соли, температура замерзания которого, как известно, равна -22° . Пары бутана чрезвычайно быстро охлаждаются при помощи этого «соленого» льда, являющегося благодаря большой теплоте плавления великолепным охлаждающим средством. Таким образом пары бутана сжижаются¹. Жидкий бутан течет непосредственно из конденсатора в испаритель, в то время как соляной раствор, растаявший благодаря поглощению теп-

¹ Можно было бы, конечно, применять и соответствующим образом охлажденный соляной раствор, так как существенным является только падение температуры между этим раствором и парами бутана. Замерзший рассол берут по той причине, что воздух, заключенный в растворе выделяется при замерзании, так что не требуется применять специального освобождения от воздуха.

ла, отдаваемого парами бутана, вытекает наружу и снова замерзает в установке, построенной для этой цели.

Фиг. 22 показывает, как Баржо представляет себе устройство и работу такой ледяной станции. Справа на картине мы видим море с толстым слоем сплошного льда. Подо льдом в воде, температура которой равна $2-3^{\circ}$, находится конец всасывающей трубы. Через эту трубу вода подается наверх при помощи насоса и впрыскивается в котел с жидким бутаном, который вследствие этого сейчас же начинает кипеть, сильно испаряться, а впрыснутая вода замерзает и собирается на дне испарителя в виде ледяной крупы. Образующийся пар бутана приводит в движение турбину низкого давления, соединенную с генератором, и затем поступает в конденсатор, наполненный кусками соленого льда с температурой -22° . Здесь благодаря большому холоду пары бутана снова сжижаются, расплавляя вместе с тем некоторую часть льда. Жидкий бутан возвращается в испаритель, а рассол, возникающий из растаявшего льда, отводится наружу и там снова замерзает.

С этой целью Баржо хочет проложить вблизи своей станции охлаждающие каналы в сплошном льде, куда бы направлялась выхо-



Фиг. 22. Схема ледяной электростанции по Баржо.

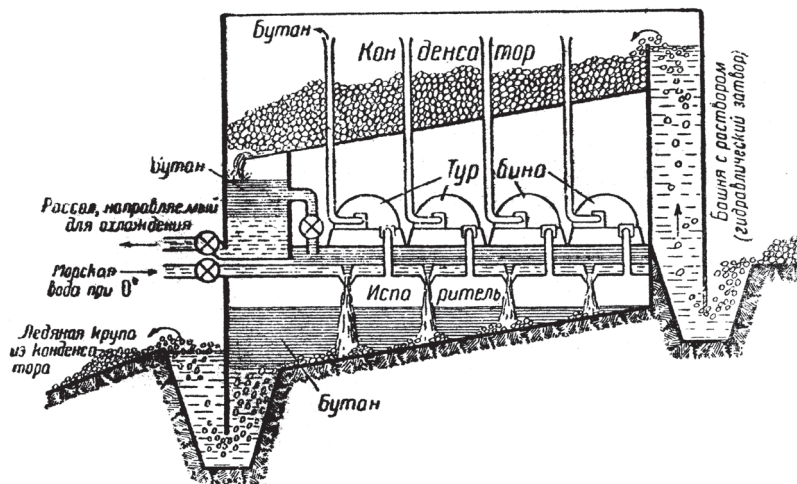
дящая из конденсатора «теплая» жидкость. При дальнейшем пробеге в холодном воздухе эта жидкость постепенно будет охлаждаться, пока в конце концов не начнет под влиянием низкой температуры замерзать и притом в виде небольших чешуек, становящихся с течением времени все больше и вместе с тем никогда не смерзающихся в сплошной слой, так как все время прибавляется свежая жидкость.

Эта ледяная крупа от времени до времени собирается при помощи граблей с электрическим приводом и подается в ковши, снова наполняющие конденсатор.

Необходимый рассол получают тут же на месте из морской воды методом повторного частичного замораживания больших количеств этой воды, причем благодаря пониженной точке замерзания рассола концентрация соли в незамерзшей воде все повышается до тех пор, пока раствор не становится насыщенным.

В качестве дополнения к схеме, изображающей общий вид, на фиг. 23 даны детали котельной и машинной установок.

Справа при помощи охлажденного до -22° столба рассола «соленый лед» автоматически подводится к конденсатору. Для обес-



Фиг. 23. Детали котельной и машинной установок ледяной электростанции по проекту Баржо.

печения этой автоматической подачи давление воздуха в конденсаторе сильно снижается при помощи воздушного насоса и поддерживается на таком низком уровне. Вследствие этого столб жидкости поднимается на значительно бóльшую высоту внутри башни, разделенной стеною на две части, чем во внешней части этой башни. Так как, с другой стороны, мелкие куски соленого льда легче, чем самый раствор, то при бросании льда снаружи в этот раствор он сам собою собирается наверху раствора без применения для этого каких-нибудь специальных средств. Дно конденсатора спускается косо вниз, так что лед скользит по дну и, таким образом, автоматически распределяется. Через косую поверхность проходят трубы с отработавшим паром турбин, расположенных под конденсатором. Пары бутана, выходящие из этих труб, осаждаются на кусках льда, образующего чрезвычайно большую поверхность для конденсации, и затем жидкий бутан течет вниз по наклонной плоскости вместе с раствором, возникающим из тающего льда, и собирается в резервуаре в левом углу конденсатора, где соленый раствор собирается внизу, а более легкий бутан плавает сверху. Отсюда раствор снова выкачивается при помощи насоса и отводится в охлаждающий канал, где он снова начинает замерзать, в то время как бутан попадает в очень длинный резервуар, расположенный совсем близко от трубы, подводящей морскую воду. Резервуар с бутаном и труба с морской водой снабжены многочисленными отверстиями, попарно приходящимися друг против друга. Через эти отверстия бутан, перемешиваемый с морской водой, попадает в испаритель, расположенный в подвале турбинного помещения. Перемешивание с «теплой» водой приводит к тому, что бутан, охлажденный в конденсаторе до -22° , быстро нагревается и начинает энергично кипеть. Пар проходит через короткие подводящие трубы, идущие вверх к турбине, и здесь совершает работу. С другой стороны, вода замерзает при смешивании с бутаном, отнимающим у нее тепло, и превращается в лед. Так как эти куски льда тяжелее бутана, то они опускаются на дно испарителя и затем скользят влево в бункер, из которого они выходят наружу, обходя перегородку.

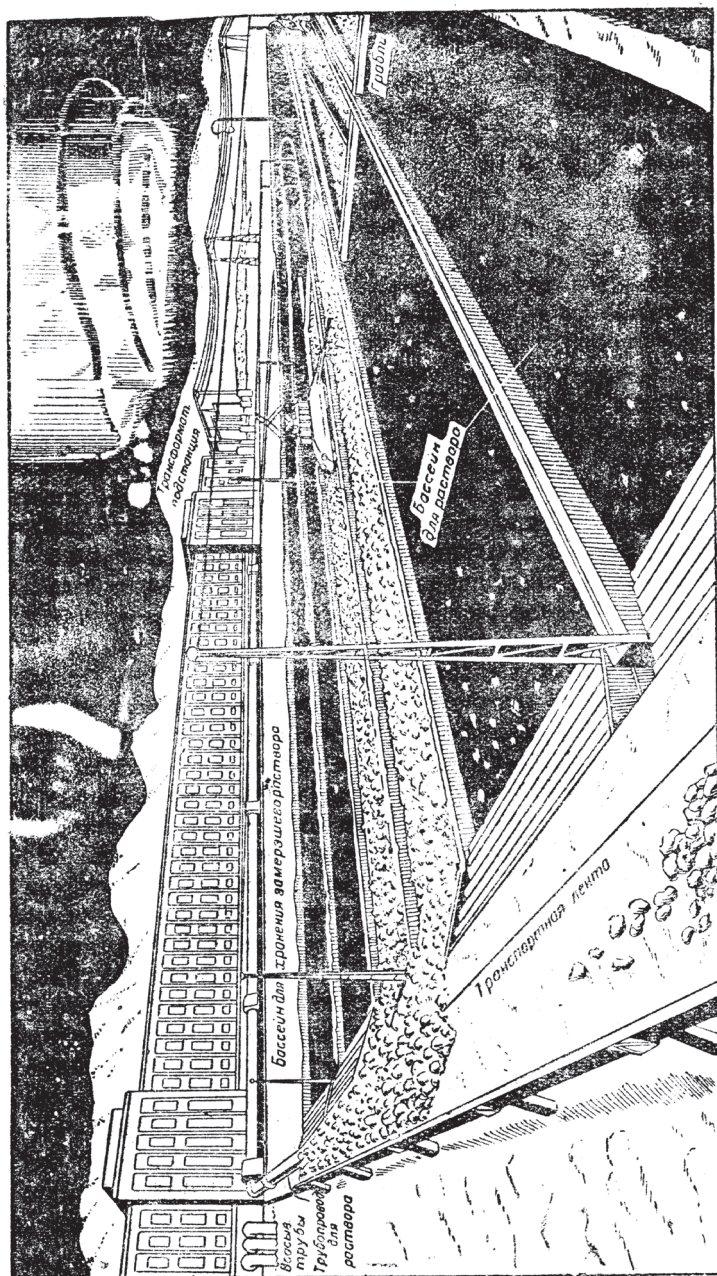
Мощность такой установки зависит в первую очередь от количества создаваемого замороженного рассола, а это количество в свою очередь зависит от размеров охлаждающих каналов. Впрочем, расчет показывает, что энергия такой термической установки, получаемая из 1 м^3 воды, при температуре $+2^\circ$ и температуре замерзания рассола -22° соответствует энергии, получаемой при падении 1 м^3 воды с высоты в 1 200 м. Для использования гидравлической установки с таким громадным напором потребовалось бы весьма дорогое и занимающее много места сооружение. В проекте Баржо мы получаем «напор» как теплопадение между теплым и холодным источником тепла, так сказать, в чрезвычайно малом объеме, определяемом толщиной разделяющего ледяного слоя. Это громадное преимущество даже по сравнению с методом Клода, у которого оба источника тепла разделены гораздо большим промежутком. При проекте Баржо не требуется больших строительных работ, и поэтому силовая станция по Баржо может быть выстроена со сравнительно небольшими расходами. Сам Баржо считает, что киловатт номинальной мощности обойдется всего в 100 марок, в то время как стоимость гидравлических станций дает цифру в 5 или 8 раз бóльшую. Впрочем, в этом отношении изобретатель проявляет, вероятно, чрезмерный оптимизм.

Для устройства таких станций в первую очередь оказываются пригодными Северная Канада, Северная Сибирь, Аляска, Гренландия и берега Белого моря, так как рентабельность такой станции тем больше, чем больший промежуток времени в данной области господствуют необходимые низкие температуры воздуха. Этому требованию удовлетворяют, конечно, также и антарктические (близкие к южному полюсу. ПЕРЕВ.) области, однако там потребность в энергии возникает тогда, когда начнется эксплуатация ископаемых, несомненно находящихся в недрах этой области. Сам Баржо хочет сначала выполнить свой проект в Канаде; возможности выполнения в настоящее время изучаются. Новые геологические изыскания показали, что на берегах Гудзонова залива и Северного Ледовитого океана простирается область в 5 млн. км^2 , чрезвычайно богатая раз-

личными полезными ископаемыми. В настоящее время, однако, эта область почти совершенно не разведана, потому что с обычными средствами нельзя проникнуть глубоко в замерзшую землю¹. Как скоро изменилось бы, однако, это положение, если бы можно было получить дешевую электрическую энергию, иначе говоря, дешевую силу, дешевый свет и дешевое тепло. То же самое можно сказать и относительно залива Мекензи с его большими запасами нефти или относительно золотых и цинковых руд вблизи Озера Рабов, относительно железных руд на островах и относительно невероятно больших залежей ценных медных руд у р. Коппермайн (Coppermine-River) к востоку от Большого Медведя под 67° северной широты. Северная Канада, буквально усеянная озерами, представляет внутри страны благоприятные условия для создания установок по типу Баржо. К этому присоединяется еще то обстоятельство, что как раз на время немногих летних месяцев, когда ледяные станции по понятным причинам будут страдать отсутствием энергии, таяние льдов может дать взамен неисчислимые количества водной энергии в реках и водопадах. Соединение этих возможностей обеспечило бы непрерывное удовлетворение в течение всего года самой большой потребности в электроэнергии и, таким образом, сделало бы возможным развитие таких областей, которые до сих пор считались в экономическом отношении совершенно непригодными.

Впрочем, работа станций по типу Баржо совсем не ограничена полярными областями, так как и под меньшими широтами в течение долгого времени сохраняется температура – 18°. Например, в североамериканских промышленных областях между заливом Гудзона и Большими Озерами, такие температуры не являются редкостью в течение большей части зимы. Здесь также возможна была бы параллельная работа с гидравлическими станциями, работающими в течение летних месяцев.

¹ Так например, в Клондайке золотоискатели могут обрабатывать золотоносные жилы, лежащие на поверхности, только после того, как они отогреют почву струями пара.



Фиг. 24. Общий вид установки для полярных стран, использующей температурный перепад между водой под покровом льда и наружным воздухом.

Наконец, существует еще возможность для такой установки Бар-жо работать и при несколько более высокой температуре воздуха, если сохранять охлаждающие массы в замерзшем состоянии или же применять раствор меньшей концентрации, замерзающий при более высокой температуре.

Во всяком случае можно сделать общий вывод, что способ Бар-жо является чрезвычайно важным для энергоснабжения, только намечаемого как раз в наиболее холодных областях земли. Сверх этого возможно, конечно, что такие установки впоследствии будут играть такую же роль по отношению к гидравлическим станциям, расположенным в более южных областях, какую в настоящее время играют в зимние месяцы резервные паровые станции. Это дает выравнивание между потребностью в энергии, чрезвычайно возрастающей в холодное время года, и мощностью установок, уменьшающейся вместе с уменьшением количества воды.

Фиг. 24 показывает приблизительный внешний вид такой станции. Вместо передачи ковшами здесь показана передача при помощи конвейера, доставляющего куски льда в бункера, и такие станции, весьма возможно, мы также увидим в ближайшем будущем, так как богатства, скрытые в недрах Арктики, давно уже ждут применения энергии для их использования.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

МОЖНО ЛИ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ВНУТРЕННЕЕ ТЕПЛО ЗЕМЛИ?

Этот вопрос возникает сейчас же после того, как мы слышали, что можно использовать для получения энергии теплопадение в морях, потому что каждый знает, что и в земле тепло имеется в избытке. Живыми свидетелями этого являются вулканы. Тепло земли — это приданое, которое получила земля, когда она миллионы лет назад рассталась со своей матерью — солнцем. Земля была тогда расплавленной и, вероятно, вначале имела форму могучего кольца, которое затем разорвалось и сжалось в шар. Со временем этот шар охлаждался и покрывался снаружи корой, которая все время охлаждалась. Наука предполагает, что толщина этой коры равняется примерно 50 км. О том, что лежит под ней, мы из опыта ничего не знаем. Предполагают, что внутренность земли на глубине 200–300 км и в настоящее время осталась жидкой; это мнение опирается прежде всего на то, что при бурении и постройке тоннелей обнаруживалось увеличение глубины быстрого повышения температуры земли, равное у нас в среднем 3° для каждых 100 м. Благодаря такому повышению температуры уже на глубине 4 000 м царит температура приблизительно в 120° , при которой даже при давлении в две атмосферы должна закипать вся находящаяся там вода. Поэтому старая шутка о большой печке, на которой сидит человечество, в основе своей вполне правильна.

Таким образом мы вновь возвращаемся к начальному вопросу о том, можно ли тепло этой печки использовать. Было бы, конечно, самым выгодным, если бы можно было проникнуть в самые глубокие

очаги магмы, потому что запас ее тепловой энергии принято считать при 5 000° С равным квинтиллиону¹ килограммометров. Это такая чудовищная цифра, что никто не может себе составить представление о ней. Но с технической точки зрения она не представляет интереса, так как мы не обладаем средствами ни освоить этот жар, ни подойти к нему. Это не значит, однако, что тепло земли совершенно недоступно, потому что и в земной коре мы имеем естественные печи, маленькие гнезда расплавленной магмы, дымовыми трубами которых являются вулканы. Нельзя ли прежде всего использовать их тепло?

Еще два десятка лет назад эта мысль казалась бы совершенно фантастической, абсурдной, невозможной утопией, которую не мог бы даже вообразить Жюль Верн. В наше же время эта проблема серьезно дискутируется, потому что в Италии во время войны возникла силовая установка, которая всю свою отдаваемую мощность, свыше 12 000 *квт*, производит за счет вулканического тепла в виде горячих паров, нагревающих ее котлы.

В Северной Тоскании, в местечке Лардерелло, близ Вольтерры, лежит первая вулканическая силовая станция. Лардерелло напоминает непосвященному посетителю кусочек ада, ставшего видимым, потому что там, на лишенных всякой растительности склонах гор, виднеются сотни щелей и трещин (так называемых «соффиони»), из которых, шипя и бурля, вырывается сильно нагретый водяной пар. Так как этот пар содержит бор, то уже свыше 100 лет его, так же как и бьющие в этой местности горячие ключи (Лагони), использует фирма Сочиета Борачифера для получения борной кислоты. При этом в 1904 г. пришли к мысли использовать тепловую энергию пара как приводную силу для двигателей. Сначала испробовали установку с 40-сильной поршневой машиной. С ее помощью были снабжены двигательной энергией не только машинное оборудование фабрики борной кислоты, но и небольшая установка для прокатки свинца, а впоследствии — и генератор, который снабжал фабрику и село электрическим светом. Вся эта установка работала

¹ Квинтиллион равен триллиону биллионов или 10^{30} . Ред.

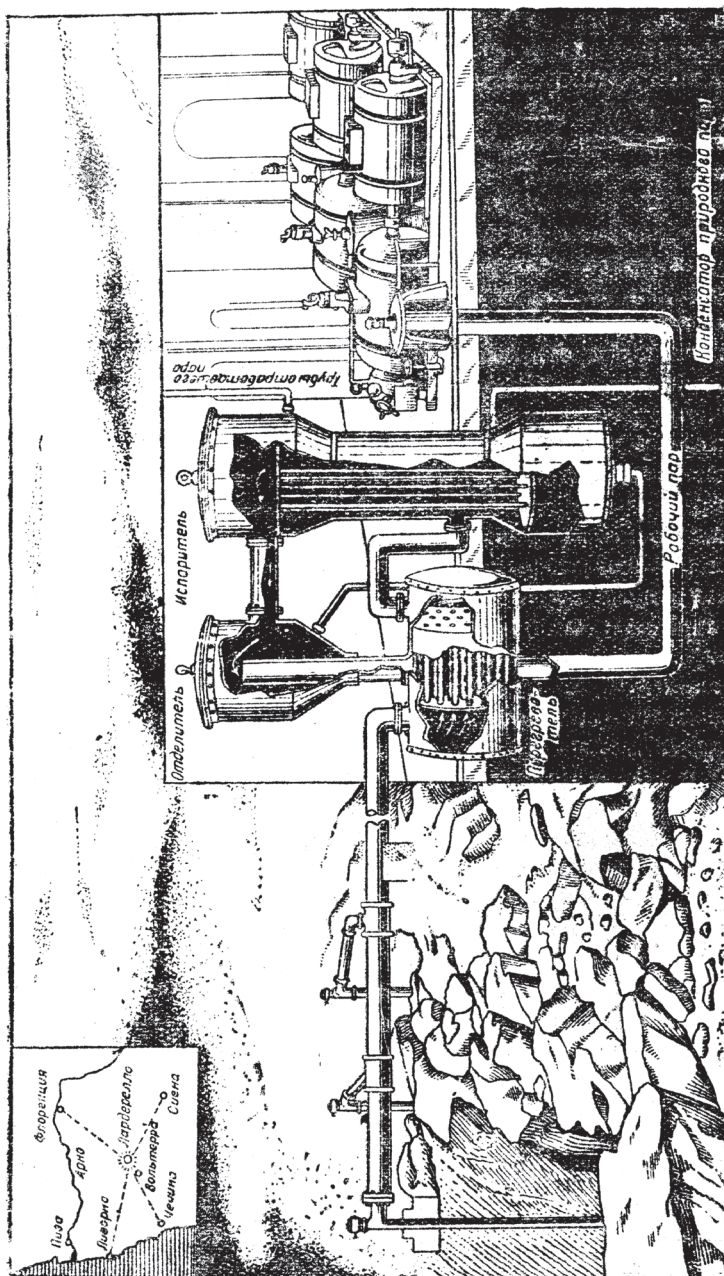
вполне удовлетворительно, пока в один прекрасный день паровая машина не остановилась, так как ее внутренние части были совершенно разъедены. Сначала в увлечении щедрыми дарами природы проглядели, что большое количество содержащихся в паре борно-кислых солей, аммиака, следов серной кислоты и т. д. является не весьма приятной примесью для работы паровых машин. Опыт получился весьма горький, но поучительный. Общество давно уже имело намерение использовать в большом объеме пар упомянутых «соффиони» для производства электрической энергии, для которой в окружающих городах нашелся бы хороший сбыт. Для того чтобы осуществить этот план, нужно было сначала поставить всю систему на новое рациональное основание. Подробные обсуждения показали, что желаемая цель могла быть достигнута только окольным путем, а именно тем, что природный пар использовался для отопления испарителя, который из чистой воды производил чистый рабочий пар. По этому пути и пошли. В 1912 г. открыли пробную установку, состоящую из специально построенного вертикального водотрубно-го котла и небольшой паровой турбины на 200 *квт*, непосредственно соединенной с генератором. Результаты были благоприятны. Ввиду большого спроса военной промышленности в начале войны на энергию, общество решило немедленно построить большую районную станцию, которая в 1916 г. открылась с тремя агрегатами мощностью каждый по 2 500 *квт* и с тех пор была расширена до общей мощности в 12 000 *квт*. Вырабатываемая энергия передается по пяти линиям передачи и присоединяется к сетям городов Вольтерра, Сиенна, Ливорно, Течина, Флоренция, где между прочим этой энергией питаются и трамваи.

Так как каптаж¹ естественных паровых источников в большинстве случаев представляет затруднения, отопительный пар берут из специально устроенных буровых скважин диаметром 40 *см*. В общем буровые скважины делают глубиной 60–120 *м*, но в отдельных случаях дошли уже до 150 *м*. Во время работы в буровую скважину

¹ *Каптаж — улавливание. В данном случае — отвод в трубу источников пара.*

вставляются сваренные железные трубы. Как только достигается глубина, считаемая подходящей, бур удаляется и заменяется грубо подходящим поршнем, загоняемым возможно глубже, для того чтобы его можно было потом очень быстро вытащить посредством ворота с электрическим приводом. Благодаря этому в буровой скважине возникает разрежение, дающее возможность пару, заключенному внутри, пробить остающийся тонкий слой земли. Первым следствием этого является небольшое вулканообразное извержение ила, камней, пара и воды, происходящее часто с такой силой, что оно разрушает буровую вышку. Через несколько минут все проходит, и начинает течь спокойно и равномерно сухой пар со средней температурой в 180° , со средним давлением, превышающим атмосферное на 3 *at*. Согласно многолетнему опыту это давление остается совершенно постоянным, также не меняется обильность парового источника, который смотря по месту расположения, дает 3 000—14 000 кг пара в час.

Когда буровая скважина совершенно очищена, она соединяется с собирательным трубопроводом, который направляет пар из всех буровых скважин в котельное здание. Подробности устройства видны из фиг. 25. Мы видим, что природный пар протекает сначала в перегреватель, а потом в испаритель, где он частично сгущается в воду. Остаток же вместе с содержащимся в нем газами проходит через трубы отработавшего пара в фабричные установки, где из него добывают углекислый газ, а в последнее время — также и гелий. Почти чистая нагретая приблизительно до 90° конденсированная вода природного пара также используется. Она питает испаритель, работающий по типу водотрубного котла и состоящий приблизительно из 300 алюминиевых труб длиной в 7 м, заключенных в оболочку из листового железа. Трубы, наполненные конденсированной водой, омываются горячим природным паром; благодаря этому вода доводится до кипения и превращается в пар, который проходит сначала (для того чтобы его высушить) через водоотделитель, а потом через перегреватель, который также отопляется природным паром. Отсюда перегретый пар подается в турбину, которая вращает непосред-



Фиг. 25. Оборудование вулканической станции в Лардерелло, имеющей в настоящее время мощность в 12000 кет.

ственно соединенный с ней генератор. Отработавший пар турбины сгущается в конденсаторе с поверхностным охлаждением и, таким образом, частично возвращается в испаритель.

Как уже было сказано, вулканическая силовая установка имеет на сегодняшний день мощность в 12 000 *квт*. Это не мало, но все же это только начало, которое можно вскоре расширить, если дальнейшие опыты будут благоприятны. В этом смысле необходимо оценить то известие, что недавно решили провести буровые скважины значительно глубже в надежде открыть благодаря этому значительно бóльшие источники пара. Первый успех не замедлил обнаружиться. 26 марта 1931 г. был пробит такой источник, мощность которого далеко превышала известную до сих пор максимальную меру. Приблизительно на глубине 360 м бур проткнул стенку «подземного котла», после чего из буровой скважины вырвалась струя пара высотой в 300 м, смешанного с водой, илом и камнями, оглушающий рев которого ясно слышен был на расстоянии 50 км. По предварительным расчетам эта буровая скважина дает ежечасно 260 000 *кг* пара с температурой в 160° С, в то время как общее потребление пара силовой установки составляет при полной нагрузке 168 000 *кг/час*. Новая струя пара может, таким образом, самостоятельно снабдить энергией электроустановку с номинальной мощностью свыше 15 000 *квт*.

Этот маленький расчет лучше длинных слов показывает, какую массу энергии можно получить, если плавно приступить к эксплуатации подземных котлов, питаемых огнем вулканов. Имеется еще много местностей на земле, где находится естественный пар. Частично их даже лучше можно было бы употребить для получения энергии, чем «соффиони» в тосканских мареммах¹, потому что их пар не содержит вредных примесей.

Это относится к фумаролам² в области Лаго-Маджиоре, которые также принадлежат фирме Сочиета Борачифера. Там в на-

¹ Маремма — болотистая местность в Италии. Ред.

² Фумаролы — трещины, из которых вырываются струи газа, водяного пара и дыма. Ред.

стоящее время заняты постройкой силовой установки мощностью в 10 000 *квт*, которая должна будет использовать природный пар непосредственно в турбинах. Такое непосредственное использование, конечно, повышает общий коэффициент полезного действия. На небольшой опытной установке этот метод использования дал в течение нескольких лет хорошие результаты.

Далее приступили к обширным подготовительным работам в области серных источников «сольфатори» у Поццуоли (около Неаполя), для того чтобы практически выяснить возможность их эксплуатации. Здесь дело идет о непосредственном использовании тепла Везувия. Если это совершится, то следующим объектом будет Этна. Для Италии эти старания имеют особенное значение, так как эта страна совсем не имеет каменного угля и имеет только небольшие залежи бурого угля; в то же время сравнительно большие водные силы сосредоточены в Северной Италии. Вулканические силовые установки в Южной Италии были бы хорошим дополнением, которое сэкономило бы Италии большую долю ввоза угля.

Но и в других местах начинают шевелиться, и прежде всего в Соединенных Штатах и на Яве. Приблизительно на 60 км севернее Сан-Франциско лежит горная цепь Майакема Рейндж (Mayacama Range), чрезвычайно богатая потухшими вулканами. По ее западному склону простирается большая тектоническая линия излома, вдоль которой во многих местах выступают естественные источники пара. Повидимому, там находится очаг магмы¹, близкий к поверхности, горячие газы которого настолько нагревают всю местность, что вода часто начинает кипеть уже на глубине в $1/2$ м. Первые попытки пробуровать здесь регулярно работающие источники пара были проделаны Всеобщей компанией электричества (GEC) летом 1921 г. С тех пор проложены были многие буровые скважины, которые давали значительные массы пара с температурой в 150–190° С под давлением до 13 *ат*; от технического использования этого пара пока отказались, поставив только небольшой турбогенератор мощ-

¹ Магма — расплавленная масса, находящаяся внутри земного шара. Ред.

ностью в 35 *квт* для целей освещения и привода буровых установок. В остальном удовлетворялись тем, чтобы путем регулярных измерений установить, остается ли при свободном выпуске масса пара постоянной. До сих пор эти ожидания оправдывались, мощность подачи пара не обнаружила заметных колебаний. Даже установка буровой скважины в непосредственной близости с уже существующей не оказывает влияния на подачу пара.

На Яве в 1926 г. начали подобные опыты в области «фумарол». Голландские геологи оценили будущность предприятия в очень благоприятном свете, потому что средняя подача пара здесь настолько велика, что для каждой буровой скважины можно рассчитывать на мощность приблизительно в 900 *квт*. Если исходить из этих цифр, то для проектируемой здесь мощной вулканической силовой станции, даже при самой быстрой амортизации вложенного капитала, стоимость 1 *квтч* определяется в 0,2—0,3 пфеннига, в то время как в близлежащих больших гидростанциях стоимость 1 *квтч* в 4 раза больше.

Мы видим, что и в этой области имеется достаточно достижений. Не подлежит никакому сомнению, что и в других местах поступят таким же образом, как только дальнейшие успехи устранят существующие препятствия. Япония, Новая Зеландия, бедная топливом Исландия, Аляска со своей «долиной 10 000 паров» могут быть величайшей в мире областью фумарол. Все они обладают особо благоприятными предпосылками для использования нового источника энергии, о котором здесь идет речь. Но нельзя думать, что только в вулканических активных местностях возможно использование тепла земли. Правда, они являются передовыми участками, собирающими первые опыты. Конечной же целью является поставить тепло земли повсеместно на службу человечества; и эта мысль уже была высказана, и существует даже проект, автором которого был известный изобретатель паровой турбины Чарльз Парсонс. Он исходил из хорошо известного геологам явления, что и в странах с совершенно потухшими вулканами есть места, где тепло земли увеличивается с каждыми 100 м глубины не на 3°, как в других

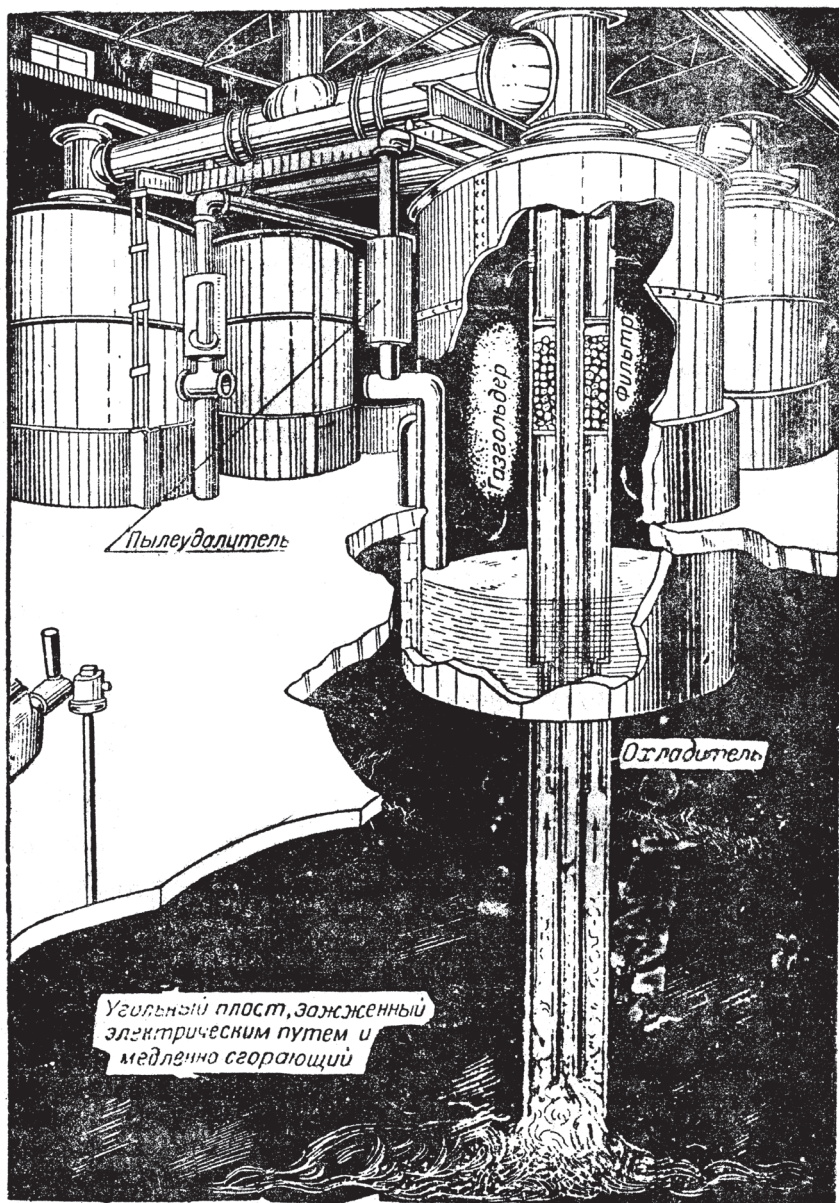
местах, а значительно больше; так что мы при бурении встречаемся при сравнительно небольшой глубине с довольно высокой температурой. Парсонс считал, что имеющимися техническими средствами можно в таких местах проложить шахты так далеко, пока не будет достигнута температура приблизительно в 200°C . При нормальных условиях это соответствует глубине в 6—7 км. Для этого нужно иметь по две таких шахты, через которые прокладывались бы стальные трубы, соединяемые внизу большими камерами. Все остальное было бы потом просто. Через одну из шахт сверху все время приводилась бы вода, которая на своем пути быстро нагревалась бы и в глубине превращалась в пар. Этот пар должен был бы подниматься вверх через вторую шахту и отсюда подводиться к большим турбинам. В основном идея Парсонса заключалась в том, чтобы воспроизвести в местах, где вулканическая деятельность уже затихла, те же явления, которые естественно создаются природой в вулканически активных местностях: в земле должны возникнуть настоящие паровые котлы, отапливаемые внутренним жаром земли. Энергия, получаемая из такой установки при обязательном условии достаточной величины подземных камер, зависела бы в конечном счете от количества воды, подводимого ежечасно к шахте, причем падение этой воды в верхней части шахты целесообразно было бы использовать. Водяные силовые установки, которые поглощают в секунду 10 м^3 воды, в настоящее время уже не являются редкостью. Эта водяная масса, нагретая до 160° , означает мощность около 3 млн. *квт*, для получения которых в нормальной паросиловой установке нужно было бы сжигать около 70 000 *т* угля в сутки. Мы вычислили, что энергетическая потребность мира на 1970 г. будет равна 750 млн. *квт*. Таким образом 250 силовых станций, использующих тепло земли, смогли бы с избытком покрыть общую мировую потребность в энергии на много десятков лет вперед. Это показывает лучше всего, как чудовищно велики заключающиеся здесь запасы энергии.

Однако пока еще мы не можем использовать эти запасы, так как отсутствуют технические возможности для того, чтобы проложить буровые скважины на глубину 6—7 км. И еще меньше мы в со-

стоянии вырыть на такой глубине камеры нужные для соединения обеих буровых скважин. Эти и другие возражения, как, например, малая теплопроводность каменной породы, были противопоставлены плану, для того чтобы доказать его невыполнимость. Но и здесь забывают о том, что эта задача должна быть разрешена в далеком будущем, когда мы, вероятно, будем располагать совсем другими техническими возможностями, чем в наше время. Кто бы считал возможным 100 лет назад, что когда-нибудь водолазы будут искать затонувшие сокровища на глубине 200 м. Почему же считать невозможным, что в следующем столетии шахты будут прокладываться на глубине, невероятной для современных представлений? И на дне этих шахт заставят работать автоматические буровые землекопные машины с искусственным охлаждением при температурах, достигающих, может быть, 160°¹.

Имеется, однако, еще один вариант этого проекта без применения котлов в глубине земли, а с устройством искусственных очагов вместо естественных, — это идея, которую опубликовал в 1914 г. сэр Виллиам Рамсэй, известный своим открытием благородных газов. Основываясь на трудах конгресса геологов в 1913 г., из которых исходят наши рассуждения, Рамсэй сказал себе, что самым простым путем для борьбы с предстоящей угрозой угольного голода является использование многих угольных месторождений, которые мы на сегодняшний день не можем эксплуатировать, так как там угольные пласты слишком тонки для горных работ. Это справедливо для всех пластов мощностью менее 80 см, а практически дело обстоит так, что почти три четверти всех известных на земле угольных запасов представлены такими пластами (см. главу I). Образец для своего предложения разработки этих масс угля, недоступных для нас на сегодняшний день, Рамсэй нашел в соляных копиях. Там также имеются во многих местностях очень тонкие залежи, непригодные для

¹ Советский турбобур (инж. Капелюшникова) является одним из доказательств технической возможности и значительного усовершенствования способов бурения и увеличения глубины бурения. Ред.



Фиг. 26. Проект Рамсэя газификации угольных пластов, непригодных для горной добычи.

горной обработки. Тогда, чтобы добыть соль через буровые скважины, нагнетают в глубь шахты воду и растворяют таким образом эту соль для того, чтобы, выкачивая соляной раствор, выпарить его.

Уголь нельзя растворить, потому что мы не знаем для него растворителя. Но можно было бы его на месте зажечь с помощью электричества и подводить к горящим залежам угля по трубе попеременно сжатый воздух и водяной пар. Сжатый воздух каждый раз увеличивает жар до белого каления. При этом уголь сгорает в окись углерода, образующую с нагнетаемым вслед за этим водяным паром водяной газ. Эту разновидность смешанного газа, хорошо пригодную для питания газовых двигателей и для целей отопления, можно было бы через широкую трубу засасывать из горящих слоев угля, охлаждать, очищать и собирать в больших газгольдерах. Таким образом получается картина большой газовой установки, приблизительно показанная на фиг. 26¹. Полученным газом можно было бы питать газовые двигатели и генераторы. Такие газовые установки имеются уже с давних пор на наших металлургических предприятиях только с той разницей, что там вместо водяного газа применяется доменный газ. Предпочтительней была бы, однако, другая комбинация, к которой нас приводит вопрос, весьма связанный с изложенными предложениями. Необходимы ли для получения электричества двигатель и генератор? Нет ли других путей к этой цели? Нельзя ли, например, непосредственно превращать тепло и свет в электричество? Ответ гласит: пока эти превращения возможны только в лабораторных условиях, технически же все еще остается в будущем. Основы этих преобразований, известные в настоящее время, излагаются в последней главе.

¹ Эта идея начинает осуществляться в Советском Союзе. В дополнительной главе читатель познакомится с нашими достижениями в этой области. Ред.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ

КОНЕЧНАЯ ЦЕЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Вопрос о непосредственном превращении тепла в электричество занимал науку и технику уже свыше 100 лет, с тех пор как в 1821 г. Зеебек открыл явление, которое физики просто называют «термоэлектричество». Многие читатели еще наверное со школьной скамьи помнят соответственный опыт. Спаивают две полоски различных металлов с одной стороны и нагревают спаянное место. Тогда возникает электрический ток, который можно снять на несспаянных концах. До этого места все как будто бы в порядке. Однако потом возникает «но». Никто до сегодняшнего дня не знает точно, что при этом способе получения энергии происходит внутри металлов. Вследствие этого у нас пропадает всяческая возможность направлять опыт по нашему желанию. То, что до настоящего времени испробовано при таком устройстве, показывает в лучшем случае коэффициент полезного действия в 1%. Значит, используется только $\frac{1}{100}$ подведенной тепловой энергии. Об это разбивается всякая попытка использования в большом масштабе. К счастью, однако, термоэлемент не единственный путь к цели, о которой говорилось раньше.

Напротив, наука знает уже с давних пор, что окисление угля, называемое обыкновенно горением, можно вести таким образом, чтобы освобождающаяся энергия возникала не в форме тепла, а в форме электричества.

Это «холодное горение» при благоприятных условиях может показать использование добрых 95%. Холодным горением это явление называется потому, что соединение угля с кислородом воздуха

совершается без образования тепла или пламени. Но это не значит, что процесс протекает при нормальной температуре, так как соединение угля с кислородом возможно только при сравнительно высокой температуре. В этом горении, т. е. потреблении угля, и лежит основное различие элемента с горючим материалом, построенного на указанном принципе, по сравнению с известными гальваническими элементами, наиболее распространенным представителем которых является элемент с нашатырем, применяемый в звонковых установках. В нем уголь тоже составляет один электрод, в то время как другой состоит из цинка. Но «сгорает» в элементе с нашатырем дорогой цинк, в то время как уголь остается без изменения.

Первый, кто взял на себя задачу построить элемент, сжигающий не дорогой металл, а дешевый уголь, был французский химик Беккерель, открывший радиоактивность. Он продлевал свои опыты уже 80 лет назад. По его следам пошли впоследствии другие исследователи, между ними и швейцарец Е. Баур, который после длительных исследований пришел к очень высокой отдаче со сравнительно простыми средствами, так что с практической точки зрения его способ имеет наибольшие перспективы. Элемент Баура с горючим материалом состоит из большого огнеупорного ящика, который внешним подогреванием поддерживается на температуре $1\ 000^{\circ}$. В этом ящике находится расплавленная медь, на которой плавает толстый также расплавленный слой окиси меди (медный шлак). В жидкую медь погружена труба, через которую вдувается воздух. Эта труба составляет в то же время положительный полюс элемента постоянного тока, в то время как в качестве отрицательного полюса берется угольный блок, погруженный в поверхностный слой медного шлака, но не касающийся чистой меди. При таком устройстве, как только начинают вдувать воздух, происходит следующее явление: кислород воздуха соединяется с медью в окись меди, последняя вследствие своего меньшего удельного веса выплывает наверх и встречается с углем. Уголь и окись меди под влиянием высокой внешней температуры вступают в химическую реакцию, причем уголь сгорает, превращаясь в окись углерода, в то время как окись меди восстанавливается

в виде чистой меди. При этом преобразовании освобождаются электроны, движение которых образует ток во внешней цепи.

Расходуется при всем этом процессе только уголь и кислород. Медь, превращаемая в медный шлак, все время восстанавливается. Правда, реакция на этом не кончается. Сгорание угля (C) в окись углерода (CO) не представляет полного использования содержащейся в угле энергии, потому что каждый атом углерода может присоединять к себе не один, а два атома кислорода. Поэтому Баур направляет возникающую окись сейчас же во вторую, несколько более сложную установку, где эта окись углерода (CO) при температуре около 800° C сгорает, превращаясь в углекислый газ (CO₂). Этот процесс тоже ведется таким образом, что возникает не тепло, а только электричество. Из всей энергии, заключенной в расходуемом угле, можно при этих условиях использовать не меньше 60%. Это обстоятельство означает совершенно исключительный прогресс по сравнению с энергетическим балансом применяемого в настоящее время окольного пути для получения энергии: паровой котел — паровая турбина — генератор¹.

Открывающимися здесь перспективами мы могли бы быть совершенно довольны, если бы здесь не был замешан весьма дорогостоящий элемент, а именно необходимость все время поддерживать резервуар на температуре в 1 000°.

Это предварительное условие и составляет главную причину того, что из 100% используемой мощности, которую теоретически можно получить, теряется 40%.

Но если связать идею об элементах с горючими материалами со смелым предложением Рамсэя о газификации недоступных горнорудной обработке угольных пластов внутри земли, то картина меняется. Где существуют такие условия, там можно элементы с горючими материалами нагревать при помощи водяного газа. Таким образом

¹ Коэффициент полезного действия наиболее современных паровых машин равен в лучшем случае 30%, в то время как современный генератор обладает коэффициентом полезного действия в 96%.

можно было бы сразу убить двух зайцев. С одной стороны, можно использовать негодные для эксплуатации угольные залежи, а с другой стороны, можно получить дешевое тепло для работы станций, построенных на элементах. В таких электрических установках не было бы ни дымовых труб, ни дыма, ни копоти, ни котельных зданий, ни турбин, ни динамо. В просторных галереях стояли бы огнеупорные резервуары высотой с дом, похожие на мартеновские печи, отапливаемые газом и соединенные посредством громадных труб с компрессорами, приводимыми в движение электричеством и непрерывно нагнетающими воздух в расплавленную массу. Обновление использованного угля происходило бы благодаря постоянному вдуванию угольной пыли. Таким образом практически все производство было бы совершенно автоматизировано. Для наблюдения было бы достаточно немногих инженеров.

Правда, здесь еще возникает вопрос: в будущем, когда мы овладеем техникой решения таких задач, не продвинемся ли мы настолько вперед, что холодное горение окажется тоже окольным путем? По всей вероятности, к тому времени уже будут полностью знать физические условия работы термоэлемента, так что тепло земли сможет быть непосредственно превращено в электричество. Возможно, что мы до того времени будем в состоянии непосредственно получать электричество из солнечных лучей с помощью фотоэлектрического эффекта, потому что в небольшом масштабе мы можем это проделать уже теперь. Последние достижения в этой области связаны с именем немецкого физика Б. Ланге. Он построил для этого небольшой аппарат, состоящий, главным образом, из медных пластин и слоев окиси меди. Этот аппарат в противоположность старым фотоэлементам может работать при атмосферном давлении. Когда эти пластины (так называемые купроксные элементы. П Е Р Е В.) освещены солнцем, то в них происходит химический обмен, сопровождающийся электрическим током. В этом случае коэффициент полезного действия тоже не столь ограничен, как у теплосиловой машины. Наоборот, теоремы термодинамики теоретически допускают, так же как и в элементах с горючими материалами, полезное действие не менее 95%. Но и здесь мы

должны надеяться на будущее, потому что пока в этих опытах речь идет только об экспериментах в лаборатории.

Еще меньше поддается обсуждению с точки зрения «сегодняшнего дня» физическая проблема, самая большая, которую придется решить технической физике, а именно использование внутриатомной энергии путем искусственного разрушения атомов. Эйнштейн нам показал, как вычислить энергию материи. В одной капле воды, как показал Эйнштейн, достаточно энергии для того, чтобы в продолжение целого года давать мощность в 200 л. с. Следовательно, дело идет о количествах энергии, которая при той же массе в сотни тысяч, даже в миллионы раз больше того, что мы могли бы получить при сгорании или при других химических реакциях. Однако до сих пор мы не знаем никаких возможностей добиться этих реакций, вызвать их действие. У радиоактивных веществ мы можем наблюдать, как внутриатомная энергия выделяется естественным путем, но эти вещества или слишком редки или слишком инертны, для того чтобы их можно было употреблять для силовых целей. А там, где мы сами можем вызвать такие атомные превращения (я назову в качестве примера разрушение ядра алюминия), процент разрушаемых атомов слишком мал для того, чтобы привлечь внимание инженеров. Несколько лет назад казалось, что физики подошли к этому большому открытию, потому что в то время появилось известие о превращении водорода в гелий. Но известие оказалось ложным. Эта область остается еще недоступной для техника, пока наука не проложит ему дорогу. Пройдут ли до этого годы или поколения, этого никто на сегодняшний день не может сказать. Но в один прекрасный день человечество, вероятно, будет стоять у этой цели. Тогда оно будет, улыбаясь, смотреть на громадные гидравлические и теплосиловые установки, которые сегодня (еще так недостаточно) снабжают мир энергией.

И вместо того чтобы утолять голод колоссальных котлов такими драгоценностями, как уголь и нефть, или строить плотины, стоящие бесчисленные миллионы, оно будет отмерять порции внутриатомной энергии карликовыми машинами, мощность которых в тысячи

раз превысит то, что могли делать предки этих машин. С этого дня исчезнет все, что в настоящее время служит для переноса топлива с одного места земли на другое, ибо годичный запас топлива для электрической станции сможет быть помещен в обыкновенной бутылке, а всякая работа непременно будет производиться при помощи электричества. Если продумать эти возможности до конца, то перед нашими глазами раскрывается грандиозная реконструкция энергохозяйства, далеко превышающая самые смелые желания техники насегодня. Неограниченные количества энергии, так же хорошо приспособленные сеять смерть и истребление, как жизнь и счастье, будут в распоряжении человечества.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ

МИРОВЫЕ ЗАПАСЫ ЭНЕРГИИ¹

Современное техническое развитие мирового хозяйства основано на растущем использовании огромных количеств природной энергии, преимущественно топлива.

Чтобы иметь возможность сравнивать разные виды энергии, пользуются понятием условного топлива. Мы принимаем в качестве условного топлива донецкий уголь, дающий 7 000 калорий при сжигании одного килограмма. Если какое-либо топливо дает при сжигании только 3 500 калорий, то один килограмм такого топлива равен 0,5 кг условного топлива.

В 1913 г. во всем мире было выработано энергии, исчисляемой в 1,5 млрд. *т* условного топлива, а в 1929 г. это число выросло уже до 2 млрд. *т*².

Несмотря на уменьшение процента потребления угля в мировом энергобалансе, абсолютное количество его возрастает. (В 1913 г. его было потреблено 1 345 млн. *т*, или 82,8%, в 1929 г. — 1 538 млн. *т* или 69,7%).

Почти 90% мировой выработки энергии связано с извлечением из недр таких источников энергии, которые накапливались веками и которые не могут быть восстановлены. Совершенно естественно

¹ Автор настоящей главы — М. И. Казан.

² Начиная с 1930 г. с наступлением кризиса в капиталистических странах, суммарная мировая выработка энергии была отброшена далеко назад, несмотря на бурный рост энергетических отраслей производства СССР.

поэтому задуматься о наличных размерах этих природных богатств во всех странах мира. Если бы вопрос об этом ставился повсюду так, как в СССР, в условиях планового социалистического хозяйства, то учет естественных энергетических ресурсов проводился бы с одинаковым интересом и с одинаковой точностью и полнотой по всем видам ресурсов, а не только в отношении одного из них, пусть и самого важного. В условиях же капиталистического хозяйства, при хищническом отношении к природным богатствам, заинтересованность в таком учете, естественно, ослабляется.

В результате этого нам из всех источников энергии более или менее хорошо известны только лишь мировые запасы угля.

Наименее точным является учет мировых запасов нефти. Во многих капиталистических странах этот учет рассчитан не столько на то, чтобы правильно выявить запасы, сколько на то, чтобы скрыть наличные ресурсы и усилить боязнь быстрого истощения нефтеносных недр.

Запасы горючих сланцев в большинстве капиталистических стран остаются слабо изученными, несмотря на большое их значение. Мало внимания в капиталистических странах уделяется торфу, занявшему в народном хозяйстве СССР видное место.

Как мы уже отмечали, наиболее полно и более точно, чем остальные ископаемые энергоресурсы, изучены мировые запасы угля.

Нужно, однако, иметь в виду, что во многих странах, особенно экономически отсталых и зависимых, новые угольные районы почти не изучаются, и только по СССР мы имеем прирост установленных запасов угля с 220 миллиардов тонн в 1913 г. до 1 240 миллиардов в 1935 г. В настоящее время СССР по своим запасам каменного угля вышел на второе место после США (3 838 млрд.) и отодвинул на третье место Канаду (1 234 млрд.).

Основываясь на материалах геологического конгресса в Торонто в 1913 году, международных энергетических конференций, происходивших после мировой войны, и на результатах изучения соответствующих ресурсов в СССР, мы можем дать следующую сводку мировых запасов энергетических ресурсов, разведанных до настоящего времени (по состоянию учета на 1935 год).

Общие запасы в недрах

	Ископаемые угли	Нефть	Горючие газы	Торф	Горючие сланцы
Общие запасы мира	8 000 млрд. <i>т</i>	9 350 млн. <i>т</i>	— ¹	179 млрд. <i>т</i> воздушно- сухого топлива	— ²
Запасы СССР	1240 млрд. <i>т</i>	3 200 млн. <i>т</i>	986 млрд. <i>м</i> ³	77,5 млрд. <i>т</i>	55 млрд. <i>т</i>

Мы видим, что запасы в недрах весьма велики. Несомненно также, что при дальнейшем изучении они еще больше возрастут. Однако и потребление ископаемого топлива чрезвычайно быстро растет из года в год. Поэтому необходимо самое бережное отношение к этим запасам.

Как бы ни были велики однако мировые природные ресурсы горючего, нельзя не обратить внимания и на другое обстоятельство, связанное с сжиганием колоссального количества этого горючего. По подсчету акад. А. Е. Ферсмана, скорее преуменьшенному, современное мировое хозяйство в результате сжигания добытого угля, нефти и сланцев отдает ежегодно атмосфере одной только углекислоты около 5 млрд. *т* и в течение 500 лет может таким образом удвоить содержание углекислого газа в атмосфере. Это сравнительно незначительное изменение состава атмосферы должно однако вызвать существенное изменение условий жизни на земле и даже увеличение средней температуры на 5° С³. Превращение остальных химических горючих веществ также не маловажно, хотя и менее существенно, чем превращение углерода в углекислоту. Во всяком случае приходится считаться с тем, что человечество до сих пор еще

¹ Мировые запасы не учтены; запасы США — 963 млрд. *м*³.

² Мировые запасы не учтены; запасы 8 штатов США оценены в 400 млрд. *т*. Большие запасы горючих сланцев имеются и в ряде других стран.

³ См. акад. А. Е. Ферсман, «Геохимия», т. II, стр. 297–303. Ленинград. 1934 г.

не овладело разумно процессом сжигания колоссальных количеств горючего и действует в этой области стихийно. Большую роль в будущем должна сыграть химическая переработка топливного сырья до сжигания, наряду или одновременно со сжиганием. Энергетическая деятельность человека должна устремиться к более полному овладению другими природными источниками энергии, которые недостаточно используются в мировом хозяйстве. Это относится прежде всего к мощности речных потоков. Грубый подсчет показывает возможность получения со всех рек мира более 800 млн. *квт* средней годовой мощности. Интересно отметить что учет мощности 75% рек СССР дает среднегодовую мощность в 280 млн. *квт*. Это составляет весьма заметную часть общих мировых ресурсов. Мы видим, что использование гидроэнергетических ресурсов рек по всему миру еще только начинается.

Еще меньше используется энергия ветра. Как показал Сванте Аррениус, общий запас энергии ветра соответствует тридцати трем триллионам калорий в год (1 триллион = миллиону миллиардов = 10^{18}), т. е. энергии 3,5 миллиардов *т* условного топлива (1 миллиард = 1 миллиону миллионов = 10^{12}). Из этой громадной мощности используется пока ничтожная часть. Даже техника использования энергии ветра находится в зачаточном состоянии, несмотря на давнее знакомство человека с ветряками.

Энергия ветра — это только часть солнечной энергии, каждую секунду попадающей на земную поверхность. Тот же Сванте Аррениус подсчитал, что ежегодно солнце посылает на землю 530 триллионов калорий.

Эти грандиозные количества энергии, каждую секунду возобновляемые, ждут еще своего рационального использования.

ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ

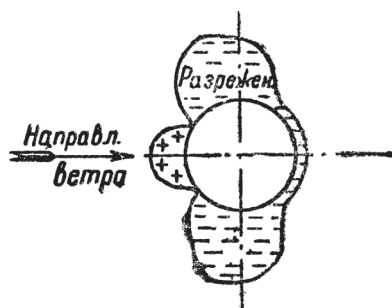
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРА В БОЛЬШИХ АГРЕГАТАХ¹

Наряду с попытками решения проблемы использования энергии ветра путем создания искусственных воздушных потоков (проекты Дюбо, Сен-Сирского института и др.) инженерная мысль последних лет усиленно работает над усовершенствованием, вернее созданием машины для улавливания кинетической энергии ветра и превращения ее в механическую энергию ветродвигателя. Говоря о ветряных двигателях большой мощности, можно назвать два направления в этой области. Первое направление представлено попыткой американского инженера Мадараса построить ветроэлектростанцию большой мощности на основе использования эффекта Магнуса.

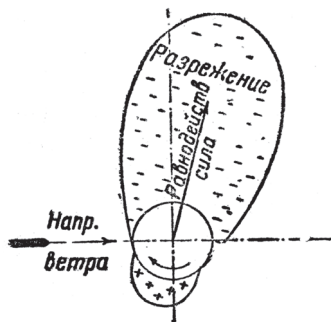
После того как Флеттнер сделал попытку использовать так наз. «эффект Магнуса» для вращения мельничных крыльев и для движения судна и даже совершил на своем «Букау» переход через Атлантический океан, инж. Мадарас в США выдвинул идею использования эффекта Магнуса для устройства мощных ветроэлектрических станций по схеме, совершенно отличной от схемы Флеттнера.

«Эффект Магнуса», опубликованный в 1852 г., но известный еще Леонардо да Винчи и Ньютону, заключается в том, что вращающийся цилиндр под давлением ветра испытывает усилие, перпендикулярное к направлению ветра, как это показано на фиг. 27 и 28.

¹ Эта глава написана И.Д. Бомштейном.



Фиг. 27. Распределение давления ветра вокруг неподвижного цилиндра.



Фиг. 28. Распределение давления ветра вокруг цилиндра, вращающегося в ветровом потоке.

Инж. Мадарас предлагает устроить роторы, установленные на тележках с основанием в 3×12 м. Эти тележки имеют возможность двигаться по круговому рельсу (фиг. 29). При этом они приводят во вращение посредством зубчатой передачи генераторы электрической энергии, укрепленные на тележках. Генераторы в свою очередь передают энергию по проводам к повысительной подстанции и отсюда в сеть.

Цилиндры должны приводиться во вращение специальными моторами. Двигаясь по круговому рельсу, цилиндры при неизменном ветре будут получать различную энергию в зависимости от того, под каким углом к ветру движется тележка в данном месте. В том месте, где направление движения тележки по рельсу будет параллельно направлению ветра, цилиндр должен получить вращение в обратную сторону для того, чтобы при дальнейшем движении тележки по кругу ветер продолжал перемещать тележку в том же направлении.

Таким образом ротор меняет направление своего вращения дважды за один круг. Реверсирование (перемена направления вращения) мотора, вращающего цилиндр, должно производиться автоматически.

Для сохранения постоянства скорости вращения генераторов все тележки должны двигаться с одинаковой скоростью. Кроме того

все тележки связаны между собою тросами, так что сила ветра распределяется между ними равномерно.

Мадарасом построен один опытный цилиндр, представляющий собой стальную башню, обшитую тонким дюралюминием. Высота башни — 27 м, диаметр — 6,7 м. Для придания этому цилиндру устойчивости тележка должна иметь вес около 150 т.

Мадарас считает, что на тележке каждого ротора можно установить генератор мощностью в 1 000 *квт*, число же роторов на одной станции можно довести до нескольких десятков и даже сотен.

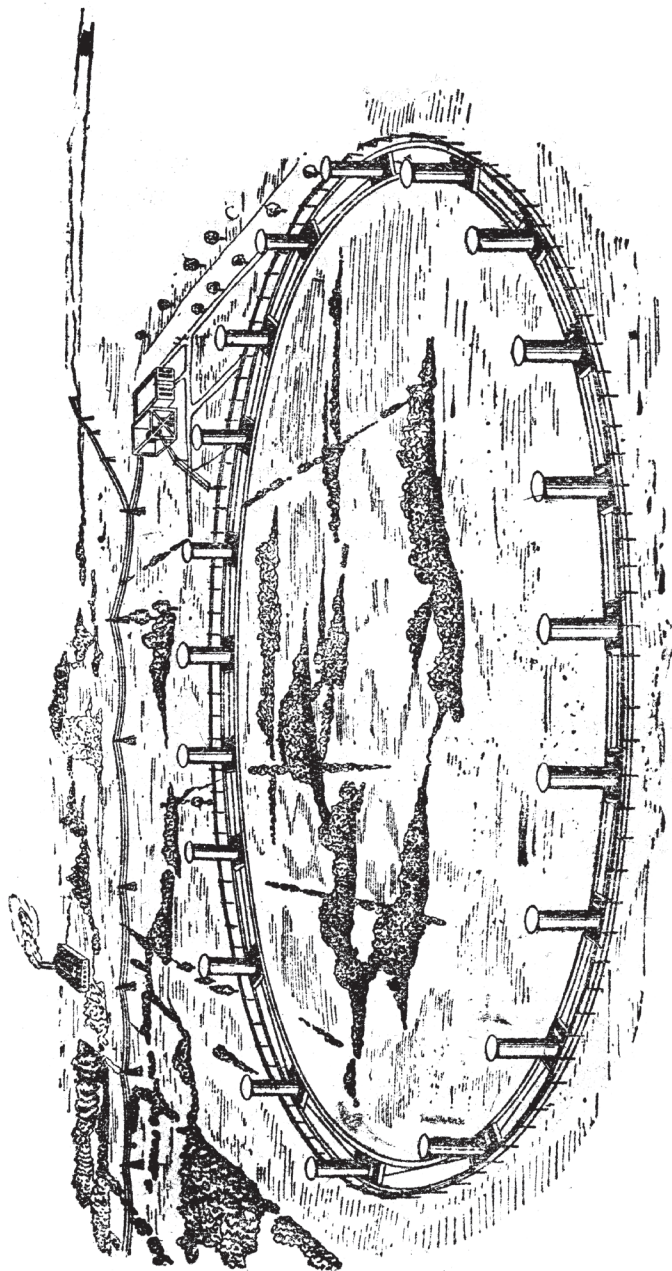
На фиг. 29 изображена установка, содержащая 20 роторов. Это составляет около 20 000 *квт*. Однако отсюда надо вычесть мощность, потребную для вращения роторов. Учитывая, кроме того, различную силу воздействия ветра при различных положениях ротора и потери при перемещении роторных тележек, мы можем считать мощность такой установки примерно равной 10 000 *квт*.

Понятно, что мощность всей установки меняется вместе с изменением силы ветра.

Второе направление использования энергии ветра нашло свое развитие в Советском Союзе в результате исследований по теории ветродвигателя покойного Н.Е. Жуковского и проф. Г.Х. Сабина. Эти работы идут по линии создания мощного ветрового колеса и спаривания его с электрогенератором при обеспечении постоянства частоты получаемого при этом электрического тока. По этому же пути, судя по последним сообщениям, пошли и в Германии.

Основные трудности, встречающиеся при этом, заключаются, во-первых, в крайне неравномерном характере ветровой энергии даже на протяжении небольших отрезков времени. Это требует точного регулирования скорости вращения ветроколеса, независимо от мгновенных колебаний скорости ветра.

Вторая трудность заключается в том, что мощность, развиваемая ветроколесом, изменяясь пропорционально кубу скорости ветра, может достигнуть величины в десятки и сотни раз больше той, на которую рассчитана электрическая машина станции.



Фиг. 29. Общий вид роторной установки. Ветер, дующий на вращающиеся цилиндры под влиянием „эффекта Магнуса“, гонит все цилиндры в одном направлении по кругу.

В-третьих, крайне разреженный характер энергии ветра вызывает необходимость сооружения ветроколеса очень большого диаметра; однако чем больше диаметр ветроколеса, тем меньше скорость его вращения.

Четвертое затруднение заключается в непостоянстве направления ветра, что вызывает необходимость устройства механизмов, автоматически поворачивающих ветровое колесо против ветра.

В настоящее время Центральным ветроэнергетическим институтом Наркомтяжпрома выполнен проект ветроэлектрической станции с ветроколесом, имеющим диаметр в 50 м, и генератором мощностью 1 000 *квт* (фиг. 30).

Ветроколесо состоит из трех лопастей аэродинамического профиля. Лопасты — разрезные, так что приблизительно одна треть их от конца может поворачиваться вокруг своей продольной оси, в то время как остальная часть закреплена жестко.

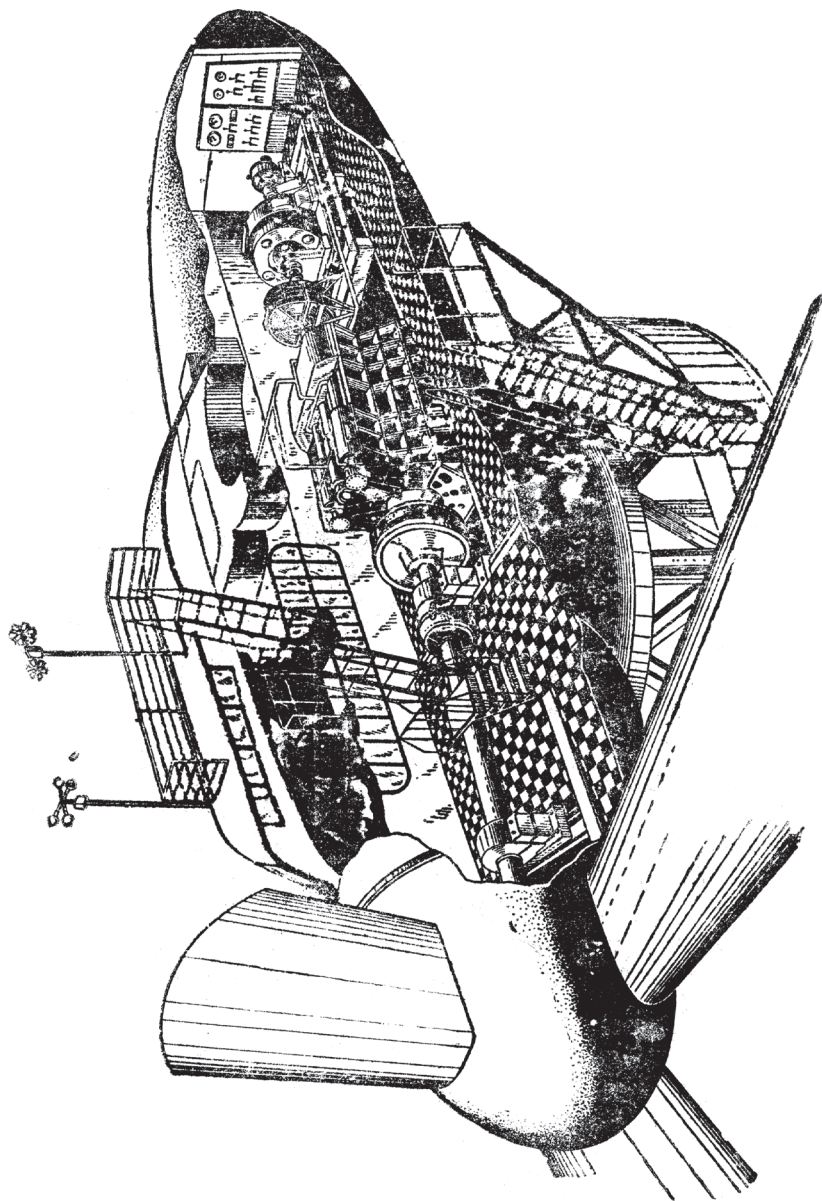
Скорость вращения ветроколеса постоянна и составляет 24 оборота в минуту. Присоединенный электрический генератор на 1 000 *квт* вращается со скоростью 600 оборотов в минуту. Для ускорения вращения генератора между ветроколесом и генератором устанавливается двухступенчатый редуктор числа оборотов.

Регулирование скорости вращения и мощности ветроколеса осуществляется с помощью специальных рулей-стабилизаторов, связанных с грузом, заложенным в крыле. При возрастании скорости груз под влиянием центробежной силы воздействует на стабилизатор, который наподобие руля поворачивает поворотную часть лопасти на определенный угол по отношению к плоскости вращения. Опытная проверка показала, что этот способ регулирования достаточно хорошо обеспечивает постоянство скорости вращения. Кроме того, между редуктором и генератором устанавливается гидравлическая муфта, которая содействует сглаживанию толчков ветра.

Башня, на которой установлена кабина с основным оборудованием и ветроколесо, имеет высоту 50 м до центра горизонтального вала. Под башней расположено помещение для распределительного устройства. Все управление ветродвигателем осуществляется снизу.



Фиг. 30. Общий вид ветроэлектростанции на 1000 квт. Высота башни 50 м.
Диаметр колеса 50 м.



Фиг. 31. Внутренний вид кабины ветроэлектростановки.

Установ ветроколеса на ветер осуществляется электромотором, который включается с помощью специальной пары маленьких ветровых колес, «виндроз», расположенных над крышей кабины. В случае отклонения ветра виндрозы начинают вращаться и включают электромотор, который поворачивает кабину вместе с ветроколесом до тех пор, пока последнее не встанет «в лоб» ветру (фиг. 31).

Таким образом разрешается задача широкого использования энергии ветра для районной электрификации путем включения ветроэлектростанций для параллельной работы в общую сеть других электростанций. Наибольший экономический эффект параллельной работы ветроэлектроустановок достигается при наличии в энергетической системе гидростанций. Благодаря значительному несовпадению режимов водных источников и ветра в течение года представляется возможным использовать всю энергию ветростанций для покрытия нагрузки в периоды наличия ветров, останавливая при этом часть агрегатов на гидростанциях и накапливая воду в водохранилище на случай безветрия.

Кроме описанного проекта, в СССР разработан также проект ветродвигателя с диаметром ветроколеса в 80 м мощностью в 10 000 *квт*, который устанавливается в Крыму на горе Ай-Петри.

СОДЕРЖАНИЕ

От редакции	3
Предисловие к первому изданию	4
Глава первая. Мир без угля	6
Глава вторая. Планы относительно Средиземного моря	11
Глава третья. Будут ли существовать станции, использующие энергию прилива?	26
Глава четвертая. Морские приливы и отливы на службе у человека	32
Глава пятая. Порабощенные циклоны	46
Глава шестая. Ветровые башни	57
Глава седьмая. Тропические моря как источники энергии	62
Глава восьмая. Энергия из арктического холода	82
Глава девятая. Можно ли использовать внутреннее тепло земли?	91
Глава десятая. Конечная цель энергетической техники	103

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ

Глава одиннадцатая. **Мировые запасы энергии** 110

Глава двенадцатая. **Использование энергии ветра
в больших агрегатах** 114

Переиздание оригинальной книги осуществлено
при поддержке компании «Таврида Электрик»

Гюнтер, Г.

Г99 Энергетика будущего / Г. Гюнтер. — Москва, 2021. — 124 с. : ил.

Для современного человека «Энергетика будущего» Ганса Гюнтера — взгляд в прошлое. Перед наукой и техникой того времени остро стояли две проблемы, от удачного разрешения которых зависела вся дальнейшая культура: во-первых, создание более рациональных методов использования имеющихся в распоряжении человечества запасов топлива и более экономичных машин; во-вторых, выяснение и разработка путей эксплуатации всех возможных источников энергии в природе. Книга Гюнтера посвящена этим вопросам и даёт понимание, какой представлялась современная нам энергетика 85 лет назад. Прочтя эту книгу, читатель сможет оценить, что стало былью, а что осталось утопией.

УДК 001.92

ББК 72.6

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет за собой уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Издание для досуга

Г. Гюнтер
ЭНЕРГЕТИКА БУДУЩЕГО

Подписано в печать 02.08.2021 г.
Формат 70х90/16. Усл. печ. л. 9.
Гарнитура «PT Sans».
Тираж 500 экз.

Отпечатано в ООО «Радугапринт».
Тел.: (495) 252-7510.
<http://www.raduga-print.ru>

12+