

*Augusta Goldin*

***OCEANS OF ENERGY***

*Reservoir of Power for the Future*

*Harcourt Brace Jovanovich / New York and London*

*Августа Голдин*

***ОКЕАНЫ ЭНЕРГИИ***

*Источники энергии будущего*

*Перевод с английского И. Бочаровой*

*Издательство «Знание»  
Москва, 1983*

**ББК 31.55**  
**Г60**

**Аугуста Голдин**

Г60 Океаны энергии.– Пер. с англ.– М.: Знание, 1983.–  
144 с, ил.  
25 к. 50 000 экз.

Книга посвящена промышленному использованию энергии, заключенной в океане. Автор рассказывает о приливных электростанциях, использовании энергии волн, разности температур между поверхностными и глубинными водами, о возможности выращивания водорослей для переработки в горючий газ и о многом другом.

Книга иллюстрирована.

Рассчитана на широкий круг читателей.

Г  $\frac{2305010000-040}{073(02)-83}$  67-83

**ББК 31.55**  
**6П2.3**

© Перевод на русский язык, предисловие,  
издательство «Знание», 1983 г.

---

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	5
I. Океан заряжается внеземной энергией.....	9
II. Что такое энергия .....	20
III. Как использовать энергию приливов .....	28
IV. Преобразование энергии волн .....	47
V. Электрический ток из океанских течений .....	63
VI. ОТЕС – преобразование термальной энергии океана .....	75
VII. Энергетические фермы в океане .....	95
VIII. Возможно в принципе.....	108

## ПРЕДИСЛОВИЕ

*Предлагаемый вниманию читателей перевод научно-популярной книги Аугусты Голдин «Океаны энергии» может оказаться интересным и полезным широкому кругу лиц, интересующихся энергетическими перспективами человечества, инженерам-энергетикам, океанологам технического профиля и, наконец, разнообразным потребителям, работающим на морских берегах, островах и платформах и нуждающимся в источниках энергии для своих работ.*

*Известно, что запасы энергии в Мировом океане колоссальны. Так, тепловая (внутренняя) энергия, соответствующая перегреву поверхностных вод океана по сравнению с донными, скажем, на 20°, имеет величину порядка  $10^{26}$  Дж. Кинетическая энергия океанских течений оценивается величиной порядка  $10^{18}$  Дж. Однако пока что люди умеют утилизировать лишь ничтожные доли этой энергии, да и то лишь ценой больших и медленно окупающихся капиталовложений, так что такая энергетика до сих пор казалась малоперспективной.*

*Однако происходящее весьма быстрое истощение запасов ископаемых топлив (прежде всего нефти и газа), использование которых к тому же связано с существенным загрязнением окружающей среды (включая сюда также и тепловое «загрязнение», и грозящее климатическими последствиями повышение уровня атмосферной углекислоты), резкая ограниченность запасов урана (энергетическое использование которых к тому же порождает опасные радиоактивные отходы) и неопределенность как сроков, так и экологических последствий промышленного использования термоядерной энергии заставляют ученых и инженеров уделять все большее внимание поискам возможностей рентабельной утилизации обширных и безвредных источников энергии и не только перепадов*

уровня воды в реках, которые все уже взяты на учет, но и солнечного тепла, ветра и энергии в Мировом океане.

Широкая общественность, да и многие специалисты еще не знают, что поисковые работы по извлечению энергии из морей и океанов приобрели в последние годы в ряде стран уже довольно большие масштабы и что их перспективы становятся все более обещающими.

Наиболее очевидным способом использования океанской энергии представляется постройка приливных электростанций (ПЭС). С 1967 г. в устье реки Ранс во Франции на приливах высотой до 13 м работает ПЭС мощностью 240 тыс. кВт с годовой отдачей 540 тыс. кВт\*ч. Советский инженер Л. Б. Бернштейн разработал удобный способ постройки блоков ПЭС, буксируемых на плаву в нужные места, и рассчитал рентабельную процедуру включения ПЭС в энергосети в часы их максимальной нагрузки потребителями. Его идеи проверены на ПЭС, построенной в 1968 г. в Кислой Губе около Мурманска; своей очереди ждет ПЭС на 6 млн. кВт в Мезенском заливе на Баренцевом море. Ждут очереди в заливе Фанди в Канаде с рекордным 18-метровым приливом, в устье реки Северн в Англии с 14,5-метровым приливом и в других регионах с высокими приливами.

Неожиданной возможностью океанской энергетики оказалось выращивание с плотов в океане быстрорастущих гигантских водорослей келп, легко перерабатываемых в метан для энергетической замены природного газа. По имеющимся оценкам, для полного обеспечения энергией каждого человека-потребителя достаточно одного гектара плантаций келпа.

Большое внимание приобрела «океано-термическая энергоконверсия» (ОТЭК), т. е. получение электроэнергии за счет разности температур между поверхностными и засасываемыми насосом глубинными океанскими водами, например при использовании в замкнутом цикле турбины таких легкоиспаряющихся жидкостей, как пропан, фреон или аммоний. В какой-то мере аналогичными, но, как пока

кажется, вероятно, более далекими представляются перспективы получения электроэнергии за счет различия между соленой и пресной, например морской и речной водой.

Уже немало инженерного искусства вложено в макеты генераторов электроэнергии, работающих за счет морского волнения, причем обсуждаются перспективы электростанций с мощностями на многие тысячи киловатт. Еще больше сулят гигантские турбины на таких интенсивных и стабильных океанских течениях, как Гольфстрим.

Представляется, что некоторые из предлагавшихся океанских энергетических установок могут быть реализованы, вначале хотя бы в умеренных масштабах, и стать рентабельными уже в настоящее время. Вместе с тем следует ожидать, что творческий энтузиазм, искусство и изобретательность научно-инженерных работников улучшат существующие и создадут новые перспективы для промышленного использования энергетических ресурсов Мирового океана. Думается, что при современных темпах научно-технического прогресса существенные сдвиги в океанской энергетике должны произойти в ближайшие десятилетия.

А. С. Монин,  
член-корреспондент АН СССР, директор Института  
океанологии АН СССР

*... снова отправься*

*Странствовать, выбрав весло по руке, и странствуй, доколе*

*В край не прибудешь к мужам, которые моря не знают,*

*Пищи своей никогда не солят, никогда не видали*

*Пурпурнощеких судов, не видали и сделанных прочно*

*Весел, которые в море судам нашим крыльями служат.*

*Признак тебе сообщу я надежнейший, он не обманет:*

*Если путник другой, с тобой повстречавшийся, скажет,*

*Что на блестящем плече ты лопату для веянья держишь,*

*Тут же в землю воткни весло свое прочной работы...*

*«Одиссея»*



## I. ОКЕАН ЗАРЯЖАЕТСЯ ВНЕЗЕМНОЙ ЭНЕРГИЕЙ

Океан наполнен внеземной энергией, которая поступает в него из космоса. Она доступна и безопасна, не загрязняет окружающую среду, неиссякаема и свободна.

Из космоса поступает энергия Солнца. Она нагревает воздух и образует ветры, вызывающие волны. Она нагревает океан, который накапливает тепловую энергию. Она приводит в движение течения, которые в то же время меняют свое направление под воздействием вращения Земли.

Из космоса же поступает и энергия солнечного и лунного притяжения. Она является движущей силой системы Земля – Луна и вызывает приливы и отливы.

Океан – это не плоское, безжизненное водное пространство, а огромная кладовая беспокойной энергии. Здесь плещут волны, рождаются приливы и отливы, пересекаются течения, и все это наполнено энергией.

Бакены и маяки, использующие энергию волн, уже усеяли прибрежные воды Японии. В течение многих лет бакены-свистки береговой охраны США действуют благодаря волновым колебаниям. Сегодня вряд ли существует прибрежный район, где не было бы своего собственного изобретателя, работающего над созданием устройства, использующего энергию волн.

Начиная с 1966 года два французских города полностью удовлетворяют свои потребности в электроэнергии за счет энергии приливов и отливов. Энергоустановка на реке Ранс (Бретань), состоящая из двадцати четырех реверсивных турбогенераторов, использует эту энергию. Выходная мощность установки 240 мегаватт – одна из наиболее мощных гидроэлектростанций во Франции.

В 70-х годах ситуация в энергетике изменилась. Каждый раз, когда поставщики на Ближнем Востоке, в

Африке и Южной Америке поднимали цены на нефть, энергия приливов становилась всё более привлекательной, так как она успешно конкурировала в цене с ископаемыми видами топлива. Вскоре за этим в Советском Союзе, Южной Корее и Англии возрос интерес к очертаниям береговых линий и возможностям создания на них энергоустановок. В этих странах стали всерьез подумывать об использовании энергии приливов и волн и выделять средства на научные исследования в этой области, планировать их.

Не так давно группа ученых-океанологов обратила внимание на тот факт, что Гольфстрим несет свои воды вблизи берегов Флориды со скоростью пяти миль в час. Идея использовать этот поток теплой воды была весьма заманчивой.

Возможно ли это? Смогут ли гигантские турбины и подводные пропеллеры, напоминающие ветряные мельницы, генерировать электричество, извлекая энергию из течений и волн?

«Смогут» – таково в 1974 году было заключение Комитета Мак-Артура, находящегося под эгидой Национального управления по исследованию океана и атмосферы в Майами (Флорида). Общее мнение заключалось в том, что имеют место определенные проблемы, но все они могут быть решены в случае выделения необходимых ассигнований, так как «в этом проекте нет ничего такого, что превышало бы возможности современной инженерной и технологической мысли».

Один из ученых, наиболее склонный к прогнозам на будущее, предсказал, что электричество, полученное при использовании энергии Гольфстрима, может стать конкурентоспособным уже в 80-е годы.

В океане существует замечательная среда для поддержания жизни, в состав которой входят питательные вещества, соли и другие минералы. В этой среде растворенный в воде кислород питает всех морских животных от самых маленьких до самых больших, от

амебы до акулы. Растворенный углекислый газ точно так же поддерживает жизнь всех морских растений от одноклеточных диатомовых водорослей до достигающих высоты 200- 300 футов (60-90 м) бурых водорослей.

Морскому биологу нужно сделать лишь шаг вперед, чтобы перейти от восприятия океана как природной системы поддержания жизни к попытке начать на научной основе извлекать из этой системы энергию.

При поддержке военно-морского флота США в середине 70-х годов группа специалистов в области исследования океана, морских инженеров и водолазов создала первую в мире океанскую энергетическую ферму на глубине 40 футов (12 м) под залитой солнцем гладью Тихого океана вблизи острова Сан-Клемент. Ферма была небольшая. По сути своей, все это было лишь экспериментом. На ферме выращивались гигантские калифорнийские бурые водоросли.

По мнению директора проекта доктора Говарда А. Уилкокса, сотрудника Центра исследований морских и океанских систем в Сан-Диего (Калифорния), «до 50 процентов энергии этих водорослей может быть превращено в топливо – в природный газ метан. Океанские фермы будущего, выращивающие бурые водоросли на площади примерно в 100 000 акров (40 000 га), смогут давать энергию, которой хватит, чтобы полностью удовлетворить потребности американского города с населением в 50 000 человек».

Океан всегда был богат энергией волн, приливов и течений. В древние времена, наблюдая движение водных потоков, рыбаки ничего не знали о «приливной энергии» или о «выращивании бурых водорослей», однако они знали, что выходить в море легче во время отлива, а возвращаться обратно – во время прилива. Им, конечно, было известно и о том, что иногда волны тяжело и страшно бьют о берег, выбрасывая камни на его скалы, и о «морских реках», которые всегда выносили их к нужным островам, и о том, что они всегда смогут

прокормиться моллюсками, ракообразными, рыбой и съедобными водорослями, растущими в океане...

В наши дни, когда возросла необходимость в новых видах топлива, океанографы, химики, физики, инженеры и технологи обращают все большее внимание на океан как на потенциальный источник энергии.

В океане растворено огромное количество солей. Может ли соленость быть использована как источник энергии?

Может. Большая концентрация соли в океане навела ряд исследователей Скриппского океанографического института в Ла-Колла (Калифорния) и других центров на мысль о создании таких установок. Они считают, что для получения большого количества энергии вполне возможно сконструировать батареи, в которых происходили бы реакции между соленой и несоленой водой.

Температура воды океана в разных местах различна. Между тропиком Рака и тропиком Козерога поверхность воды нагревается до 82 градусов по Фаренгейту (27° C). На глубине в две тысячи футов (600 м) температура падает до 35, 36, 37 или 38 градусов по Фаренгейту (2-3,5°C). Возникает вопрос: есть ли возможность использовать разницу температур, составляющую около 45°, для получения энергии? Могла бы тепловая энергоустановка, плывущая под водой, производить электричество?

Да, и это возможно.

В далекие 20-е годы нашего столетия Жорж Клод, одаренный, решительный и весьма настойчивый французский физик, решил исследовать такую возможность. Выбрав участок океана вблизи берегов Кубы, он сумел-таки после серии неудачных попыток получить установку мощностью 22 киловатта. Это явилось большим научным достижением и приветствовалось многими учеными.

Используя теплую воду на поверхности и холодную на глубине и создав соответствующую технологию, мы

располагаем всем необходимым для производства электроэнергии, уверяли сторонники использования тепловой энергии океана. «Согласно нашим оценкам, в этих поверхностных водах имеются запасы энергии, которые в 10 000 раз превышают общемировую потребность в ней».

«Увы, – возражали скептики, – Жорж Клод получил в заливе Матансас всего 22 киловатта электроэнергии. Дало ли это прибыль?» Не дало, так как, чтобы получить эти 22 киловатта, Клоду пришлось затратить 80 киловатт на работу своих насосов.

Сегодня профессор Скриппского института океанографии Джон Исаакс делает вычисления более аккуратно. По его оценкам, современная технология позволит создавать энергоустановки, использующие для производства электричества разницу температур в океане, которые производили бы его в два раза больше, чем общемировое потребление на сегодняшний день. Это будет электроэнергия, производимая электростанцией, преобразующей термальную энергию океана (ОТЕС – Ocean Thermal Energy Conversion).

Конечно, это – прогноз ободряющий, но даже если он оправдается, результаты не помогут разрешению мировых энергетических проблем. Разумеется, доступ к запасам электроэнергии ОТЕС предоставляет великолепные возможности, но (по крайней мере пока) электричество не поднимет в небо самолеты, не будет двигать легковые и грузовые автомобили и автобусы, не поведет корабли через моря.

Однако самолеты и легковые автомобили, автобусы и грузовики могут приводиться в движение газом, который можно извлекать из воды, а уж воды-то в морях достаточно. Этот газ – водород, и он может использоваться в качестве горючего. Водород – один из наиболее распространенных элементов во Вселенной. В океане он содержится в каждой капле воды.

Помните формулу воды? Формула  $H_2O$  значит, что молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного

атома кислорода. Извлеченный из воды водород можно сжигать как топливо и использовать не только для того, чтобы приводить в движение различные транспортные средства, но и для получения электроэнергии.

Все большее число химиков и инженеров с энтузиазмом относится к «водородной энергетике» будущего, так как полученный водород достаточно удобно хранить: в виде сжатого газа в танкерах или в сжиженном виде в криогенных контейнерах при температуре  $423^{\circ}$  по Фаренгейту ( $-203^{\circ}$  С). Его можно хранить и в твердом виде после соединения с железотитановым сплавом или с магнием для образования металлических гидридов. После этого их можно легко транспортировать и использовать по мере необходимости.

Еще в 1847 году французский писатель Жюль Верн, опередивший свое время, предвидел возникновение такой водородной экономики. В своей книге «Таинственный остров» он предсказывал, что в будущем люди научатся использовать воду в качестве источника для получения топлива. «Вода, – писал он, – представит неиссякаемые запасы тепла и света».

Со времен Жюль Верна были открыты методы извлечения водорода из воды. Один из наиболее перспективных среди них – электролиз воды. (Через воду пропускается электрический ток, в результате чего происходит химический распад. Освобождаются водород и кислород, а жидкость исчезает.)

В 60-е годы специалистам из НАСА удалось столь успешно осуществить процесс электролиза воды и столь эффективно собирать высвобождающийся водород, что получаемый таким образом водород использовался во время полетов по программе «Аполлон».

Таким образом, в океане, который составляет 71 процент поверхности планеты, потенциально имеются различные виды энергии – энергия волн и приливов; энергия химических связей газов, питательных веществ, солей и других минералов; скрытая энергия водорода, находящегося в молекулах воды; энергия течений,

спокойно и нескончаемо движущихся в различных частях океана; удивительная по запасам энергия, которую можно получать, используя разницу температур воды океана на поверхности и в глубине, и их можно преобразовать в стандартные виды топлива.

Такие количества энергии, многообразие ее форм гарантируют, что в будущем человечество не будет испытывать в ней недостатка. В то же время не возникнет необходимости зависеть от одного-двух основных источников энергии, какими, например, являются давно используемые ископаемые виды топлива и ядерного горючего, методы получения которого были разработаны недавно.

Более того, в миллионах прибрежных деревень и селений, не имеющих сейчас доступа к энергосистемам, будет тогда возможно улучшить жизненные условия людей.

Жители тех мест, где на море часто бывает сильное волнение, смогут конструировать и использовать установки для преобразования энергии волн.

Живущие вблизи узких прибрежных заливов, куда во время приливов с ревом врывается вода, смогут использовать эту энергию.

Для всех остальных людей энергия океана в открытом водном пространстве будет преобразовываться в метан, водород или электричество, а затем передаваться на сушу по кабелю или на кораблях.

И вся эта энергия таится в океане испокон веков. Не используя ее, мы тем самым попросту ее расточаем.

Разумеется, трудно даже представить себе переход от столь привычных, традиционных видов топлива – угля, нефти и природного газа – к незнакомым, альтернативным методам получения энергии.

Разница температур? Водород, металлические гидриды, энергетические фермы в океане? Для многих это звучит как научная фантастика.

И тем не менее несмотря на то что извлечение энергии океана находится на стадии экспериментов и процесс этот



ограничен и дорогостоящ, факт остается фактом, что по мере развития научно-технического прогресса энергия в будущем может в значительной степени добываться из моря. Когда – зависит от того, как скоро эти процессы станут достаточно дешевыми. В конечном итоге дело упирается не в возможность извлечения из океана энергии в различных формах, а в стоимость такого извлечения, которая определит, насколько быстро будет развиваться тот или иной способ добычи.

Когда бы это время ни наступило, переход к использованию энергии океана принесет двойную пользу: сэкономит общественные средства и сделает более жизнеспособной третью планету Солнечной системы – нашу Землю.

Впервые удар по общественному карману был нанесен в 1973 году подъемом цен на ископаемые виды топлива. Особенно возросли цены на нефть – основной вид топлива в XX веке, используемый в промышленности, сельском хозяйстве, для отопления. Вслед за этим произошло повышение уровня инфляции, а поскольку научные исследования и эксперименты тоже требуют ассигнований, поиски новых видов топлива подняли цены еще выше.

Ископаемые виды топлива истощаются, мы вынуждены их экономить и увеличивать энергообеспечение за счет строительства ядерных реакторов, которые требуют значительных финансовых затрат и вызывают опасения у людей, живущих вблизи. Конечно, энергопотребление снизится, если быть более экономными. В США, население которых составляет 5,3% от общемирового и где используется 35% всех видов ископаемого топлива и гидроэлектроэнергии мира, потребление энергии может быть легко снижено до 30-32%, а то и до 25%. Существует даже мнение, что по справедливости Соединенные Штаты должны снизить потребление энергии до 5,3%.

Экономика, однако, лишь одна сторона дела. Другая сторона относится к странам развивающимся, которые



стараятся достичь уровня жизни промышленно развитых стран, определяющегося использованием большого количества энергии. Сегодня народы Азии, Африки и Латинской Америки стремятся перейти от общества, в котором используется в основном физический труд, к обществу с развитой индустрией.

Для того чтобы удовлетворить потребность в равноправном распределении дешевой энергии между всеми странами, потребуется такое ее количество, которое, возможно, в тысячи раз превысит сегодняшний уровень потребления, и биосфера уже не справится с загрязнением, вызываемым использованием обычных видов топлива. Тем не менее президент Института исследований в области электроэнергии в Пало Альто (Калифорния) Чонси Старр полагает: «Необходимо признать, что мировое потребление энергии будет развиваться именно в этом направлении и так быстро, как только позволят политические, экономические и технические факторы».

Так как соревнование за обладание истощающимися видами топлива обостряется, расход общественных средств будет расти. Рост этот продолжится, так как необходимо бороться с загрязнением воздуха и воды, теплотой, выделяющейся при сгорании ископаемых видов топлива.

Но стоит ли волноваться в поисках новых источников ископаемого топлива? Зачем дискутировать по вопросу о строительстве ядерных реакторов? Океан наполнен энергией, чистой, безопасной и неиссякаемой. Она там, в океане, только и ждет высвобождения. И это – преимущество номер один.

Второе преимущество заключается в том, что использование энергии океана позволит Земле быть и в дальнейшем обитаемой планетой. А вот альтернативный вариант, предусматривающий увеличение использования органических и ядерных видов топлива, по мнению некоторых специалистов, может привести к катастрофе: в атмосферу станет выделяться слишком большое

количество углекислого газа и теплоты, что грозит смертельной опасностью человечеству.

«Пустяки, – усмехается Джо Доукс. – Мы постоянно совершенствуем воздушные фильтры и очистные сооружения. Еще год-два – и фабричные дымовые трубы будут выпускать практически чистый воздух». Джо Доукс самодовольно добавляет: «Разве мы не очищаем выхлопные газы автомобилей? Скоро вы вообще забудете, что такое пары двуокиси серы. Зачем вам журавль в небе – я имею в виду – в океане».

Тем не менее углекислый газ и теплота, выделяемые в атмосферу дымовыми трубами фабрик и других промышленных предприятий, а иногда и большими многоквартирными комплексами, которые используют ископаемые виды топлива, внушают большое беспокойство.

Но кто заметит, что в воздухе стало больше углекислого газа? Он бесцветен и не имеет запаха. Он пузырится в прохладительных напитках. А кто заметит постепенное, медленное повышение атмосферной температуры Земли на один, два или три градуса по Фаренгейту? Заметит планета, когда углекислый газ через некоторое время окутает ее подобно одеялу, которое перестанет пропускать избыточное тепло в космос.

Жак Кусто, пионер освоения и исследования океана, считает: «Когда концентрация углекислого газа достигнет определенного уровня, мы окажемся как будто в парнике». Это значит, что теплота, выделяемая Землей, будет задерживаться под слоем стратосферы. Накапливающееся тепло повысит общую температуру. А увеличение ее даже на один, два или три градуса по Фаренгейту приведет к таянию ледников. Миллионы тонн растаявшего льда поднимут уровень морей на 200 футов (60 м). Города на побережье и в долинах больших рек окажутся затопленными.

По данному вопросу, как и по многим другим, ученые разделились на два лагеря. В одном лагере считают, что утолщающееся одеяло углекислого газа (CO<sub>2</sub>) вызовет

повышение температуры и приведет к таянию ледников, то есть, по определению доктора Говарда Уилкокса, превратит Землю в парник. Сторонники другого лагеря полагают, что то же самое одеяло CO<sub>2</sub> будет преграждать путь теплу, излучаемому солнцем, что станет причиной наступления новой эры оледенения. Обеспокоено даже наше (США) правительство. В неопубликованном исследовании Министерство энергетики предупреждает, что увеличение общей температуры атмосферы и концентрации углекислого газа может изменить климат Земли и в конце концов породить сложные проблемы не только в области окружающей среды, но и в области политической.

Итак, что же человечество должно делать? Будем ли мы истощать остатки ископаемого топлива, строить все большее число ядерных реакторов, рискуя изменить температуру атмосферы, или же обратимся к океану – кладезю неиссякаемой энергии – и будем изыскивать способы извлечения этой энергии для достижения наших целей – вот в чем заключается вопрос.

В данной книге обсуждаются лишь шесть источников океанской энергии: приливы, волны, течения, разница температур и химического состава, выращивание водорослей в открытом море (плюс несколько слов о водороде). В настоящее время именно эти направления развиваются наиболее интенсивно. Однако существуют и другие источники, которые могут стать весьма важными в будущем. К ним относится эксплуатация морского дна: получение геотермального тепла, добыча как нефти и природного газа, так и тяжелой сырой нефти и газовых гидратов. Не следует забывать и об энергии ветров, проносящихся над тысячами миль открытого водного пространства.

Для будущего важна решимость человека обеспечить себя необходимой энергией. Большое ее количество находится в океане в самых различных формах и может быть преобразовано для использования при условии создания соответствующей технологии. Тысячи

исследовательских программ уже находятся в процессе развития. Некоторые из них обречены на неудачу, а некоторых ожидает блестящий успех. В последнем случае это будет значить, как считают исследователи океана, что станет доступна эффективная, экономичная и безопасная для окружающей среды энергия.

## II. ЧТО ТАКОЕ ЭНЕРГИЯ

Поскольку эта книга посвящена энергии, находящейся в океане, обсудим прежде всего, что же такое энергия, для чего она нужна, откуда ее можно получить. Рассмотрим также условия, при которых ее можно извлечь и использовать.

В нашем индустриальном обществе от энергии зависит все. С ее помощью движутся автомобили, улетают в космос ракеты. С ее помощью можно поджарить хлеб и сварить яйца, обогреть жилище и привести в действие кондиционеры, осветить улицы, вывести в море корабли.

Могут сказать, что энергией являются нефть и природный газ. Однако это не так. Нефть и газ – виды топлива. Чтобы освободить заключенную в них энергию, их необходимо сжечь, так же как бензин, уголь или дрова.

Ученые могут сказать, что энергия – это способность к совершению работы, а работа совершается, когда на объект действует физическая сила (такая, как давление или гравитация). Согласно формуле, работа равна произведению силы на расстояние, на которое переместился объект. Попросту говоря, работа – это энергия в действии.

Вы не раз видели, как подпрыгивает крышка закипающего кофейника, как несутся санки по склону горы, как набегающая волна приподнимает плот, кувыркает у берега ребяташек. Все это примеры работы, энергии в действии, действующей на предметы.

Подпрыгивание крышки кофейника было вызвано давлением пара, возникшем при нагревании жидкости.

Санки ехали потому, что существуют гравитационные силы. Энергия волн двигала и плот, и детей, играющих у берега.

В нашем работающем мире основой всего является энергия, без нее и не будет совершаться работа. Когда энергия имеется в наличии и может быть использована, любой объект будет совершать работу – иногда созидательную, иногда разрушительную. Даже музыкальный инструмент – рояль – способен совершать работу.

Представьте себе, что вдоль внешней стены многоквартирного дома поднимают сияющий рояль. Пока люди тянут за веревки, они прилагают силу, заставляющую рояль двигаться. В этом случае работу совершают люди, а не рояль. Он лишь накапливает потенциальную энергию по мере того, как все выше и выше поднимается над землей. Когда, наконец, рояль достигает шестого этажа, он сможет висеть на этом уровне до тех пор, пока люди внизу поддерживают его с помощью веревок и блоков. Однако представьте, что веревки обрываются. Немедленно проявится сила гравитации, и потенциальная энергия, накопленная роялем, начнет высвобождаться. Рояль рухнет вниз. Он расплющит все, что попадет на его пути, ударится о тротуар и разобьется вдребезги. Вся ситуация, разумеется, случайна, и тем не менее служит примером того, что и рояль может совершать работу. В данном случае – разрушительную, но все же работу.

Мир наполнен энергией, которая может быть использована для совершения работы разного характера. Энергия может находиться в людях и животных, в камнях и растениях, в ископаемом топливе, деревьях и воздухе, в реках и озерах. Однако самыми большими резервуарами накопленной энергии являются океаны – огромные пространства беспрерывно перемещающихся водных потоков, покрывающих около 71% всей земной поверхности.

Энергия может быть извлечена, но источником будет являться не океан вообще, а каждая из различных форм энергии, в нем содержащихся. Ученых-океанологов особенно интересуют следующие формы энергии: приливная, волновая и энергия течений; тепловая, накопленная в воде; химическая; запасы энергии, содержащиеся в водорослях.

Однако приливы, волны и течения постоянно изменяются: они то быстрые, то медленные, то более спокойные, то более бурные, так же изменчивы и температура океана и его химический состав. Поэтому энергосистемы не могут находиться в состоянии устойчивого равновесия. Они скорее пребывают в состоянии постоянной неуравновешенности. Эта неуравновешенность неожиданно оказалась ключом, открывающим доступ к извлечению энергии.

Октав Левеншпиль, инженер-химик, ставший профессором университета штата Орегон, считает: «Если система не находится в состоянии равновесия, то именно в таком случае вы можете с ее помощью совершать работу. Это – главный принцип, лежащий в основе всех способов извлечения энергии: из семейных отношений, топлива, океанов – из чего угодно».

В океане отсутствие равновесия проявляется в трех основных формах: различиях в уровнях воды, разнице в температурах и химического состава. Именно эти различия делают возможным извлечение энергии.

Разница в уровнях воды с готовностью признается источником энергии. Кто из нас не испытывал воздействия водяных струй в душе, не наблюдал приливов и высоких гребней волн?

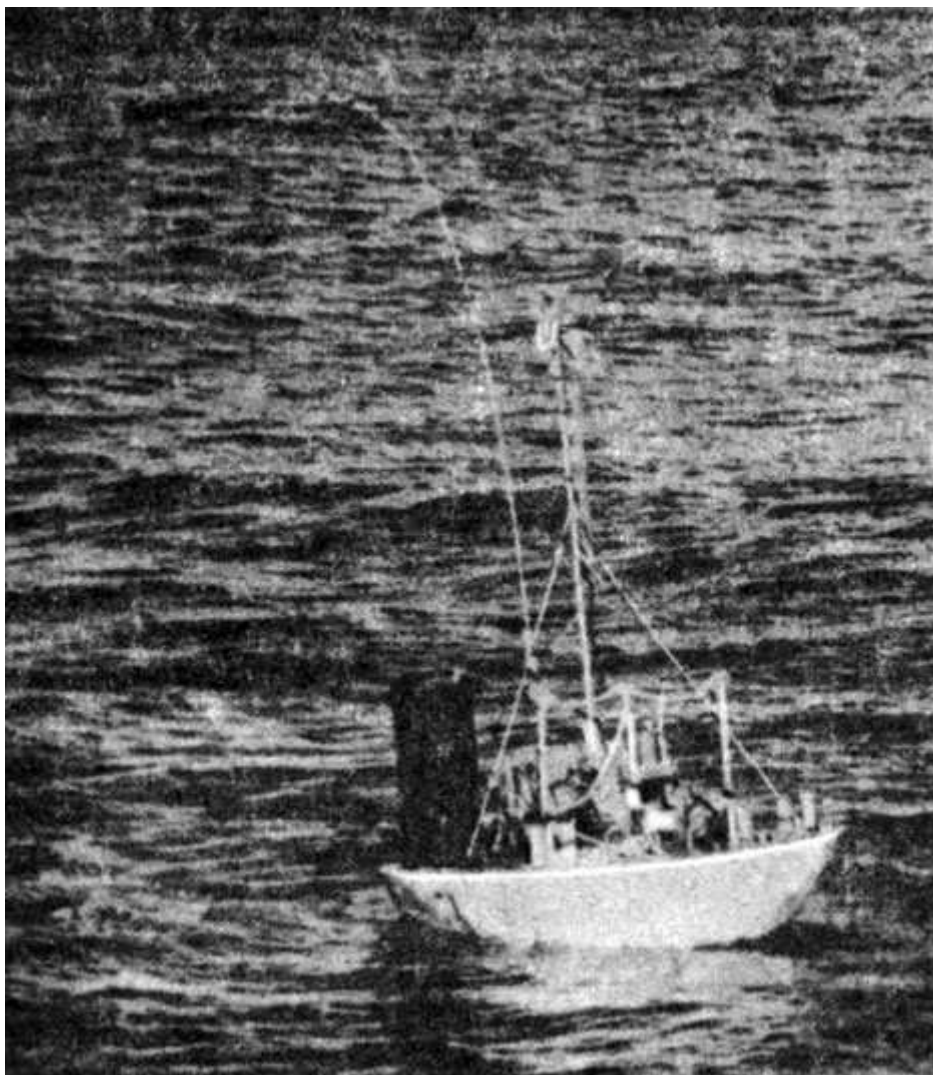
Кое-где разница между уровнями воды во время приливов и отливов незначительна. Однако в некоторых местах, например в устье реки Ранс или в заливе Фанди, эта разница огромна: 44 и 60 футов (13 и 18 м) соответственно. Инженеры прекрасно знают, как использовать ее во время приливов и отливов. Они строят дамбы, чтобы задерживать поднимающуюся воду в

резервуарах. Когда начинается отлив, ее пропускают через турбину, которая начинает вращаться за счет энергии падающей воды, и таким образом приводят в действие генератор. Такой способ позволяет превращать часть приливной энергии в электричество.

Инженерам так же известно и как извлечь энергию волн, постоянно меняющих свою высоту. Они работают в настоящее время над строительством волновых или морских помп и специальных экспериментальных плавучих станций для получения электроэнергии. Но в любом случае каждая установка работает лишь потому; что поверхность океана постоянно вздымается и опускается, никогда не находясь в состоянии равновесия.

Волновой насос, работающий на море в штиль, выдает струю воды в 4 м





Разницу в температуре воды океана труднее представить в качестве источника энергии. Если вы, идя купаться на море, захватите с собой термометр, то обнаружите, что на поверхности вода одинаково тепла или одинаково холодна – в зависимости от погоды. Но стоит вам войти в нее – и вы вскоре ощутите разницу. На глубине 5 футов (1,5 м) вода уже холоднее. Теперь, если хотите, вспомните, что в тропиках температура воды на поверхности  $82^{\circ}$  по Фаренгейту ( $28^{\circ}\text{C}$ ), а на глубине 2000 футов (600 м) –  $35\text{-}38^{\circ}$  по Фаренгейту ( $2\text{-}4^{\circ}\text{C}$ ). Разница температур, составляющая около  $45^{\circ}$  по Фаренгейту, –



еще один пример системы, которая находится в состоянии неуравновешенности.

Если бы в океане не существовало разницы температур, если бы показания термометра были одинаковыми и на поверхности, и на глубине, океан находился бы в состоянии термального равновесия. В таком случае извлечь энергию было бы невозможно, как невозможно и совершить работу.

Инженеры готовы воспользоваться разницей температур. Они уже разработали технологию строительства уникальных и остроумных по своей конструкции плавучих энергостанций, производящих электроэнергию и передающих ее на берег по кабелю.

Инженеры настолько уверены в возможностях использования разницы температур в целях получения электроэнергии, что некоторые из них даже занимаются теоретизированием относительно условий, существующих в аду. Согласно преданиям, ад должен быть изотермален. А это значит, что температура там должна находиться в состоянии равновесия, то есть быть одинаковой во всем объеме. Если бы ад не был изотермален, то есть разница температур существовала бы, любой сообразительный инженер, попавший в это весьма неудобное, жаркое и душное местечко, сумел бы быстро воспользоваться таким обстоятельством. Он соорудил бы воздушный кондиционер и превратил бы ад в место, не лишенное приятности, прохлады и удобств. (Однако в действительности подразумевается, что все должно быть как раз наоборот.)

Есть и еще один источник энергии, который пока что никем не используется,— химические контрасты. Они наблюдаются в устьях рек, где пресная вода смешивается с соленой водой моря. Оказывается, что и в этом случае можно вырабатывать энергию, используя ее для размола зерна, для производства электричества или в любых других целях. Технология такого метода такая же, какая применяется при опреснении воды, с той лишь разницей, что действовать она должна наоборот, в обратную

сторону. Существует только одна трудность – для широкомасштабного получения энергии в устьях рек пока не разработан эффективный и недорогой метод.

По общему мнению, энергию, накопленную в океане, можно извлечь. Точно так же все согласны с тем, что стоит это очень дорого, многие считают, что слишком дорого для того, чтобы этим заниматься.

Вопрос заключается в том, как уменьшить эту стоимость? Ответ же находится в применении законов, управляющих теплообменом, законов термодинамики.

Термодинамика – слово греческого происхождения. «Термо» – значит тепло, а «динамика» – движение тел под действием приложенных к ним сил. Хотя это звучит сложно, объяснить смысл можно очень просто: термодинамика – наука о тепловой энергии и ее связи с другими видами энергии.

Первый закон термодинамики гласит, что энергия не возникает из ничего и не исчезает бесследно. Она может лишь видоизменяться, трансформироваться или переходить из одной формы в другую. Рассмотрим следующий пример. В угле, погруженном в кузов грузовика, содержится определенное количество химической энергии. При сгорании угля она преобразовывается в тепловую. Теперь используем ее для того, чтобы вскипятить котел воды. Тепловая энергия превратится в энергию водяного пара. Если использовать ее для вращения турбины генератора, она перейдет в механическую, а та, в свою очередь, – в электрическую энергию, которую можно использовать для того, чтобы привести в действие проигрыватель, пылесос, пишущую машинку или приготовить обед.

Согласно первому закону термодинамики мы можем подсчитать, какое количество энергии было заключено в угле, оценив, сколько мы получили энергии тепла, пара, механической и электрической энергии, энергии акустических колебаний, производимых проигрывателем. Мы сможем также оценить и потери энергии на каждом

этапе. Таким образом, использование первого закона позволит нам подвести баланс в энергетических расчетах.

С древних времен алхимики и приверженцы магии пытались получить дополнительную энергию с помощью «вечного двигателя». Они старались, трудились, создавали удивительнейшие устройства. Однако каждый раз терпели поражение, потому что не могли нарушить строгого правила, вытекающего из первого закона термодинамики- количество энергии в мире постоянно. Она не может ни создаваться, ни исчезать.

Кое-кто может успокаивать себя существованием этого закона. Действительно, если постоянно обнаруживаются новые источники энергии (особенно в океане), как же может возникнуть ее дефицит? Конечно же, энергетический кризис – просто миф.

Энергетический кризис – не миф. Кстати говоря, он может проявляться постоянно, в той или иной степени. Причина?

Второй закон термодинамики гласит, что напрасно пытаться превратить всю теплоту

в полезную работу с помощью энергосистемы. Какое-то количество энергии все равно будет истрачено на ненужный нагрев или трение. Это неизбежно. Это налог, который человек платит природе при любом преобразовании энергии.

Приведем характерный пример. Сейчас даже самый совершенный автомобильный двигатель использует всего 20% химической энергии бензина. Остальное идет на охлаждение цилиндров водой, трение и тепловое рассеивание. Короче говоря, если вы пользуетесь своим автомобилем с эффективностью 20%, вы платите энергетический налог в 80%. Двигатели будущего могут стать совершеннее, но платить какой-то налог за бесполезно растратенное тепло придется всегда.

И еще один пример того, как велики потери энергии при любых ее переходах из одной формы в другую. Вернемся к ситуации с углем и будем считать, что вначале вы имеете в наличии 100 единиц энергии. После

сгорания угля и образования пара останется лишь 60 единиц. Прогоните пар через турбину – и вы генерируете всего 40 единиц электроэнергии. Пропустите их по линиям электропередач к вашему дому – и вы получите только 35 единиц. Зажгите свет в своей комнате, сосредоточьте некоторую его часть, положим, на силиконовом элементе солнечной батареи питания – и вы получите всего одну единицу энергии. Если с помощью этой солнечной батареи вы приведете в действие свой проигрыватель для получения удовольствия от прослушивания пластинки «Битлз», у вас останется только одна десятая часть энергоединицы. Чем не энергоаналог?

В реальном мире второй закон термодинамики всегда приводит к возникновению этого налога на преобразование энергии, и он никогда не равен нулю. Однако не будем отчаиваться. Даже при условии, что мы должны платить природе энергетический налог и что мировые потребности в энергии будут вновь и вновь удваиваться, всегда будет существовать море – этот огромный резервуар возобновляемой энергии. Пока светит солнце, дуют ветры, накатываются приливы, вздымаются волны, течения перемещают массы воды, океан всегда будет наполнен энергией, потому что он сам получает ее из неиссякаемого источника – из космоса. Но потребуются еще одно десятилетие, а может, и больше, чтобы найти пути ее экономического и безопасного извлечения конкретными действиями.

### III. КАК ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЭНЕРГИЮ ПРИЛИВОВ

*Месяц, когда рога твои укажут на восток,  
Быть полнолунию;  
Месяц, когда рога твои направлены на запад,  
Исчезнешь без остатка.  
Неизвестный автор*

Одновременно с тем, как увеличивается и убывает лунный серп, увеличиваются и убывают океанские приливы. В древности возникновение приливов объяснялось тем, что ангел небесный опускает в воду и поднимает из нее свою ногу. В наши дни мы уже отказались от этого объяснения, отдав предпочтение научным знаниям. Сегодня солидные комиссии все чаще собираются для того, чтобы обсудить явление приливов и разработать методы высвобождения заключенной в них энергии. С какой целью? С целью производства дешевого электричества.

Тысячу лет назад использование энергии приливов, обсуждаемое в настоящее время, было бы отнесено к области волшебства. В те времена люди еще верили, что Земля плоская, а некоторые полагали, что приливами можно управлять с помощью королевских указов. Например, король Канют приказывал им останавливаться, успокаиваться и отступать.

На самом деле король Канют, монарх Норвегии, Дании и Англии, был весьма мудрым правителем. Он знал, что приливы не подчинены его указам, но его придворные считали, что их монарху подвластно все и вся. Поэтому, стараясь погасить веселые искорки в глазах, Канют облачался в королевские одеяния, надевал корону, брал скипетр, садился на трон, установленный на носилках, и приказывал придворным нести его к берегу моря, когда наступал прилив. Там они ждали до тех пор, пока буруны не подступали вплотную, выплескиваясь на берег. Наконец, когда и песок, и придворные достаточно промокали, Канют поднимал свой скипетр. «Остановись!» – гремел он с высоты своего высокого, удобного трона. «Остановитесь, наступающие воды, схлыньте!»

Разумеется, наступающая вода не подчинялась королю. Океанские приливы не подвластны смертным, а действуют в рамках сложной системы различных взаимодействующих сил. Прежде всего имеются две такие силы, действующие из космоса: притяжение Солнца

и Луны. Солнце, которое находится на расстоянии 93 миллионов миль от Земли, оказывает меньшее влияние, составляющее примерно 46% лунного. Луна, расположенная гораздо ближе (настолько, что ее уже посещают астронавты), влияет на океан гораздо сильнее, дважды в день вызывая приливы в большинстве районов мира.

Одним из факторов возникновения очень высоких сизигийных и очень низких квадратурных приливов каждый месяц является положение Солнца и Луны по отношению к Земле. Другой фактор, оказывающий воздействие на приливы, – вращение Земли. Большое значение имеет и влияние конфигурации океанских акваторий и берегов, которые зачастую создают уникальные условия приливов. Так, например, в заливе Фанди разница в уровнях прилива достигает 60 футов (18 м), а на Таити она равна 1 дюйму (2,5 см).

Во времена короля Канюта этих знаний еще не было. Тем не менее люди, живущие на побережье, знали о взаимосвязи лунных фаз и приливов. Они замечали, что когда Луна поднимается на 50 минут позже каждый день, вслед за этим наступает и прилив. Они замечали, что вид лунного серпа изменяется в течение лунного месяца, составляющего 28 дней, и все знали, что самым высоким прилив бывает тогда, когда на ночном небе светится только узкая серебряная полоска, и тогда, когда сверкает полный лунный диск; а когда луна находится в своей первой или третьей четверти, разница в уровнях уже не столь значительна. В соответствии с этим лунно-приливым календарем отправлялись в море рыбаки, потом) что всем было известно, что во время низкого прилива легко сесть на мель, а высокий прилив дает возможность плыть без опасений.

Мельники, жившие на морских берегах, тоже внимательно следили за Луной и приливами. Именно они первыми научились использовать повышение уровня моря. Они строили приливные мельницы и перемалывали на них пшеницу и ячмень. Одним словом, именно

мельники обнаружили, что приливы могут совершать полезную работу, заменяя труд многих людей. Они научились превращать приливную энергию в механическую, точно так же, как впоследствии инженеры стали преобразовывать последнюю в электричество.

К одиннадцатому столетию приливные мельницы скрипели, стонали и стучали вдоль всего побережья Англии. Повсюду, где приливы достигали достаточно высокого уровня, появлялись мельники в деревянных башмаках, с белыми от муки волосами, руками и одеждой. Они возились со скользкими водяными колесами и следили за работой скрипучих жерновов.

Находчивые мельники строили свои мельницы в устьях рек, там, где они впадали в океан. Вместе со своими дюжими сыновьями они перегораживали реку дамбой из камней, глины и бревен. Таким образом создавался резервуар для накопления воды.

Специальные приспособления были предназначены для контроля за уровнем воды в резервуаре. Это были просто запирающие ворота или створки. Когда начинался прилив, створки открывались внутрь и вода заполняла резервуар. Убывая во время отлива, вода сама закрывала створки. Когда было надо, вода подавалась через узкие сливные ворота на лопасти водяных колес.

Такие мельницы были прибыльным делом. Сохранились сведения об одной из них, размещавшейся в Дуврском порту, и ее интенсивная деятельность даже создавала помехи для плавания в гавани. В наши дни большинство старых мельниц исчезло. Лишь одна из них по-прежнему стоит в Суффолке (Англия) и все так же перемалывает зерно. Естественно, она привлекает множество туристов, ведь она работает точно так же, как и в двенадцатом веке: с помощью накопительного резервуара, дамбы, створок, сливных ворот и четырех комплектов жерновов.

Однако Британия не запатентовала приливные мельницы (тогда еще не было патентов – *прим. ред.*). В двенадцатом веке подобные мельницы заработали



повсеместно на западном побережье Европы, обогащая бретонцев во Франции, голландцев и испанцев, живущих на берегах Бискайского залива.

Когда был открыт Новый Свет, корабли, перевозившие иммигрантов, перевозили и чертежи приливных мельниц. Идея использовать энергию приливов казалась новым поселенцам весьма заманчивой. На самой южной оконечности канадского берега французы с помощью индейцев построили первую в Новом Свете приливную мельницу. Это было в 1600 году.

Вскоре колонисты Новой Англии также обратились к использованию энергии приливов и стали строить мукомольные мельницы для помола специй и лесопилки. В 1734 году была построена четырехколесная водяная машина на Род-Айленде, каждое колесо которой весило около 20 т, а развиваемая мощность достигала 50 л. с. – результат по тем временам феноменальный.

Энергию приливов можно использовать несколькими способами. Когда наши предки строили свои мельницы, они использовали лишь потенциальную энергию, которой обладает вода, собранная в резервуаре. Позднее, когда были изобретены эффективно работающие насосы, стало возможным использовать и другую форму энергии приливов – кинетическую, т. е. энергию движущейся воды.

Впервые в значительных количествах энергию движения приливов стали извлекать примерно во второй половине шестнадцатого века. В то время жители Лондона испытывали острый недостаток воды. Люди делали все, что могли, но колодцы, ручьи и даже фонтаны в скверах часто пересыхали. Еще чаще вода в них была просто непригодной для питья. Нужна была надежная и безопасная система городского водоснабжения. Для осуществления этой цели была создана компания, предложившая качать воду из Темзы, которая во время приливов пополнялась и морской водой. Течение этой реки особенно быстрое в районе сужения русла между массивными быками Лондонского моста. На деревянных



рамах, которые поднимались и опускались вместе с уровнем воды, компания установила три деревянных колеса. От обычных они отличались своей конструкцией, благодаря которой вращались в том или ином направлении в зависимости от направления течения воды. Компания установила также новые эффективные водяные насосы – по шестнадцать на каждое колесо. Приливы вращали водяные колеса то в одну, то в другую сторону, колеса приводили в движение насосы, те закачивали воду в трубы, по которым она и поступала в Лондон.

Для лондонцев это явилось доказательством того, что энергию приливов можно использовать с экономической точки зрения на общее благо. Для ученых и инженеров – доказательством того, что как потенциальную, так и кинетическую энергию можно преобразовывать и использовать для механической работы.

Однако на пути использования приливной энергии все еще имелись препятствия, казавшиеся непреодолимыми. С одной стороны, необходимо было извлекать ее в должном месте и использовать немедленно. С другой стороны, хотя приливы и могли приводить жернова в движение достаточно хорошо, мельники иногда вынуждены были работать в неудобное время. Из-за того, что восход Луны и приливы наступали каждый день на 50 минут позже, несчастному бородачу-мельнику периодически приходилось работать по ночам. Но зато получаемая энергия была даровой, поэтому ее использование продолжало привлекать внимание жителей побережья.

По-настоящему этот вид энергии был использован в двадцатом столетии, когда инженеры научились не только преобразовывать приливную энергию в механическую, но и превращать последнюю в электричество.

Наступил наиболее подходящий момент для строительства приливной гидроэлектростанции. Такая станция должна была иметь огромный накопительный бассейн или резервуар, реверсивные турбины и насосы. Циклы ее функционирования достаточно сложны. Такая

станция смогла бы вырабатывать энергию как во время прилива, так и во время отлива, преобразовывая приливную энергию последовательно в механическую, а затем в электрическую. Она смогла бы обеспечить электроэнергией людей и населенные пункты, находящиеся в сотнях миль от нее. При этом не было никакого загрязнения окружающей среды.

Первая в мире и самая крупная на сегодняшний день приливная энергостанция находится на бретонском берегу Ла-Манша. Из 22 возможных вариантов французские инженеры выбрали именно этот, имея к тому веские доводы. Возможности для создания водного бассейна были идеальны. Прилив в этом месте обладал великолепной мощностью, перемещая в устье реки и из него 630 000 кубических футов (189 000 кубических метров) воды в секунду. Разница уровней составляла 44 фута (13 м), а скорость течения (между Брестом и Сен-Мало) часто достигала 55 миль, или 90 километров в час. Не удивительно, что делаются попытки использовать энергию приливного течения непосредственно во время самого прилива, однако проще и эффективнее работа станции осуществляется во время отлива.

Разумеется, станция в эстуарии (устье реки Ранс) строилась не один день. Обсуждения, научные исследования и дискуссии длились около пятидесяти лет. Сначала были изобретены турбоальтернаторы – турбогенераторы с подворачивающимися лопатками ротора турбины, затем разрабатывалась технология создания станции таких размеров. Нельзя было игнорировать и тот факт, что необходимый для строительства бюджет составлял 100 миллионов долларов – сумму весьма значительную по тем временам. Наконец, в 1959 году разработка проекта была завершена.

Строительство началось в 1961 году на две мили (чуть более трех километров) выше места впадения реки в море, где ширина канала составляла 2500 футов (770 м).

Как только работы начались, невиданный энтузиазм, подогреваемый средствами массовой информации,

охватил всю страну. Французские газеты «пестрели сенсационными заголовками: проект «Une Grande Realisation duedite» (небывалый по грандиозности проект (франц.). – прим. перев.) – беспрецедентное достижение.

Наконец, в 1967 году строительство приливной энергостанции Ранс было закончено. Дамба, энергоблоки, навигационные затворы и спусковые шлюзы – все было готово. Огромный накопительный резервуар до краев наполнился водой. По верху дамбы пролегла автодорога, по ней мчались автомобили с отдыхающими, курсирующими между двумя курортными городами: Сен-Мало и Динард. Внутри плотины размещались двадцать четыре турбоальтернатора. Каждый из них мог функционировать и как турбина, и как насос, работающий как в сторону моря, так и обратно. Каждый приводился в действие приливными течениями, затем лопасти турбин поворачивались, чтобы использовать и отлив. Управляемая с помощью компьютера станция Ранс не зависела от нерегулярности приливов, однако не на 100%, так как менялась ее выходная мощность. В оптимальных условиях она достигала 240 мегаватт, но в течение года средняя величина полезной отдачи составляла 25% от максимальной. Последняя цифра может показаться довольно скромной; тем не менее она вполне сопоставима со средними характеристиками энергостанций, работающих на угле или втором по значению виде природного топлива – нефти.

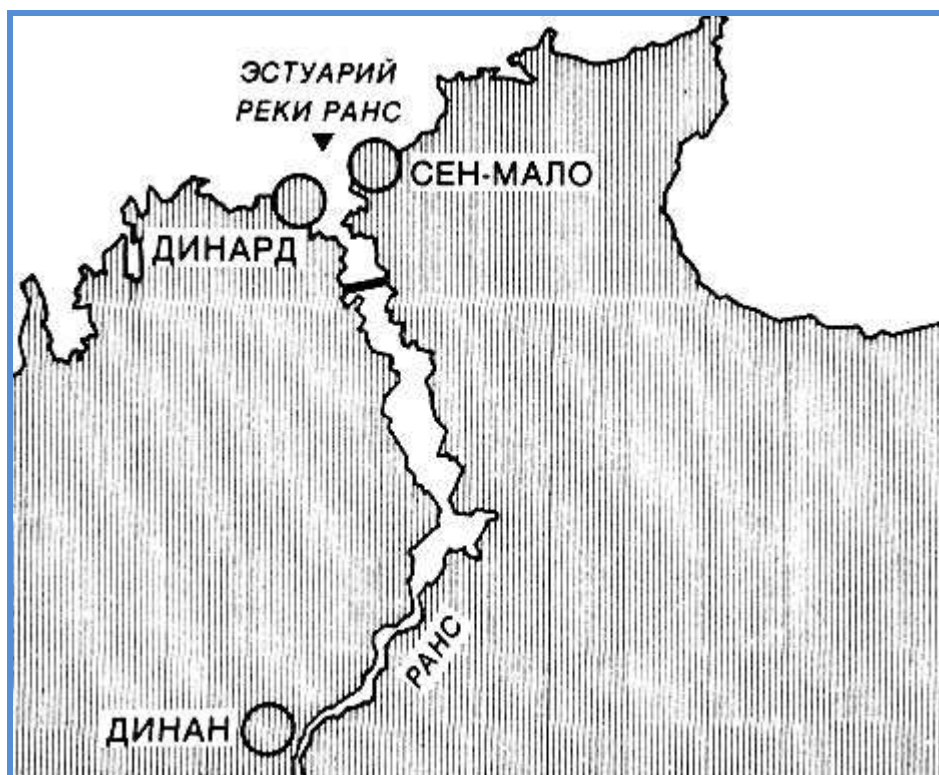
В будущем технические возможности, разумеется, помогут превысить уровень, равный 25%; однако, как отмечают специалисты из французского инженерного управления, «хотя принципы использования приливной энергии относительно просты, эффективное производство постоянного количества энергии – проблема более сложная».

Накануне поступления первых поздравлений создателям французской станции вступила в строй вторая в мире приливная энергосистема. Это была небольшая по размерам экспериментальная станция в Кислой Губе,

расположенной вблизи Мурманска на Баренцевом море. По завершении строительства в 1968 году станция сразу же начала производить около 400 киловатт электроэнергии.

Русские проводили этот эксперимент с вполне определенной целью: проверить, как проявят себя в суровых условиях Дальнего Севера конструкции, изготовленные с применением новых технологических решений. В случае успеха русские, известные как практичные мечтатели, планировали создать сеть небольших приливных энергостанций на побережье Белого моря для получения дешевой электроэнергии. Они предвидели рост новых городов, бурное развитие новых отраслей промышленности там, где ее не было вовсе, имея в виду повышение уровня жизни миллионов будущих жителей этих районов.

На карте показано расположение приливной энергостанции в устье реки Ранс



Приливы в Кислой Губе достаточно мощны, а величина их уровней вполне предсказуема, однако проблем, конечно, хватало. Этот северный район был почти не освоен и слабо заселен. Для того чтобы предпринять там строительство энергостанции, необходимо было предварительно освоить район – привезти рабочих, построить дома, проложить дороги, открыть магазины, воздвигнуть заводы для производства необходимого оборудования. Но создание такого комплекса обошлось бы в фантастическую сумму денег. «Будет дешевле,– предложила группа инженеров,– построить приливную энергостанцию где-нибудь в порту, где уже есть и рабочие, и заводы, и станки, и материалы. Тогда все, что мы должны будем сделать,– это отбуксировать ее целиком в Кислую Губу».

Вид с воздуха приливной энергостанции на Рансе. Комплекс соединяет два города Сен-Мало и Динард. Сама станция находится внизу рисунка, слева



Сказано – сделано. На мысе Притыка, где наиболее удобно расположен порт, имеющий достаточно развитую производственную базу, вступили в действие производительные силы русских. На основе использования одной реверсивной турбины (такой же, как и у французов на Рансе) они построили сборную энергостанцию на плавучем кессоне. Затем она была отбуксирована в Кислую Губу, затоплена в горловине залива, установлена в нужном положении и надстроена по бокам заранее изготовленными секциями плотины. Так



как не нужно было строить кессон для подводных работ, создавать поселение для рабочих, стоимость проекта была минимальной. Достижения же были поразительны. Плодотворное начало позволило русским предположить, что со временем они смогут освоить ледовую Арктику, начать ее заселение и промышленное развитие.

В действительности этот эксперимент доказал, что технически возможно строить и отбуксировывать более крупные энергосистемы в отдаленные и пустынные районы. Основываясь на полученных результатах, главный инженер строительства в Кислой Губе Л. Б. Бернштейн смог заявить в апрельском выпуске журнала «Гражданское машиностроение» за 1974 год: «В СССР сейчас планируется строительство приливной энергостанции мощностью 6 миллионов киловатт, предназначенной для работы в Мезенской губе на побережье Арктики. Возможным является и создание станций в Тугурском заливе Охотского моря. Рассматривается вопрос о строительстве станции мощностью 20 миллионов киловатт в Пенжинской губе».

Энергия приливов привлекает все большее внимание ученых и инженеров в Советском Союзе. Русские знают, что даже небольшие приливные станции на Крайнем Севере и в северо-восточных районах страны смогут обеспечить эти районы электричеством, которое в скором времени никаким иным способом невозможно было бы туда передать, так как ближайшие энергосистемы расположены на расстоянии многих сотен миль от них.

В то время как французы праздновали свои успехи, а русские разрабатывали новые конструктивные технические решения, в США и Канаде предпочитали дискутировать. На повестке дня стоял вопрос о строительстве гигантской гидроэлектростанции в заливе Пассамакводди. Дискуссия началась еще в 1919 году, когда на берегу этого залива, отделяющего Канаду от штата Мэн, побывал американский инженер Декстер Купер. Он был буквально ошеломлен чудовищными по мощности приливами, перемещающими в день два

миллиарда тонн воды. «Здесь,— заявил он,— я построю первую в мире приливную электростанцию». Им планировалось использование двух бассейнов (или резервуаров): залив Пассамакводди в качестве верхнего и залив Кобсук в штате Мэн в качестве нижнего. Расположенная между ними электростанция должна была вырабатывать электрический ток.

Отбуксировка приливной энергостанции в Кислую Губу



Однако практически ничего не было сделано вплоть до 1935 года, пока Франклин Делано Рузвельт, бывший тогда президентом Соединенных Штатов, не заинтересовался проблемой. Рузвельт, часто проводивший свое свободное время, плавая на яхте «Кводди», согласился с Купером. Он выделил семь миллионов



долларов американским инженерным войскам, приказав начать строительство, и направил 5000 человек в поселок Кводди, представлявший собой скопление наспех сколоченных бараков. С какой целью? Создать накопительный резервуар в заливе Кобсук для последующего соединения с канадским бассейном Пассамакводди.

За год 5000 человек построили три небольшие дамбы – жалкая часть того, что необходимо было сделать вообще. Затем люди были отозваны. 7 миллионов долларов были истрачены, а конгресс в дальнейшем финансировании отказал. Во время голосования дело доходило чуть ли не до потасовок, в зале слышались свист и крики «Долой!». Но конгресс был неумолим. Ходили слухи, что американские компании, производящие электроэнергию, выступали против строительства приливной станции.

Купер и Рузвельт обогнали свое время. Дискуссии длились еще в течение сорока лет, а создаваемые комиссии голосовали то «за», то «против». Было похоже, что разрабатываемый проект представлял собой скорее политическую, чем научную проблему.

К середине 70-х годов необходимость в получении больших количеств дешевой электроэнергии стала особенно острой, что вызвало возобновление обсуждения проекта. Американские инженерные войска вновь обратили внимание на залив Кобсук, приливы в котором достигали уровня 18 футов (5,5 м).

Четыре года спустя жителям штата Мэн были доложены результаты научно-исследовательских работ, обошедшихся в 18 миллионов долларов. В июле 1978 года проводились собрания представителей общественности. В Истпорте и Августе ратуши были переполнены. Коренастые фермеры с обветренными лицами и огрубевшими руками и их шумливые жены, процветающие лавочники – все они горели желанием узнать: что собирается сделать правительство для жителей северовосточных штатов. Многие выражали

недовольство: «Мы и так уж платим за электричество на 28% больше, чем остальные американцы».

Студентки и студенты, солдаты, демобилизованные из армии (многие из которых не имели работы), надеялись на то, что наконец наступит день, когда начнется использование нового вида энергии. «Энергия находится прямо под руками. Уровень приливов в заливе Кобскак наивысший в континентальной части США».

Инженеры доложили о результатах своих исследований спокойно, вежливо и сочувственно, заявив, что: а) в настоящее время проект экономически бесполезен в смысле сокращения цен и б) проект окупится, если цены на топливо будут расти быстрее, чем темпы общей инфляции.

На другом берегу залива, в Канаде, результаты исследований внушали больший оптимизм и уверенность. В 1977 году в своем докладе Комитет по изучению возможностей использования энергии приливов в заливе Фанди заявил, что «необходимо немедленно рассмотреть проблему преодоления финансовых трудностей на пути использования энергии приливов... так как в определенных частях залива строительство станций экономически приемлемо».

Тремя тысячами миль западнее жители Аляски тоже задумываются, как использовать энергию приливов. Правда, у них этот процесс протекает более спокойно, чем у их восточных соседей. Приливы заинтересовали аляскинцев еще двести лет назад, когда капитан Джеймс Кук проводил обследование узкого морского залива, носящего теперь его имя. Кук был столь сильно поражен мощностью приливов, что записал в своем судовом журнале:

«Суббота, 30 мая 1778 года... Мы стоим на якоре во время отлива, скорость течения которого составляет пять миль в час».

«Воскресенье, 31 мая 1778 года. В 9 часов мы встали на якорь на глубине 16 саженей... Отлив уже начался... Уровень воды в самой низкой точке опустился по вертикали на 21 фут...»

«Понедельник, 1 июня 1778 года... Вода с силой устремляется в реку Турнагейн, а затем с еще большей скоростью возвращается в море. Пока мы стоим на якоре, уровень воды падает по вертикали на 20 футов...»

Еще со времен Кука навигаторы, исследователи и рыбаки со страхом и благоговением наблюдали в этом заливе высокие приливы, характеризующиеся быстрым и сильным течением. В наши дни, в последнюю четверть двадцатого века, этот благоговейный страх превратился в мечту об использовании приливной энергии.

«Приливная электростанция, даже небольшая, обеспечит округ дешевым электричеством»- такие высказывания можно услышать субботними вечерами в любом баре или ресторане. «Сами посудите, какое значение это имело бы для Аляски!»

Однако инженеры относятся к таким разговорам с профессиональной сдержанностью.

Они прекрасно знают, что Аляске не грозят политические распри, способные помешать строительству в заливах Пассамакводди и Кобсук. Но им известно также, что залив Кука обладает двумя особенностями, которые рано или поздно придется учесть: льды и специфика расписания приливов.

По пять-шесть месяцев в году залив Кука покрыт льдами. Большие куски льда толщиной от 3 до 6 футов (1-2 м) перемещаются под воздействием приливов. Ледяные глыбы, некоторые величиной с дом, громоздятся на прибрежных отмелях, тают и вновь замерзают, покрываются песком и илом. Они постоянно поднимаются и опускаются во время приливов и отливов, вместе с более мелкими кусками льда ударяются о волноломы, напоминая бодающихся баранов.

Хотя вдоль побережья залива имеется немало мест, которые могли бы подойти для строительства приливных станций, во всех вариантах трудность заключается в решении проблемы береговых льдов. Доктор Чарльз Белк, декан инженерного факультета Аляскинского университета, считает: «Очень трудно защитить дамбы и

электростанции от ударов ледяных глыб, если только не упрятать все оборудование под воду глубже нижней кромки плавающих льдов».

Разумеется, можно построить подводные электростанции. Их заранее изготовленные секции отбуксируют в Кник Арм – наиболее подходящий для этого пункт, смонтируют шлюзовые ворота в плавучих камерах и погружающиеся в воду сливные шлюзы – и проблема береговых льдов во многом будет решена.

Небольшие электростанции можно строить и в других местах залива, но и там при проектировании нужны интересные инженерные решения. В данном случае надо учитывать специфику приливов. Белк, постоянно изучающий приливные процессы, отмечает существование запаздывания по времени в расписании наступления приливов. Это запаздывание сказывается таким образом, что в то время как прилив достигает максимального уровня в горловине залива, на расстоянии 260 миль (416 км), в его верхней части наблюдается одиннадцатичасовое запаздывание, т. е. отлив.

Сто лет назад такое поведение приливов казалось загадочным и непредсказуемым. Оно и до сих пор воспринимается как необычное, но сегодня компьютеры могут рассчитать график наступления приливов для любого выбранного места на берегах залива. Таким образом, в случае, если приливная станция будет построена, компьютеры смогут вычислять объемы воды, которые будут поступать в каждый из накопительных резервуаров.

При наличии изобретательных инженеров, финансовых средств на продолжение исследований и времени можно надеяться, что впоследствии на берегах залива появятся мощные приливные электростанции, преобразующие кинетическую энергию приливов в электрический ток. Однако строительство таких приливных станций «дело будущего», считает доктор Белк. «Даже скромный прототип такой станции в заливе Кука будет стоить от 100 до 200 миллионов долларов, а

потребность в ней пока не столь остра. Наш штат небогат. Но через 20-50 лет такие проекты, без сомнения, станут привлекать всеобщее внимание».

Тем временем ревущие приливы все так же обрушиваются на залив, являясь неистощимым источником энергии.

Природные условия на реке Ранс, в Кислой Губе, заливах Кука, Пассамакводди, Кобсук – уникальны. В мире существует немного мест, где приливы так необычайно высоки и имеются устья рек или узкие каналы заливов, которые можно перегородить дамбами в целях накапливания воды. Однако на разных континентах есть масса заливов с приливным уровнем, превышающим 15 футов (4,5 м), которые можно использовать для строительства небольших электростанций. Такими заливами усеяно побережье Британской Колумбии, Бразилии, Аргентины, Чили, Магелланова пролива, Берега Слоновой Кости вблизи города Абиджана в Африке.

На побережье Азии приливы также достаточно мощны, а потребность в дешевой энергии весьма велика, так как там самый низкий уровень ее потребления на душу населения. Приливы с уровнем в 40 футов (12 м) или даже больше поднимаются в Охотском море, в устье реки Сеул, вблизи Шанхая, Амоя и Рангуна. Высокие приливы наблюдаются в Индии и в заливах Амбей и Кутч.

После окончания войны во Вьетнаме возник интерес к строительству приливных электростанций в Южной Кореи и Индии, Австралии, Аргентине и Англии.

На северо-западе Австралии внимательно исследуется залив Валькотт, который соединяется с заливом Колльер. Причина – потребность в энергии для эксплуатации недавно открытых месторождений бокситов и железной руды.

В Англии лишь сейчас оживилась дискуссия о строительстве электростанции в устье Северна. Из трех основных проектов первый рассчитан на создание одного

резервуара, второй – двух, третий представляет собой модифицированный проект. Большинство склоняется к принятию второго проекта, так как два резервуара позволят производить электричество во время пиковых нагрузок в нужном режиме – постоянно или с перерывами.

Как большинство нововведений, развитие приливной энергетики имеет своих противников. Считается, что первоначальные капиталовложения в строительство и стоимость получаемой электроэнергии слишком высоки.

На самом деле, в тех местах, где условия к тому располагают, эти стоимостные соображения теперь уже не верны. Заранее изготовленные и впоследствии отбуксированные по воде блоки станции способствуют снижению затрат на ее создание, как это было убедительно продемонстрировано русскими в Кислой Губе.

И, что самое главное, приливное электричество стало дешевым видом энергии. Научно-исследовательский симпозиум Колсона, проводившийся в Бристольском университете (Англия) в 1978 году, отметил, что «электричество, производимое станцией на Рансе, теперь дешевле, чем электричество, производимое ядерными реакторами».

Влияние на окружающую среду? В окрестности дамбы морской флоре и фауне наносится определенный ущерб в результате незначительного увеличения температуры воды и сокращения содержания кислорода. Дамбы мешают миграции рыб. И все-таки это – довольно скромный ущерб, который с лихвой компенсируется тем, что бассейн является великолепным местом для ловли рыбы и отдыха.

Понятно, ряд экспертов считает, что постоянно поднимающиеся приливы – будущий источник дешевой и чистой электроэнергии. Некоторые даже предсказывают, что еще до конца столетия мощные приливные электростанции будут производить электрический ток в больших количествах и нужном ритме в местах с

подходящими условиями. Другие же обращают большее внимание на вездесущие океанские и морские волны. Они выступают за строительство волновых электростанций. О таких проектах мы поговорим в следующей главе.

#### IV. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВОЛН

*Мир вод вздымающихся,  
темный и глубокий.*

*Мильтон. «Потерянный рай»*

Стоит произнести слово «океан», как перед глазами тут же предстают волны, играющие солнечными бликами, белопенные или темно-зеленые, подобные водяным горам. В этих волнах содержится энергия и, как считают ученые-океанологи, ее достаточно, чтобы электрифицировать весь мир, а создается она при участии морских ветров.

В солнечный, безветренный день океан спокоен. Волн почти нет, их энергии хватает лишь на легкое покачивание предметов: плотов и лодок, выброшенных бутылок и кусочков дерева, а также детей, плавающих с надувными кругами. Но как только небо посереет, поднимется ветер – усилится и волнение на море. Меняется ветер – то же происходит и с волнами, расходящимися по всем направлениям, вздымающимися и опадающими, с гребнями, покрытыми белоснежной пеной. Усилится скорость ветра – выше станут волны, еще стремительнее станет их бег. В них будет содержаться больше энергии, полученной от ветра. Причем, если высота волн возрастет в два раза, количество содержащейся в них энергии учетверится.

Высокие, мощные волны, можно сказать, переполнены энергией. Представьте себе силу волны, способной выбросить на крышу маяка камень весом 139 фунтов (69,5 кг). Такой случай имел место на Тилламук



Рок, вблизи побережья Орегона. Маяк был установлен на утесе на высоте 135 футов (40 м) над уровнем моря. Во Франции волны перебросили валун весом 2700 кг через дамбу в Шербурге, высота которой была 20 футов (6 м). На Гавайях во время штормов прибой высотой 100- 200 футов (30-60 м) обрушивается на лавовый берег Оаху, и это вполне обычное явление для тех мест.

Огромная энергия, заключенная в волнах, обратила на себя внимание еще в те времена, когда отправлялись в первые дальние плавания моряки. В девятнадцатом веке сэр Джон Мюррей, один из известнейших в мире океанографов, отмечал сокрушительную силу водяных валов. В вахтенном журнале он записал: «Я наблюдал волны, вздымающиеся на 60 футов». Однако самая высокая волна, замеченная в открытом океане, достигала высоты 112 футов (35 м). Это произошло в 1933 году. Лунной февральской ночью танкер ВМС США «Рамапо» плыл по ветру в бушующем Тихом океане. Ветер, не встречая на своем пути в открытом океане никаких препятствий на протяжении тысяч миль, достиг ураганной силы. Стоявший на капитанском мостике дежурный офицер завернулся в клеенчатый плащ и крепко держался за поручни, когда вдруг увидел, что за кормой поднимается необычайно высокая волна. Когда она достигла корабля, офицер заметил по мачте, под каким углом виден ее гребень, вычислил угол, под которым плыло судно, измерил высоту мачты, а остальное было делом геометрии. В результате расчета оказалось, что высота волны составляла 112 футов, что можно сравнить с высотой двенадцатиэтажного дома.

Косвенным образом гигантская энергия, заключенная в волнах, также является внеземной. Ее источник – солнце, которое рождает ветры. Ветры, в свою очередь, посредством взаимодействия воздуха и воды, порождают волны.

В отдельных районах мира, там, где ветры не обладают большой точностью, волны чаще всего низкие и слабые. Но в тропическом поясе (севернее и южнее



экватора), в северной части Тихого океана, вокруг Британских островов ветром вызывается гораздо более сильное волнение на море, и энергия волн уже значительна. По полученным недавно оценкам специалистов, она равна примерно 30% всей энергии, используемой в мире. Такие цифры, естественно, побуждают многие страны финансировать исследования в области использования волновой энергии. Министерство энергетики США не так давно заявило, что только в северной части Тихого океана преобразование энергии волн дало бы от 5 до 50 мегаватт электричества на километр побережья. Профессор физики Эдинбургского университета (Шотландия) Стефан Солтер подсчитал, что 300-мильная (480-километровая) цепь изобретенных им устройств, размещенная в Атлантике вокруг Гебридских островов, сможет преобразовать в электричество такое количество волновой энергии, что его хватит для снабжения всей современной Великобритании.

В течение многих лет по мере сбора и анализа информации о волнах ученые-океанологи задумывались об использовании их энергии на благо людей. Однако без ответа оставался самый главный вопрос: каким способом можно эффективно и экономично извлекать значительное количество этой энергии.

Число энтузиастов, старавшихся найти решение, столь велико, что лишь в одной Англии в период с 1856 по 1973 год было зарегистрировано более 340 патентов на генераторы, использующие энергию волн. Суть большинства изобретений, особенно недавних, состоит в создании своего рода поплавков, плавающих по волнам. В таких поплавках подъемы и спады волн приводят в действие вращающиеся устройства, которые преобразуют кинетическую энергию волн в механическую. Не правда ли, просто? Да, однако все эти проекты так и остались на бумаге.

Лишь в последней четверти двадцатого столетия были выдвинуты на рассмотрение эффективные проекты, после того как британское министерство энергетики

финансировало ряд исследовательских работ в этой области. Естественно, применять изобретенные устройства предполагалось в местах, где волны обладали наивысшей активностью: на побережье Атлантического океана, Ла-Манша и Северного моря. К 1979 году среди всех этих проектов на первое место вышли четыре: «нырок» Солтера, плот Кокерелла, колеблющаяся водная колонна (резервуар) и выпрямитель Рассела.

«Нырок» был придуман доктором Стефаном Солтером, который является не только профессором физики, но и инженером-механиком, специалистом по искусственному интеллекту и изобретателем. Идея проекта возникла у Солтера совершенно случайно. Сам он объясняет это таким образом: «Когда в 1973 году я простудился, моя жена (с бессердечным равнодушием к моему недомоганию) заявила: «Прекрати изнывать от жалости к самому себе. Почему бы тебе не заняться разрешением проблемы энергетического кризиса?» Устройство, которое она хотела получить, должно было бы производить необходимое количество энергии, работать не нанося вреда окружающей среде, быть пригодным к функционированию в зимних условиях Шотландии и создавать энергию вечно».

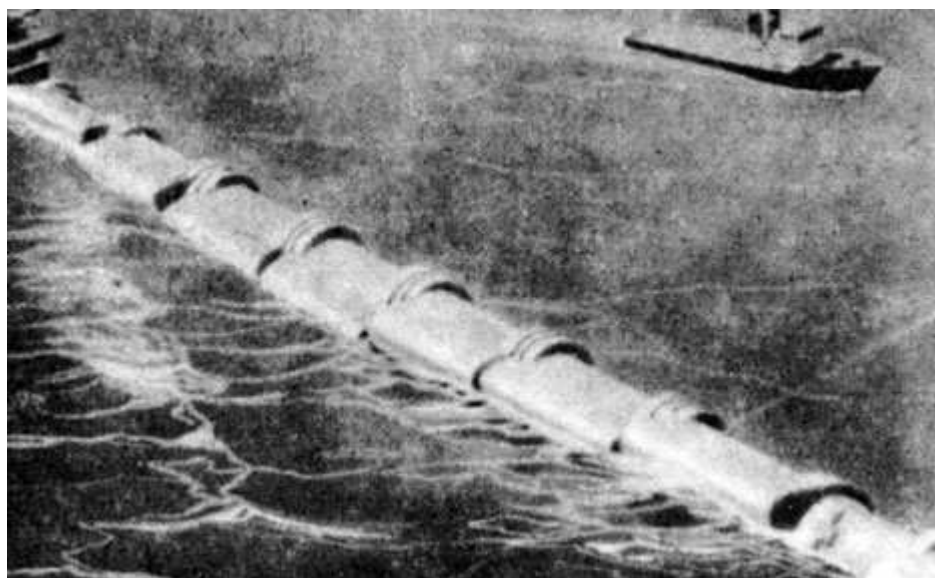
Профессор физики Солтер представил себе бурные волны, плещущие вдоль побережья Шотландии. Инженер Солтер проделал кое-какие вычисления и поразился тому количеству энергии, которое из них можно было бы извлечь. Изобретатель Солтер прикинул в уме проект простого устройства для извлечения энергии, напоминающего поплавков, который поднимается и опускается вместе с волнами, приводит в действие насос и производит электрический ток. Все, что ему тогда требовалось, это динамометр, чтобы измерить работу, совершаемую поплавком, и помещение, где можно было бы собрать его. Запасясь бальсовым деревом и клеем, транзисторами и динамометром, он взялся за работу.

Созданное им детище по форме напоминало продолговатую каплю. Плавающая в баке с водой, оно

покачивалось, словно ныряющая утка, – отсюда и произошло его название.

Первая модель могла преобразовать около 15% волновой энергии. Этот результат уже был хорош сам по себе. Когда последовательное совершенствование конструкции «нырка» позволило довести его эффективность до 90%, правительство предложило финансовую помощь. Вскоре в университете был построен новый большой водный бассейн (самый большой в Европе), и работа пошла всерьез. Группа Солтера занялась дальнейшим улучшением конструкции «нырка», одновременно стремясь соединить отдельные компоненты в гибкую плавучую цепь.

«Нырок» Солтера



Во время первых испытаний вне стен лаборатории, в Дрейкоте, цепочка «нырков», размером всего в одну пятидесятую часть от запланированного, работала столь успешно, что группа немедленно приступила к подготовке более мощной модели – в одну десятую полной величины – для испытаний в озере Лох-Несс. Следующим этапом будет полномасштабное создание цепочек таких устройств и постановка их на якорь вдоль

берегов, разумеется, таким образом, чтобы они не находились на пути морских судов.

Прислонясь к цементной стене университетского бассейна, с отсутствующим видом, столь характерным для него, Солтер с готовностью описывает проектируемые им модели в натуральную величину. Они будут состоять из гигантских стальных и цементных ячеек, каждая размером с дом. С карандашом в руках Солтер тут же рисует, что будет происходить в открытом море. Набегающие волны приведут в действие вращающиеся гидравлические насосы. Насосы под давлением подадут воду на турбогенератор, который начнет вырабатывать электричество, передаваемое на берег по подводному кабелю.

Как много энергии можно получить таким способом? Группа Солтера рассчитывает, что с одного метра цепи, состоящей из таких «нырков», изготовленных в натуральную величину, можно будет получать в среднем от 30 до 50 киловатт электричества. Цепь длиной 300 миль (480 км), как уже упоминалось выше, способна удовлетворить все современные потребности Великобритании в электроэнергии.

И осуществлено все это может быть задолго до 1990 года.

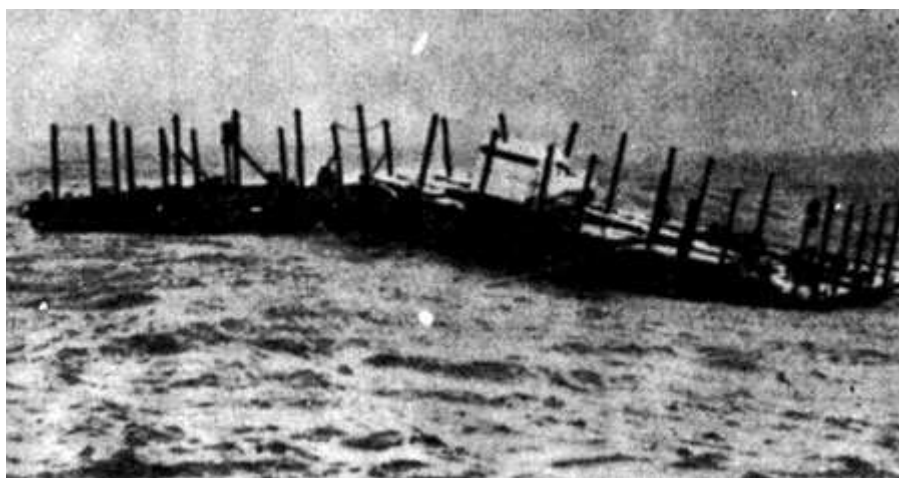
«Не нужно упускать из виду и то, — подчеркивает Солтер, — что «нырки», по-видимому, отвечают всем требованиям, предъявляемым миссис Солтер. Они не загрязняют окружающей среды и безопасны в употреблении, производят значительное количество энергии и способны функционировать если и не вечно, то, во всяком случае, достаточно долго».

Между южным берегом Англии и островом Уайт протекает бурный поток, известный под названием Солент. На его пенистые волны в апреле 1978 года директор «Вэйвпауэр лимитед», сэр Кристофер Кокерелл, вывел на первые испытания свой плот. Вместе с ним в испытаниях принимали участие менеджер проекта и заместитель секретаря парламента по энергетике Алекс

Иди. По сообщению сэра Кристофера, эксперименты с установкой, мощностью в одну пятидесятую часть от запланированной, уже проводились. «Однако осуществлялись они лишь в водных бассейнах. Сегодня же наша цель заключается в проверке установки, размеры которой составляют одну десятую часть натуральной величины, в морских условиях». Менеджер проекта добавляет: «Сегодняшние морские эксперименты должны доказать, что использование энергии волн – не выдумка ученых, а реальное, разумное предложение». Он объяснил также, что испытания проводятся далеко не в идеальных условиях, так как при юго-западном ветре волны Солента набирают силу в десять раз меньшую, чем волны Северной Атлантики вблизи побережья Гебридских островов.

Конструкция плота была придумана сэром Кристофером в 1971 году. Он состоит из трех соединенных на шарнирах понтонов, которые, находясь на плаву, повторяют движение волн. Их подъемы и спады приводят в движение гидравлические тараны, соединяющие понтоны. Эти сжатия и растяжения передаются рабочей жидкости, которая приводит в действие гидравлический генератор, вырабатывающий в результате этого электрический ток.

Плот Кокерелла, уменьшенный в несколько раз, во время испытаний



Плот изгибается на волнах, а специальное устройство, управляемое компьютером, контролирует процесс преобразования энергии волн. Располагается оно на находящейся неподалеку барже и соединяется с плотом при помощи кабеля. Периодически выдаваемые сообщения позволяют судить о характере волнового движения, выходной мощности установки и напряжении.

Хотя установка величиной в одну десятую от проектных параметров производит лишь один киловатт электроэнергии, специалисты «Вэйвпауэр лимитед» подсчитали, что одиночный плот, размеры которого составляют 50 метров в ширину и 100 метров в длину (что соответствует размерам целого городского квартала), при благоприятных морских условиях будет способен генерировать 2 мегаватта электроэнергии (один мегаватт равен тысяче киловатт). Уже в скором времени предполагается создать цепь плотов в открытом море у берегов Шотландии и в Ла-Манше. В оптимальных условиях такая цепь длиной в 15 миль (25 км), как ожидается, разовьет мощность, равную 500 мегаваттам.

Тем временем ряд проблем еще нуждается в разрешении. Необходимо усовершенствовать плавучие конструкции, создать более простые и надежные в эксплуатации якоря, увеличить срок действия и повысить устойчивость их к воздействию коррозии.

Говоря о глобальных перспективах использования энергии волн, сэр Кристофер осторожно отметил: «Развитие таких методов находится еще в начальной стадии. Однако при условии, что правительство не прекратит финансовой поддержки, прототип волновой электростанции может быть создан уже в 80-х годах».

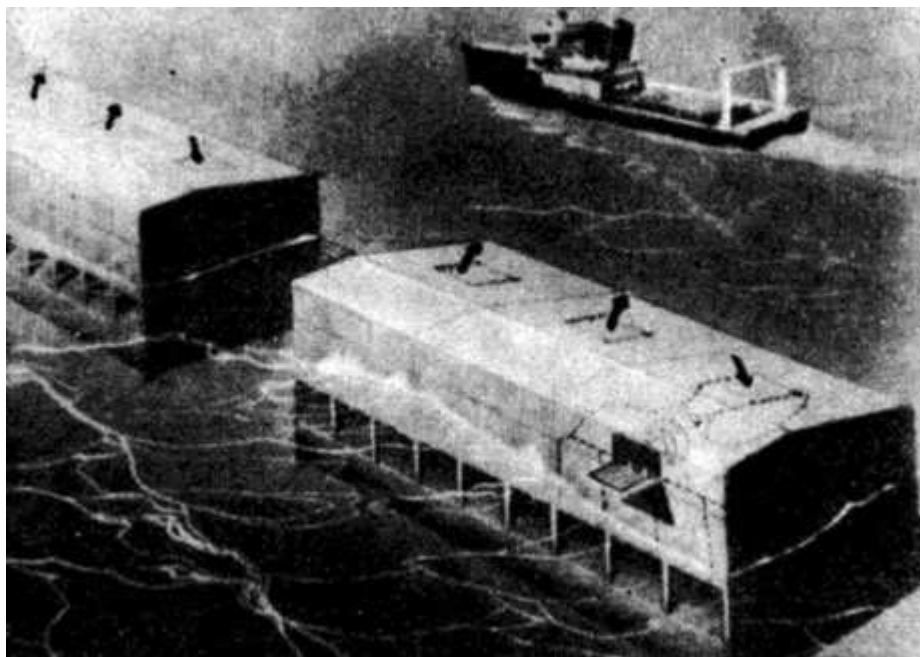
Колеблющаяся водная колонна (или резервуар) – установка, разработанная в Национальной технической лаборатории Великобритании, в корне отличается от «нырка» Солтера (университетский проект) и плота сэра Кристофера (частное коммерческое предприятие).

Это устройство использует действие волн для сжатия воздуха и производства таким образом электричества.



Идея колонны заимствована у японского морского офицера Ю. Масуда, который изобрел плавучий волнолом. Масуда обнаружил, что если волнолом сделать в виде перевернутой коробки с отверстиями в верхней части, то высота волн внутри него будет значительно меньше, чем снаружи, так как волны будут сглаживаться под воздействием потоков воздуха, проходящих через отверстия. Он обнаружил также, что интенсивные воздушные потоки постоянно то поступают внутрь камеры, то выходят из нее вследствие подъемов и спадов волн.

Колеблющийся водный резервуар-колонна, или осциллирующий водяной столб



В Национальной технической лаборатории разрабатывается модель колеблющейся водной камеры другого типа – кольцевидного буя, предназначенного для создания воздушного давления. Он представляет собой полое кольцо тороидальной формы с прорезями или отверстиями наверху. Плавая по воде, он поднимается и опускается вместе с волнами, вызывая тем самым сжатие

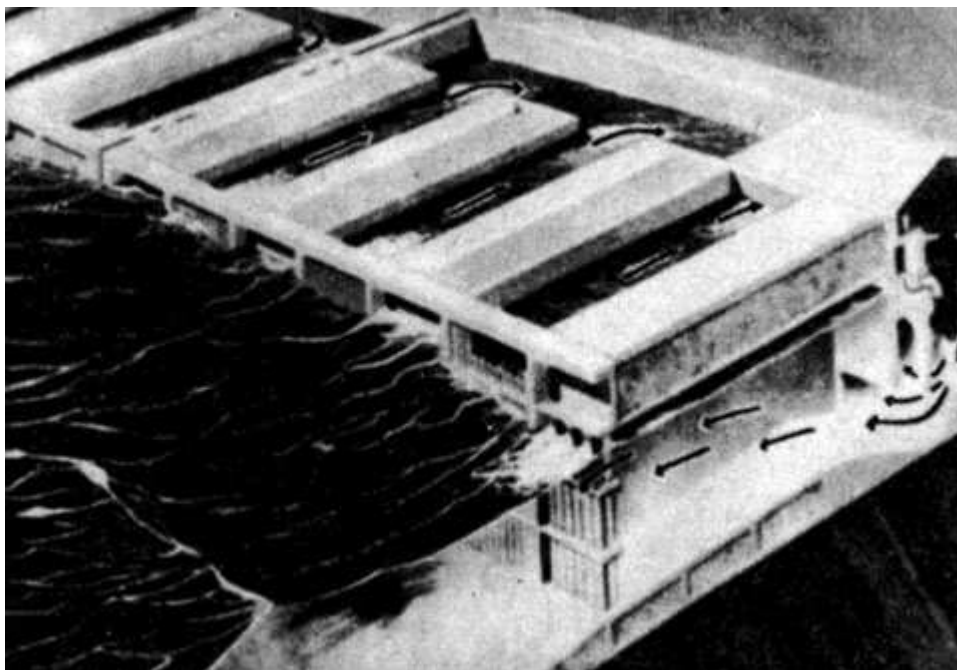
воздуха, поступающего вовнутрь через прорези, что приводит в действие турбину.

Несмотря на то, что разработка колеблющейся водной камеры находится на ранней стадии развития, она представляет собой более современную и сложную установку, похожую внешне на плавучую коробку без дна. Уже решен вопрос, каким образом возможно вращение турбины в одну сторону, если поток воздуха, поступающий через прорези, постоянно меняет направление. Для этой цели используются клапаны, пропускающие воздух, вращающий турбину лишь в одном направлении.

Внимание исследователей привлекает и выпрямитель Рассела. Эта установка регулирует движение воды так, что она поступает на турбину только с одной стороны.

Вот как она устроена. Несколько прямоугольных резервуаров закреплены на якорях в открытом море, при этом некоторые из них находятся над, а некоторые – под поверхностью воды.

Выпрямитель Рассела





Между верхними и нижними резервуарами расположен турбогенератор. Волны нагоняют воду в верхние резервуары. Оттуда она (через невозвратные клапаны) стекает вниз, приводит в движение турбогенератор, производя тем самым электричество, и выливается наружу. Выпрямитель Рассела, вызывающий особый интерес у специалистов Национальной технической лаборатории, в 1980 году находился все еще на начальной стадии разработки.

Еще один способ извлечения энергии волн – комбинированный, позволяющий использовать сразу три источника энергии: волны, ветер и солнце.

Ни один из них никогда не рассматривался как решение энергетического кризиса, так как волны не всегда обладают достаточной силой, ветер не всегда дует с нужной скоростью, солнце в разные часы светит с разной интенсивностью.

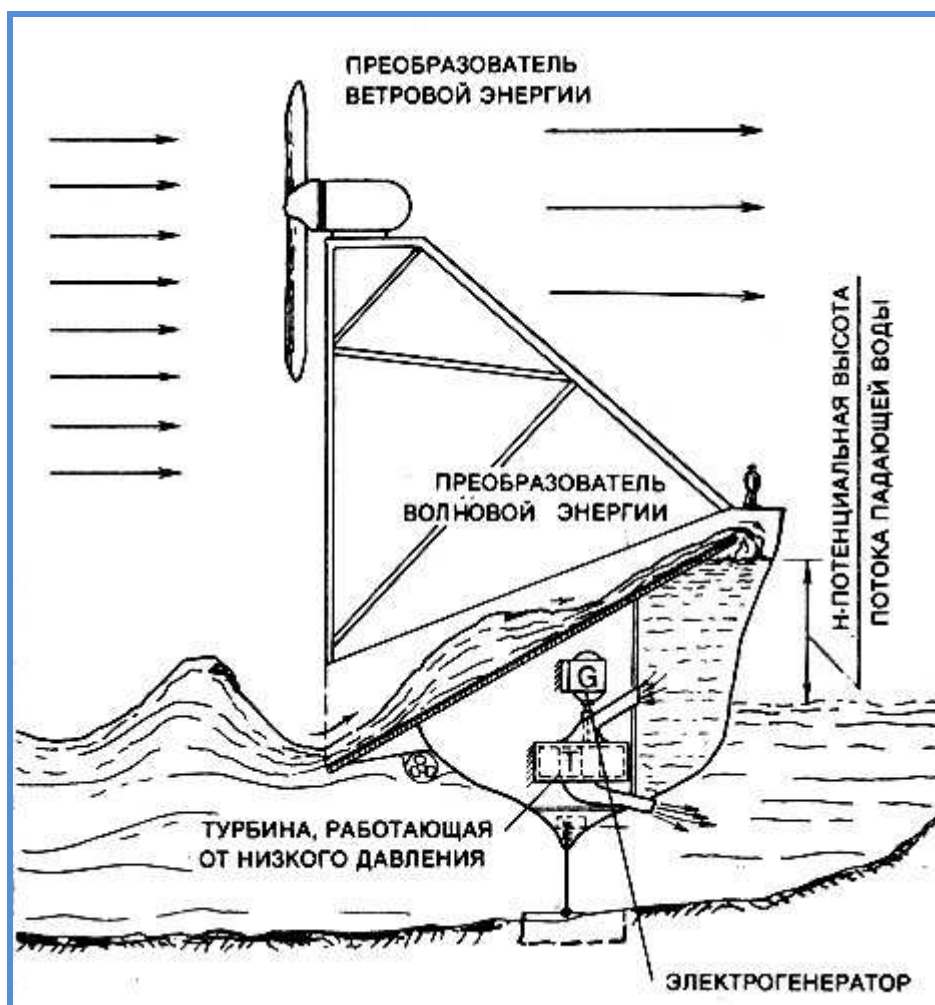
«Волны, ветры и солнце – непостоянные источники энергии, но это не причина, чтобы их не использовать», – считает профессор Энтони Перанио.

Он запатентовал ряд проектов и моделей для использования энергии альтернативных источников. К одному из них относится комбинированная установка по преобразованию как энергии волн, так и энергии ветра. Как объясняет автор, она может быть размещена на судах, сообщающихся с берегом с помощью кабеля. Конструкция ее достаточно проста и состоит, по сути дела, из двух частей: головного резервуара, расположенного в корпусе судна, и наклонной плоскости, которая может регулироваться в зависимости от высоты (рисунок на стр. 71). Когда наклонная плоскость помещается в море, волны, набегая на нее, перекачиваются и попадают в резервуар. Затем вода выпускается на специальную, низконапорную турбину, установленную на судне. Это необычная турбина. Она способна вращать генератор для выработки электричества, приводить в действие компрессор для

сжатия воздуха и насос для накачивания резерва воды, используемой затем для производства электроэнергии.

Несмотря на простоту конструкции, установка генерирует значительное количество электроэнергии, больше – когда волнение моря сильнее, меньше – когда оно относительно спокойно. Но даже в те дни, когда высота волн достигает 6-7 футов (около 2 м), а скорость ветра – 16-18 миль (25-28 метров в час), установка Перанио может вырабатывать 1,5 мегаватта электричества на каждые 325 футов (100 м<sup>3</sup>) налившейся в резервуар воды. Эта мощность может быть увеличена на 0,25 мегаватта, если использовать и ветер. Для этого требуется всего лишь установить два пропеллера, соединенных с системой, использующей энергию волн.

Комбинированная установка по преобразованию энергии волн и ветра



Волно-ветряные преобразователи могут также быть смонтированы на стальных каркасах, находящихся на причале в качестве волноломов-энергопроизводителей. Вычисления показывают, что пятнадцать таких каркасов, каждый по 325 футов (100 м) длиной, смогут обеспечить электричеством населенный пункт с двадцатитысячным населением. При этом поток энергии будет постоянным, так как наклонные плоскости будут автоматически подстраиваться под высоту волн, а каркасы волноломов поворачиваться, ориентируясь по направлению ветра и волн.

Перанио считает, что в случае комбинированного использования его волно-ветряных преобразователей и солнечной энергосистемы можно получить действительно

стабильный и непрерывный поток электроэнергии. «Когда ветер стихает, наиболее вероятно, что выдастся ясный и солнечный день, а это позволит эффективно использовать энергию солнца, – поясняет он. – С другой стороны, когда небо затянуто облаками – преобладают сильные ветры». Перанио указывает, что его установки с географической точки зрения вовсе не обязательно должны быть установлены в водах Средиземного моря. Они могут применяться для дополнения солнечных энергосистем и в средних широтах, так как если летом там интенсивно светит солнце, а ветер и волны слабеют, то зимой все происходит наоборот – солнце дает меньше тепла и света, зато энергия ветра и волн достигает наивысшего уровня.

Специалисты рассчитывают создать работающую энергосистему такого комбинированного типа. Технология ее проста, недорога, и вполне реальна. Необходимые капиталовложения невелики, волны и ветры бесплатны, а для многих людей в процессе строительства и управления такими установками появится возможность получить работу.

Самыми первыми создателями действующих, долговечных и эффективных преобразователей энергии волн были японцы. Речь идет о портовых бакенах или буюх. Изобретены они были Масудой и, используя энергию волн, функционировали как сигнальные огни или портовые маяки. Существует два типа подобных бакенов. Одни в качестве основных преобразователей энергии имеют плунжеры – длинные поршни, приводимые в действие движением волн по вертикали. Другие – механизмы маятникового типа, которые раскачиваются по мере раскачивания волн. В настоящее время сотни таких бакенов функционируют в прибрежных водах не только Японии, но и других стран мира. Они особенно ценны тем, что практически не требуют ухода и внимания.

Новейший японский энергетический проект имеет своей целью использовать огромный волновой потенциал Японии в крупных масштабах. В его основе – плавучая

экспериментальная станция стоимостью 3,1 миллиона долларов. Это судно «Каимей» водоизмещением 450-500 т, которое было построено для производства работ в Японском море, где средняя высота волн составляет 10-13 футов (3-4 м). «Каимей», поддерживаемая на плаву с помощью четырех воздушных камер, имеет довольно большие размеры: 264×40 футов (80×12 м). Она имеет также 22 воздушных отсека, в которых и аккумулируется энергия волн. Волны оказывают давление на воздух, который вращает турбину, вырабатывающую электрический ток с помощью трех генераторов.

Первые испытания «Каимей» были проведены вполне успешно, поэтому в будущем планируется увеличить число генераторов. После этого придет время строительства станции мощностью 20 мегаватт, которая будет передавать электрический ток по подводному кабелю на сушу.

В создании установок, использующих энергию волн, хотя и в меньшей степени, участвуют и другие страны. В Соединенных Штатах в Скрипском институте океанологии профессор Джон Исаакс и инженер Давид Кастел работают над остроумным проектом – водяным насосом, приводимым в действие волнами, высота которых достигает 13 футов (4 м). Это довольно простое устройство, состоящее из вертикальной трубы, плавучего бака с клапаном в днище. Пока что были проведены (и успешно) испытания такой установки длиной 300 футов (90 м) в заливе Канех (Гавайи). В установке вода закачивается в резервуар для создания необходимого давления, после чего она под давлением поступает на турбогенератор, производящий электрический ток.

В Вашингтонском университете в результате работы семинара по океанской инженерии был создан ряд проектов: отводной абсорбер Солтера, полностью загерметизированный бакен и «колеблющийся клин».

В Канаде деятельность, направленная на использование энергии волн, основывается в первую очередь на британских проектах, уже обсуждавшихся в

этой книге: «нырок», плот Кокерелла, колеблющаяся водная камера и выпрямитель Рассела.

Очевидно, что все рассмотренные установки, несмотря на весьма хитроумную подчас конструкцию, могут быть построены в целях производства значительных количеств энергии, если имеется в наличии энергия волн. Поэтому их испытания проводятся большей частью в штормовых водах Британских островов и Японии. Что касается нежелательного влияния на окружающую среду или других недостатков, то, видимо, они касаются только возможного неудобства для кораблей и рыбацких судов. Однако все это можно учесть, имея на руках навигационные карты морских трасс. Зато такие установки имеют два больших преимущества. Плавающие станции могут быть использованы для приманки рыбы и уменьшения эрозии берегов.

В настоящее время очень трудно предположить, какая из вышеупомянутых энергосистем окажется наиболее эффективной и экономичной, надежной и простой в обслуживании. Никто не знает, какая из них будет лучше функционировать в морских условиях (речь идет не только о непредсказуемости силы волн, но и о влиянии ветров, течений и приливов). Будут ли они плавать или закрепляться на дне, будет это «нырок», выпрямитель волн или колеблющаяся водная камера? Может быть, в конечном итоге будет создана комбинированная система извлечения энергии из волн, ветра и солнца? Может быть, конструкция этой системы будет основываться на материалах, которые еще не изобретены? Только время ответит на все вопросы, и, как считают специалисты, время это не за горами. Когда примерно? Скорее всего в 1985-1990 годах.

А пока рассмотрим еще одно научное направление, цель которого – попытаться использовать энергию течений, которые подобны рекам, текущим в море.

## V. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК ИЗ ОКЕАНСКИХ ТЕЧЕНИЙ

Всю акваторию Мирового океана пересекают течения. Они имеют самые различные направления: на север и юг, восток и запад. Некоторые из них описывают траектории, представляющие собой огромные окружности. Под этими поверхностными течениями есть и другие – глубинные. Их направления и скорость – самые различные. И только небольшое количество течений можно считать медленными. Энергия течений весьма велика. Именно поэтому в последней четверти двадцатого века передовые ученые-океанологи предложили использовать энергию наиболее быстрых течений с целью преобразования ее, в электрический ток. Предложения породили планы, которые привели к исследованиям и разработке проектов. Однако для разработки проекта необходима обширная информация, а для того чтобы собрать ее, потребовалось много времени – выяснялось, где имеются течения, насколько велика их скорость, насколько они устойчивы, какова в них температура воды в разное время дня и ночи.

Первое известное упоминание об океанских течениях было сделано Колумбом, плывшим к Сан-Сальвадору в быстрых водах попутного западного течения. «Я считаю доказанным, – записал он в своем дневнике, – что воды морей, как и небеса, движутся с востока на запад». Однако с тех пор мореплаватели обнаружили много других течений, имеющих самые разные направления.

В 1513 году испанский исследователь Понсе де Леон, разыскивавший Источник Молодости, стал свидетелем странного феномена. Он плыл южнее побережья Флориды во время ужасного шторма. Несмотря на то что ветер дул в нужном направлении и парусник, казалось, двигался вперед, случайно обернувшись, испанец обнаружил, что на самом деле он приближается к берегу. Океанские демоны? Злые духи? Нет. Понсе де Леон не знал того, что его маленькая шхуна попала в мощное течение, которое



позже назвали Гольфстримом и которое именно в той части Атлантического океана течет на север. Поэтому, хотя ветры гнали суденышко на юг и были довольно сильны, течение оказалось сильнее.

Спустя годы, в целях увеличения скорости передвижения по океану, Бенджамин Франклин нанес это течение на карту с точностью, возможной для того времени. Ему пришлось это проделать, потому что возник вопрос, на который он не смог дать ответ. Во время одного из путешествий в Англию его спросили: «Почему британские корабли, плывущие в Нью-Йорк, а затем на юг, затрачивают на это на две недели больше, чем те, которые плывут к Род-Айленду?» Франклин не знал ответа и поэтому спросил об этом своего кузена – китобоя Тимоти Фолджера. Фолджеру было известно то же, что и всем китобоям: в той части океана в восточном направлении проходит теплое, быстрое течение, которому киты отдают особое предпочтение. «Однако капитаны-англичане руководствуются своими картами, на которых течение вовсе не обозначено», – объяснил Тимоти. «Поэтому они попадают прямо в поток и плывут все время против течения». Он также добавил, что американские суда быстрее добираются до Европы, двигаясь на восток, потому что плывут по течению. Возвращаясь, они умышленно избегают его. После этого Фолджер обозначил место прохождения течения Гольфстрим настолько точно, насколько это сам представлял.

После окончания американской революции Франклин, имея в качестве основы рисунок Фолджера, задумал составить более точную карту Гольфстрима. Во время своих многочисленных плаваний через Атлантику он постоянно измерял температуру воды за бортом. Одетый в тяжелые зимние одежды, меховую шапку и теплые ботинки, он выходил на палубу, забрасывал в океан пустые бутылки и наполнял их морской водой, температуру которой затем измерял термометром. Таким



путем он выяснил, что воды течения теплее, чем окружающие их океан и воздух.

Сегодня океанографам известно, что вода океанских течений отличается от остальной морской воды по многим параметрам. У них другая температура, скорость, содержание соли. Они отличаются и запасами кинетической энергии, протекая словно «морские реки» через все океаны мира. Они вызываются ветрами, имеющими неизменное направление, вращением Земли, различиями в температуре и плотности воды. Однако среди поверхностных течений Гольфстрим – наиболее примечательное. Офицер американского военно-морского флота Мэтью Мори писал о нем в своей книге «Физическая география моря» в 1855 году:

«В океане существует река. Она не пересыхает в жесточайшую засуху и не переполняется во время половодья. Ее дно и берега состоят из холодной воды, в то время как само течение – теплое. Оно берет свое начало в Мексиканском заливе и исчезает в Арктике. Эта могучая река – Гольфстрим. В мире нет другого такого удивительного водного потока. Скорость его быстрее, чем у Миссисипи или Амазонки, а объем перемещаемой воды – больше в тысячи раз... Его воды еще от берегов Каролины имеют цвет индиго. Они отличаются от окружающих вод столь сильно, что могут быть замечены невооруженным глазом. Зачастую одна половина судна может плыть в Гольфстриме, другая – в морских водах, так резко отличаются воды течения; насколько похожи свойства вод внутри Гольфстрима, настолько же сильно их отличие и нежелание смешиваться с окружающим океаном».

Описание Гольфстрима, сделанное Мори, теперь считается классическим, привлекает внимание и огромная кинетическая энергия этого течения. Однако исследования океанских течений были весьма ограниченны еще в девятнадцатом веке и велись лишь с точки зрения навигационных проблем или из простого любопытства отдельных ученых. Соответственно и

данные собирались хоть и старательно, но очень медленно во время плаваний через океаны.

В дальнейшем информация собиралась учеными-океанологами Военно-морского флота США, Береговой охраны, Берегового и геодезического, топографического управления США, а также частными исследователями. Имея в своем распоряжении современную измерительную аппаратуру, они смогли вычертить карты и схемы, показывающие температуру, ширину, места протекания Гольфстрима в зависимости от времени. Разумеется, результаты сбора таких данных были не совсем надежны, так как Гольфстрим изменял свое направление. Некоторые приписывали это влиянию Луны. Однако в 1884 году адмирал Джон Эллиот Пилсбери смог разрешить многие из таинственных загадок. Во время прохождения службы у берегов Флориды он ставил свое судно на якорь то в одном, то в другом месте и снимал показания с помощью новейших по тем временам приборов. Среди них было одно особенное устройство – изобретенный им самим измеритель скорости течения, который одновременно фиксировал и направление потока.

Со времен Пилсбери во всех океанах мира продолжались исследования, которые, правда, не давали убедительных результатов. Со временем инструменты, обладающие большой точностью измерений, появились на многих океанских судах, автоматически фиксируя скорость, температуру, местоположение и химический состав течений. В 1969 году хорошо оснащенная научно-исследовательская подводная лодка «Бенджамин Франклин», находящаяся в ведении правительства, значительно обогатила библиотеку сведений об океанских течениях. Два года спустя свой вклад в их изучение внес и профессор Института исследований моря и атмосферы в Розенстеле (Флорида) Уолтер Дьюинг. В своем фундаментальном труде он проанализировал огромный запас информации о Флоридском течении, являющемся частью Гольфстрима. Впервые в отношении исследуемого

течения были получены данные об «изменениях во времени и пространстве».

В 70-х годах центр внимания исследований сместился. Ввиду того, что ископаемые виды топлива стали дорожать, все чаще стали поговаривать об энергии океанских течений: ее доступности, запасах и возможности превращения в дешевую электроэнергию.

Обычно считается, что извлечение энергии океанских течений должно быть весьма выгодным делом. Оно не загрязнит окружающую среду, не потребует, в свою очередь, больших затрат энергии и, так как течения находятся в движении двадцать четыре часа в сутки, энергия будет поставляться постоянно и непрерывно. Надежды возлагаются и на то, что энергоустановки будут производить значительные количества достаточно дешевого электричества, станут долговечными и эффективными.

Первые проекты по преобразованию энергии океанских течений в электроэнергию появились очень скоро. Однажды в теплый солнечный день три друга-океанолога затронули в своей беседе проблемы исследований Уолтера Дьюинга.

Это происходило в 1973 году в офисе директора Атлантических океанографических и метеорологических лабораторий Национального управления по исследованию океана и атмосферы в Майами, доктора Харриса Б. Стюарта-младшего.

Из окон офиса им был виден Гольфстрим – светло-голубой поток среди зеленого Атлантического океана. Доктор Стюарт позднее в интервью журналу «Попьюлар Сайенс», рассказывал издателю Артуру Фишеру, что вначале трое друзей празднично восхищались голубизной Гольфстрима, и только. Они знали, что это течение, проходящее близ Флориды между Майами и Бимини, несет в пятьдесят раз больше воды, чем все реки мира. «Мы знали и то, что течение постоянно и ночью, и днем, что оно имеет приличную скорость – 4 узла. И тут нас осенило: почему бы не исследовать Флоридское течение

как весьма перспективный источник энергии... Мы подсчитали, что если удастся извлечь лишь 4% энергии этого потока, выходная мощность составит 1000-2000 мегаватт, что примерно эквивалентно производительности ядерной электростанции. Таким образом, мы решили, что проблемой стоит заняться».

Вскоре после этого Стюарт и его коллеги встретились опять, чтобы сделать первые наброски проекта электростанции, использующей энергию Флоридского течения. Им уже виделись огромные подводные пропеллеры – преобразователи энергии. Газеты узнали об этой встрече, и первые полосы запестрели историями о «подводных мельницах».

Чикагский миллионер Джон Б. Мак-Артур также обратил внимание на проект. Ему, практичному бизнесмену, идея неистощимого, безвредного источника энергии вблизи Майами показалась интересной. Мак-Артур вылетел в Майами и имел беседу с доктором Стюартом.

Мак-Артур предложил ему набросать план работ и состав специалистов: морских инженеров, экспертов по тяжелому морскому оборудованию, проектировщиков турбин, экономистов-энергетиков, экспертов по коррозии и загрязнению окружающей среды для исследования подводного функционирования установки.

Когда Комитет Мак-Артура собрался в 1974 году, специалисты были уже подобраны. В наличии имелись деньги, профессиональный опыт и изобретательность. Прибыли делегаты от Флоридской электрической компании, Вестингхауза, «Эллис-Чалмерс» и лабораторий «Лаке корризен» из «Интернейшнл никель». Морские инженеры представляли три весьма престижных университета: Род-Айлендский, Массачусетский и Калифорнийский университет в Беркли. Присутствовали заинтересованные представители частного сектора и правительства.

После трех дней дискуссий, выслушивания аргументов и контраргументов делегаты пришли к

выводу, что энергия Флоридского течения эквивалентна энергии, вырабатываемой двадцатью пятью электростанциями мощностью 1000 мегаватт, и что это течение определенно может быть использовано для получения электричества.

Присутствовавшие специалисты по охране окружающей среды, однако, возражали против неограниченного преобразования энергии течения. Как заявил один из них, «извлечение 200 мегаватт энергии охладит Флоридское течение, что повлияет на климат востока Соединенных Штатов и Северной Европы».

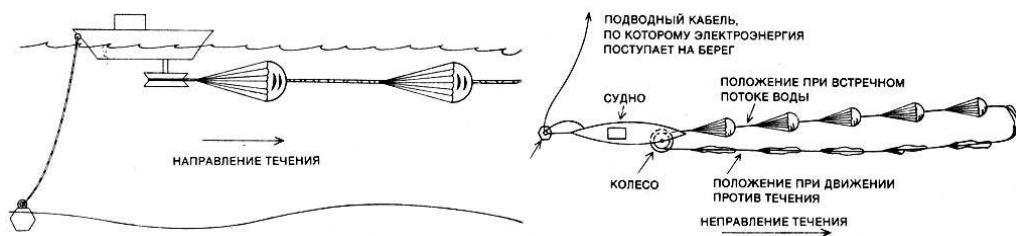
В то же время инженеры-практики предлагали такие устройства, как двухлопастные пропеллеры (которые вначале и называли подводными мельницами), роторы с вогнуты ми лопастями и системы гигантских водяных турбин. Однако наибольшее внимание привлекла система подводных парашютов, изобретенная Гари Стилманом, приехавшим из окруженной со всех сторон суши Айовы.

Стилман – фермер, не имеющий специального технического образования, впервые использовал парашюты для преобразования энергии небольшого ручья, протекающего через территорию его фермы. Поскольку устройство там работало, он предложил ту же идею с условием увеличения размеров парашютов для преобразования энергии Флоридского течения. Его изобретение столь же просто и дешево, сколь и оригинально. Оно предназначено для превращения энергий низкого уровня в электрический ток и называется WLVEC (Water Low-Velocity Energy Converter) – «водяной энергопреобразователь, работающий на низких скоростях». WLVEC состоит из двух компонентов: колеса на оси, закрепленного на судне или плавучей платформе, и вытянутой петли, непрерывно вращающейся вокруг колеса, словно конвейерная линия. Вдоль петли закреплены паруса, выполненные в виде парашютов. Они расположены так, что раскрываются при встречном потоке воды и закрываются, когда поворачиваются на петле в противоположном направлении. Когда это

устройство опускается в воду, парашюты автоматически вытягивают петлю и приводят систему в действие под влиянием силы течения. Петля, в свою очередь, вращает колесо, передающее вращение турбогенератору, который и вырабатывает электрический ток.

Группа Мак-Артура в заключение пришла к оптимистическому выводу: весьма возможно, что в середине 80-х годов из Флоридского течения будут извлекаться значительные количества энергии, причем цена ее будет достаточно низкой. Использовать ее можно тремя способами: как электрический ток, передаваемый на берег по подводному кабелю, как водород (извлеченный из морской воды), который можно перекачивать по газопроводу или перевозить судами в криогенных резервуарах, или как сжатый газ, хранимый в «подводных баллонах».

Вид в разрезе WLVEC – водяного энергопреобразователя, работающего на низких скоростях, сконструированного Стилманом в виде подводной системы парашютов



Перед окончанием своей работы группа Мак-Артура выступила с рекомендациями относительно программы исследований и развития. Вскоре после этого было установлено, что скорость океанских течений изменяется как во времени, так и в пространстве, а величина ее в большинстве случаев невелика. Значит, и энергетический уровень тоже.

Энергия низкого уровня? Для изобретательных инженеров такая проблема не являлась непреодолимой. Они знали, что океанские течения содержат в себе огромные запасы энергии и что она может быть извлечена

с помощью больших низкоскоростных водяных турбин. Ряд возможных проектов таких турбин подвергся рассмотрению. Один из них – создание турбины с вертикально расположенной осью – был признан в то время наиболее эффективным. Он имел два плюса: возможность подстраиваться к интенсивности потока и изменениям в его направлении. Однако уже в 1980 году Стилман объявил, что его новая модель WLVEC с парашютами размером 5 футов (1,5 м) работает превосходно. «Ее выходная мощность, – заявил он, – 10 лошадиных сил при скорости потока, составляющей два узла». Согласно его последним оценкам, «не существует верхней границы мощности энергостанций типа WLVEC. Все зависит лишь от прочности используемых материалов. При цене на нефть, равной 30 долларам за баррель, станция WLVEC, расположенная у берегов Майами, будет производить электричество на 1,5 миллиона долларов в день».

Говоря о создании электростанций, использующих энергию океанских течений, мы имеем в виду, что для этого необходимы крупные денежные средства и государственная поддержка. Лишь один раз, в 1979 году, правительством США были предприняты конкретные шаги в этом направлении. Они заключались в том, что вице-президент компании «Аэровиронмант Инкорпорейтед» (Пасадена, Калифорния) доктор Питер Б. С. Лиссамэн пытался продолжить работу и исследования с того момента, на котором остановилась группа Мак-Артура. Его цель – создать энергосистему на основе так называемых «подводных мельниц» – океанских турбин, изобретенных двумя инженерами – Дэвидом Томпсоном и Уильямом Маутоном.

«Представьте себе, – говорит Лиссамэн, – огромную подводную турбину размером в два городских квартала, имеющую в центре гигантский ротор. Пусть 250 таких турбин будут погружены в Гольфстрим на глубину 75 футов и заякорены кабелями длиной почти в две мили. Протекающий поток воды приведет роторы в движение, в

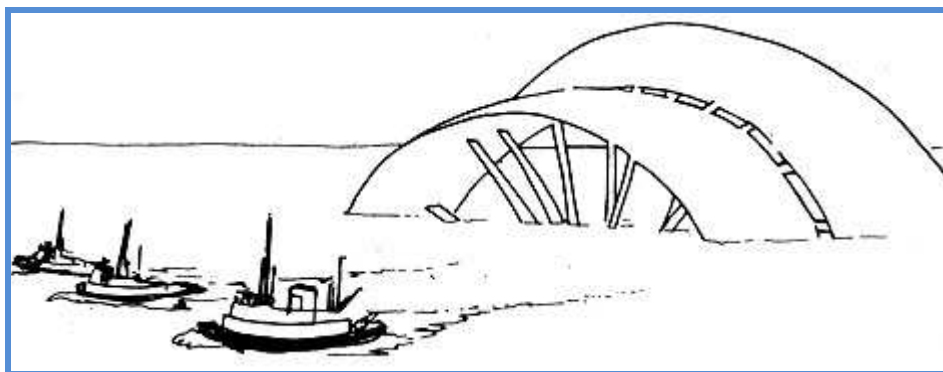


результате чего турбины станут вырабатывать электрический ток. Передаваемый во Флоридскую энергосистему по подводным кабелям, он легко покроет значительную часть общегосударственных потребностей в энергии».

Этот проект – энергосистема из океанских турбин – назван программой Кориолиса в честь французского ученого XIX века Гюстава Гаспара Кориолиса. Будучи математиком и инженером, он стал известен своей теорией, описывающей движения океанских и воздушных течений в зависимости от вращения земного шара. Согласно этой теории течения Северного полушария смещаются вправо, т. е. по часовой стрелке, а течения Южного полушария смещаются влево, т. е. против нее.

Менеджер программы Кориолиса Роберт Рэдки описывает систему с большим энтузиазмом. «Мы рассчитываем на то, что у нас не будет больших проблем с реализацией проекта – установкой и закреплением турбин и генераторов. Так как турбины представляют собой огромные трубы, напоминающие по форме кофейные банки, у которых отсутствуют доньшки, они обладают значительной стабильностью. Количество полученной энергии будет больше. Что касается коррозии под действием морских организмов (называемой впоследствии биофулингом), то следует отметить, что они очень редко закрепляются на предметах, находящихся в проточной воде. А Гольфстрим как-никак имеет скорость 4 мили в час».

Отбуксировка установки «Кориолис-1» к станции на Гольфстриме



В ответ на вопрос: меняется ли скорость Гольфстрима в зависимости от времени года и как это влияет на выработку электроэнергии, – Рэдки говорит: «Мы знаем, что существует разница в скорости потока зимой и летом. Мы изучили это явление, и сейчас, на начальных стадиях разработки программы, считаем, что средняя производительность Кориолиса составит 57%. Это совсем неплохо».

Проблема, выдвинутая специалистами по защите окружающей среды, – изменение климата Соединенных Штатов и Северной Европы в результате похолодания Гольфстрима – не принимается всерьез как Лиссамэном, так и Рэдки. «Кориолис не извлекает тепло, а наши машины используют лишь кинетическую энергию текущей воды.

Существуют ли проблемы, связанные с замедлением течения? При взаимодействии турбин с течением они уменьшают его скорость только на 1%. И хотя мы не считаем, что 1 % – это существенно, мы продолжим изучение данного вопроса».

На основе своих исследований представители компании «Аэровиронмант» уверены в том, что осуществление программы Кориолиса даст возможность производить 10 000 мегаватт энергии без загрязнения окружающей среды. Что касается влияния работы турбин на океан, то исследования показали, что создаваемые при этом волны не превосходят обычных морских волн у берегов Флориды. Утверждается также, что изменения

скорости и температуры потока будут менее значительны по сравнению с естественными флуктуациями.

Между тем возникает необходимость в новых исследованиях. Нужно построить и испытать 39-футовую (12 м) модель океанской турбины. К промышленной эксплуатации в полном объеме можно будет приступить через тридцать шесть месяцев после начала ее строительства.

Как уже отмечалось, океанские течения несут энергию, которой достаточно, чтобы электрифицировать весь мир. Является ли это решением проблемы нехватки энергии?

Вообще говоря, сейчас еще рано оценивать будущий потенциал этого источника энергии. И большинство тех организаций или частных лиц, которые вложат свои деньги в реализацию таких проектов, будут вынуждены находиться в положении, когда известна еще далеко не вся информация об океанских течениях: их скорость и температура, постоянство и энергетический уровень.

Организатор группы Мак-Артура доктор Харрис Б. Стюарт-младший думает иначе. В телефонном разговоре с автором этой книги он сказал: «Не стоит ждать, когда будут собраны все сведения обо всех течениях в мире. Начнем с Флоридского течения. Энергии в нем предостаточно. Мы это знаем и знаем, как ее извлечь. Не нужно концентрировать все усилия лишь на одном источнике энергии. Наша задача – использовать локальные источники энергии. В Калифорнии мы извлекаем геотермальную энергию, в Аризоне – солнечную, в заливе Кобсук – приливную, в Северной Атлантике, у побережья Шотландии, – волновую. Близ Флориды мы будем использовать энергию океанского течения».

Спокойно, но весьма убедительно Стюарт добавляет: «Что мы не должны делать, так это следовать примеру Министерства энергетики США, которое в настоящее время направляет все средства и усилия на развитие

использования только одного энергоресурса – ОТЕС – преобразования термальной энергии океана».

## VI. ОТЕС – ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ОКЕАНА

У себя в офисе, расположенном в Ньюпорт Бич (Калифорния), Гарольд Рамсен – представитель компании «Глобал марин девелопмент инкорпорейтед» – только качает головой при упоминании об использовании энергии Гольфстрима, волн и приливов. «Действительно стоящий энергетический проект – это ОТЕС – преобразование термальной энергии океана. Звучит слишком значительно? Я могу сформулировать это по-другому. Термальная энергия океана – не что иное, как энергия солнца, поглощенная океаном. Но заметьте, в океане есть и холодная вода, находящаяся примерно полумилей глубже. Это дает нам разницу температур. С помощью технологии, разработанной в двадцатом столетии, мы способны, используя эту разницу в температурах, извлечь энергию и преобразовать ее в электричество. Так вы и получаете ОТЕС».

Он берет в руки правительственный доклад 1978 года и указывает в нем на утверждение заместителя директора Министерства энергетики США Джеймса Мейдвелла, гласящее, что ОТЕС уже сейчас может давать энергию, себестоимость которой сравнима с энергией, получаемой при использовании угля и ядерных реакторов. «Однако следует помнить, – говорит Рамсен, – что пока мы не можем быть полностью уверены в наших экономических расчетах. Успех применения ОТЕС зависит от разницы температур в океане, а она пока не везде столь велика, как вблизи Гавайев. Пуэрто-Рико и других тропических островов».

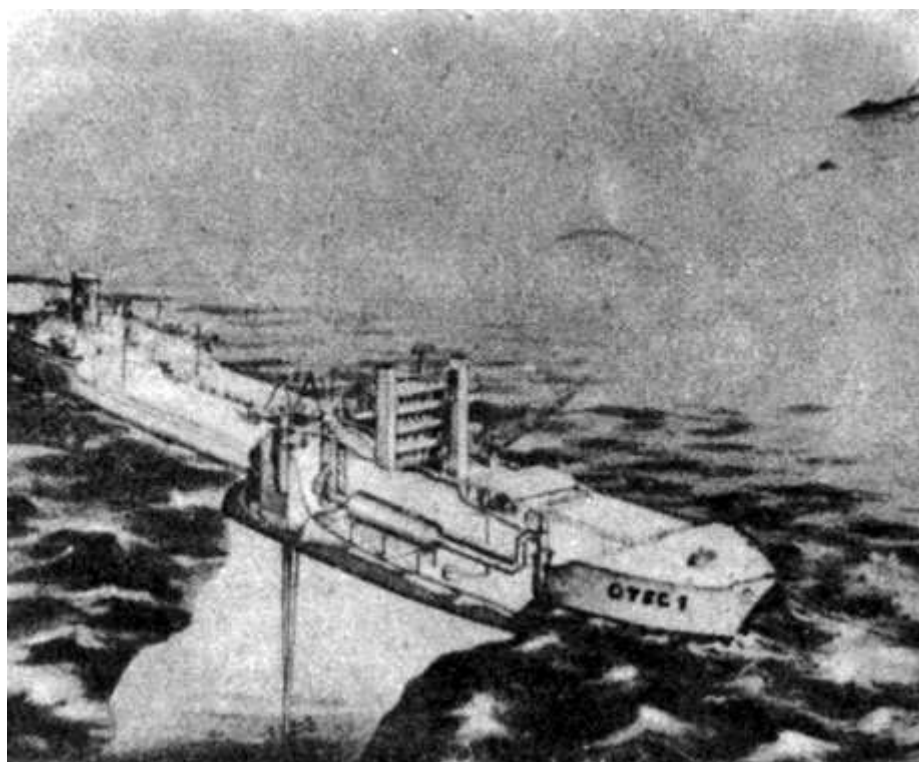
Говоря о разнице температур, океанологи часто называют ее «дельта Т», что записывается как  $\Delta T$ . Они изучают  $\Delta T$ , меняющуюся в зависимости от местоположения, и разрабатывают проекты станций

ОТЕС. Затем уже кораблестроители на основе этих проектов создают свои, специально сконструированные суда и платформы ОТЕС.

Рамсен стоит рядом с информационным стендом, который сам называет «стендом хвостовства». Он завешен дипломами за исследования в области морской архитектуры и технологии, а также вырезками из журналов, посвященных океанографическим исследованиям. Рамсен показывает иллюстрацию. «Это художественный набросок ОТЕС-1, нашего экспериментального судна мощностью 1 мегаватт, проект которого одобрило министерство энергетики. В прибрежных водах Гавайских островов на нем будут проводиться полномасштабные испытания оборудования. В конечном итоге мы будем производить электроэнергию для коммерческого использования».

Концептуальный набросок ОТЕС-1 очень впечатляет. Предлагается использовать американский танкер «Чапачет», реконструированный для размещения на нем команды из тридцати одного человека, которые будут заниматься обслуживанием преобразователя термальной энергии океана. Предусмотрены комфортабельные каюты для ученых, специалистов по охране окружающей среды, экспериментаторов, специалистов по вычислительной технике, моряков и поваров. На палубе располагается помещение для контрольно-информационного вычислительного центра, недалеко от него – главная часть установки – преобразователь. На разрезе видны секции для теплообменников, насосов и длинной трубы, по которой холодная вода будет поступать из глубины океана для охлаждения в конденсаторе испаряющегося аммиака.

ОТЕС-1 – реконструированный американский танкер «Чапачет»



«Но это еще не все,— говорит Рамсен.— В последующие три – пять лет мы сможем устанавливать любое число теплообменников, насосов и труб для сравнительных экспериментов. Мы разработаем методы совершенствования электрогенераторов, мы исследуем проблему коррозии и обрастания конструкций морскими организмами».

Любой морской инженер скажет вам, что коррозия – одна из серьезнейших проблем при производстве электроэнергии в открытом море. Так как соленая вода вызывает коррозию металлических компонентов, с которыми она соприкасается, длительность использования электростанций ограничена. Другая большая проблема – обрастание, т. е. поселение на некоторых конструкциях крошечных морских растений и животных. Оно уменьшает теплообмен и таким образом снижает эффективность теплообменников.

Место для проведения экспериментов с ОТЕС-1 было выбрано очень тщательно. Оно находится всего в 18

морских милях (21 английская миля, или около 33 км) на северо-восток от Кихоул Пойнт близ Кауаи. Это глубоководный Гавайский порт, где нетрудно организовать необходимое техническое обслуживание эксперимента. Ветры, течения и волны здесь довольно умеренного характера, так что судно может оставаться на месте, будучи привязанным к бую, который, в свою очередь, поставлен на якорь. Если же неожиданно разразятся штормы, судно справится и с ними. Оно не будет снесено благодаря направленному действию электродвигателей.

Идея использования разницы температур океанских вод для производства электроэнергии возникла лишь около 100 лет назад, в 1881 году. Тогда была опубликована работа французского физика Жака Д'Арсонвала о солнечной энергии морей.

В то время инженеры и океанологи знали уже многое о способности океана принимать и аккумулировать солнечную энергию. Они знали также и о том, что в океане существует температурная стратификация, что под поверхностными слоями воды находятся более холодные, глубинные. В то время как поверхностные воды, нагреваясь, порождают теплые течения, бегущие к полюсам, полярные ледяные шапки тают, хотя и медленно, под действием солнечных лучей. Эта талая вода холоднее, плотнее и тяжелее, поэтому она опускается на глубину и течет в единственно возможном направлении – к экватору. Нескончаемый цикл гарантирует постоянное присутствие теплой воды над холодной. Как сказал один из океанографов, «эта циркуляция океанских вод определяет наличие  $\Delta T$ , разницы температур на поверхности и в глубине».

Хотя все это было известно уже в 1881 году, понадобилось почти пятьдесят лет, прошедших с момента публикации труда Д'Арсонвала, до реализации первой попытки другого француза – Жоржа Клода получить электричество из моря. Для претворения в жизнь предложения Д'Арсонвала потребовалось так много



времени потому, что далеко не все ученые и инженеры были знакомы с законами термодинамики. Особенно важным был в этом смысле закон, который постулировал переход тепла от более нагретого тела к менее нагретому. (В этом очень легко убедиться. Положите на тарелку кубик льда и плотно прижмите к нему палец. Через несколько минут вы почувствуете, как лед тает и деформируется – это результат перехода к нему тепла от вашего пальца.) Когда Д'Арсонвал задумался об этом законе термодинамики в связи с существованием  $\Delta T$  в океане, у него возникла простая идея. «Так, если мы поставим в океане машину (тепловую машину, теплообменник), я совершенно уверен, что поток тепла от теплой водной поверхности к холодным глубинам можно будет использовать для осуществления полезной работы – вращения турбины. А если мы сумеем вращать турбину, мы – на пути к производству электрического тока».

Д'Арсонвал, во многом опередивший свое время, считал более перспективным использовать в качестве рабочей жидкости аммиак, а не воду. Использование аммиака, говорил он, уменьшит размеры турбин. Но другой француз – решительный и упорный Клод, который в 1929 году создал первую в мире установку ОТЕС, – не был с ним согласен.

Клод построил свою электростанцию ОТЕС на суше, на краю залива Матансас на Кубе. Он заявил, что попытается производить электричество в системе «открытого» цикла, т. е. будет использовать нагретую морскую воду для приведения в действие паровой установки, а затем сбрасывать отработанную воду обратно в море.

Как известно, в нормальных атмосферных условиях вода кипит при температуре  $212^\circ$  по Фаренгейту ( $100^\circ$  C), но если понизить атмосферное давление, уменьшится и температура кипения. Поэтому Клод спроектировал вакуумный насос для снижения давления в камере кипения и тем самым создал условия для закипания морской воды при более низкой температуре. В

результате этого образовался пар, имеющий, правда, тоже низкое давление, который приводил в движение турбогенератор. Таким образом, Клод достиг того, чего хотел. Его установка вырабатывала электричество, используя морскую воду в качестве рабочей жидкости. Было получено 22 кВт электроэнергии – количество, достаточное для свечения 220 стоваттных ламп, но не для того, чтобы дать работу солидной фирме по производству электроэнергии. Тем не менее это было убедительное начало.

Еще одним плюсом созданной установки было получение пресной воды, которой зачастую не хватает в тропических районах. Получалась она следующим образом. После того как пар проходил через турбогенератор, он поступал в конденсатор. Конденсатор постоянно охлаждался холодной водой, поступающей с глубины по длинной трубе. В охлажденном конденсаторе пар, не содержащий соли, конденсировался в пресную воду. Что же делалось с солью? Она оставалась в камере кипения и создавала тем самым большие проблемы: ведь от соли корродирует металл.

В ответ своим недоброжелателям, которые насмешливо допытывались, сколько киловатт энергии он истратил, чтобы привести свою систему в действие для получения этих 22 киловатт, Клод послал формальное объяснение в журнал «Механикал инжиниринг» в декабре 1930 года. «Прежде всего, – писал он, – позвольте мне объяснить, чего, собственно, мы добивались. Мы не собирались извлекать энергию волн, приливов или течений. Нашей целью – моего друга Бушера и моей – было использование на практике того замечательного обстоятельства, что в тропических морях вследствие парадоксального взаимодействия солнца и полярных льдов поддерживается существенная и почти неменяющаяся разница температур между поверхностными слоями морской воды, которая постоянно нагревается солнцем до 75-85° по Фаренгейту, и глубинными ее слоями, которые из-за стекания воды от

полюсов к экватору имеют температуру, немногим более высокую, чем точка замерзания, – примерно 40-43° по Фаренгейту на глубине в 3000 футов».

В общем, все было бы нормально, если бы не длинная труба для подачи холодной воды, которая явилась причиной неудачного завершения эксперимента Клода. Труба для подачи холодной воды с глубины тянулась от самого места нахождения установки, расположенного на суше. Поддержание контроля за работой установки требовало уверенности в том, что труба, имевшая внушительную длину в 1,5 мили (2,5 км), надежно лежит на дне моря. Во время сильного шторма труба была повреждена и унесена. Поскольку замена ее требовала очень больших финансовых затрат, эксперимент был прекращен.

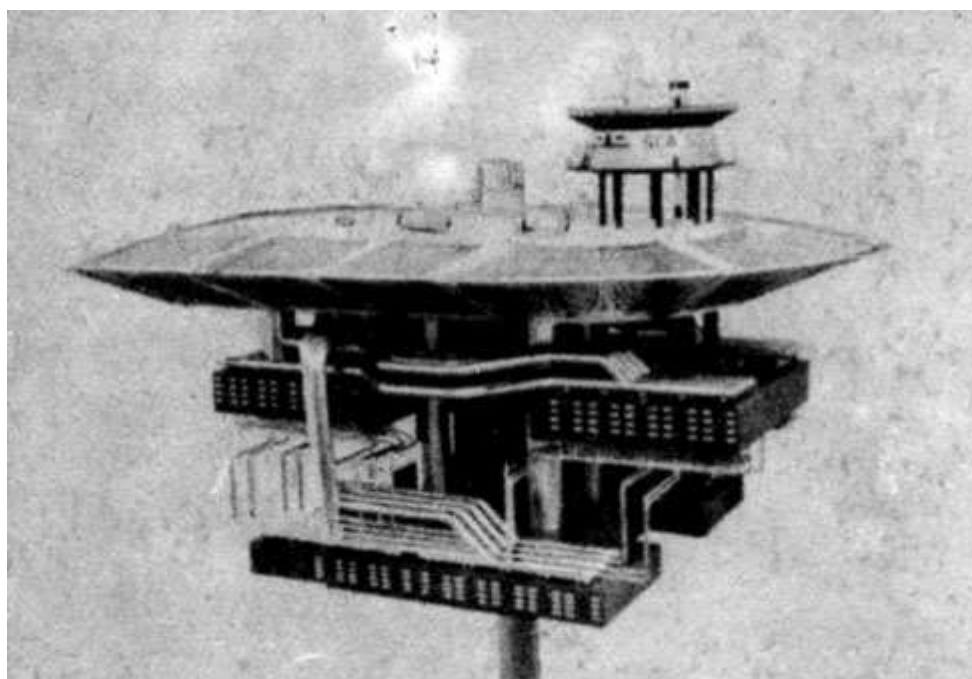
И все же этот эксперимент в Матансасе не был провалом. Задолго до шторма установка выработала 22 киловатта электроэнергии, и хотя эта величина до смешного мала (особенно если подумать о времени и средствах, затраченных на осуществление проекта), сам факт доказал принципиальную возможность генерировать электричество из океана, используя температурную стратификацию.

Один неудавшийся проект не лишил Клода решимости, и он продолжал разрабатывать новые, подходя к их созданию с других позиций. У берегов Бразилии он испытал плавучую платформу – перестроенное судно «Тунизи». На этот раз он рассчитывал получить 88 киловатт электроэнергии. Затем он попытался создать более крупную установку в Абиджане, на Берегу Слоновой Кости в Африке, сооружение которой так и не было завершено. Везде Клод сталкивался с одними и теми же проблемами: значительная коррозия камеры кипения, вызываемая теплой соленой водой, и огромные расходы, требующиеся на создание мощного оборудования.

В конце концов сам Клод отказался от попыток построить ОТЕС, но не отказалась его страна. После

второй мировой войны французское правительство создало государственную корпорацию, получившую название «Энергия морей». Она построила морскую термальную электростанцию мощностью 75 мегаватт (75 000 киловатт) на Средиземном море, по частям перевезла ее на кораблях на Золотой Берег в Африке, запустила в действие... и разорилась.

Художественный набросок платформы ОТЕС



И все же ОТЕС явилась слишком хорошей идеей, чтобы от нее отказаться и предать забвению, сказав: «Да, идея-то хороша, но совершенно непрактична и нереальна». Западный мир все сильнее зависел от энергетики, по сути дела, началась своеобразная «гонка энергопотребления». Люди летали на Луну и спускались в глубины морей, ездили на все более скоростных автомобилях, управляли все более большими и мощными тракторами, строили все более высокие небоскребы с помощью все более сложной техники. А вооружение! Во всем мире армии механизировали свои военные машины и стали потребителями энергии номер один на планете.

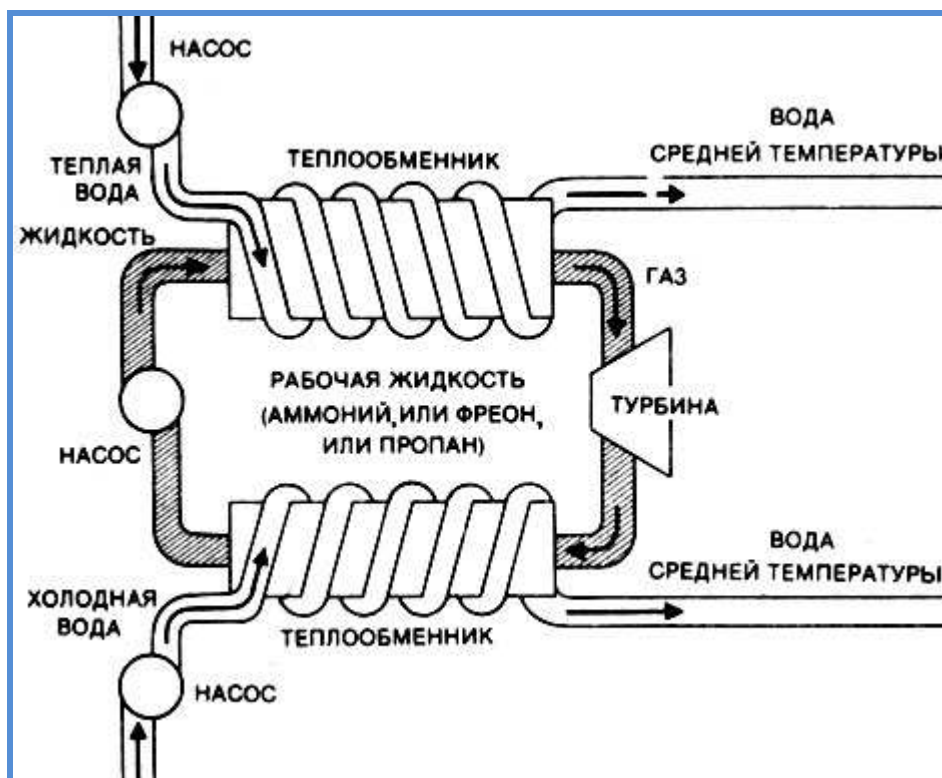
Вот поэтому многие задумывающиеся о будущем люди заинтересовались новыми источниками энергии, особенно морскими. Французы решились на создание первой в мире приливной гидроэлектростанции на реке Ране. Канада и Соединенные Штаты Америки затеяли бесконечные дискуссии о сооружении приливной установки в заливе Пассамакводди. В британском патентном бюро появилась масса проектов по использованию энергии волн, пенящихся во всех морях мира.

В 60-х годах возник новый проект ОТЕС, на этот раз предложенный Андерсонами – отцом и сыном и разработанный в Йорке (Пенсильвания) их же собственной компанией «Си солар пауэр, инк.».

Андерсоны стали известны благодаря своим расчетам, показавшим, что ОТЕС способна давать электроэнергию по ценам более низким, чем электростанции, работающие на угле и ядерном топливе. Другие инженеры не разделяли их оптимизма. «Мы только хотим, чтобы так было. Мы надеемся на это. Однако пока что в это не верим». Андерсоны же базировались в своих математических выкладках на разработанном ими проекте. Впервые он был опубликован в 1966 году и представлял собой проект сооружения большой плавучей платформы (во многом напоминающей сегодняшние морские платформы для добычи нефти, стоящие на якоре). На верхней части платформы располагались помещения для обслуживающего персонала, а также необходимое оборудование для управления подводным комплексом. Сама электростанция находилась под водой. Это, как утверждали Андерсоны, увеличивает стабильность работы установки и уравнивает давление рабочей жидкости внутри теплообменника с давлением окружающей воды – важный фактор, снижающий стоимость теплообменника. Кроме того, конденсаторы размещались над камерами кипения, благодаря чему отпадала потребность в дополнительных насосах.

Андерсоны предложили проект электростанций, чем-то напоминающий проект Клода, но во многом от него и отличающийся. Если Клод использовал в качестве рабочей жидкости морскую воду – неистощимый источник энергии для работы системы открытого цикла, Андерсоны основывались на использовании в качестве рабочей жидкости жидкого пропана в системе замкнутого цикла, обычно называемого циклом Ранкина. Они указывали, что жидкий пропан позволит использовать небольшие газовые турбогенераторы высокого давления вместо непомерно больших паровых турбогенераторов низкого давления, которые вынужден был использовать Клод. Кроме того, такие рабочие жидкости, как жидкий пропан, фреон или аммиак, не вызывают коррозии.

Система ОТЕС замкнутого цикла



По своей конструкции система замкнутого цикла очень проста. Насосы осуществляют циркуляцию рабочей жидкости через составные части электростанции –



компрессоры, трубы и т. п. Сначала рабочая жидкость попадает в камеру кипения. Здесь, нагреваясь от теплой океанской воды, она превращается в газ. Газ устремляется в турбогенератор, вращает его и вырабатывает электрический ток. Однако отработанный газ не удаляется из установки, вовсе нет. После прохождения через турбогенератор он поступает в конденсатор, где конденсируется и сжижается. Затем, уже опять в жидком состоянии, рабочая жидкость вновь накачивается в камеру кипения, и цикл повторяется. Он прерывается только тогда, когда электростанция прекращает свою деятельность из-за ремонтных или периодических профилактических работ.

К 70-м годам ряд финансируемых правительствами исследовательских групп (особенно США) приступил к изучению принципов ОТЕС для производства электроэнергии. Возглавляли их компания «Си солар пауэр, инк.» и два университета: Карнеги Меллон и Массачусетский. Все они отказались от использования систем открытого цикла в пользу установок замкнутого цикла, использующих в качестве рабочей жидкости сжиженные газы. Однако их мнения по поводу конструкторских решений и используемых материалов сильно отличались друг от друга.

К 1980 году в дело вступили две промышленные организации, финансируемые национальным научным фондом и министерством энергетики. Одной из них была «Локхид оушен системз ивижн», другой – «ТРВ оушен энд энерджи системз».

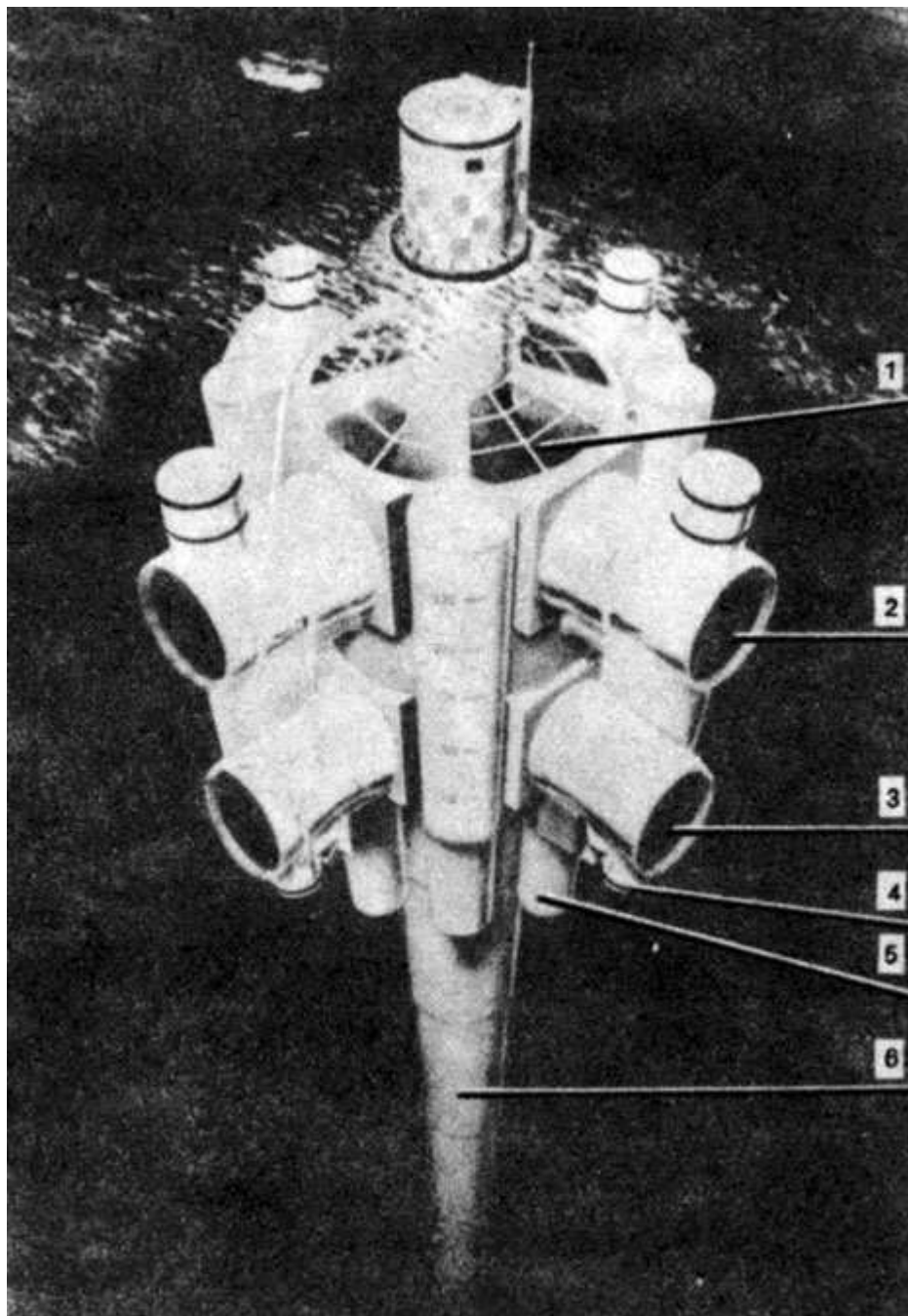
«Локхид» работала над проектом вертикальной полупогружной установки, по форме напоминающей гвоздь, центральный стержень которого имел длину 250 футов (77 м). Станция, за исключением помещений для команды и отсека эксплуатационного оборудования, целиком находится под водой. Это делает установку устойчивой даже в условиях сильных штормов и ураганов – качество весьма ценное, если принять во внимание, что конструкция предназначена для применения вблизи



Гавайских островов, Флориды и тропических островов в Карибском море и Тихом океане.

В проекте у компании «Локхид» для генерирования электричества применяется аммиак, используемый в нескольких взаимозаменяемых модулях, каждый из которых имеет свою камеру кипения, конденсатор, турбогенератор и насосы. Эти модули прикрепляются к верхней внешней части центрального стержня.

Художественный набросок платформы ОТЕС: 1 – вход для подачи теплой воды; 2 – теплообменник; 3 – конденсатор; 4 – насос; 5 – плавучие цистерны; 6 – труба для подачи холодной воды



Сама платформа изготавливается из железобетона; что касается трубы для накачивания холодной глубинной воды, имеющей длину 1500 футов (450 м), то она будет, по-видимому, изготовлена из легкого и гибкого материала. Электростанция в целом, удерживаемая в целом, единственным якорем, как ожидается, будет

вырабатывать 160 мегаватт электроэнергии – этого количества достаточно для удовлетворения нужд 160 000 человек, проживающих на суше. Эксплуатацию установки можно будет начать уже к 1986 году.

Между тем в июне 1979 года построенная «Локхид» первая в мире самоподдерживаемая система ОТЕС замкнутого цикла – мини-ОТЕС – начала работать в открытом море. Ее средняя мощность составила 50 киловатт. Она была собрана на верфи Гонолулу, погружена на баржу и поставлена на якорь вблизи берега в ожидании праздничной церемонии пуска, назначенной на 29 мая.

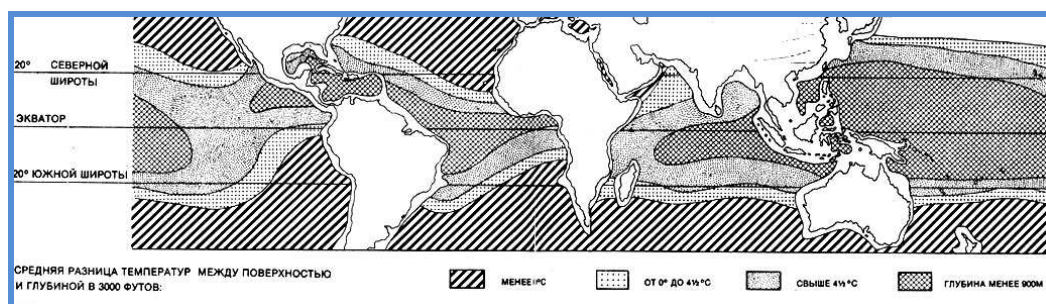
Что это был за праздник! Бриз развевал флаги. Гавайские танцовщицы бросали окружающим цветы, повсюду мелькали объективы телекамер. Высокопоставленные лица, приглашенные губернатором, произносили вдохновляющие речи о значении «первой в мире» – об установке, которая должна была открыть новую эру круглосуточного преобразования океанской энергии в электрический ток.

Как резюмировал ситуацию менеджер нового проекта компании «Локхид» К. Тернер Джой-младший, «некоторое число новых испытаний уничтожит всякую тень сомнений в том, что время для создания ОТЕС наступило. Даже заядлые скептики готовы признать, что система изучалась достаточно долго, и пришло время, как мы говорим в аэрокосмической промышленности, «заняться железками». Он предсказал, что в ближайшем будущем мини-ОТЕС будет производить 50 000 киловатт энергии.

Наперегонки с компанией «Локхид» над созданием плавучей системы ОТЕС работает компания TRV. Оборудование, производимое ею – теплообменники, насосы, трубы для накачивания холодной воды – будет размещено на ОТЕС-1 – бывшем танкере, перестроенном по заказу министерства энергетики. В 1979 году планировалось осуществить только имитационный эксперимент, без использования турбогенераторной

системы. Однако, по словам представителя компании Райли Гайнза, «через десятилетие вы увидите уже не одну установку, а целый флот электростанций ОТЕС, превращающих термальную энергию океана в тысячи мегаватт электроэнергии».

Карта, показывающая расположение в Мировом океане источников термальной энергии



Гайнз горит желанием продемонстрировать модель ОТЕС размером 6 футов (2 м), разработанную в ТРВ. Она находится в фойе штаб-квартиры компании в Редондо-Бич (Калифорния). С удивительной убедительностью он указывает на особенности модели. Лишь небольшая их часть воплощена в ОТЕС-1, но все они без исключения будут включены в проектируемую сейчас платформу энергостанции, которая будет иметь форму круга. Через три-пять лет типичная ТРВ-платформа будет иметь палубу размером два футбольных поля. Высота ее будет равна высоте 17-этажного дома. В качестве рабочей жидкости будет использоваться аммиак, а холодную воду станция будет получать с глубины 2100 футов через систему из трех соединенных труб из упрочненного полиэтилена, диаметр каждой из которых будет равен 48 дюймам (1,25 м). Эти трубы являются, по существу, образцом конструктивного решения. Они гибки, не ржавеют и не обрастают, не разрушаются морскими организмами, хорошо переносят гидростатическое давление океана, так как оно балансируется давлением воды внутри труб. Все это важно с точки зрения

стоимости конструкции не только на этапе создания установки, но и на этапе ее эксплуатации.

Гайнз видит единственную важную проблему, которая возникла не из-за отсутствия соответствующей технологии, а скорее из-за отсутствия системного подхода. «Если один субподрядчик старается создать наименьший по размерам теплообменник, другой – наиболее эффективную систему насосов, третий – сверхстойкие трубы для прохождения холодной воды, четвертый – надежнейшее якорное приспособление, в целом это может оказаться бессмысленным. Компоненты должны соответствовать друг другу по размеру и стоящим перед ними задачам, по долговечности и эффективности. Прогресс может быть достигнут гораздо проще, если мыслить об установке в целом как о системе, решающей одну общую задачу. Такая система должна быть спроектирована и обдумана заранее. Однако слишком часто государственные контракты распределяются среди многих субподрядчиков, каждый из которых работает над чем-то своим. Непреодолимо трудно скомпоновать проект в целом и создать эффективную систему, когда все компоненты собраны вместе.

Часто разработчиками упоминается еще одна проблема, которая заключается в существовании резко противоположных мнений по поводу данного проекта, в результате этого ОТЕС лишается финансовой поддержки со стороны представителей большого бизнеса, и, таким образом, прогресс существенно замедляется. По тем или иным причинам, – считают многие разработчики, – мы постоянно стеснены то компаниями и предприятиями общественного пользования, то банками, то организациями, занимающимися ядерной энергетикой».

Несмотря на эти препятствия, в целом считается, что ОТЕС привлечет внимание и средства публики, если будет обосновано получение больших количеств энергии по достаточно низким ценам. Тогда-то флотилии станций ОТЕС, поставленные на якорь вблизи побережья,

действительно станут обычным явлением, правда, лишь в теплом поясе океана – 20° севернее и 20° южнее экватора. Именно там отмечается наиболее высокая солнечная активность. К тому же должны быть выполнены четыре благоприятствующих применению ОТЕС условия:

1.  $\Delta T$  – разница температур – должна быть равна, по крайней мере, 35-40° по Фаренгейту (2-4° С).

2. Слой холодной воды должен находиться не глубже чем  $\frac{5}{8}$  мили, в противном случае труба для накачивания холодной воды станет слишком дорогостоящей.

3. Расстояние до берега также не должно быть слишком велико, так как в этом случае станет неэкономичной система подводной передачи электроэнергии на сушу.

4. Неподалеку должны находиться порты с необходимыми средствами для обслуживания и ремонта электростанций.

Хотя максимальные значения  $\Delta T$  наблюдаются большей частью в удаленных от суши областях океана, тем не менее в нем имеются и прибрежные районы, обладающие большим энергетическим потенциалом. Например, для США вполне подходят Мексиканский залив, окрестности Флориды, Гавайские острова, Пуэрто-Рико, Гуам, Виргинские острова и Микронезия. Согласно оценкам технологического управления Соединенных Штатов, только эксплуатация с применением ОТЕС 3 миллиардов квадратных миль водного пространства Микронезии смогла бы разрешить наши энергетические проблемы, так как энергия, которая могла бы там извлекаться, составляет 47% сегодняшнего производства электроэнергии в США. Но подумайте о том, где находятся острова Микронезии и на каком расстоянии от них расположены столь необходимые для технического обеспечения порты и рынки сбыта!

В прибрежных водах развивающихся стран с быстро растущим населением и столь же быстро растущими надеждами на будущее имеется большое количество областей, обладающих подходящими условиями для



эксплуатации ОТЕС. «Для таких стран,— считает доктор Уильям Б. Катлер, проектировщик систем ОТЕС компании «Локхид»,— электростанции, работающие по принципу ОТЕС,— прекрасная форма иностранной помощи. Это могут быть небольшие электростанции мощностью около 10 мегаватт (в отличие от угольных и ядерных электростанций мощностью в 1000 мегаватт и более). Такие небольшие электростанции более подходят для малых развивающихся стран, которые смогут использовать от силы несколько десятков мегаватт энергии. Кроме того, технология создания и эксплуатации ОТЕС достаточно проста. Но каковы размеры судов, на которых размещается ОТЕС, насколько сложно управление такой электростанцией?

«Если не принимать во внимание значительные размеры оборудования, то электростанция ОТЕС во многом напоминает обычный холодильник, и принципы ее работы может легко понять любой механик,— говорит доктор Катлер.— Кроме того, опасность ее во время работы для рабочих и окрестного населения, очевидно, минимальна. Большинство ремонтных и обслуживающих работ может осуществляться на месте».

Когда какой-либо новый энергетический ресурс становится заманчиво экономичным, мгновенно начинают возникать и новые «вторичные» идеи. Одна из таких идей состоит в том, чтобы применять ОТЕС не для передачи электроэнергии на берег, а для строительства океанских плавучих заводов. В этом случае электричество, полученное на больших судах-станциях ОТЕС, используется там же для снабжения энергией заводской техники.

Большому судну-заводу не нужно будет стоять на якоре вблизи берега. Не нужен будет ему и кабель для передачи электрического тока на сушу. Такое судно будет способно плавать в открытом море со скоростью 0,5 узла (около полумили в час) в поисках наиболее выгодных океанских температур, так как доказано, что в любом заданном месте  $\Delta T$  не является постоянной величиной в



течение всего года. Разумеется, усложнятся проблемы обслуживания такой станции хотя бы из-за необходимости передвижения вместе с длинной трубой для накачивания холодной воды, в постоянной готовности должны будут находиться группы водолазов.

Большим энтузиастом строительства судов-заводов (которые иначе называются перемещающимися глубоководными портами) является заведующий лабораторией прикладной физики (АНЛ) в Университете Джона Хопкинса доктор Эван Фрэнсис. Как он объясняет, «судно-завод, сейчас находящееся в стадии проектирования, создается для производства аммиака в открытом море».

Почему же именно аммиака? «Потому что аммиак – основная составная часть удобрений, – отвечает доктор Фрэнсис. – Без него не будет удобрений, стало быть, сократится производство продовольствия и, если учитывать рост населения, может наступить массовое голодание».

Доктор Фрэнсис подчеркивает, что для производства аммиака нужны только водород (добываемый из морской воды) и азот (добываемый из воздуха). Затем сжиженный аммиак можно транспортировать танкерами-рефрижераторами в самые отдаленные районы мира, где он будет использоваться для производства удобрений.

В настоящее время в США аммиак производится из природного газа. Подсчитано, что к 1985 году 7% расходуемого природного газа будет тратиться в этих же целях. Однако, как считает доктор Фрэнсис, «производя аммиак с помощью ОТЕС, мы тем самым сэкономим 7% наших запасов природного газа».

Более того, аммиак можно использовать и для производства синтетического газа: его можно вновь разложить на водород и азот, а затем водород использовать для производства электроэнергии. К тому же водород можно запасать и в виде гидридов металлов для последующего преобразования с целью получения электроэнергии.

Рассматривается также вопрос и об установке на борту таких судов-заводов специальных тиглей для выплавки никеля и молибдена. Особенно же интересуют крупные компании алюминий. В западном мире используется огромное количество алюминия, на производство которого тратится гигантское количество энергии. Суда-заводы, имеющие на борту электростанцию типа ОТЕС, легко могут быть использованы и для этих целей. Бокситы, являющиеся сырьем для производства алюминия, в изобилии имеются на Ямайке, в Бразилии, Гвинее и Австралии. Их можно переправлять на плавающие неподалеку суда-заводы, где руда будет перерабатываться в алюминий. Шлак затем можно сбрасывать в море, а ящики с алюминиевыми брикетами на судах транспортировать на берег.

Вслед за АПЛ, «Локхид», ТРВ, «Си солар пауэр, инк.» и другие компании также приступили к рассмотрению проектов строительства судов-заводов ОТЕС – промышленных комплексов, использующих энергию океана. Однако все это – дело далекого будущего. В ближайшем же будущем суда-заводы ОТЕС, возможно, будут использоваться для извлечения из моря ценных продуктов: сжиженного водорода, кислорода, хлора и метанола.

К каким же последствиям приведет создание ОТЕС? Не принесет ли оно вреда природе и человеку?

По мнению большинства ученых, могут возникнуть определенные отрицательные последствия, но для выяснения вопроса, в чем они проявятся, понадобится некоторое время. Возможно, произойдут некоторые локальные изменения в морской экосистеме, но они могут компенсироваться тем, что по трубам на поверхность будет подаваться богатая питательными веществами вода. Возможно некоторое отравление воды металлическими частями теплообменников и используемыми средствами защиты против обрастания, точно так же, как и в результате утечки рабочей жидкости. Кроме того, вероятно, что определенное воздействие на океан окажет

и передача тепла от поверхностных слоев к более глубоким. Возможны даже локальные изменения в климате, если количество углекислого газа, выделяющегося из глубинной холодной воды в атмосферу, достигнет существенной величины. Однако специалисты по ОТЕС считают, что это маловероятно, так как холодная вода будет возвращаться в глубину без какого-либо контакта с атмосферой.

Тем не менее в целом даже скептики признают ОТЕС перспективным источником энергии, способным производить ее 24 часа в сутки, в солнечную и дождливую погоду, хотя применение ОТЕС и ограничено поясом тропических вод. Ведь ни один энергоресурс или источник энергии (новый или старый) не является всегда и везде доступным. Наша задача – использовать энергетические возможности там, где это наиболее выгодно. Только таким способом и сможем мы удовлетворять наши энергетические потребности.

## VII. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ФЕРМЫ В ОКЕАНЕ

Специалистам-энергетикам известно много способов извлечения океанской энергии. На практике они уже используют энергию волн и приливов. Теоретически рассматривают варианты использования быстрых океанских течений. Наиболее изобретательные исследователи пытаются воспользоваться разницей температур, существующих в океане.

Эти проекты доступны для понимания и представляются осуществимыми. Все они оригинальны и отличаются друг от друга, но все же в определенном смысле одинаковы. Идея их заключается в том, что энергия океана извлекается с помощью помещенного в воду колеса, которое служит турбиной. Турбина вращает генератор, вырабатывая, таким образом, электричество.

Неизбежно было появление изобретателя, обладающего оригинальным мышлением, который

задумался бы о принципиально новой схеме извлечения океанской энергии. Этим изобретателем стал доктор Говард А. Уилкоккс, работающий в Центре исследований морских и океанских систем, имя которого мы впервые упомянули в главе 1.

«Вот, что нам нужно делать, – считает Уилкоккс. – Попросту выращивать топливо. Ведь в океане достаточно места для любого числа энергетических ферм».

Какие растения он собирается использовать? «Бурые водоросли, которые в естественных условиях растут в прибрежных водах. Они поглощают и накапливают огромное количество солнечной энергии и удивительно быстро растут – на 1-2 фута ( $\frac{1}{3}$  –  $\frac{2}{3}$  м) в день».

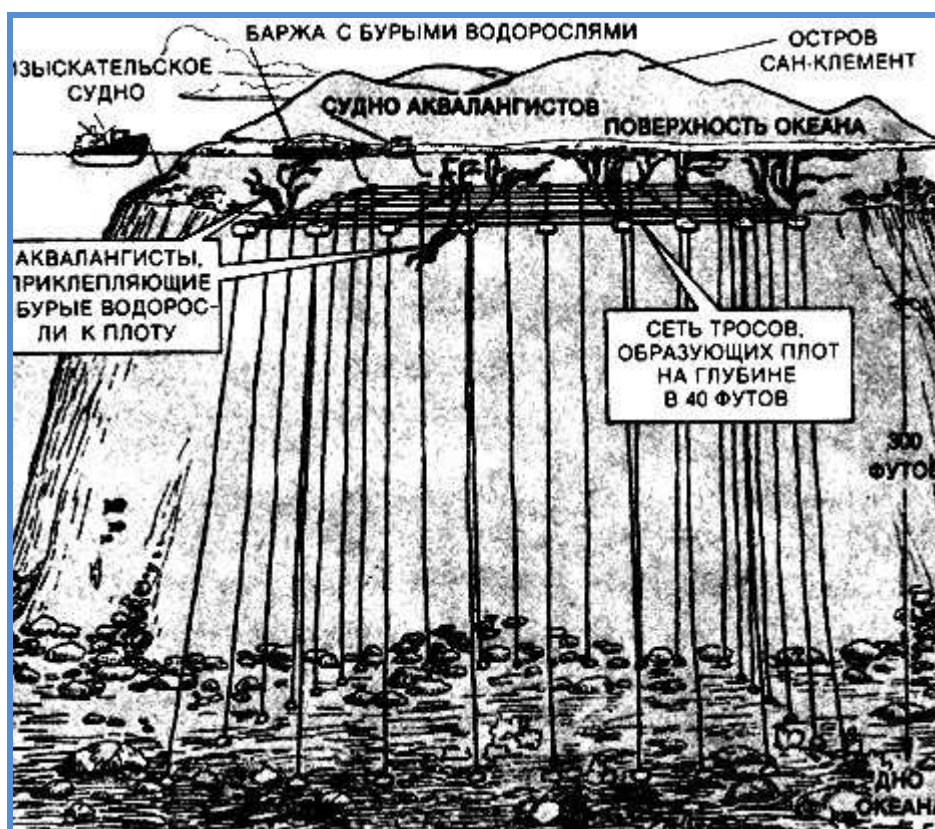
Бурые водоросли уже давно известны как полезные растения. В течение столетий они были обычным блюдом японской кухни. В Соединенных Штатах они использовались при изготовлении прованского масла и являлись одним из ингредиентов в производстве пластмасс, красок, картона, зубной пасты и питательных смесей для животных. Не так давно бурые водоросли стали привлекать внимание не только ученых-океанологов, но и некоторых промышленников как потенциальный источник получения метана, который является заменителем природного газа.

«Мы можем рассаживать бурые водоросли на океанских энергетических фермах, культивировать их, собирать урожай и превращать запасенную в них энергию в метан и этан для заправки легковых автомобилей и грузовиков, автобусов и самолетов», – решил Уилкоккс.

Вскоре после этого Уилкоккс, привыкший работать с поразительной скоростью, создал проект экспериментальной фермы размером в 7 акров (3 гектара). Военно-морское ведомство США назначило его директором проекта, и, как результат, первая энергетическая ферма (чуть меньшая по размерам, чем планировалось) была создана в Тихом океане уже весной 1974 года.

Эта ферма была расположена в открытом море в 60 милях (96 км) от берегов Калифорнии, недалеко от острова Сан-Клемент. В результате экспериментов необходимо было установить, будут ли бурые водоросли расти при пересадке из неглубоких, богатых питательными веществами прибрежных вод в глубокие, бедные этими веществами океанские воды. Более того, общеизвестно, что для роста морским растениям нужен свет, но чем глубже слой воды, тем меньше света в него проникает. Следовательно, на глубоком, темном океанском дне пересаженные молодые экземпляры бурых водорослей имели бы очень мало шансов выжить.

Океанская энергетическая ферма в районе острова Сан-Клемент



«Тогда мы обманем бурые водоросли и сделаем так, чтобы они думали, будто растут на мелководье,— решил Уилкоккс.— Мы построим большой плот, покроем его

сетью полипропиленовых тросов, погрузим на глубину 40 футов (12 м) ниже поверхности воды и прикрепим длинными канатами к дну океана, находящемуся на 300 футов (90 м) глубже».

За дело взялся один из крупнейших в мире специалистов по бурым водорослям, профессор Калифорнийского технологического института Уилер Норт. Норт и два его помощника, облачившись в блестящие черные костюмы для подводного плавания, надев маски, очки и ласты, погрузились в воду и тщательно обследовали близлежащее прибрежное дно. Там они выбрали около ста молодых растений, принадлежащих к известному своим гигантизмом виду Макроцистис грушевидный – *Macrocystis pyrifera*. Затем растения были пересажены на погруженный под воду плот группой аквалангистов военно-морских сил, на время превратившихся в портных. Аквалангисты ныряли к плоту и пришивали молодые скользкие водоросли к тросам длинными иглами, специально изобретенными Нортом.

*Macrocystis pyrifera* – один из наиболее интересных видов бурых водорослей, вырастающий в океане до высоты, которой на суше достигают лишь гигантские секвойи. Так же, как и секвойи, водоросли растут целыми лесами, только эти леса находятся под водой. Однако на этом сходство кончается. Секвойи получают воду и питательные вещества через корни. Бурые водоросли не имеют ни корней, ни листьев. Вместо этого у них есть пластины с тоненькими усиками-крючочками, которыми они в естественных условиях прикрепляются к подводным скалам и таким образом удерживаются. Что касается питания, то каждая часть водоросли заботится о себе самостоятельно, поглощая воду и растворенные в ней минеральные вещества.

Как только молодое растение закрепится на дне, оно начинает расти вверх, к свету. Когда оно достигает поверхности воды, его блестящие коричневые ветви, удерживаемые маленькими воздушными мешочками,



лентами стелятся по залитой солнцем поверхности моря. В этих-то ветвях и происходит превращение солнечной энергии в химическую в процессе фотосинтеза.

Хотя профессор Норт тщательно продумал организацию пересадки водорослей на плот, помещенный в Тихом океане, они стали развиваться не так, как ожидалось. Персонал военно-морских сил периодически проверял якорные бакены и навигационные буи. Регулярно спускался под воду и сам Норт, чтобы осмотреть состояние тросов и водорослей, однако они так и не смогли адаптироваться к новым условиям. Растения не имели возможности активно развиваться, так как концентрация питательных веществ в воде (как показал химический анализ) была низка.

Теперь уместно задать вопрос: «Каких же питательных веществ может не хватать в глубоких океанских водах?»

На самом деле их цвет говорит сам за себя. Там, где вода голубая, океан является, по сути, «биологической пустыней», способной прокормить только отдельных представителей морской флоры и фауны. Так как в этих местах фактически отсутствуют поддерживающие жизнь питательные вещества, там способно выжить только незначительное количество растений и животных. Соответственно погибает и разлагается также небольшое количество морских организмов. Таким образом, вода остается чистой и голубой, без примесей органических веществ и определенных минералов, необходимых в качестве питательных веществ.

Там, где вода зеленого цвета, такого же, как вблизи суши, она переполнена живущими, питающимися и умирающими организмами: водорослями, ракообразными, моллюсками и рыбами. Цвет ее зависит от высокого содержания хлорофилла, вещества, которое в растениях является основой процесса фотосинтеза. К тому же и реки, впадающие в моря, обогащают воду разнообразными продуктами органической и неорганической природы. Это делает возможным



существование в зеленых прибрежных водах большого числа морских организмов, и гигантские бурые водоросли прекрасно растут в таких условиях. Их колонии существуют в прибрежных водах умеренного пояса по всему миру. Однако наиболее хорошо они развиваются там, где происходит перемещение глубинных вод со дна к поверхности. Такое явление наблюдается у берегов Калифорнии, Перу и других участков восточной границы Тихого океана.

Так как океанские фермы по производству бурых водорослей располагаются в зоне «биологической пустыни», возникает необходимость обогатить ее питательными веществами – азотом, фосфором, калием и некоторыми микроэлементами. В определенных количествах они содержатся в более глубоких океанских слоях, накопившись там за многие столетия в результате разложения в воде останков растений и животных. Эта глубинная, обогащенная питательными веществами вода могла бы стать практически неограниченным по запасам «удобрением» для океанских энергетических ферм, если бы существовала возможность выкачивать ее со дна.

Энергетическая ферма, которую столь старательно создавали Уилкокс и Норт, просуществовала менее года. Этого времени было недостаточно для того, чтобы вырастить, собрать и переработать для получения метана бурые водоросли. В январе 1975 года произошло непредвиденное событие. Неизвестное судно, несмотря на ясно видимые навигационные буи, проплыло через акваторию фермы, полностью ее разрушив. Однако никто не посчитал, что реализация проекта полностью провалилась. Эксперимент показал, что прибрежные бурые водоросли могут быть пересажены на искусственное дно в открытом море и там не только выживут, но и будут размножаться. Кроме того, стало ясно, что для создания благоприятных . условий для нормального роста водорослей необходимо «удобрять» питающий их водный слой.

Спустя год военно-морские силы самоустранились от руководства проектом. Однако поддержка продолжала поступать из двух других источников. Компания «Дженерал электрик», оставившая Уилкокса в качестве консультанта, взяла на себя разработку всех аспектов реализации проекта, кроме тех, которые выполняли непосредственно военно-морские силы, – их функции в проекте перешли к компании «Глобал марин девелопмент инкорпорейтед». Дополнительную финансовую помощь оказало министерство энергетики США, оставившее своим консультантом Норта.

Такой поворот событий не испугал Уилкокса, и он продолжал разрабатывать программу создания океанских ферм, наметив три основные стадии ее реализации. После первого описанного выше этапа он планировал создание двух ферм площадью 1000 акров (400 га): одной – в Атлантике, другой – в Тихом океане. Затем в случае успешного исхода экспериментов и при условии, что не прекратится поддержка проекта, предполагалось создание двух ферм площадью 100 000 акров (40 000 га) – квадратов со стороной 12 миль (19 км). И на этот раз одна ферма должна была разместиться в Атлантике, другая – в Тихом океане.

Согласно вычислениям Уилкокса во всех океанах мира имеется около 50 миллионов квадратных миль (130 миллионов кв. км) «плодородной поверхности», а каждая квадратная миля посаженных водорослей (квадрат со стороной 20 городских кварталов) сможет обеспечить горючим 300 человек при существующем на сегодняшний день уровне потребления энергии в США. «Фермы при этом будут надежно закреплены, а водоросли будут удобряться накачиваемой из глубины водой, богатой питательными веществами», – указывает Уилкокс. «Тогда бурым водорослям уже не придется бороться за выживание. Не будем забывать и о том, что в результате мы получим ценные побочные продукты – корм для скота и вещества, сходные по свойствам с нефтью». Он также отметил и то, что рыбы и другие морские животные будут

прекрасно размножаться в богатой питательными веществами воде вокруг ферм.

Словно сомневаясь в том, что этих достоинств не хватит для того, чтобы завоевать признание и поддержку, Уилкоккс отмечает еще одно преимущество проекта – отсутствие необходимости в создании новых технологий для его реализации. Доказательством служит то, что частные фирмы, например компания «Келкс», уже собирают урожаи с естественных плантаций бурых водорослей, а в лабораториях института газовой технологии из растений добывается метан.

С присущим ему энтузиазмом и с осознанной предусмотрительностью Уилкоккс начал подготовку к предварительным испытаниям опытной фермы площадью  $\frac{1}{4}$  акра ( $\frac{5}{8}$  га), которая в запланированный срок была установлена в проливе Сан-Педро на расстоянии 8 миль (12,5 км) от местечка Корона-дель-Мар, расположенного южнее Лос-Анджелеса. В результате экспериментов, проведенных на этой ферме, профессор Норт надеялся установить, в каких количествах должна и может накачиваться богатая питательными веществами вода с глубины океана. Он также желал выяснить, в какой степени эта вода будет способствовать росту водорослей.

Создание новой экспериментальной фермы, как и создание фермы у острова Сан-Клемент, началось с постройки плота, погруженного затем в воду и закрепленного там якорями и канатами, однако на сей раз конструкция его была иной. Внешне она напоминала зонтик, на полипропиленовые тросы-спицы которого, отходящие от центрального стрежня-буя, высаживались бурые водоросли. Центральный стержень придавал испытываемой ферме необходимую устойчивость. Он служил также верхней частью трубы длиной 1500 футов (450 м), предназначенной для накачивания с помощью дизельного насоса воды из глубинных слоев. Установленная в 1978 году, эта небольшая опытная ферма продолжает и в настоящее время являться базой для исследований профессора Норты.

Когда пришло время начинать вторую стадию экспериментов – создание плантаций площадью 1000 акров, особое внимание было уделено снижению себестоимости и повышению популярности проекта. По всей видимости, эти плантации будут походить на опытную ферму площадью  $\frac{1}{4}$  акра, о которой уже рассказывалось выше, однако теперь на центральном стержне-буе будет находиться платформа с жилыми помещениями для «океанских фермеров». Будет выделено место для необходимого оборудования, складских помещений, службы слежения за системой буев и бакенов и навигационной системы. Предусматривается создание работающего от энергии волн насоса для накачивания воды с глубины. Плантация такого размера будет иметь специальный гребной винт (называемый пропульсер) для удержания ее на месте и исключения возможности дрейфа. Система в целом будет также включать посадочную площадку для вертолетов и судно для сбора урожая.

Так как бурые водоросли растут очень быстро, судно для сбора урожая, возможно, будет функционировать непрерывно, медленно передвигаясь по территории фермы как огромная плавучая газонокосилка. Верхняя часть ветвей водорослей будет обрезаться, грузиться на борт судна, частично обезвоживаться и доставляться на платформу для переработки.

В естественных условиях бурые водоросли вырастают примерно за шесть месяцев, однако на удобряемой океанской плантации они, возможно, достигнут полного размера быстрее, чем за четыре. Объем урожая может колебаться от 300 до 500 «сырых» тонн с акра. Профессор Норт объясняет: «Плантацию бурых водорослей не нужно засаживать вновь после каждого сбора урожая, потому что растения продолжают расти после того, как срезаются верхние ветви, точно так же, как отрастают после стрижки волосы или трава на газоне. Вследствие того что на искусственном плоту водоросли способны размножаться, потери, вызванные сильными штормами,

болезнями или чрезмерным аппетитом морских животных, будут быстро возмещаться».

Таковыми должны быть океанские энергетические фермы будущего, которые займут огромные пространства «подводной недвижимости». Вместе с ними появятся сигнальные бакены, функционирующие благодаря использованию энергии волн, мигающие световые маяки, суда, собирающие урожай водорослей. Плантации будут удобряться богатой питательными веществами водой, накачиваемой с глубины. Такие фермы станут естественными, природными преобразователями энергии в голубых просторах океана.

Вы, видимо, не удивитесь, узнав, что профессор Норт проводит большую часть своего времени, осуществляя эксперименты по организации снабжения водорослей питательными веществами. Если он свободен от работы в Калтене, он отправляется к Тихому океану в Корона-дель-Мар, где его лабораторией становится океан. Надев потертые джинсы, кеды и прорезиненную куртку, он направляет свой катер на запад. На воде он быстро определяет местонахождение труб, закрепленных на якорях и накачивающих воду с различных глубин: одна – с глубины 500 футов, другая – 1000, третья – 1500 (3 фута – 0,9 м). В зависимости от того, с какой глубины нужна вода, Норт причаливает к определенной трубе, включает помпу, работающую на бензине, и наполняет водой канистры емкостью 5 галлонов (19 л). Затем он переправляет их в выделенное для экспериментов помещение морской лаборатории Керчоффа.

Забитое сплетениями мокрых трубок, грязными аквариумами, наполненное шумом работающих насосов, это помещение стало ареной бесчисленных экспериментов. В середине 70-х годов Норт впервые сравнил опытным путем содержание питательных веществ в глубинных и поверхностных водах океана, поместив молодые экземпляры *Macrocystis pyrifera* в десятигаллонные аквариумы (38 л) с глубокими металлическими желобами, в которых свободно

циркулировала вода. Опыты показали, что в поверхностных водах бурые водоросли обычно росли значительно медленнее тех, которые были помещены в воду, накаченную с глубины.

Затем Норт решил исследовать, каких веществ не хватает в глубинной воде. Быть может, считал он, в ней тоже не достает одного или нескольких питательных элементов. Для того чтобы это выяснить, Норт провел две серии экспериментов. В первой серии он использовал глубинную воду, обогащенную им самим созданной смесью, которую он назвал «стандартным питательным составом для *Macrocystis pygitera*». Этот состав содержал ряд элементов (названия которых знакомы тем, кто когда-нибудь читал надписи на наклейках бутылок с минеральной водой), включая железо, йод, марганец и цинк. Кроме того, он добавил в состав смесь молибдена, кобальта и мышьяка. Затем определенное количество изготовленной смеси и молодые экземпляры водорослей помещались в аквариум с глубинной морской водой. Поворот включателя – и начинали гудеть насосы, циркулировать вода – эксперимент начинался.

Норт внимательно следил не только за водорослями, растущими в аквариуме с водой, обогащенной, изготовленной по вышеуказанному «рецепту», но и за водорослями, находящимися в аквариуме с обычной морской водой. Он обнаружил, что в первом случае растения развиваются гораздо быстрее, чем во втором.

В последующей серии экспериментов молодые экземпляры бурых водорослей вновь помещались в обогащенную смесь глубинную морскую воду, но так, чтобы при каждом опыте в смеси отсутствовал один из составляющих элементов. Теперь результаты бывали самыми различными. Если удаление одних элементов практически не влияло на рост растений, то удаление других даже ускоряло их развитие. Отсутствие определенных элементов приводило к заболеванию водорослей, при этом увеличение содержания других элементов в смеси не улучшало положения.

Конечно, химический состав морской воды меняется со временем и различен в разных местах океана. Следовательно, может потребоваться много лет для определения смеси питательных веществ, которая была бы наилучшей для водорослей каждой конкретной плантации. Норт прекрасно это понимает и, разумеется, принимает в расчет.

Весьма интересны его эксперименты по высеванию водорослей. Он помещает короткие нижние побеги – спорофилы – в лоток с охлажденной водой. Так они сбрасывают споры на трос, заранее уложенный в лотке. Сброшенные споры прикрепляются к нему и начинают развиваться. Через некоторое время прошедшие специальную подготовку водолазы закрепляют перевезенный в океан трос к подводным опорам для проведения дальнейших экспериментов и исследований.

Зачем все это нужно? Для того, чтобы снизить себестоимость проекта, ведь закрепить трос с молодыми побегами значительно проще, чем пришивать водоросли к полипропиленовым тросам закрепленного под водой плота.

В течение долгого времени считалось, что бурые водоросли произрастают в прибрежных водах умеренного пояса. С 1975 года стало ясно, что гигантские *Macrocystis* *rupestris* можно пересаживать и культивировать и в прохладных водах морей, вдали от берегов. Затем возник вопрос, возможно ли культивировать бурые водоросли или их гибриды, созданные в лаборатории, на энергетических фермах в теплых тропических морях.

«Разумеется, можно, – считают доктор Уилкоккс, профессор Норт и ряд других гидробиологов. – Даже в тропиках прохладную и богатую питательными веществами воду можно накачивать насосами из глубины».

Не удивительно, что выращивание гибридных бурых водорослей, способных адаптироваться к условиям тропиков, включается в планы исследований все большего числа экспериментаторов. Планируется и



выращивание бурых водорослей, более устойчивых к заболеваниям и паразитам, так же как и выращивание водорослей, которые питались бы веществами, еще не испытанными экспериментальным путем. Кроме того, широко исследуются океанские просторы с целью обнаружения природных течений, перемещающих воду со дна на поверхность, разрабатываются конструкции плотов, способных выдержать любые возмущения вод на глубине 40, 60 и 100 футов (12, 18 и 30 м), рассматриваются возможности соединения океанских ферм с ОТЕС, которая, как мы уже знаем, также накачивает холодную воду из глубинных слоев.

С появлением интересных идей число проводимых исследований резко возрастает. На их основе уже сегодня многие инженеры и гидробиологи в США, Китае и Японии видят в море средство приближения эры изобилия. Они уверены, что неиссякаемые количества метана и этана, полученные на океанских энергетических фермах и перевезенные на сушу в танкерах, приведут в движение транспортные средства, обогреют или освежат воздух в домах и школах, на заводах и в учреждениях. Выступая на страницах специальных журналов, обращаясь к представителям различных групп потребителей энергии, беседуя в кулуарах законодательных учреждений, ученые-океанологи указывают, что по мере того как все более сложной и напряженной становится проблема энергоснабжения, правительства всех стран мира должны большее внимание и поддержку уделять развитию и разработке проектов альтернативных источников получения энергии. В этом смысле океанские энергетические фермы особенно привлекательны по нескольким причинам.

«Океанская недвижимость» не принадлежит никому, и так будет продолжаться до тех пор, пока правительства не поймут ее ценности. Тогда они, быть может, установят над ней свой суверенитет, будут сдавать ее в аренду или продавать и, разумеется, облагать налогами.

Проблем ирригации, за исключением накачивания глубинной воды, здесь не существует. Океанские фермы не загрязняют планету даже термально. Энергия, полученная бурями водорослями от солнца, в конце концов вернется в атмосферу, после того как метан, этан и другие продукты будут сжигаться или использоваться иным способом. Накапливаемая энергия и энергия возвращенная будут уравнивать друг друга, и общий термальный баланс планеты останется неизменным. Поддержание термального равновесия на Земле сегодня является особенно важной проблемой, так как многие ученые предупреждают, что продолжающееся сжигание ископаемых видов топлива в конце концов увеличит температуру планеты в целом на 2-3° по Фаренгейту, что приведет к достаточно серьезным климатическим изменениям.

В 80-х годах нашего столетия министерство энергетики США, «Дженерал электрик», «Америкэн гэз ассошиэйшн», «Глобал марин девелопмент инкорпорейтед», профессора университетов и представители тех групп потребителей энергии, которые были инициаторами создания океанских энергетических ферм и продолжают оказывать поддержку осуществлению проекта и теперь, убеждены, что они находятся на верном пути. Им известно, что бурые водоросли являются прекрасным источником получения метана и этана, что может быть разработана технология создания ферм и получен высокий экономический эффект. Все они, включая пионеров в этой области – Говарда Уилкокса и Уилера Норта, твердо верят в то, что уже скоро станет ясно – существует не только принципиальная возможность создания таких ферм, но и практическая необходимость их строительства.

## VIII. ВОЗМОЖНО В ПРИНЦИПЕ

Братья Райт никогда бы не подняли в воздух свою машину, если бы в 1903 году они должны были бы

действовать таким же образом, как нынешние изобретатели: представлять правительству предложения и планы, касающиеся как самой первой модели, так и всех последующих ее вариантов, вплоть до окончательного, полномасштабного. Более того, должна была бы быть доказана и техническая осуществимость, и экономическая целесообразность, и безопасность с точки зрения окружающей среды всех этих проектов перед целой группой лордов, ни один из которых не верил в возможность полета вообще.

Братья Райт в самом начале имели только идею летательного аппарата – идею, осуществить которую было возможно лишь в принципе, идею, над которой люди смеялись. Людям вообще свойственно посмеиваться над тем, что «возможно в принципе», потому что такие идеи, новые и неиспытанные, кажутся им сумасшедшими. Они смеялись, когда пароход «Фолли», построенный Робертом Фултоном, впервые появился на Гудзоне. Они кричали Генри Форду: «А лошадь-то лучше!», когда его первые автомобили («Оловянные Лиззи») увязали в грязи разбитых дорог. Даже 19 июля 1969 года – за день до того, как Нейл Армстронг ступил на лунный грунт, – они надсмехались над идеей высадки человека на поверхность Луны.

По мере того, как все ближе подступает к нам двадцать первый век, идеи «возможного в принципе» возникают снова и снова. Сферой их применения являются теперь и моря и океаны. В них впадают ручейки и речки, могучие реки и огромные массы дождевой воды. Здесь на границе океана и суши встречаются два вида воды – соленая и пресная – и, встречаясь, естественно, смешиваются между собой.

Но если соленые и пресные воды смешиваются, значит, возможно и извлечение энергии из этого процесса смешения. Хотя, разумеется, необходимы дальнейшие исследования, расчеты уже теперь подтверждают тот факт, что разница в концентрации солей в речной и

морской водах является заслуживающим внимания потенциальным источником энергии.

Ученые уже пытаются создавать простейшие устройства для превращения этой энергии в механическую или электрическую. Они конструируют так называемые энергопреобразователи, использующие градиент солености (под градиентом в данном случае понимается разница в концентрации соли в воде). Действие этих преобразователей основано на физическом явлении, называемом осмосом.

Осмос – процесс, который позволяет жидкости (или газу) проникать через мембрану, обладающую ограниченной проницаемостью. Это значит, что мембрана, хотя и делает возможным просачивание пресной воды, не пропускает растворенные в ней соли.

Осмос – известный, хотя и удивительный феномен, благодаря которому, например, растения всасывают своими корнями почвенную влагу. Вы можете наблюдать этот процесс при смешивании речной и морской воды в научной лаборатории или классной комнате при наличии осмотического резервуара. Делается он обычно из стекла и разделяется на две половинки вертикальной полупроницаемой мембраной с избирательной пропускной способностью. Наполнив на одну четверть первую секцию речной водой, а вторую – морской, вы вскоре увидите проявление процесса осмоса. Пресная вода начнет протекать из своей секции (так как она содержит лишь незначительное количество солей) через мембрану в секцию с более соленой морской водой. Это происходит потому, что мембрана проницаема для малых молекул воды, но непроницаема для больших молекул соли. Это одностороннее перетекание будет продолжаться до тех пор, пока в обеих секциях уровни концентрации солей не совпадут. Конечно, теперь жидкости в секции, куда была залита морская вода, будет больше, и вы сможете заметить существенную разницу уровней жидкости в секциях. Это создает разницу в давлении,

которую ученые иначе называют осмотическим давлением.

Если вы попробуете провести еще один опыт, наполнив каждую секцию резервуара на три четверти соответственно речной и морской водой, вы убедитесь, что уровень воды в секции, где концентрация соли выше, будет подниматься до тех пор, пока вода не перельется через край резервуара.

Осмотическое давление – могучая сила, которая может быть использована для производства энергии на основе существования градиента солености, или, как его иначе называют, энергии солености.

В ряде лабораторий ученые работают над созданием эффективных и недорогих осмотических преобразователей, которые могли бы преобразовывать энергию во вращение водяного колеса или турбины для производства электричества.

Профессора Джеральд Уик и Джон Исаакс из Скриппского института океанографии уверены, что с помощью осмотических преобразователей на океанском побережье в местах впадения рек возможно добывать энергии столько же, сколько сейчас добывается на всех гидроэлектростанциях. А гидроэлектростанции США производят в настоящее время 14% всего используемого в стране электричества.

На сегодняшний день энергия эта теряется совершенно впустую. Возьмем, к примеру, сток реки Колумбия. В ее устье сейчас пропадает энергии столько же, сколько добывается на всех имеющихся на ней гидроэлектростанциях. Она как бы растворяется при смешивании вод Колумбии с океанскими водами. Еще больше энергии бесследно исчезает в устье Миссисипи. По расчетам Ричарда Нормана, профессора биологических наук Коннектикутского университета, соляная электростанция, построенная в устье этой реки, при условии использования одной десятой части ее стока, сможет вырабатывать 1000 МВт электроэнергии. Такого

количества хватило бы на нужды одного миллиона человек.

Поскольку Норман осмысливает данный процесс графически, он предлагает нам представить, что все реки в мире впадают в океан с высоты 750 футов (225 м) над уровнем моря. Каждая река стала бы тогда водопадом, в котором высвободилась бы энергия падающей воды. (Сравните это с плотиной Гувера, высота которой не превышает 726 футов.) Другие ученые оценивают высоту этих теоретически созданных водопадов в 760-798 футов (228-240 м). В любом случае цифры поразительные, особенно если представить себе потенциальную энергию, имеющуюся в потоке воды, падающей с такой высоты. Но так как не существует одинаково высоких береговых скал, с которых пресноводные реки могли бы, падая, приводить в действие турбины электростанций, ученые, занимающиеся созданием соляных электростанций, выискивают возможности извлечения энергетического потенциала, создаваемого осмотическим давлением.

Спрашивается, где же можно отыскать такое гигантское осмотическое давление? На глубине в сотни футов, там, где на дне смешиваются пресные воды рек и соленые воды океанов, которые в среднем имеют концентрацию солей, равную 3,5%.

В устье реки ученые мысленно опускают соляную электростанцию на глубину 750, 760 или 798 футов (выберите сами), чтобы уровень осмотического давления стал достаточным для вращения турбины. Тогда электростанции смогут вырабатывать электроэнергию и передавать ее по высоковольтным линиям в ближайшую энергосеть.

Хотя использование осмотического давления на глубине в  $\frac{1}{7}$  мили ( $\frac{1}{5}$  км) под поверхностью океана и возможно в принципе, все же это легче осуществить на словах, чем на практике. В устье реки необходимо будет построить две огромные подводные плотины, вырыть искусственное промежуточное озеро, сконструировать длинную трубу, подающую речную воду к

электростанции (на глубину 798 футов ниже уровня моря), и полупроницаемые мембраны, перекрывающие другую трубу, идущую сквозь вторую плотину. Через эти мембраны использованная речная вода будет просачиваться в соленое море в результате процесса осмоса.

В правительственной публикации Соединенных Штатов «Энергия из океана», вышедшей в свет в 1978 году, профессора Уик и Исаакс – пионеры в этой области – описали двухступенчатый процесс использования энергопреобразователей, действующих на основе градиента солености в эстуариях (устьях рек).

На первом этапе речная вода течет через гидроэлектрические турбины в резервуар, уровень которого на несколько сотен метров ниже уровня моря. Разность высот поддерживается осмотическим давлением. В идеале разность высот будет равна 240 м, но она может быть и значительно меньше, чем уровень осмотического равновесия (240 м), чтобы создать движущую силу для перехода ко второму этапу – сбросу воды. Он происходит в результате просачивания пресной воды в соленую через полупроницаемые мембраны. Эти мембраны должны постоянно омываться большими количествами морской воды с целью удаления пресной, чтобы избежать уменьшения концентрации соли вблизи мембран, возникающей вследствие попадания туда этой пресной воды.

Попросту говоря, пресная вода из реки попадает в трубу в первой половине, вращает турбогенератор и выливается в озеро. Затем она «откачивается» в соленое море через трубу во второй плотине. Такое откачивание позволяют осуществить мембраны, перекрывающие вторую трубу. Движущей силой при этом, как указывают Уик и Исаакс, является осмотическое давление, составляющее 240 м.

К 1979 году в ряде стран начали разработку программ использования соляной энергии, и ученые-изобретатели наводнили учреждения предложениями о том, как



вырабатывать электроэнергию на основе осмотического давления.

Одно из таких предложений, привлечение большого внимания, – преобразователь, действие которого основано на давлении, создающемся в результате осмоса – PRO (pressure-retarded osmosis). Технология была разработана Сиднеем Лоебом.

В преобразователе Лоеба пресная вода течет через серию полупроницаемых мембран в камеру с соленой водой. Но это не просто соленая вода – она сжата под давлением, создаваемым насосом. Находящаяся под давлением смесь соленой воды с осмотически добавленной пресной водой направляется затем к турбине.

По мнению автора проекта PRO – преобразователь является, возможно, наиболее экономичным устройством для осмотического производства электрического тока. Однако он тут же добавляет: «Проблему нужно исследовать, исследовать и еще раз исследовать для того, чтобы это устройство, которое выглядит так просто, стало бы приемлемым для использования с коммерческой точки зрения».

Еще один преобразователь – электробатарея, содержащая соленую и пресную воду, – привлекает внимание многих интересующихся наукой людей. Действие этого преобразователя основано на электрохимическом принципе, без использования осмотического давления, – на движении ионов. (Ионы – атомы, у которых есть один или несколько лишних электронов или, наоборот, их не хватает).

Ключом к пониманию причины процесса является химическое строение простой поваренной соли, формула которой NaCl – натрий хлор. Когда соль растворяется в воде, автоматически образуются ионы хлора и натрия. Ионы никогда не находятся в состоянии неподвижности, они постоянно перемещаются.

Двое ученых – Джон Вайнштейн из Национального института здоровья и Франк Лейтц из Министерства

внутренних дел США – решили воспользоваться движением ионов для создания электробатареи, содержащей пресную и соленую воду. Идея не отличалась абсолютной новизной. Ее пытались использовать, о ней писали, но в результате предали забвению уже в 50-х годах. Вайнштейн и Лейтц внимательно изучили все имеющиеся данные, чтобы попытаться сконструировать устройство для извлечения соляной энергии в коммерческих целях.

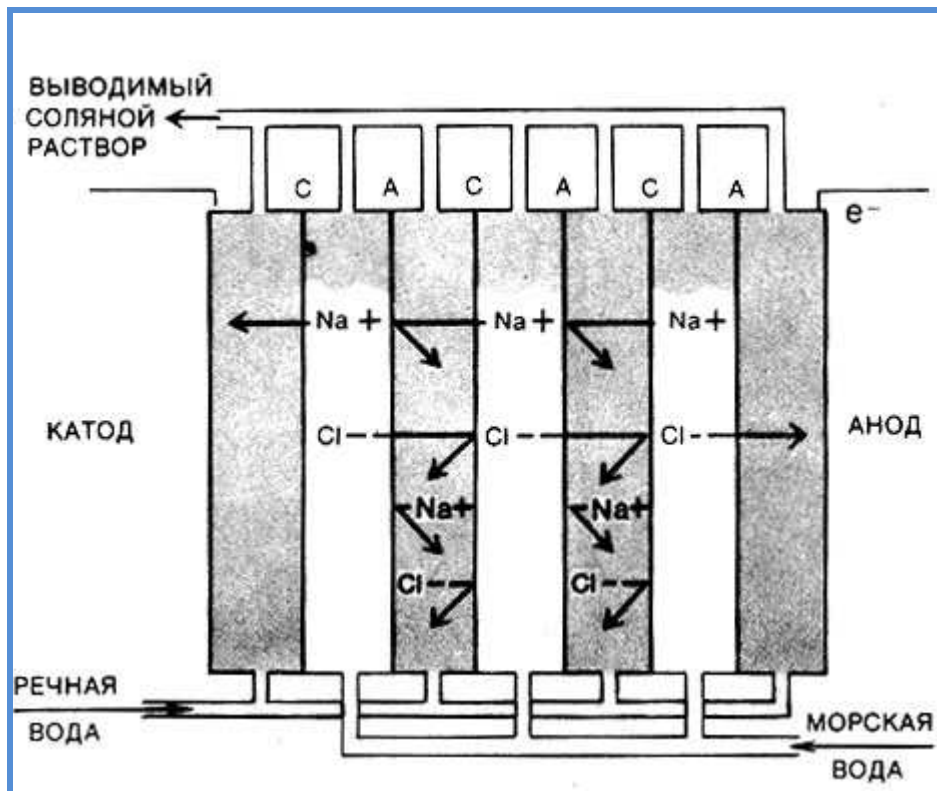
В электробатарее, созданной ими в конце 70-х годов, ионы натрия и хлора движутся через несколько чередующихся секций с пресной и соленой водой, которые оканчиваются электродами (клеммами). Каждая секция отделена от двух соседних мембраной одного из двух типов: первый допускает прохождение лишь положительных ионов натрия (изображенных символом  $\text{Na}^+$ ); второй – лишь отрицательных ионов хлора ( $\text{Cl}^-$ ). Положительные ионы двигаются в одну сторону, отрицательные – в другую, и это направленное движение и создает электрический ток, получающийся от использования только двух типов воды – пресной и соленой.

Вернемся к рассмотрению солености как средству производства электроэнергии и некоторых других предложений изобретателей по этому поводу. Октав Левеншпиль – профессор химико-технологических наук Орегонского государственного университета в Корвалесе – автор четырех из них. В личных беседах и на страницах специальных изданий он описал и проиллюстрировал свои идеи. В их основе лежит использование процесса осмоса. Левеншпиль считает, что осуществление всех его предложений принципиально возможно.

Одна из схем предполагает создание двух плотин в устье реки, другая – лишь одной, третья – замену плотин большим пластиковым листом. «Однако лучшей является моя последняя схема, – утверждает Левеншпиль. – Для ее реализации не нужны ни плотины, ни листы, только

длинная труба, полупроницаемая мембрана на ее конце и турбогенератор».

Электробатарея, содержащая пресную и соленую воду, может быть изготовлена из чередующихся секций с морской и пресной водой, разделенных полупроницаемыми мембранами. «А» – мембрана, пропускающая анионы, «С» – пропускающая катионы. Анион – это отрицательно заряженный, а катион – положительно заряженный ион, «катод» – отрицательный полюс электрода электролитической секции; «анод» – положительный полюс



Первая схема Левеншпиля напоминает проект Исаакса и Уика и позволяет производить электроэнергию практически без эксплуатационных затрат.

Вторая схема (с одной плотиной) состоит в следующем. Громадная плотина (сравнимая по высоте с плотиной Гувера) отделяет океан от реки и суши. Электростанция, расположенная на глубине 700 футов

(210 м) ниже уровня моря, снабжается речной водой по трубе. «Мы отказались от искусственного озера, – говорит Левеншпиль. – Но система будет работать, так как пресная вода по-прежнему будет вытекать в океан в результате осмотического процесса. Посмотрим же, насколько дешевле и лучше будет такая система. В нее входит только одна тонкая плотина, тонкой она является потому, что нам не нужно сдерживать два мощных водных потока».

В третьей схеме плотины вообще не предполагаются. «Мы перегородим реку большим пластиковым листом до глубины 700 футов (210 м), – говорит Левеншпиль. – Он отделит пресную воду от соленой». (Конечно, необходимо решить некоторые технические проблемы, вероятно, вы уже подумали о некоторых из них.) Тем не менее проект, в основе которого – единственный пластиковый лист, возможно осуществить в принципе. По трубе длиной 700 футов речная вода попадет к подводной электростанции, а затем – в сравнительно короткую выходную трубу. Из нее пресная вода в результате осмоса вытекает в соленое море через полупроницаемую мембрану.

Левеншпиль считает лучшим свой четвертый проект. «В нем не нужно строить плотины, не требуется и пластиковый лист, не возникает препятствий для судоходства. Необходима только труба, верхний конец которой находится выше приливного уровня. Обратите внимание, что каждая капелька пресной воды, попадающей через длинную трубу в электростанцию, энергетически эквивалентна капельке, падающей с плотины высотой 760 футов».

Еще более простое устройство, предложенное Левеншпилем, – осмотический насос. Об этом насосе (конструкция которого была описана в журналах «Сайнтифик Америкен», «Сайенс», «Кемикл Инжиниринг» и в ряде учебников) он писал: «Осмотический насос – не что иное, как полупроницаемая мембрана, натянутая на отверстие большой трубы.

Мембрана пропускает пресную воду, но не воду с растворенными в ней солями. Это и есть насос. Причем его идея полностью обоснована с научной точки зрения».

На практике этот удивительный насос – длинная труба, закрытая полупроницаемой мембраной, опущенная глубоко в океан и надежно закрепленная. Так как работа устройства основана на том, что поток пресной воды через мембрану вызывается разностью давлений по обе ее стороны, при глубине опускания, меньшей, чем 760 футов, в трубе вообще не будет воды. Если же трубу опускать ниже, так, чтобы ее нижний конец достиг глубины большей, чем 760 футов, то давление морской воды превысит осмотическое давление. На такой глубине процесс осмоса будет протекать в обратную сторону. Пресная вода просочится через полупроницаемую мембрану в направлении, противоположном обычному. Как следствие, уровень пресной воды, получаемой из соленой морской, в трубе будет подниматься.

Если осмотический насос работает таким образом, т. е. если осмотический процесс действительно возможно повернуть вспять на глубине океана, то на поверхности моря возможно будет получать большое количество пресной воды, которую можно пить, использовать для мытья, орошения и превращения пустынь в плодородные земли.

«Чтобы получить свежую воду из глубин океана, достаточно взять длинную трубу и опустить ее на глубину в 5 миль (8 км),– говорит Левеншпиль.– Вы не только получите пресную воду, она сама будет выплескиваться из трубы наружу, наподобие фонтана. Хорошо известно, что морская вода на 3% плотнее, чем пресная. Поэтому после того как уровень пресной воды в трубе достигнет уровня осмотического давления (760 футов), она будет выталкиваться наверх и фонтанировать над поверхностью моря».

Для того чтобы использовать осмотические насосы для выработки электроэнергии (теоретически это тоже возможно), необходимо опустить на разную глубину уже

две трубы. Пресная вода в этом случае поднимется в них на разные уровни. Дав возможность воде стекать из более длинной трубы через турбогенератор в более короткую, мы получим возможность вырабатывать электрический ток.

Реализация всех этих абстрактных схем преобразования химической энергии в электроэнергию – дело двадцать первого века, имеющее большие перспективы. Для того чтобы претворить их в жизнь, требуется выполнение основного необходимого условия: создания полупроницаемой мембраны, которая была бы прочной, долговечной, экономичной, не нуждалась в уходе и не засорялась бы солью и морскими микроорганизмами. Пока что наибольшее достижение в этой области – мембраны из полых волокон толщиной в человеческий волос. Эти волокна выдерживают значительное давление и имеют большую площадь поверхности. Они уже используются при создании искусственных почек. Пучок из 13 000 таких волокон имеет в диаметре лишь 2 дюйма (5 см). Для этих волокон биофулинг не превратится в проблему, потому что, как считают многие ученые, концы трубок могут быть сделаны мягкими и гладкими, к тому же их можно будет периодически промывать.

Разумеется, ученым понадобятся годы исследований и экспериментирования (по меньшей мере 10-15 лет), чтобы создать идеальные дешевые полупроницаемые мембраны для полного решения биофулинга, для разработки соответствующих технологий.

Не будем забывать и об окружающей среде. Никто пока не может предвидеть последствий воздействия на окружающую среду в результате создания преобразователей, помещаемых в устья рек, где смешиваются пресные и соленые воды.

В настоящее время, а именно в последние десятилетия, уже не предлагается перейти к использованию ископаемых видов топлива, а, наоборот, предлагается рассмотреть возможность перехода к

альтернативным, безопасным и незагрязняющим окружающую среду формам энергии, первое место среди которых занимают солнечная и океанская.

Накануне вступления в девятое десятилетие нашего века ученые-океанологи призывают прекратить пустые дискуссии и отказаться от надежды на то, что «технологическое развитие разрешит все проблемы на суше». Они хотят обратить внимание общества на океан, который заряжается энергией вземного происхождения, энергией доступной, не загрязняющей окружающую среду и возобновляемой.

Рассказ об энергии может быть бесконечен, неисчислимы альтернативные формы ее использования при условии, что мы должны разработать для этого эффективные и экономичные методы. Не так важно, каково наше мнение о нуждах энергетики, об источниках энергии, ее качестве и себестоимости. Нам, по-видимому, следует лишь согласиться с тем, что сказал ученый мудрец, имя которого осталось неизвестным: «Нет простых решений, есть только разумный выбор».

### **Аугуста ГОЛДИН** **ОКЕАНЫ ЭНЕРГИИ**

Главный отраслевой редактор *В. Демьянов*

Редактор *К. Томилина*

Мл. редактор *Н. Терехина*

Художник *М. Дорохов*

Худож. редактор *М. Гусева*

Техн. редактор *Н. Лбова*

Корректор *С. Ткаченко*

ИБ № 5357

Сдано в набор 26.11.82. Подписано к печати 22.04.83. А 09653.

Формат бумаги 75X90<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага офс. № 2. Гарнитура литературная.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 5,63. Усл. кр.-отт. 11,57. Уч. изд. л. 5,40.

Тираж 50 000 экз. Заказ Ю-505. Цена 25 коп. Издательство «Знание»,

101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 837722.

«Типография издательства Тат. ОК КПСС

г. Казань, ул. Декабристов, 2.





25 коп.

*В древние времена, наблюдая движение водных потоков, рыбаки ничего не знали о «приливной энергии» или о «выращивании бурых водорослей», однако они знали, что выходить в море легче во время отлива, возвращаться обратно – во время прилива. Им, конечно, было известно и о том, что иногда волны тяжело и страшно бьют о берег, выбрасывая камни на его скалы, и о «морских реках», которые всегда выносили их к нужным островам, и о том, что они всегда смогут прокормиться моллюсками, ракообразными, рыбой и съедобными водорослями, растущими в океане...*

*И вся эта энергия таится в океане испокон веков. Не используя ее, мы тем самым попросту расточаем.*

*Извлечение энергии океана находится на стадии экспериментов, но факт остается фактом, что по мере развития научно-технического прогресса энергия в будущем может в значительной степени добываться из моря. Когда – зависит от того, как скоро эти процессы станут достаточно дешевы.*