

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

И. И. ГВАЙ

**К. Э. ЦИОЛКОВСКИЙ
О КРУГОВОРОТЕ
ЭНЕРГИИ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Москва 1957

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

И. И. ГВАЙ

К. Э. ЦИОЛКОВСКИЙ
О КРУГОВОРОТЕ
ЭНЕРГИИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Москва 1957

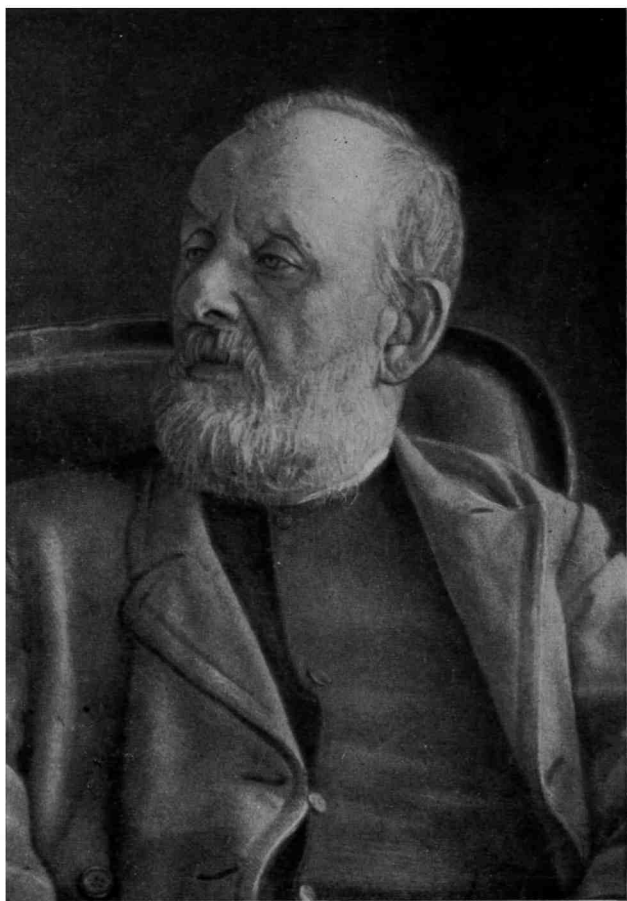
Константин Эдуардович Циолковский, основоположник многих выдающихся работ в ракетостроении и авиации, оставил большое научное наследие в такой труднодоступной области познания, как всеобщий круговорот энергии.

Значительная часть работ К. Э. Циолковского о круговороте энергии в природе, которым он отдал много лет своей жизни, до сего времени не была опубликована. Предлагаемая вниманию читателя книга имеет своей целью восполнить этот пробел. Автор ее — лауреат Сталинских премий кандидат технических наук И. И. Гвай, работая над вопросами прикладного ракетостроения и изучая наследие К. Э. Циолковского, взял на себя труд привлечь внимание широкой научной общественности к идеям и гипотезам К. Э. Циолковского о круговороте энергии.

Настоящее издание подготовлено в связи со столетием со дня рождения К. Э. Циолковского.

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

П. К. Ощепков



Н. Франковский

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

В. И. Ленин

...излученная в мировое пространство теплота должна иметь возможность каким-то путем... снова сосредоточиться и начать активно функционировать.

...Вот вечный круговорот, в котором движется материя...

Ф. Энгельс

ПРЕДИСЛОВИЕ

В сентябре 1957 г. советский народ и все передовое человечество отмечают 100-летие со дня рождения К. Э. Циолковского — замечательного деятеля науки, обладавшего огромным даром научного предвидения. Он смело ставил крупные научно-технические задачи и прокладывал новые, непривычные, «дикийные» пути решения этих насущных для человечества задач.

Циолковский правильно наметил и обосновал новые, впервые им исследованные пути, по которым впоследствии развивалась до современного состояния и продолжает ныне развиваться авиация с ее многочисленными и сложными разветвлениями. Циолковский является также основоположником современного ракетостроения — обширного научно-технического комплекса, охватывающего огромный диапазон объектов: от межконтинентальных ракет и реактивных двигателей для самолетов и дальнобойной артиллерии до реактивных снарядов и динамореактивных камер для одиночных и шквальных артиллерийских систем.

На десятилетия опередив в работах по авиации и ракетостроению ученых Европы и Америки, Циолковский в то же время проделал большую работу по отдельным аспектам термодинамики, по обоснованию своих взглядов на вечный круговорот энергии в природе и на неистребимость материи и ее атрибута — энергии.

Но если работы Циолковского по авиации и ракетам получили достаточно подробное освещение, особенно после того, как мировая общественность убедилась в силе и справедливости научного предвидения Циолковского, то работы Циолковского в области энергетики и термо-

динамики почти совершенно не освещены в печати, несмотря на их научно-техническую и философскую значимость.

Некоторому восполнению этого пробела и посвящена настоящая монография.

Автор выражает глубокую благодарность соратнику К. Э. Циолковского Б. Н. Воробьеву, любезно предоставившему ряд ценных материалов, в том числе машинописные копии рукописей Циолковского об обратимости явлений.

Глава I

ЦИОЛКОВСКИЙ — МЫСЛИТЕЛЬ И НОВАТОР

Из всего многообразия трудов Циолковского можно выделить три главные направления: авиацию, ракеты и общую термодинамику.

Были значительны и интересны и другие его исследования — работы в области геохимии, астрофизики, биологии и т. п.

Весьма интересна обоснованная Циолковским идея безрельсового поезда, плывущего на тонком слое воздуха, сжатого между дном поезда и дорогой. Исследуя вопросы строения морского дна, Циолковский предвосхитил практику нынешней эксплуатации нефти со дна Каспийского моря.

Многие попутные работы Циолковского были высоко оценены нашими учеными. Так, академик А. Е. Ферсман писал:

«...Мы сможем назвать Циолковского смелым новатором и одним из идеологов современного геохимического учения»¹.

Но, повторяем, главными направлениями работ Циолковского являются авиация, ракеты и общая термодинамика.

1. Авиация

Еще в 1894 г. Циолковский предложил необычную для того времени схему самолета-моноплана со свободное-

¹ Б. Н. Воробьев. Циолковский. М., изд-во «Молодая гвардия», 1940, стр. 208.

сущим крылом. Конструктивное решение и компоновка узлов этого самолета (двигателя, фюзеляжа, шасси), решение проблемы стабилизации полета, автоматизации управления и т. п. на многие десятилетия опередили замыслы современников Циолковского и предопределили конструктивные решения и принципы компоновки основных узлов современных самолетов.

Научно-конструкторской мысли пришлось целыми десятилетиями додумываться до того, что было определено в свое время Циолковским: зависимости подъемной силы крыла от его удлинения, зависимости веса крыла от его геометрических и аэродинамических параметров, теоретических основ расчета авиационных конструкций на прочность по разрушающим нагрузкам, методов изыскания рациональных размеров самолета и т. п.

Проф. Н. Я. Фабрикант так оценивает приближенный закон Циолковского о продолговатости крыла:

«Этот закон опережает приблизительно на 30 лет дальнейшее развитие теории крыла»².

Весьма существенно, что эти работы Циолковского, определившие дальнейшее развитие авиации, были фактически работами первооткрывателя. Они появились тогда, когда реальных самолетов нигде в мире еще не существовало: первый подъем братьев Райт на самолете состоялся только восемь лет спустя; только почти через три десятилетия появились самолеты со свободнонесущим крылом; за двадцать лет до Спёрри Циолковский разработал автопилот и принципы электрооборудования самолетов; задолго до изобретения дюралюмина Циолковский предсказал его широкое применение в авиации.

Сподвижник Циолковского Б. Н. Воробьев так оценивает работы новатора в области авиации:

«...Циолковский, оторванный от русских и зарубежных научно-технических центров, подошел к форме современного нам аэроплана несравненно ближе, чем все его современники в Англии, США и Франции. Более того, в этом отношении он далеко опередил и последующих

² М. С. Арлазоров. Константин Эдуардович Циолковский. Его жизнь и деятельность. М., Гостехиздат, 1952, стр. 42.

конструкторов: бр. Райт, Блерио, Фармана, Сантос-Дюмона и др.»³.

К области авиации относятся также и выдающиеся работы Циолковского по дирижаблестроению. Его экспериментальные и теоретические исследования над цельнометаллической оболочкой, позволяющей изменять внутренний объем дирижабля, его идея о подогреве газа, наполняющего объем дирижабля, и разработанный им метод гидростатического испытания корпуса дирижабля намного опередили мировое дирижаблестроение. Эти идеи выдержали испытание временем и до сих пор находят практическое применение. Печатный труд Циолковского по дирижаблестроению (проект) под названием «Аэростат металлический управляемый» появился в 1892 г., тогда как первый и менее совершенный проект немецкого дирижабля «Граф Цеппелин» появился только в 1895 г.

Очень интересны работы Циолковского и по аэродинамике дирижаблей. Циолковский, которому пришлось устанавливать законы аэродинамики самостоятельно, писал:

«Вопрос о форме поперечного сечения оболочки дирижабля решен мною впервые. Дана математическая и экспериментальная разработка многого, касающегося металлического и неметаллического дирижаблей»⁴.

Циолковский понимал, что дирижабли не смогут получить то развитие, какое получают самолеты и особенно ракеты. В статье, написанной Циолковским летом 1935 г., сказано об общей судьбе дирижаблей, стратостатов и других воздухоплавательных средств авиации:

«Будущее стратостатов не блестяще. Они не поднимутся выше 30 км. Мешают высокому поднятию огромные размеры и тонкость оболочки»⁵.

Огромное будущее Циолковский предсказывал ракетам.

³ Б. Н. Воробьев. Циолковский М., изд-во «Молодая гвардия», 1940, стр. 134.

⁴ К. Э. Циолковский. Сборник статей. М., Ред.-изд. отдел Аэрофлота, 1939, стр. 46.

⁵ Там же, стр. 50.

2. Ракеты

Работы в области ракет Циолковский начал в 1895 г. и с огромной настойчивостью и большими успехами продолжал в течение сорока лет. В этой области он достиг выдающихся результатов и по праву считается основоположником ракетостроения.

Ракеты издавна известны человечеству, но до Циолковского они были только увеселительным, а затем мало-мощным боевым средством.

Величайшей заслугой Циолковского является то, что он первый научно обосновал идею безгранично далекого полета человека с неограниченно большими скоростями — величественную идею звездоплавания при помощи ракеты как единственно возможного звездолета.

Г. Молюков в статье «Труды К. Э. Циолковского по аэродинамике и реактивным летательным аппаратам» правильно указывает, что у молодого Циолковского еще в 1878—1879 гг.

«...сначала возникла потребность в исследовании мировых пространств, а затем, через несколько лет, в принципе реактивного движения К. Э. Циолковский нашел средство к достижению цели»⁶.

Циолковский считал, что Земля и все планеты нашей солнечной системы получают ничтожно малую часть энергии Солнца.

В своей работе «Цели звездоплавания» (1929) Циолковский писал, что полная солнечная энергия

«...в 2,2 миллиарда раз более получаемой Землей и в 200 миллионов раз больше, чем имеют все планеты нашей солнечной системы»⁷.

Циолковский считал, что жители Земли плохо используют поверхность своей планеты и что на Земле вообще «...почвы в 400 раз больше, чем нужно»⁸. Он считал, что энергия Солнца почти полностью пропадает для челове-

⁶ Вестник воздушного флота, 1955, № 5, стр. 89.

⁷ К. Э. Циолковский. Сборник статей. М., Ред.-изд. отдел Аэрофлота, 1939, стр. 64.

⁸ К. Э. Циолковский. Будущее Земли и человечества. Калуга, изд. автора, 1928, стр. 5.

Человечество не останется
вечно на Земле, но, в по-
гоне за светом и
пространством, сначала
робко проникнет за
пределы атмосферы,
а затем завоюет
себе все около-солнечное
пространство.

К. Циолковский

чества, что людское население солнечной системы может быть в миллиарды раз большим, чем на Земле. Циолковский писал:

«...вся солнечная энергия может прокормить не менее 10^{22} , т. е. не менее десяти тысяч триллионов населения»⁹.

В своем письме к Б. Н. Воробьеву от 12 августа 1911 г. Циолковский писал:

«Человечество не останется вечно на Земле, но, в погоне за светом и пространством, сначала робко проникнет за пределы атмосферы, а затем завоюет себе все околосолнечное пространство»¹⁰.

Мысли о необходимости и возможности создания ракетного звездолета не покидали Циолковского. В результате теоретических изысканий, на рубеже XIX и XX вв. Циолковский вывел свою знаменитую формулу, в которой впервые указывалось, что максимальная скорость ракеты

⁹ К. Э. Циолковский. Будущее Земли и человечества. Калуга, изд. автора, 1928, стр. 23.

¹⁰ К. Э. Циолковский. Собр. соч., т. II, Изд-во АН СССР, 1954, стр. 3.

V_m зависит только от скорости истечения продуктов сгорания U и отношения веса топлива к весу ракеты:

$$V_m = U \ln \frac{M_n + m}{M_n},$$

где M_n — вес пустой ракеты (без топлива);
 m — вес топлива.

Отношение веса топлива к весу пустой ракеты $\frac{m}{M_n}$ является важнейшей характеристикой ракеты. Эту характеристику принято называть «числом Циолковского» Z .

Подставив $Z = \frac{m}{M_n}$, получим

$$V_m = U \ln (1 + Z).$$

Формула Циолковского впервые позволила оценить количественные характеристики ракеты, указала практические пути развития ракетостроения, доказала возможность создания звездолета.

Называя формулу Циолковского законом движения ракеты, проф. Н. Г. Чернышев писал:

«До того как был математически сформулирован закон движения ракеты, идея жидкостной ракеты была принципиально невозможна, так же как невозможно было правильно предсказать существование новых элементов до установления в 1869 г. Д. И. Менделеевым периодического закона элементов.

...Закон Циолковского, так же как и многие другие великие открытия, застал сознание современного ему человечества неподготовленным к тому, чтобы соответствующим образом оценить его прогрессивное практическое значение. Для этого потребовались годы»¹¹.

Циолковский еще в 1903 г. точно предугадал современную ракету; за 40 лет до создания современной ракеты Циолковский дал точную схему ее со сложными элементами: газовыми рулями, автоматическим управлением, насосной подачей топлива, охлаждением камеры сго-

¹¹ Н. Г. Чернышев. Проблема межпланетных сообщений в работах К. Э. Циолковского. М., изд-во «Знание», 1953, стр. 20.

рания и т. п. Только спустя 16 лет после исследований и обоснований Циолковского в США появляется работа проф. Роберта Годдарда о ракете для больших высот и спустя 20 лет в Германии — работа проф. Германа Оберта о межпланетной ракете.

Весьма показательно запоздалое письмо Оберта Циолковскому в 1929 г. Спустя 26 лет после опубликования Циолковским своих основных исследований по ракетам Оберт писал Циолковскому:

«...я только сожалею, что я не раньше 1925 года услышал о Вас. Я был бы, наверное, в моих собственных работах сегодня гораздо дальше и обошелся бы без тех многих напрасных трудов, зная Ваши превосходные работы»¹².

В небольшой монографии трудно изложить все выдающиеся научно-конструкторские и экспериментальные работы, выполненные Циолковским и задолго до появления современных ракет предопределившие дальнейшее развитие ракетостроения.

Прошло свыше двадцати лет со дня смерти К. Э. Циолковского, закончилась вторая мировая война, прошли послевоенные годы; за это время ракетная техника сделала ряд огромных успехов, и полученный научно-технический опыт ракетостроения полностью подтверждает правильность идей Циолковского.

Проф. А. А. Космодемьянский, считая Циолковского ученым, наделенным свойствами гениального ума, пишет:

«...Во всех статьях Циолковского по ракетной технике видна самостоятельная, оригинальная исследовательская работа... Как во всяком бессмертном творении, для которого проверка временем только выявляет величие и прогрессивность идей, в работах Циолковского... читатель увидит еще ту замечательную простоту суждений и *высокую мудрость проникновения в закономерности природы*, которые свойственны классическим сочинениям»¹³.

¹ Б. Н. Воробьев. Циолковский. М., изд-во «Молодая гвардия», 1940, стр. 212.

¹³ А. А. Космодемьянский. Знаменитый деятель науки К. Э. Циолковский. М., Воениздат, 1954, стр. 103. (Курсив наш — И. Г.).

Современный прогресс ракетной техники, начавшийся более полувека назад с работ Циолковского, был подготовлен вначале исследованиями самого Циолковского, а затем работами его многочисленных учеников.

Проф. Н. Г. Чернышев пишет, что благодаря творческой деятельности учеников и последователей Циолковского

«...была разработана научная база, послужившая основой для создания прославленного на весь мир в Отечественную войну и никем не превзойденного реактивного миномета «Катюша»¹⁴.

Прогресс реактивной техники в настоящее время развивается непрерывно нарастающими темпами. Мы горды тем, что наша страна и славный сын нашей Родины К. Э. Циолковский являются основоположниками этого прогресса.

А. А. Космодемьянский в статье «К. Э. Циолковский — основоположник современной ракетодинамики» пишет:

«В научно-популярных книгах и научно-технических компилятивных трактатах, вышедших за границы за последние 5—6 лет, упоминается лишь наша русская «Катюша», преподносящаяся как одно из необъяснимых чудес «этих странных русских». А о том, что русские создали теоретические основы всех реактивных аппаратов задолго до работ заграничных ученых, что русские дали ракетодинамике необычайный размах и глубину заключений, которые характерны для бессмертных творений человеческого ума,— буржуазные авторы «скромно» умалчивают»¹⁵.

3. Общая термодинамика

Прозорливые идеи Циолковского, справедливость которых была подтверждена последующим развитием науки и техники, в дореволюционное время встречали поддержку лишь немногих передовых ученых. Такими даль-

¹⁴ Н. Г. Чернышев. Проблема межпланетных сообщений в работе К. Э. Циолковского. М., изд-во «Знание», 1953, стр. 26.

¹⁵ Труды по истории техники, № 1. Изд-во АН СССР, 1952, стр. 32.

видными учеными были Д. И. Менделеев, Н. Е. Жуковский, А. Г. Столетов, И. М. Сеченов, академик М. А. Рыкачев. Заграничные ученые того времени даже не знали имени Циолковского и только впоследствии начали приходить к выводам, найденным Циолковским.

Но если исследования Циолковского, как всякая прогрессивная теория, указали ученым, конструкторам, изобретателям и вообще всем работникам техники рациональные пути дальнейшего развития авиации и ракетостроения, то исследования Циолковского в области термодинамики до сих пор не получили ни развития, ни достаточно объективного критического осмысления.

Между тем Циолковский, наряду с авиацией и ракетами, также много работал и над вопросами общей термодинамики. В предисловии к книге «Второе начало термодинамики» (1914) Циолковский пишет, что еще в конце XIX в. он исследовал отдельные аспекты термодинамики. Этими вопросами он непрерывно занимался в течение последующих сорока лет.

В статье «Знаменательные моменты моей жизни» (1935) Циолковский пишет, что, работая над исследованиями по термодинамике:

«...я уверовал в вечную юность вселенной. Перспектива тепловой смерти космоса рушилась в моем мозгу... Теперь [январь 1935 г.— И. Г.] у меня накопилось еще много доказательств в пользу моих выводов»¹⁶.

К своим принципиальным позициям о вечном круговороте энергии в природе, о неистребимости материи Циолковский пришел самостоятельно. Даже с основополагающими работами Ф. Энгельса о возможности концентрации рассеянной тепловой энергии Циолковский ознакомился лишь в конце своей жизни.

Циолковский считал, что между реальностью и сформулированными человеком законами физики существует бесконечная борьба, так как реальность посредством фактов рано или поздно опровергает формулировки законов физики, которые являются лишь временными вехами относительного познания природы человеком.

¹⁶ К. Э. Циолковский. Сборник статей. М., Ред.-изд. отдел Аэрофлота, 1939, стр. 44.

Кинетическая теория газов и статистическая физика, созданные в конце XIX и в начале XX века, позволили человеку еще глубже проникнуть в сущность явлений природы. Появились работы Лошмидта, Варбурга, Максвелла, Гиббса и др., в которых были поколеблены незыблемые, казалось, до того постулаты Клаузиуса — Томсона о невозможности перехода теплоты от более холодного тела к более тепловому и о постоянном росте энтропии при всех происходящих в природе процессах.

Л. Больцман показал, что при маловероятном исходном состоянии всегда имеет место двусторонняя направленность процессов и что в природе всегда возможны процессы, связанные с уменьшением энтропии, хотя такие процессы маловероятны для обычных систем, состоящих из большого числа молекул.

Выдающийся польский ученый М. Смолуховский пришел к выводу, что при надлежащем масштабе времени все необратимые процессы превращаются в обратимые и что в природе нет резких разграничительных линий между такими, казалось бы, полярно противоположными явлениями, как необратимые и обратимые процессы.

Циолковский не был знаком с этими работами и самостоятельно пришел к своей основной идее о неистребимости энергии в природе. Узнавая впоследствии из печати о существующих в науке возражениях против постулатов Клаузиуса — Томсона, он только соглашался с этими критическими взглядами, которые совпадали с его собственными представлениями о круговороте (или, как он говорил, «обратимости») энергии.

Поскольку в природе крайне трудно проследить процессы концентрации рассеянной тепловой энергии, Циолковский, предлагая поставить ряд опытов для изучения этих процессов, весьма осторожно конкретизировал пути и способы («условия», как он их называл), при которых можно было бы уяснить механизм перехода тепла от холодных тел к теплым. Он постоянно указывал на явную недостаточность знаний человеком «условий» этого перехода, на непривычность, диковинность таких процессов, в результате которых из огромных запасов рассеянной энергии в природе человек для своих целей сможет безгранично черпать энергию

«...медленно и бесплатно: энергия отнимается от окружающих холодных тел» ¹⁷.

Эта мудрая осторожность Циолковского при подходе к решению столь крупной задачи физики и при отсутствии сколько-нибудь надежных экспериментальных материалов выгодно отличала Циолковского от иностранных ученых начала XX в. Эта осторожность вызывалась насущной необходимостью.

В десятых годах XX в., под влиянием работ Больцмана, Смолуховского, Эйнштейна, Перрена, Сведберга и др., у зарубежных исследователей возникли растерянность и антинаучные толкования второго начала термодинамики, следствием которых были шатания, доходившие до крайности. Появились надуманные аналогии флуктуационных явлений с забытыми «демонами» Максвелла, вновь возникли попытки создания вечного двигателя второго рода. Эта легковесная поспешность, непродуманность и суетливость в оценке второго начала термодинамики, эти обреченные на провал попытки воскресить мертвую идею «вечного» двигателя вызвали к жизни противоположную крайность. Реакционная часть ученых с еще большим рвением, чем прежде, начала широко давать постулатам второго начала термодинамики тенденциозное истолкование, которое приводило к выводу о якобы постоянном обесценении энергии в природе и о якобы неизбежной «тепловой смерти» вселенной.

В связи с этим идеи глубокого пессимизма проникли и в Россию, где некоторые физики и философы (Щукарев, Шишковский, Хвольсон, С. Покровский, Григорьев и др.) начали на все лады мрачно воспевать грядущую гибель вселенной.

Так, проф. Щукарев, считая, что энтропия вселенной непрерывно возрастает, писал:

«...пульс природы непрерывно замирает, ее жизнь погасает, и в бесконечной дали вырисовывается черный призрак мировой смерти» ¹⁸.

¹⁷ К. Э. Циолковский. Обратимость химических явлений. Рукопись, 1935, стр. 9. Архив АН СССР, ф. 555.

¹⁸ А. Н. Щукарев. Учение об энергии и энтропии в элементарном изложении. М., Изд. И. Д. Сытина, 1912, стр. 59.

Но ни разгул мрачных пророчеств о предстоящем «конце мира», ни противоположные этому скороспелые домыслы о «крахе» второго начала и возможности благодаря этому «наконец-то» создать вечный двигатель с помощью «антиэнтропийных демонов» Максвелла не поколебали спокойной и мудрой осторожности Циолковского при разработке гипотезы о неистребимости энергии.

Может показаться вымыслом, что бесстрашный новатор Циолковский, который настойчиво, быстро и смело, без тени каких бы то ни было сомнений прокладывал новые, неизведанные пути развития авиации и ракетостроения, проявил крайнюю осторожность в развитии своих идей о мироздании. Но это не вымысел. Благодаря своей прозорливости и огромной научной интуиции Циолковский не мог допустить торопливость, легковесность и необоснованность доводов для решения такой грандиозной задачи. Слишком большой и сложной представлялась Циолковскому общая картина вечной юности вселенной. Перед этой картиной мира он долгое время находился в глубоком раздумье.

Вереницы его неторопливых последовательных мыслей (часть которых в своеобразном литературном изложении дошла и до нас) о несотворимости и неуничтожимости мира, о бесконечном существовании мира, его вечном движении и беспрестанном изменении, о возможности познать закономерности мира,— все эти мысли Циолковского объединялись им в одной общей оптимистической идее о неистребимости людского рода («породы двуногих», как говорил он), о том, что человечество в погоне за светом, энергией и пространством расселится на космических просторах.

В работе «Второе начало термодинамики» Циолковский писал:

«Как-то давно я читал статью. Автор ее, говоря о неизбежном потухании Солнца, надеется, что порода двуногих все-таки извернется. Тогда я подумал: какой оптимизм! и не находил сам возможности выпутаться из беды. Но вот прошло два десятка лет, и в моей душе созрело семя надежды об обратимости процесса рассеяния тепла. Если это так, то человечеству открывается будущее, не-

зависимое от солнечной энергии и даже внутренней самостоятельной теплоты Земли.

Да полно! Возможно ли это? — говорил я себе тысячу раз. Нет ли тут какой-нибудь ошибки, заблуждения, нелепости?»¹⁹.

Далее Циолковский отвергает свои опасения и пишет о том, что в природе должны быть «условия» перехода тепла не только от более нагретого тела к более холодному, но и обратные («обратимые») процессы:

«Разве мы знаем природу в полном объеме! Не знакомы ли мы, напротив, с одной каплей безбрежного океана вселенной.

...Мы не знаем только всех условий, при которых... возможно... перемещение тепла в ту и другую сторону...»²⁰

В другой, более поздней работе Циолковский пишет о том, что повсеместно в природе материя находится в вечном круговороте и что оба процесса — и рассеяния энергии, и концентрации энергии —

«...равны и обеспечивают вечное возникновение юности вселенной»²¹.

Эта великая оптимистическая идея Циолковского о возможности концентрации рассеянной энергии не имела и до сих пор не имеет надежного, бесспорного опытного подтверждения.

Циолковский знал, что идеи, не имеющие аналогии с существующими, непонятны для людей, что опытное происхождение понятий требует проведения многочисленных и необычных экспериментов, что новую идею, как клин, нельзя вбивать широким концом.

Подобно Ньютону, который мудро не предпринимал вопроса о конкретных причинах тяготения, но считал тяготение доказанным фактом, Циолковский, не предпринимая конкретных «условий» концентрации энергии, считая эти «условия» гипотетическими, опирался как на достоверный

¹⁹ К. Э. Циолковский. Второе начало термодинамики. Калуга, Изв. Калужского о-ва изучения природы, 1914, стр. 22—23.

²⁰ Там же, стр. 24.

²¹ К. Э. Циолковский. Кинетическая теория света. Калуга, Изв. Калужского о-ва изучения природы, 1919, кн. 3, стр. 48.

факт на то, что повсеместно в природе низкотемпературная рассеянная энергия концентрируется в организованную, более высокопотенциальную энергию, которая вновь рассеивается в низкотемпературную энергию, осуществляя таким образом вечный круговорот («обратимость») энергии.

Пусть нас не смущает, что это пока только гипотеза, но это гипотеза правильно составленная и наполненная надежными и решительными определениями входящих факторов. Подобные гипотезы бывают иногда более значимы, чем установленные законы, так как многие свойства материи, которые раньше казались абсолютными и неизменными, зачастую оказываются присущими только некоторым состояниям материи.

О значении подобных гипотез писал знаменитый физик А. Г. Столетов, приводя следующее выражение Гельмгольца:

«Всякая правильно составленная гипотеза представляет по своему фактическому смыслу закон явлений, более общий, чем мы дотоле наблюдали его непосредственно; это — попытка подняться до более общей и обширной законности. То, что гипотеза утверждает фактически нового, должно быть испытано и подтверждено наблюдением и опытом»²².

Циолковский в своих исследованиях по термодинамике придавал огромное значение предполагаемым опытам, считая, что опыт является лучшим посредником между природой и естествоиспытателем, что опыт никогда не обманывает, если только экспериментатор не будет тщетно и предвзято ожидать от опыта того, что не лежит в его возможностях.

Циолковский много размышлял над проблемами круговорота энергии в природе и в течение длительного времени — более сорока лет — делал научные записи. К этим записям полностью применимы слова Гельвеция, который, считая, что первые шаги всякой науки самые трудные, писал о подобных научных работах:

²² А. Г. Сто л е т о в. Избранные сочинения, М.—Л., Гостехиздат, 1950, стр. 574—575.

«Можно сказать, что произведения, которые долго обдумывались и медленно писались, являются благодаря этому более содержательными и что в произведениях ума, как и в механике, мы приобретаем в силе то, что теряем во времени»²³.

Круговороту энергии в природе Циолковский придавал всеобщую значимость. Он усматривал этот процесс повсюду: в физике, в химии, в обратимости скоростей видимых тел, в макромире и в микромире.

Чтобы дать представление об его оригинальных и самобытных исследованиях в этой области, мы приводим в следующей главе изложение взглядов Циолковского об обратимости явлений. Глава написана на основе его неизданных рукописей, выдержки из которых публикуются впервые.

²³ К. А. Гельвеций. Об уме. М., ОГИЗ, 1938, стр. 164.

Глава II

ЦИОЛКОВСКИЙ ОБ ОБРАТИМОСТИ ЯВЛЕНИЙ

В трудах К. Э. Циолковского мы находим много материалов, свидетельствующих о том, что этот выдающийся мыслитель и новатор значительную часть своей жизни посвятил разработке идей об обратимости явлений. Эти идеи, так же как идеи о круговороте энергии в природе, Циолковский продолжал развивать буквально до последних дней своей жизни.

1. Обратимость явлений вообще

24 мая 1935 г., т. е. за несколько месяцев до смерти (К. Э. Циолковский умер 19 сентября 1935 г.), как бы подводя итоги своим многолетним размышлениям о круговороте энергии в природе и будучи абсолютно уверенным во всеобщей справедливости этого принципа, Циолковский писал:

«Что дало механическое мировоззрение 19 века? Оно дало кинетическую теорию газов, химическое предвидение, почти всю физику. Механика с технологией и сейчас не имеют иной опоры. Уже по одному тому оно заслуживает признания и попыток продолжать в этом направлении.

Предмет нашей статьи: обратимость явлений, рассматриваемая с точки зрения механической.

Обратимость явлений, понимаемая то в узком, то в широком смысле, царствует повсюду. Я желал бы это подтвердить. Начну с грубых видимых механических явле-

ний, затем перейду на физику, химию и биологические процессы, которые в сущности представляют высшие формы механики, физики и химии.

Обратимость явлений подтвердит вечную юность вселенной и даст не только высочайшее удовлетворение, *но и великие технические перспективы сосредоточения энергии*. Эти идеи новы или, по крайней мере, не в моде. Напротив, модны идеи о тепловой смерти вселенной и равномерном рассеянии энергии.

Но если не будем свободно высказывать новые мысли то и наука не будет идти вперед. Подобное движение всегда сопровождалось протестом».

2. Обратимость физических явлений

Значительное место в трудах К. Э. Циолковского, посвященных явлениям обратимости в природе, занимают вопросы обратимости физических явлений. К этим вопросам он возвращался неоднократно.

Среди сохранившихся в архивах рукописей этого самобытного деятеля науки мы находим его личные записи, посвященные рассмотрению и обоснованию обратимости физических явлений, составленные им в мае 1931 г. В 1934 г. эти записи он пересматривал, перерабатывал и дополнял.

Вот что писал К. Э. Циолковский в этих записях:

«Обратимость физических явлений»

Вселенная имеет одно начало. Оно неизвестно, но назовем его условно водородом. Вселенная состоит из атомов водорода. Их комбинация (расположение, близость, скорость) и их движение обуславливают все тела и все явления. Это чистейшая механика. Например, температура тем выше, чем быстрее движение атомов. Чем массивнее атом или молекула (сочетание атомов водорода), тем скорость его меньше. Чем быстрее движение молекул тела, тем упругость его и объем больше, а плотность мень-

ше. Тесное сближение атомов (элементов) сопровождается уменьшением поступательной скорости, увеличением вращательной, уменьшением упругости массы, уменьшением объема и увеличением плотности.

Механика допускает переход одной скорости в другую с тем, чтобы живая сила или работа (энергия) космоса (сочетания тел) оставалась неизменной.

Выясним это. Допустим, для простоты, отсутствие тяжести (или горизонтальное движение на плоскости без трения). Большая масса (M) движется с небольшой скоростью, встречает спиральную пружину, сдавливает ее и останавливается. Пусть на место большой массы (M) станет теперь маленькая масса (M_1). Упругостью той же пружины она приобретает тем большую скорость, чем масса ее меньше. Таким образом, очевидно, что для видимых масс переход малых скоростей в большие и в какие угодно вполне возможен. Но если это справедливо для видимых масс, то почему же будет несправедливо для невидимых масс, молекулярных, атомных и еще ниже!

Взаимодействие видимых масс с невидимыми должно давать те же результаты. Отсюда теоретическая возможность перехода одной энергии в другую, увеличение скорости одних атомов за счет уменьшения других и обратно. Этот умозрительный вывод подтверждается следующими явлениями.

Например, тепло переходит в работу (паровая машина, дизель) и обратно — работа дает тепло (трение, удар, сжатие). В первом случае беспорядочное быстрое движение молекул переходит в медленное движение частей машины и орудий. Во втором — медленное движение (напильника, пилы, молотка) — в быстрое и беспорядочное движение молекул (тепло).

Механическая работа преобразуется также в свет и электричество (динамо-электрические машины) и обратно

(электродвигатели). Опять встречаем тот же переход от одной скорости к другой (так как электричество есть невообразимо быстрое движение электронов).

Тепло и свет тоже дают электричество. Например, если нагревать или охлаждать спай двух разнородных тел (сурьма и висмут, железо и медь), то получается электрический ток. Обратно — ток, проходящий через этот спай, дает нагревание или охлаждение, смотря по направлению тока. Опять видим переход медленного движения (тепло) в быстрое (электрический ток) и обратно.

Все эти и подобные явления ясно подтверждают законы механики о переходе одной скорости в другую — даже без всякого ограничения количеств, лишь бы не был нарушен закон сохранения энергии.

Полно ли это явление, т. е. вся ли теплота переходит в работу, все ли электричество дает механическое движение? И обратно — вся ли работа переходит в свет, тепло, электричество и т. д.? В тепловых и паровых двигателях, в зависимости от их системы и совершенства, переходит от одного до 50% теплоты в механическую работу (с усовершенствованием машин этот процент возрастал). Ввиду неопределенности этого процента, который возрастает с развитием техники, можно думать, что возможен более полный переход работы тепла, электричества и других видов энергии в механическую работу.

Но и последняя (т. е. механическая работа) никогда на практике целиком не переходит в одно тепло, одно электричество, свет и проч. Возьмем, например, механическое трение. Тут кроме тепла обязательно получается электричество; может, конечно, получиться и свет. Частный и простейший случай этого преобразования одной энергии в другую есть переход высокой температуры в низкую и обратно. Первое явление очевидно, второе же как будто невозможно, но мы его допускаем на основании приведенных фактов и принципов механики. Как же это?

А вот как. Мы уже допустили теоретическую возможность перехода теплоты в механическую работу. Но последняя может перейти в электрический ток. Он же, как известно, может дать температуру до 4000°C и более. Итак, этот косвенный прием с очевидностью доказывает возможность перехода низкой температуры в высокую.

Мы доказываем многократно в других наших трудах, что этот процесс в грандиозных размерах совершается во вселенной: одни солнца остывают и гаснут, а другие накаляются и разгораются. Благодаря этому поддерживается вечная юность вселенной и ее, в общем, постоянный цветущий вид.

Не только солнца, но и группы их (млечные пути) временно угасают, чтобы через необозримо громадные промежутки времени возникнуть снова во всем блеске своей световой славы.

О чем мы говорим? Мы проповедуем обратимость явлений. Тепло преобразуется в очевидное движение, и всякая энергия природы может переходить во все остальные виды энергии. И это может совершаться, да и совершается в космосе бесчисленное множество раз.

Нужно сознаться, что устарели принципы науки о теплоте и обратимости энергии и явлений. Например, учение об энтропии (выравнивание теплоты во всей вселенной, переход к однообразной температуре, тепловая смерть мира) и второе начало термодинамики (низкая температура не может дать высокой) не выдерживают критики, основанной на множестве современных научных и технических явлений. Энтропия, или общее уравнивание тепла во вселенной, тепловая ее смерть, застой жизни — совершенно невозможны. Если бы это было допустимо, то давно бы вселенная умерла...».

В приведенном отрывке рукописи Циолковский довольно ясно высказывает свое отношение к основным законам природы.

3. Обратимость скоростей видимых тел

Всесторонне изучая вопросы обратимости различных явлений в природе, Циолковский значительное внимание уделил факту обратимости скоростей при механическом движении тел.

Рассматривая в качестве наглядного примера обратимость скоростей видимых тел, Циолковский распространил принципы обратимости и на микромир. Опираясь своими представлениями об обратимости скоростей при механическом движении, Циолковский высказал мысль об изменении температуры тел в гравитационном поле. Об этом он писал следующее:

«Обратимость скоростей видимых тел

Докажем, что малая скорость большой массы может превратиться в большую скорость малой массы. При этом и во всем последующем закон сохранения энергии не нарушается, т. е. энергия вселенной остается неизменной.

Представим себе движущуюся массу, которая в упор встречает очень легкое, но упругое тело: спиральную пружину, замкнутый цилиндром и легким поршнем газ и т. п. Тело сжимает пружину, пока не остановится. Тут мы устраним большую массу и приложим тотчас же, прежде чем пружина расширилась, малую массу.

Последняя приобретает увеличенную скорость сравнительно с первой массой. Например, масса в 100 г имела скорость в 1 м. Масса в 1 г получит от пружины скорость в 10 м. Живая сила, или кинетическая энергия, обеих масс одинакова. Закон постоянства работы не нарушен. Это простая механика. Явления не идеальны, потому что пружина или газ немного нагреются и часть этого тепла уйдет в посторонние тела. Таким образом, при каждом превращении получится меньшая кинетическая энергия, чем данная. Но разница эта неопределенна и, при некоторых условиях, пределом имеет нуль.

Очевидно, справедливо и обратное явление, т. е. малая масса большой скорости, потеряв ее описанным способом, может дать начало медленному движению большой массы. Так, если малая масса в 1 кг имела скорость в 100 м, то после остановки и заряжения пружины последняя может двинуть 10 000 кг со скоростью в 1 м.

Мы видим, что в нашем опыте большая масса передает свою скорость малой массе и обратно. Но представим себе, что большая масса раздроблена на множество мелких частей. При эксперименте с пружиной результат от этого несколько не изменится. Так же мы можем разделить мысленно и малую массу.

Из этого видно, что превращение скоростей несколько не зависит от величины взаимодействующих частей, т. е., маневрируя пружинами и дроблением массы, мы при всякой их величине и всяких скоростях можем получить любые массы и любые скорости. Нельзя нарушить только закон сохранения энергии. Часть кинетической энергии переходит в тепловую, световую, электрическую или иную какую. Она исчезает на практике, как энергия механическая.

Теперь спрашивается, применима ли эта теория к частицам микроскопическим? Странно было бы отрицать это, вспомнив опыт мысленного раздробления взаимодействующих видимых тел. Мы смеем думать, что она применима и к частицам невидимым, каковы атомы и молекулы. Действительно, разве тело не состоит из них? Могут против этого возразить, что в молекулярном мире нет этих пружинок и условий разумного вмешательства, которыми мы обставляем наши опыты.

Но упругость везде есть, также и всевозможные комбинации движений и масс. Во всяком случае, если бы это происходило в природе, то не могло бы считаться чудом и нарушением ее законов. А если так, то мы должны считать возможным следующее, без нарушения, однако, закона сохранения энергии.

Переход высокой температуры в низкую и обратно. Последнее мы не замечаем, однако оно теоретически возможно. Мы не ознакомлены с условиями, при которых оно происходит. Все же попытаемся привести подтверждающие факты.

Представим себе весомый столб газа, жидкости или твердого тела с постоянной температурой. Давно известно, что влияние тяжести, ускорение нижних частиц столба при их колебании нарушает тепловое равновесие, и нижние части тела получают за счет верхних высшую температуру. Явление осложняется теплопроводностью, окружающей средой и проч. Все же оно почти всегда обнаруживается в атмосфере, в каждой планете и в солнцах. Это уже не искусство, не человек, не его пружины и машины, а сама природа сосредоточивает теплоту в центрах небесных тел. Если бы каким-нибудь чудом мы добились равномерности солнечной температуры, то это явление не могло бы сохраниться: теплота бы потекла неизбежно от периферии к центру.

В воде наших океанов мы не видим этого, напротив, замечаем даже обратный результат. Но это одно из осложнений: громадная масса ледяных полярных вод охлаждает дно океанов и наполняет их холодом.

Что же мы видим, если не считать таких случаев? А то, что равномерность температуры нарушается тяготением, и теплота перемещается от верхней части тела к нижней, пока температура верхней части не понизится сообразно условиям.

...Переход малой скорости в большую на практике совершается большею частью через посредство машин. В самом деле, всякое, даже самое медленное движение масс легко и почти полностью превращается в электрическую энергию. Это уже само собой есть превращение медленного движения в быстрое. Но, кроме того, электричество может дать все виды энергии и механические ско-

рости видимых тел гораздо большие, чем данные. Движение воды и воздуха, даже и без генераторов тока (динамо), всегда может дать любые высокие скорости той же воды или других твердых и газообразных тел. Приведем простой пример. Выставим на ветер усеченный, очень длинный конус (воронку) с открытыми основаниями. В большое основание будет дуть ветер, но скорость его замедлится поблизости. Зато получим ускоренный воздушный поток, выходящий из малого основания воронки. То же можно видеть и в любом потоке газа или жидкости. Но во всех этих примерах мы видим неопределенность в отношении масс: какая-то масса в природе изменила свою скорость и взамен этого какая-то другая масса, а не та же, получила также иную скорость (хотя и без нарушения постоянства энергии). Это не есть явление полной обратимости. Пусть та же масса, разделившись на части, даст разные скорости частей. Например, у нас масса в 100 г имеет скорость в 1 м. Пусть один ее грамм приобретет скорость в один метр, а оставшаяся часть остановится. Легко вообразить, что это вполне возможно. Вся масса останавливается какой-либо упругой силой и устраняется после остановки, кроме одного грамма. Он и приобретает скопленную упругой силой скорость в 10 м.

Все подобные и обратные комбинации легко вообразить, причем величина взаимодействующих частей не играет никакой роли. *Следовательно, в теоретическом отношении все явления обратимы* в самом узком смысле слова.

Механика допускает переход одной скорости в другую, с тем, чтобы живая сила или работа (энергия) космоса (сочетания тел) оставалась неизменной. Отсюда — теоретическая возможность перехода одной энергии в другую, увеличение скорости одних атомов за счет уменьшения других. Этот умозрительный вывод подтверждается различными явлениями».

не играю никакой роли. (44) to
 Следующим, в теоретическом
 отношении, все явля-
 ется в различии в самом вопросе
 12. Но тут много возражений:
 1. Что не сама природа, т.е. не
 существующая самостоятельный
 разум. Природа тупа, в ней,
 вообще, нет этого разума
 и потому не может быть и
 указаний на него.
 На это возражают: разум и
 различные силы существуют
 одно целое с природой и
 являются орудием возможного
 участия различных сил и в
 явлениях природы. Мы же
 не знаем, насколько оно
 велико и распространено.
 Наконец, не успевают видеть, что
 процесс самирное явление
 возмущает неравномерность
 температур. Мы увидим
 и далее, что обратилось

Увидим далее. Увидим из этого всевозможные силы
 и явления.

44
45

$B = 0,71$

Всплыву из атмосферы без особен-
ного внешнего давления различ-
ных сил, которые во многих
случаях могут быть замече-
ны при исследовании случайных
различий сил притяжения.

Из материалов этой рукописи видно, что Циолковский наряду с другими аспектами естествознания, рассматривал здесь вопрос о круговороте энергии в природе, как при участии человека, так и независимо от вмешательства человека в этот процесс.

4. Обратимость химических явлений

Циолковский в своих записях об обратимости явлений старался распространить этот принцип на многообразные явления природы, стремясь этим доказать его всеобщность в природе. С этой целью он рассматривал также и обратимость химических явлений. Циолковский писал:

«Обратимость химических явлений»

Мы хотим говорить тут не о явлениях химического разложения (диссоциации) сложных веществ, которое большею частью совершается путем затраты какой-либо явной энергии — электрической, тепловой, световой, механической и т. д., — это чересчур известно, а о разложении посредством невидимой, рассеянной всюду энергии тепла и других сил, экономическая сторона которых для нас не существует, так как эта энергия в жизни не имеет ни малейшей ценности.

Такой обратный процесс, хотя и совершается медленно, но в результате дает то же, что и быстрый процесс разложения посторонней и дорогой силой.

И в том и в другом случае не нарушается закон сохранения энергии. И там и здесь химическая работа происходит за счет энергии окружающей среды. Но при обычном разложении это очевидно, скоро и дорого, а во втором случае неясно, медленно и бесплатно: энергия отнимается от окружающих холодных тел. Конечно, эти холодные тела не лишены тепла и вообще молекулярных, атомных и внутриатомных движений, за счет которых и получается разложение.

Иногда может не быть и охлаждения среды, если процесс происходит за счет внутриатомной энергии, так как

скорость центров молекул, квадрат которой выражает температуру, может остаться постоянной.

Мы оставим в стороне ионную теорию разложения, так как она основывается на затрате электрической энергии.

Наша тема — иная.

Вообразим какое-либо сложное вещество, при какой бы то ни было температуре, например воду (H_2O). В ней совершаются биллионы движений, биллионы столкновений, получаются всевозможные скорости, в результате чего часть молекул воды (H_2O) оказывается разложенной на водород (H_2) и кислород (O_2). Чем выше температура, тем это явление ярче, т. е. число разложенных молекул воды (H_2O) больше. При некоторой температуре (например, 1000°C) число разложенных молекул равно числу неразложенных. Понятно, что эта работа разложения совершается за счет скорости движения молекул и их частей. Явление общеизвестное, и никакого нарушения закона сохранения энергии здесь нет. Справедливо это и при высокой и при очень низкой температуре. Всякая температура дает определенное отношение числа разложенных молекул к числу неразложенных. Не здесь нет ни одной постоянной молекулы (H_2O , H_2 , O_2); процесс разложения и соединения (синтеза) продолжается непрерывно, но, примерно, разложений в 10 раз меньше, чем соединений. Когда число разложенных и неразложенных молекул воды одинаково, то очевидно, что число разложений в секунду равно числу соединений. Это подвижное равновесие — не более.

Что относится к воде, то относится и ко всякой другой жидкости, газу и даже твердому телу: в силу множества столкновений молекул и разнообразных скоростей и комбинаций часть вещества находится в разложенном состоянии. Никакая температура этому не может вполне воспрепятствовать. Она влияет только на относительное количество разложенной материи.

Ни один химик ничего против этого возражать не может. Это более чем общеизвестно.

Химикам также хорошо известно, что если мы каким-либо приемом можем отделить разложенную материю от неразложенной, то вся материя будет разложена. Тогда химики говорят, что данный процесс доходит до конца. Например, когда в результате разложения получается в жидкости нерастворимое в ней тело, которое под влиянием тяжести осаживается на дно или поднимается кверху, не мешая дальнейшему химическому процессу, то он совершается до конца и вполне.

Поясним, почему при устранении разложенных молекул процесс продолжается до конца, несмотря на любую низкую температуру.

Положим, что жидкость содержит одну биллионную долю разложенных молекул, т. е. незаметно мало. Устранив их, в остатке жидкости опять образуется одна биллионная. Устранив и эту, найдем через некоторое время снова одну биллионную и т. д. Это будет идти непрерывно, пока вся вода не разложится на водород и кислород.

Что же мешает нам таким образом разложить воду? Почему вся, например, морская вода не обратится в газы? Газы легче воды; они должны подниматься кверху и выделяться из моря. Дело в том, что газы сравнительно легко растворяются в воде. И это растворенное их количество мешает выделению разложенных молекул воды, так как соединений водорода (H_2) и кислорода (O_2) будет, при низкой температуре, больше, чем разложений молекул воды (H_2O).

Атмосферный водород и кислород в океанах и мешает разложению (H_2O) и выделению газов.

Теоретически в пустоте (при отсутствии внешнего давления) вода должна бы выделять свои элементы и всякая вода должна бы обратиться в смесь газов: водорода и кис

лорода. Но опять-таки это невозможно, потому что в смеси водорода с кислородом должны, хотя и медленно, образовываться молекулы воды, и процесс этот при обыкновенной температуре гораздо обильнее процесса разложения (H_2O).

Мы приходим к тому выводу, что для успеха разложения (кроме пустоты) мы должны еще одновременно отделить водород от кислорода. Эта задача разрешима многими способами. Например, в среде выделения может быть еще какое-нибудь тело, которое поглощает один из газов. И этим химия пользуется для совершения полного химического процесса.

Отделение газов, т. е. элементов разложения, можно производить и без тяжести — на центробежном аппарате (центрифуге). Действие машины усиливает тяжесть в сто, тысячу и более раз.

Что мы говорим о воде, то относится и ко всем телам. Итак, все тела, при некоторых известных и неизвестных еще условиях, при обыкновенной или необыкновенной температуре могут вполне разлагаться на составные части за счет окружающей энергии, заключающейся в движении молекул, атомов и их частей. При этом скорость их уменьшается, но она же и восстанавливается за счет энергии беспредельной окружающей массы. Собственно, температура ее от этого понижается.

Разница между известными процессами и указанными только в том, что первые совершаются большею частью быстро, а вторые — медленно. Но и тут нет резкой разницы, так как, например, растительные процессы довольно медленны, так же как и некоторые обычные химические. С другой стороны, при подходящих температурах необычные процессы могут идти очень быстро, как, например, разложение воды при $1000^{\circ}C$ и более. Тогда, впрочем, они уже не называются необычными, так как множество процессов идет хорошо при нагревании.

Необходимо только так или иначе устранять продукты разложения, чтобы процесс шел до конца.

Какой же вывод? Все химические процессы обратимы не только при высоких температурах и затрате известных энергий (каковы свет, тепло, электричество и т. д.), но и без всякой видимой затраты, т. е. за счет окружающих холодных масс, при участии разных сил природы, тяжести, движения и проч.».

Из приведенных материалов виден глубокий подход Циолковского к вопросу разделения энергии на две части: на «явную» часть энергии, способную во всех случаях переходить в другие формы, и на «неявную», рассеянную всюду энергию окружающей среды. Эти материалы показывают также, что Циолковский весьма определенно формулирует свои доводы о возможности концентрирования и практического использования рассеянной энергии окружающей среды.

В реальной газовой среде скорости молекул, как известно, всегда распределены по определенному закону (Максвелла — Больцмана). При этом распределении в газовой среде всегда имеются молекулы, скорости которых отличаются от средней как в сторону меньших, так и в сторону больших значений.

Анализируя это состояние скоростей молекул газа, Циолковский пришел к замечательным выводам о возможности существования в газе при равновесном состоянии *двух противоположных процессов: разложения и соединения.*

5. Космические явления обратимости

Об обратимости космических явлений Циолковский писал следующее:

«Космические явления обратимости

Объясним теперь образование газообразных туманностей, солнц, их взрывы, их потухание и возникновение новых светил с их планетами. Объясним обязательную

периодичность отдельных космических единиц и общий, всегда цветущий, юный вид вселенной.

Между солнцами всевозможного возраста, от газообразных масс до потухших массивов, имеем огромное пространство, занятое одной из первобытных материй (условно — эфир). Атомы ее непрерывно сталкиваются; получаются дециллионы в дециллионной степени разных уклонений от средних их скоростей и разных группировок. Чаще всего образуются группы по два атома в каждой, реже — по нескольку. Одновременно происходит и обратный процесс: разложение этих группировок.

Но так как простой материи сначала больше, чем сложной (новообразованной), то происходит больше соединений, чем разложений. Это происходит, очевидно, до тех пор, пока сложной материи не образуется (примерно) столько же, сколько и простой, как при химическом разложении любого вещества, при достаточной температуре.

Полученная более сложная материя менее упруга, так как часть поступательной скорости превратилась во вращательную. Под влиянием сил тяготения новообразованная масса первичного газа сгущается все более и более и образует видимую неправильную туманность.

Эта масса еще усложняется, еще теряет упругость, еще сжимается и от этого вращается все быстрее и быстрее. Она округляется и образует гигантское солнце. Оно лучеиспускает, так как при образовании сложных молекул части их сближаются, освобождая скрытую (потенциальную) энергию атомного притяжения, которая и дает начало лучеиспусканию (космические лучи и прочее).

Образование сложной материи продолжается, упругость ее уменьшается, солнце сокращается, быстрее вращается, сплющивается от этого и отделяет или кольца или планеты, смотря по скорости вращения и массе всего

солнца, или от степени его центрального сгущения. Если оно мало, то гигантское солнце может даже разделяться пополам, а половинки — еще раз и т. д. И тогда получается двойная или многократная звезда. Но чаще образуются кольца сравнительно небольшой массы. Они разрываются и дают будущие планеты. Сначала они близки к солнцу, но потом, от приливного действия и уменьшения массы центрального светила (от лучеиспускания) удаляются, разрываются и образуют известную нам планетную систему.

Но остывание продолжается... Жители, будучи могущественны, заблаговременно удаляются к другому свежему солнцу.

В центре массива еще миллионы градусов тепла, поверхность же солнца окончательно гаснет, как поверхность планет.

Что же дальше? Неужели это конец? Неужели все солнца так должны потухнуть и вселенная превратится в область мрака и органической смерти?

Если бы это было так, то и весь мир давно бы уже погас и мы не видали бы его света и жизни. Действительно, его начало удалено от нас в бесконечность прожитого им времени. В течение его все солнца должны были бы угаснуть, если бы снова не возрождались.

Нет — космос гораздо хитрее устроен, чем мы думаем! В глубине остывших снаружи небесных тел мы имеем сложную материю, сложные атомы, количество которых преобладает над простой материей, проникающей в виде эфира сложную (обыкновенное вещество).

Но процесс соединения никогда не прекращается: он продолжается и в угасших солнцах.

В природе это совершается в грандиозных размерах. *Солнца гаснут и возгораются*, 90 элементов образуются из водорода: водород, комбинируясь, дает девяносто простых тел».

Циолковский в своей жизни неоднократно возвращался к проблеме космогонии, и приведенные здесь некоторые его рассуждения о непрерывном процессе происходящего в мироздании возникновения и распада космических тел являются результатом его многолетних размышлений на эту тему. Эти его взгляды, как показало современное развитие космогонии, довольно хорошо согласуются с современными материалистическими воззрениями на процессы, развертывающиеся в бесконечных просторах вселенной.

Теория О. Ю. Шмидта о происхождении Земли также подтверждает основные идеи Циолковского о возникновении и распаде космических тел, т. е. о концентрации и деконцентрации материи во вселенной.

Глава III

ЦИОЛКОВСКИЙ О КРУГОВОРОТЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Круговороту тепловой энергии в природе К. Э. Циолковский придавал особое значение. В проблеме использования тепловой энергии для Циолковского сливались воедино все три главные направления его исследований: авиация, ракеты и термодинамика.

Первые два направления — авиация и ракетостроение — предъявляли к проблеме использования тепла сравнительно узкие, чисто инженерные требования: выявление аэрогазодинамических параметров и необходимость наиболее рационального превращения тепловой энергии топлива в полезную работу авиамоторов и реактивных двигателей. Эти требования были блестяще удовлетворены работами Циолковского.

Третье направление — термодинамика, которая ко времени Циолковского уже развивалась в науку об основных и весьма общих макроструктурных свойствах материи, выходила за рамки прикладной теплотехники. Термодинамика, основываясь на сравнительно малом числе принципов и понятий, позволяла вместе с тем вывести множество следствий, которые могли быть применены к разнообразным областям естествознания и техники.

Эта общность термодинамики как науки, позволяющей исследовать природу в ее бесконечно сложных проявлениях и разветвлениях, привлекала Циолковского еще с юных лет.

Длительно работая в 80-х и 90-х годах над техническими аспектами термодинамики, особенно над теплотех-

никовой, аэродинамикой и газодинамикой, длительно размышляя над открывающейся перед ним общей картиной «неувядаемого» мира,— Циолковский к 1905 г. написал работу «Второе начало термодинамики», а к 1918 г. работу «Кинетическая теория света».

В этих работах, а также в других небольших статьях и заметках, Циолковский выступил с резкой критикой того положения термодинамики, которое приводило к взгляду на повсеместное непрерывное рассеивание и «вырождение» энергии в природе и, в связи с этим, неизбежную «тепловую смерть» вселенной. Такой взгляд находился в непримиримом противоречии с мировоззрением Циолковского, видевшего во всех явлениях природы неуничтожимость ее основных свойств.

Циолковский выступил решительным противником учения о безграничном росте энтропии в ходе абсолютно всех энергетических процессов, происходящих в природе.

Для того чтобы несколько уяснить обстоятельства спора по этому принципиальному вопросу, который со всей остротой стоит и в настоящее время и который до сих пор не решен современным естествознанием, необходимо привести некоторые общие сведения о классической термодинамике.

Основой классической термодинамики служат два закона, или два начала: первое начало термодинамики и второе начало термодинамики.

Первое начало имеет всеобъемлющее значение, как всеобщий закон природы — закон сохранения и превращения энергии. В наиболее общем виде оно формулируется так: энергия не возникает из ничего и не может превратиться в ничто.

Второе начало не имеет того всеобъемлющего значения, какое имеет первое начало термодинамики.

Второе начало исходит из утверждения о необратимом течении процессов в природе, выражением чего является принцип возрастания энтропии, называемый также принципом энтропии. Этот принцип, который многие физики считают сущностью второго начала, позволяет делать далеко идущие и противоречивые толкования явлений природы.

Второе начало, открытое в середине прошлого века в поисках тепловой машины с возможно максимальным

коэффициентом полезного действия, определяет вполне однозначное направление происходящих в природе процессов; в этой однозначности — одно из характерных отличий второго начала от первого, которое допускает возможность существования двусторонних процессов.

Формулировка второго начала не только значительно сложнее формулировки первого начала, не только, как говорят физики, оставляет чувство некоторой неудовлетворенности, — она менее строга и поэтому допускает возможность расширенного толкования составляющих ее постулатов.

Не рассматривая ограничительный постулат М. Планка о том, что образование тепла путем трения необратимо, приведем два наиболее широко распространенных постулата второго начала — эквивалентные постулаты Р. Клаузиуса и В. Томсона, представляющие собой как бы двоянную формулировку второго начала.

а) Постулат Клаузиуса: «Теплота не может переходить сама собой от более холодного тела к более тепловому».

б) Постулат Томсона: «Невозможно построить периодически действующую машину, которая непрерывно превращала бы теплоту в работу только за счет охлаждения одного тела без того, чтобы в окружающих телах не произошло одновременно каких-либо изменений».

Постулат Клаузиуса получил известность как принцип энтропии; постулат Томсона известен как принцип исключенного *perpetuum mobile* второго рода.

Оба постулата позволяют количественно сформулировать второе начало термодинамики.

Примем следующие обозначения:

T_1 и T_2 — абсолютные температуры теплоотдатчика и теплоприемника;

Q_1 — тепло, взятое от теплоотдатчика с температурой T_1 ;

Q_2 — тепло, отданное теплоприемнику с температурой T_2 ;

T — абсолютная температура общего источника теплоты;

Q — общее количество тепла, взятое от этого источника.

При необратимых процессах, согласно постулатам второго начала, имеются следующие неравенства:

$$\frac{Q_2}{T_2} > \frac{Q_1}{T_1}; \quad \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} < 0.$$

При идеализированных условиях протекания процессов, т. е. при квазистатических процессах, когда работающая изолированная система возвращается из конечного состояния в исходное, имеются равенства:

$$\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} = 0; \quad \sum \frac{Q}{T} = 0.$$

Более строго это соотношение может быть выведено следующим образом.

Произведя суммирование по всем бесконечно малым циклам работающих систем, получим

$$\int \frac{dQ_1}{T_1} + \int \frac{dQ_2}{T_2} = \int \frac{dQ}{T} = 0.$$

В интеграле $\int \frac{dQ_1}{T_1}$ интегрирование ведется по той части контура цикла, где элементарное количество тепла

$$dQ > 0.$$

Интеграл $\int \frac{dQ_2}{T_2}$ берется по той части контура, где $dQ < 0$.

Поэтому сумму обоих интегралов, как алгебраическую сумму приведенных теплот, выраженную интегралом

$$\int \frac{dQ}{T} = 0,$$

являющимся интегралом от линейного дифференциального выражения dQ/T , можно заменить одним взятым по любому замкнутому контуру цикла интегралом

$$\oint \frac{dQ}{T} = 0,$$

именующимся интегралом Клаузиуса.

Последнее соотношение дает количественную формулировку второго начала термодинамики для произвольного квазистатического цикла.

Введенный Клаузиусом принцип энтропии сложен для понимания даже по своему терминологическому смыслу (энтропия: *en* — внутрь и *tropos* — обращение; в целом — обращение внутрь).

Энтропия есть некоторая однозначная термодинамическая функция состояния тел и систем.

Понятие энтропии усваивается с большим трудом вследствие базирования принципа энтропии на идеализированных тепловых процессах, существование которых сам же принцип энтропии отвергает; так же трудно усвоить понятие энтропии ввиду полного отсутствия приборов, при помощи которых можно было бы измерить энтропию и ее изменение.

Понятие энтропии проще усваивается из рассмотрения дифференциального уравнения

$$dS = \frac{dQ}{T}.$$

Здесь дифференциал энтропии есть полный дифференциал dS , определяемый в квазистатических процессах как величина отношения подведенного количества тепла dQ к абсолютной температуре T .

Абсолютная величина изменения энтропии $(S_2 - S_1)$ определяется путем интегрирования дифференциального выражения энтропии при квазистатических процессах:

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}.$$

Второе начало постулирует, что в природе возможны только необратимые процессы, для которых абсолютная величина изменения энтропии приводит к возрастанию энтропии в ходе любого реального процесса, что и выражается неравенством

$$S_2 - S_1 > \int_1^2 \frac{dQ}{T}.$$

В силу утверждения второго начала о необратимости любого реального процесса дифференциальное выражение энтропии записывается так:

$$dS = \frac{dQ}{T} + \Delta,$$

где Δ — положительная величина.

Таким образом, второе начало приводит к общему выводу, что для всех реальных процессов энтропия увеличивается и в условиях достижения равновесия, считаемого предельным состоянием процесса (когда $dS=0$), энтропия принимает максимальное значение

$$S = S_{\text{макс.}}$$

Таковы вкратце некоторые самые общие сведения о классической термодинамике.

Мог ли согласиться Циолковский с главным утверждением второго начала о том, что, по формулировке Клаузиуса, «энтропия вселенной стремится к максимуму»?

Мог ли такой прозорливый ученый, как Циолковский, который независимо от Астона предусмотрел существование изотопов¹, который самостоятельно пришел к выводам Гельмгольца², не говоря уже о выдающихся работах Циолковского как первооткрывателя в области ракет и авиации,— мог ли такой правдивый ученый, глубоко убежденный в несотворимости и неразрушимости материального мира, согласиться со сдвоенным постулатом второго начала о неизбежной гибели вселенной?

Нет, конечно, не мог, потому что Циолковский имел, по прекрасному выражению проф. Космодемьянского, «...высокую мудрость проникновения в закономерности природы...»³.

Циолковский писал:

«Постулат Клаузиуса о теплоте говорит: «теплота не может *сама собой* перейти от более холодного тела к более тепловому...»

Хотя слова постулата «*сама собой*» делают его не совсем ясным, тем не менее сущность его, по-видимому, состоит в следующем.

...Теплота от более нагретых тел переходит к менее нагретым; температура стремится уравниваться. Не происходит обратного — перехода теплоты от холодных тел к теплым. Если бы это могло происходить каким-нибудь способом, то теплые тела еще более могли бы нагреться... отнимая теплоту от холодных тел, и тогда мы могли бы воспользоваться этим, заставляя накалинные тела природы... производить механическую работу...

Механическая работа легко превращается во все виды энергии, так что люди могли бы тогда получить все необходимое, без посредства солнечной энергии, одним определенным запасом теплоты, величина которого, согласно первому закону термодинамики, измениться никогда не

¹ К. Э. Циолковский. Отклики литературные. Калуга, изд. автора, 1928, стр. 24.

² К. Э. Циолковский. Сборник статей. М., Ред.-изд. отдел Аэрофлота, 1939, стр. 31.

³ А. А. Космодемьянский. Знаменитый деятель науки К. Э. Циолковский. М., Воениздат, 1954, стр. 103.

может. По терминологии проф. Хвольсона, мы получили бы возможность устроить *perpetuum mobile* второго рода. Невозможность этого Томсон выражает так: нельзя получить при помощи неодушевленной материи⁴ работу какой-либо материи, охлаждая ее ниже температуры наиболее холодного из окружающих тел... Это положение, равнозначительное постулату Клаузиуса, также содержит, по-видимому, странную оговорку: *при помощи неодушевленной материи*.

Хотя из явлений природы мы видим, что эти положения термодинамики как будто оправдываются и даже как будто принадлежат к грубым истинам... но во всяком случае не можем считать постулаты Клаузиуса и Томсона удачно выраженными.

Они были бы точны, если бы лишены были указанных оговорок; но оправдались ли бы они тогда?

Что значит *сама собой*?

Может быть теплота от холодного тела к нагретому может переходить особнным, неизвестным действием природы? Человеческой силой, умом, искусством? Не чудом же? Выходит, что *сама собой* теплота не переходит, но *не сама собой* переходит. Стало быть, и Клаузиус признает какие-то условия, при которых совершается этот *обратный переход*.

Томсон тоже думает, что *вообще* теплота не переходит от менее нагретого тела к более нагретому, но *при участии одушевленной материи этот переход может (хоть иногда) совершаться*. Но разве одушевленная материя не та же природа? Что возможно, следовательно, при помощи одушевленной материи, то возможно и силою природы.

Итак, сами ученые не устанавливают новый закон,

⁴ В отличие от приведенной К. Э. Циолковским части формулировки В. Томсона «...при помощи неодушевленной материи» получила большее распространение такая формулировка этой части постулата В. Томсона: «...без того, чтобы в окружающих телах не произошло одновременно каких-либо изменений». (Прим. авт.)

потому что в противном случае они бы сказали: теплота *никогда* не может переходить от более холодного тела к более теплому. А раз теплота *то переходит, то не переходит, то и закона никакого нет, а есть наблюдение*, часто повторяющееся... но как будто нарушаемое, по словам самих же ученых.

Не виноваты ли их последователи, принимая постулаты за законы и начала?

Если же теплота может переходить при каких-то условиях от более холодных тел к более нагретым, то это должно иметь *огромное, не только философское и общенаучное значение, но... и чисто практическое.*

Так, согласно усердным последователям Клаузиуса и Томсона, теплота тел стремится к уравниванию, к одной определенной средней температуре; иными словами, энтропия вселенной непрерывно растет.

Настанет время, когда Солнца потухнут, мир замрет, живое уничтожится. Но этого не будет, если постулат Клаузиуса не признавать началом или законом»⁵.

Мы привели столь длинную цитату из работы Циолковского потому, что здесь Циолковский со всей определенностью высказал свои взгляды на круговорот энергии в природе и не побоялся поднять руку на установившиеся тогда в науке и разделяемые большинством ученых постулаты о вырождении энергии при ее использовании.

Циолковский знал цену установившихся традиций, которые, по словам Энгельса, являются могучей силой не только в церкви, но и в естествознании. И все же в вышеприведенной цитате Циолковский не побоялся утверждать:

во-первых, что постулаты Клаузиуса — Томсона из-за наличия в них принципиальных отступлений («оговорок», как писал Циолковский) должны иметь ограниченное применение и, во всяком случае, не могут претендовать на роль всеобщих законов природы;

⁵ К. Э. Циолковский. Второе начало термодинамики. Калуга, Изв. Калужского о-ва изучения природы, 1914, стр. 5—6. (Курсив наш — И. Г.)

во-вторых, что человек может вмешиваться в процессы, происходящие в природе, частью которой человек и является; в силу этого человек в состоянии умышленно создавать те пока еще неизвестные «условия» перехода одной формы движения материи в другую, при которых рассеянная энергия может вновь концентрироваться для практического использования;

в-третьих, что процесс концентрации рассеянной энергии происходит в природе и без вмешательства человека — спонтанно («неизвестным действием природы», как говорил Циолковский);

в-четвертых, что спонтанные, а также организованные человеком энергетические «переходы» с использованием рассеянной энергии имеют огромное практическое и научное значение, обеспечивая истинную власть человека над природой.

Циолковский, борясь за установление общих принципов обратимости, «проповедуя», как он говорил, принцип обратимости энергетических переходов, с особой силой протестовал против главной части классической термодинамики, где постулировался принцип возрастания энтропии.

Само понятие энтропии существовало в качестве явления физически неосоздаваемого, неясно и противоречиво сформулированного, скрытого от инструментальных наблюдений. Одни ученые считали, что энтропия это степень рассеивания и обесценения тепловой энергии; другие — что энтропия это степень непрерывно растущего беспорядка в природе; третьи — что энтропия это тот «энергетический налог», который природа с покорным постоянством платит за пользование энергией.

Были ученые, в том числе маститый ученый — лорд Кельвин (В. Томсон), считавшие энтропию тем неизбежным и почти желанным состоянием, увеличение которого до максимума приведет вселенную к тепловой смерти. Были ученые, пояснявшие понятие максимума энтропии введением оригинального термина — «тепловатость» — не тепло и холод, как потенциальные уровни, обеспечивающие энергетические преобразования, а такая аморфная безжизненная «тепловатость», при которой из всего космоса, ставшего колоссальнейшим импотентом, нельзя уже извлечь ни одного эрга энергии.

Некоторые ученые называли энтропию «царицей вселенной». Известный русский физик проф. Хвольсон придавал принципу энтропии значение важнейшего закона природы. Присоединяя к двум законам — закону сохранения масс и закону сохранения энергии — якобы третий закон, Хвольсон писал:

«Ведь существуют три самостоятельных, т. е. друг от друга независимых, истинно мировых закона, пожалуй, единственные три действительные истины, до которых человеку удалось додуматься. Важнейший из трех законов... третий закон — закон энтропии...»⁶.

«Между немногими истинами, до которых человечеству удалось добраться, стоит на первом месте закон энтропии»⁷.

«...термодинамика главным образом и есть учение о законе энтропии»⁸.

«...существует действительный закон развития: закон энтропии, закон эволюции мира!»⁹.

Циолковский видел, что в результате исходного представления классической термодинамики о повсеместной необратимости всех процессов, совершающихся в природе, принцип энтропии в сознании многих ученых незаконно разросся до принципа всеобщности: в таком истолковании энтропии многие ученые пытались установить абсолютные границы познания явлений природы. Между тем вся история науки показывала, что наибольшие ошибки естествоиспытателей как раз и происходили от попыток установить абсолютные границы познания.

Успехи кинетической теории газов и статистической физики, особенно работы Л. Больцмана и М. Смолуховского, выявили, что принцип возрастания энтропии лишен всеобщности и что в природе всегда возможны процессы, связанные с уменьшением энтропии, так называемые «антиэнтропийные» процессы.

⁶ О. Д. Хвольсон. Гегель, Геккель, Коссут и Двенадцатая заповедь. Критический этюд. СПб., 1911, стр. 65—66.

⁷ Там же, стр. 97.

⁸ Там же, стр. 98.

⁹ Там же, стр. 109.

Циолковский понимал, что в явлениях природы не бывает ничего второстепенного и что только при изучении малого можно познать крупное. В силу этого для Циолковского представляли несомненный интерес обнаруженные кинетической теорией явления флуктуаций, когда возникали мгновенные и как бы случайные отклонения процесса, от среднего, наиболее вероятного его хода, предписываемого классической термодинамикой.

Явления флуктуаций ярче всего наблюдались в броуновском движении, в явлениях опалесценции (явление Тиндала), в неравномерности потока движущихся электронов, в явлениях голубого неба (явление Рэлея — Смолуховского) и т. п. К этим явлениям принцип возрастания энтропии оказался полностью неприменимым, так же как он оказался непригодным для объяснения множества процессов, в том числе и процессов, происходящих в малых объемах, сравнимых с размерами молекул.

Принцип энтропии терял свою всеобщность. Все чаще и чаще естествоиспытатели находили в природе обратимые процессы с «антиэнтропийным» характером их протекания.

Независимо от взглядов Циолковского, принцип возрастания энтропии вызывал чувства неудовлетворенности и сомнений у таких крупных физиков, как Т. А. Афанасьева-Эренфест, К. Каратеодори, М. Планк, Ван-дер-Ваальс, Н. Н. Шиллер и др. Наш современный ученый проф. А. А. Гухман показал, что знаменитый «энтропийный» постулат Клаузиуса в пределах его логической формулировки может быть заменен прямо противоположным ему по смыслу «антиэнтропийным» постулатом¹⁰.

Крупнейший физик М. Планк¹¹ считал, что на явлениях необратимости *«стоит и падает»* вся классическая термодинамика. Планк считал, что в природе все процессы необратимы, если справедлив принцип энтропии. Если же хотя бы в одном случае один из процессов, происходящих в природе, окажется обратимым, то и все остальные процессы по необходимости должны быть обратимыми. Либо

¹⁰ А. А. Гухман. Об основаниях термодинамики. Алма-Ата, изд. АН Казахской ССР, 1947, стр. 78—80.

¹¹ М. Планк. Термодинамика. М.—Л., Госиздат, 1925, §§ 113—115, 136.

все процессы необратимы, либо ни один из них. Третьего решения быть не может, утверждал Планк¹².

Для Циолковского была чужда сама постановка вопроса — существуют ли в природе только необратимые или только обратимые процессы. Циолковский считал, что в природе совершаются и необратимые, и обратимые процессы как две диалектические противоположности одного и того же вечного движения материи. Но между этими по существу единными процессами имеется глубокое различие.

Механизм *необратимых* процессов как процессов *макроскопических* сравнительно просто и убедительно объяснялся положениями классической термодинамики, которая располагала многовековым экспериментальным материалом и строгими методами его использования. Исторические корни расчетных соотношений второго начала придавали большую устойчивость и доказательную силу утверждениям о том, что в природе все процессы необратимы.

Правда, у самих создателей второго начала имелись формулировки, отражающие известную неуверенность авторов в абсолютной справедливости своих постулатов, вроде принципиальной оговорки Клаузиуса «сама собой» или дальновидной добавки Томсона к своему постулату: «Если только в великой кладовой мироздания не окажутся наготове неизвестные нам источники»¹³.

На эти знаменательные оговорки, пожалуй, пристальнее других ученых смотрел Циолковский, который писал о том, что закономерны

«...перемещения тепла в ту и другую сторону, лишь без нарушения первого начала термодинамики.

Мне кажется, что я даже не противоречу ни Клаузиусу, ни Томсону, гений которых предвидел нарушение постулатов при особенных малоизвестных условиях, в про-

¹² Под обратимыми процессами Планк понимал предельно замедленные квазистатические процессы с постоянной энтропией, тогда как Циолковский называл обратимыми «антиэнтропийные» процессы. (*Прим. авт.*)

¹³ Дж. Бернал. Наука в истории общества. М., ИЛ, 1956, стр. 329.

тивном случае эти первостепенные ученые не сделали бы своим положениям известных оговорок...

Их последователи преувеличили значение постулатов и возвели их в степень законов. Подобное этому было с законом ньютоновского всемирного тяготения, смысл которого также в свое время был затемнен»¹⁴.

Совсем по-иному складывалась обстановка вокруг изучения механизма *обратимых* процессов, сам факт существования которых уже нельзя было отрицать в начале XX века, поскольку естествознание к этому времени шаг за шагом стало открывать в природе проявление этих неожиданных, «диких» процессов.

Но одно дело — существование фактов, а другое — их истолкование.

Защищая известную альтернативу М. Планка, многие сторонники необратимости рассматривали факты существования обратимых процессов только в качестве кажущихся парадоксов природы. Так, весьма характерное явление неравномерного распределения температур в теле, помещенном в поле тяготения (явление, самостоятельно вскрытое Циолковским), сторонники необратимости рассматривали как термодинамический парадокс. В разряд парадоксов попали явления флуктуации и многие другие «антиэнтропийные» явления.

Другая часть ученых, забыв, по-видимому, о взаимодействии вещества и полей, считала, что процессы необратимы потому, что они происходят в изолированной замкнутой среде, т. е. в такой системе тел, которая не обменивается энергией и массой с внешним миром.

В этом смысле представляет большой интерес недавнее высказывание известного английского ученого Дж. Бернала о применимости классической термодинамики.

«Специфический и управляемый характер взаимного обмена энергией в живых системах вместе с быстрыми темпами протекания через них материи имеет большое значение для объяснения... того, что они как будто противоречат второму закону термодинамики, согласно кото-

¹⁴ К. Э. Циолковский. Второе начало термодинамики. Калуга, Изд. Калужского о-ва изучения природы, 1914, стр. 24.

рому в каждой замкнутой системе энтропия... должна непрерывно усиливаться, или, иными словами, что со временем система становится все менее и менеестройной. Между тем организмы... сохраняют на короткий промежуток времени примерно одну и ту же степень организованности. Они фактически увеличивают ее, когда растут и размножаются, и теряют только со своей смертью... сейчас стало очевидным... что живой организм представляет собой не замкнутую, а открытую систему. Для таких систем... энтропия не увеличивается... Второй закон термодинамики является фактически только частным случаем для замкнутых систем»¹⁵.

Таким образом, Дж. Бернал считает, что для незамкнутых, «открытых», как он говорит, систем всегда возможны «антиэнтропийные» процессы или же, во всяком случае, процессы с постоянной энтропией.

Изучение механизма обратимых процессов как процессов, происходящих в микромире, до сих пор в сильной мере затруднено двумя обстоятельствами:

во-первых, тем, что здесь, в отличие от научного исследования необратимых процессов, мировое естествознание еще до сих пор находится в стадии становления экспериментальных и теоретических работ по накоплению опытного материала и по выработке строго научных методов его использования;

во-вторых, тем, что против изучения механизма обратимых процессов еще до сих пор выступают традиционные положения второго начала, с его мощными экспериментальными и логическими доказательствами повсеместного роста энтропии. Это справедливо, если в природе все процессы необратимы, в то время как процессы действительно необратимы, если они совершаются в изолированной от внешнего мира системе.

С этими двумя огромными исторически сложившимися трудностями — скудностью научно-экспериментального материала и традициями классической термодинамики —

¹⁵ Дж. Бернал. Наука в истории общества. М., ИЛ, 1956. стр. 484.

встретился Циолковский, исследуя вопросы обратимости тепловой энергии.

Будучи знаком с кинетической теорией материи, статистической физикой и квантовой механикой, Циолковский утверждал, что любая система состоит из взаимодействующих частиц и полей и что в такой системе невозможно равномерное распределение энергии, а должна существовать какая-то пока не найденная «прерывность» или какие-то пока еще неизвестные «условия», которые, по меткому выражению Н. А. Умова, препятствовали бы беспредельному высасыванию энергии из материи.

Одно из таких «условий» концентрации рассеянной энергии Циолковский видел в возможности взаимодействия вещества и гравитационного поля. Но наибольшую надежду Циолковский возлагал на те новые и пока еще неизвестные «условия» концентрации энергии, которые будут найдены развивающимся естествознанием в микромире. Циолковский писал:

«...постулат Клаузиуса в чистом виде, без оговорок, не оправдывается. Сила тяготения, как и другие причины, число же их неизвестно — его нарушают. Вот почему необходима к постулату оговорка: «сама собой». Действительно, теплота переходит от холодного тела к теплому, но не сама собой, а через вмешательство силы тяготения. В своем чистом виде постулат может быть нарушен и еще во множестве случаев, но опять не сам собой, а вследствие каких-либо исключительных условий.

...Постулат Клаузиуса неразрывно связан с положением Томсона... Но если нарушается (не сама собой) постулат Клаузиуса, то должно нарушаться и правило Томсона и даже без всякого участия материи»¹⁶.

Циолковский утверждал, что в природе повсеместно происходят два типа энергетических процессов: с рассеянием энергии, т. е. обычные процессы, происходящие, как их охарактеризовал Циолковский, *«...очевидно, скоро и*

¹⁶ К. Э. Циолковский. Второе начало термодинамики. Калуга, Изв. Калужского о-ва изучения природы, 1914, стр. 18—19. (Курсив наш — И. Г.)

дорого...»,¹⁷ и обратимые процессы с концентрацией рассеянной энергии, т. е. необычные процессы, происходящие, по определению Циолковского, «...посредством невидимой рассеянной всюду энергии тепла и других сил... неясно, медленно и бесплатно»¹⁸.

Эти новаторские утверждения Циолковского еще не базируются на строгих экспериментальных доказательствах. Современное естествознание только подходит к познанию процесса распределения энергии во вселенной — проблемы, состоящей из множества сложных и противоречивых слагаемых. Но все глубже изучая явления микромира, где и надлежит искать намеченные Циолковским «условия» концентрации рассеянной энергии, естествознание уже обнаружило ряд процессов, необычный характер протекания которых в той или иной мере согласовывается с характером протекания «обратимых» процессов, предугаданных Циолковским.

Современное естествознание уже не может довольствоваться объяснением всех процессов как процессов необратимых. Об этом с большой определенностью пишет наш советский ученый Н. Ф. Овчинников:

*«...в природе немыслимо одностороннее течение процессов. Наличие тепловой формы движения материи возможно только при наличии качественно других форм движения, которые составляют... ее основу. В закономерностях движения этой основы, в природе «элементарных» частиц следует искать решение вопроса о наличии во вселенной процессов, непрерывно компенсирующих возрастание энтропии»*¹⁹.

После открытия огня человеком древнекаменной эпохи человечество в течение нескольких десятков тысяч лет непрерывно ведет экстенсивное потребление запасов солнечной энергии на Земле. Темпы и масштабы потребления топливных ресурсов бурно возросли за последние сто лет,

¹⁷ К. Э. Циолковский. Обратимость химических явлений. Рукопись, 1935, стр. 9. Архив АН СССР, ф. 555. (Курсив наш — И. Г.)

¹⁸ Там же, стр. 8—9. (Курсив наш — И. Г.)

¹⁹ Н. Ф. Овчинников. Понятие массы и энергии в их историческом развитии и философском значении. Изд. АН СССР, 1957, стр. 111. (Курсив наш — И. Г.)

что в недалеком будущем, при резко прогрессирующих темпах развития теплоэнергетики, создает для нашей планеты реальную угрозу полного истощения ее топливных запасов, созданных природой в течение миллиарда лет. Уже теперь топлива потребляется в один день столько, сколько Солнце производит его на Земле за 1000 лет.

Человечество, освоившее обратимые процессы, впервые за десятки тысяч лет будет избавлено от необходимости экстенсивного пользования запасами солнечной энергии на Земле. Человек, освоивший обратимые процессы, которые, по формулировке Циолковского, равны необратимым процессам, станет истинным властелином природы благодаря тому, что он получит изобилие энергии.

Циолковский понимал, что нахождение закономерностей обратимых процессов очень сложно и потребует от человечества затраты огромных усилий. Но эти усилия и большие научные затраты, которые сделает человечество для нахождения этих закономерностей и для сознательного управления обратимыми процессами, будут вознаграждены сторицей.

Циолковский не мог указать конкретных путей раскрытия «антиэнтропийных» обратимых процессов. Эта проблема была им только намечена.

Он считал, что, *так же как раскрытие ограниченности принципов ньютоновой механики толкало науку на поиски более общих законов движения, так и раскрытие ограниченности постулатов Клаузиуса — Томсона неизбежно будет толкать науку на поиски более общих закономерностей превращения одних форм энергии в другие.*

Считая, что мир един, что каждый процесс природы стремится охватить всю природу, Циолковский призывал изучать природу во всем вечном единстве ее многообразия. Отвергая выводы последователей Клаузиуса о неизбежности «тепловой смерти» вселенной, о том, что космос стремится якобы к полному вырождению энергии, Циолковский писал:

«Космос гораздо хитрее устроен, чем мы думаем»²⁰.

По этому поводу наш современник, польский ученый В. Краевский пишет:

²⁰ К. Э. Циолковский. Обратимость физических явлений. Рукопись, 1934, стр. 7. Архив АН СССР, ф. 555.

«...мы неизбежно приходим к выводу, что в природе должны существовать какие-то процессы, приводящие к концентрации энергии в некоторых местах вселенной за счет других мест.

...Открытия академика В. А. Амбарцумяна... свидетельствующие о непрекращающемся групповом возникновении звезд, показывают, что в материи содержится *неисчерпаемая способность к концентрации энергии и превращению рассеянной теплоты в другие формы энергии*»²¹.

Рассматривая вопросы круговорота тепловой энергии, Циолковский с огромной силой научного предвидения указывает, что даже при достижении телом температуры, приближающейся к абсолютному нулю, когда атомно-молекулярное движение в теле также стремится к нулю, «элементарные» частицы тела сохраняют кинетическую энергию на весьма высоком уровне. Так, рассматривая температуру космической ракеты в условиях полета ее в межзвездном пространстве при температуре окружающей среды, приближающейся к абсолютному нулю, называя ракету «телом», Циолковский пишет:

«Весьма вероятно, что температура такого тела дойдет до абсолютного нуля, т. е. будет иметь 273° холода по Цельсию: *движение молекул остановится, но это не значит, что движение их частей, и тем более протонов и электронов, прекратится*»²².

Это методологически весьма важное определение, позволяющее пристальнее взглянуть в явления микромира тех «элементарных» частиц, которые по своей природе имеют наиболее специфические свойства. Такими частицами, как это предвидел Циолковский, являются электроны.

При понижении температуры до $T \rightarrow 0^{\circ} K$ тепловая (кинетическая) энергия атомов и молекул стремится к нулю, в то время как средняя кинетическая (тепловая)

²¹ Вопросы философии, 1956, № 4, стр. 115—116. (Курсив наш — И. Г.)

²² К. Э. Циолковский. Космические ракетные поезда. Калуга, изд. коллектива научных работников, 1929, стр. 31. (Курсив наш — И. Г.)

энергия электронов остается очень высокой. Таким образом, состояние электронов является противоположным состоянию атомов материи, т. е. электроны даже при понижении температуры до абсолютного нуля не стремятся к покою, а обладают наиболее упорядоченными начальными скоростями.

В самом деле, кинетическая (тепловая) энергия любой движущейся частицы связана с абсолютной температурой следующим соотношением:

$$E = \frac{mv^2}{2} = \frac{3}{2} KT,$$

где $K = 1,38 \cdot 10^{-16}$ эрг (постоянная Больцмана).

Пользуясь этим соотношением, можно определить эквивалентную температуру движущегося в атоме электрона:

$$T = \frac{2E}{3K}.$$

Значение энергии даже валентных электронов в атоме определяется несколькими электроновольтами. Одному электроновольту соответствует энергия

$$E = 1 \text{ эв} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ эрг.}$$

Поэтому движущемуся электрону, обладающему энергией даже в один электроновольт, соответствует эквивалентная температура в несколько тысяч градусов:

$$T = \frac{2E}{3K} = \frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-12}}{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-16}} \approx 8000^\circ.$$

Отсюда следует, что даже внешние электроны атома (т. е. валентные электроны), обладающие энергией в несколько электроновольт, в реальных условиях имеют эквивалентную температуру более десяти тысяч градусов. Эта их температура сохраняется и при абсолютном нуле, поскольку движение электронов при этой температуре не прекращается, а только более упорядочивается. В то время как все атомы и молекулы при приближении температуры к абсолютному нулю прекращают свое движение и их энергия убывает до нуля, электроны в этом смысле представляют полную противоположность: они сохраняют большие скорости движения, т. е. большую кинетическую энергию и, следовательно, высокую эквивалентную тем-

пературу. При абсолютном нуле электроны являются материальными носителями кинетической энергии.

Развивающаяся наука не может не обратить свои взоры вслед за К. Э. Циолковским на эту отличительную сторону состояния материи. Из дальнейшего изучения человечеством подобных необычных, «диковинных» явлений взаимодействия частиц вещества и поля, каковыми и являются электронные процессы в поле атомов и молекул, возможно, в течение ближайших десятилетий возникнет и разовьется новая могучая область естествознания — электронная энергетика.

Циолковский, который по праву может быть назван разведчиком науки, утверждал возможность и даже неизбежность нахождения человеком необычных, «диковинных» условий концентрации в природе рассеянной энергии. Сознавая, что это длительный и трудный процесс «вымогательства тайн» природы — научного познания ее, зная на своем опыте, что потребуется еще много лет научной аргументации и накопления экспериментально-теоретического материала, прежде чем идея концентрации энергии станет общим достоянием человечества, Циолковский писал:

«Изучение вселенной начато, но, конечно, никогда не будет закончено. Наше знание — капля, а незнание — океан.

...Неуничтожимость и нерождаемость материи составляет основу всех научных изысканий.

...Изучение свойств материи неизбежно ведет к заключению о периодичности всех миров» ²³.

«Невозможное станет возможным... Давно ли казалось странным пользоваться иною силою, кроме силы мускулов, ветра и воды! Говоря на эту тему, можно никогда не кончить» ²⁴.

Циолковский считал, что энергия это не «божья воля в действии», как проповедывали и до сих пор проповеду-

²³ К. Э. Циолковский. Любовь к самому себе или истинное себялюбие. Калуга, изд. автора, 1928, стр. 3, 18, 19.

²⁴ М. С. Арлазоров. Константин Эдуардович Циолковский. Его жизнь и деятельность. М., Гостехиздат, 1952, стр. 81.

ют сторонники теории «тепловой смерти» мира, что всеобщий круговорот энергии в природе основан не на «любви и ненависти элементов» и не на «удовольствии или неудовольствии материи» при изменении форм ее движения, как указывали идеалисты.

Отвергая хвольсоновский постулат «Ignorabimus», т. е. абсолютную непознаваемость явлений, Циолковский настаивал в своих работах о круговороте энергии на том, что человек сможет познать «обратимые» явления в природе, проникнув в глубину сложных и пока еще мало изученных процессов, возможность реализации которых может быть мыслима и как использование взаимодействий вещества и поля, и как использование ускоренного хода эволюционных изменений самодвижущихся и саморегулирующихся сущностей материи.

Глава IV

МИРОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ И ЗНАЧЕНИЕ ИДЕЙ ЦИОЛКОВСКОГО О КРУГОВОРОТЕ ЭНЕРГИИ

Менее чем за три месяца до своей кончины К. Э. Циолковский писал для Телеграфного агентства Советского Союза (ТАСС):

«...Я интересовался более всего тем, что могло бы прекратить страдания человечества, дать ему могущество, богатство, знание и здоровье...»¹.

Циолковский считал, что, заставив служить в своих целях обратимые процессы, человечество получит изобилие энергии и тем самым действительно получит могущество, богатство и средства для продления радостной жизни без болезней и страданий.

Общеизвестно, что рост производства и потребления энергии неразрывно связан с прогрессом человеческого общества, которое на протяжении всей своей истории, а особенно в течение последнего столетия, непрерывно ведет борьбу за увеличение своего энергетического богатства.

Возможность перехода энергии из одной формы в другую, гибкость, многогранность и эффективность ее практического использования постепенно способствовали тому, что энергия сделалась великим помощником человека.

Если, например, у нас в Советском Союзе уже теперь приходится на душу населения свыше 7 квт-ч энергии в сутки, то это значит, что около пятнадцати неодушевленных работников неустанно и круглосуточно обслужи-

¹ Б. Н. Воробьев. Циолковский. М., изд-во «Молодая гвардия», 1940, стр. 213.

бают каждого советского гражданина, снабжая его продуктами питания, теплом, светом, индустрией, транспортом, связью, одеждой, лекарствами, строя для него жилища, театры, школы и т. п., возделывая землю и постепенно создавая для человека все большие и большие блага.

Поэтому совершенно естественно, что темпы роста мирового производства энергии непрерывно и быстро растут и имеют тенденцию к еще более резкому возрастанию в самом недалеком будущем. Так, мировое производство энергии за время с 1860 по 1950 г. (за 90 лет) увеличилось приблизительно в 20 раз; в течение последующих 50 лет (с 1950 по 2000 г.) мировое производство энергии, по прогнозам специалистов, колоссальным образом возрастет и достигнет по сравнению с 1860 годом увеличения в 150 раз².

Но этот бурный рост энергетики имеет пока ярко выраженный экстенсивный характер. Если не считать использования энергии воды, ветра, приливов и пр., которые в общем балансе энергии составляют незначительную долю, то человек до настоящего времени *невозвратно* и весьма быстро тратит те энергетические сокровища, которые природа исподволь копила в недрах Земли в течение многих миллионов лет.

Количество топлива, которое уже теперь человек потребляет в течение, положим, одного дня, превосходит в сотни тысяч раз то количество топлива, которое природа может восстановить за тот же день на Земле.

Быстрое и прогрессирующее истощение топливно-энергетических ресурсов Земли, в частности ресурсов нашей Родины, видно из следующего.

Запасы основного топлива в СССР в натуральном исчислении ориентировочно составляют: ископаемого твердого топлива около 1700 млрд. т, нефти около 7 млрд. т³. Мировые энергоресурсы приведены в таблице.

Если принять годовую добычу и потребление топлива в СССР на уровне, предусмотренном шестым пятилетним планом на 1960 г., то ископаемое твердое топливо в СССР

² Доклады иностранных ученых на Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Женева, 1955. М., Гостехиздат, 1956; И. Лебедев. Атомную энергию на благо народа. Госполитиздат, 1956, стр. 10—13.

³ БСЭ. Изд. 2, 1956, т. 42, стр. 643.

будет исчерпано приблизительно за 3000 лет — $(17 \cdot 10^{11}) : (593 \cdot 10^6) \approx 3000$, а нефть будет исчерпана всего лишь за 50 лет — $(7 \cdot 10^9) : (135 \cdot 10^6) \approx 50$.

Этот ориентировочный расчет исходит из того, что ежегодная добыча угля к 1960 г. в СССР будет составлять 593 млн. т ($593 \cdot 10^6$), а нефти — 135 млн. т ($135 \cdot 10^6$).

Основные потенциальные энергетические ресурсы мира

(по материалам XVII Международного геологического конгресса 1937 г.)

Виды энергетических ресурсов	Запасы	
	мировые	в том числе в капиталистических странах
Каменный уголь, млрд. т	5043	3600
Бурый уголь, млрд. т	2904	2693
Горючие сланцы, млрд. т	Нет полных данных	496
Нефть, млрд. т	7,08	3,2
Торф, млрд. т	240	100
Древесное топливо — лесная площадь, млн. га	3000	2327
Гидроэнергия, млн. квт	500	442

В таблице не рассматриваются возобновляемые природные энергетические ресурсы, использование которых (помимо ядерной энергии) может несколько увеличить общие потенциальные энергоресурсы мира. Это — солнечная энергия, тепло земных недр, тропических и арктических морей, энергия приливов, отливов и морского прибоя. Что касается энергии ветра, то потенциальная энергия ветра на земном шаре всего лишь в два раза превышает энергию рек⁴.

До настоящего времени четыре пятых мирового расхода энергии покрываются за счет каменного угля, нефти, торфа и природного газа, запасы которых не возобнов-

⁴ А. А. Канаев. От водяной мельницы до атомного двигателя. Машгиз. 1953, стр. 30.

ляются, и только одну пятую мирового расхода энергии дают возобновляемые источники⁵.

В еще более тяжелом положении находятся почти все капиталистические страны, где топливно-энергетические ресурсы при возрастающих темпах роста энергетики могут быть полностью исчерпаны по нефти даже при жизни нынешнего поколения, а по твердому топливу — в течение ближайших 200—300 лет.

Еще в двадцатых годах прошлого столетия, когда потребление энергии было в тысячи раз меньше нынешнего, передовые деятели науки выражали тревогу по поводу истребления топливных запасов. Так, основатель термодинамики Карно в 1824 г. указывал, что высокий расход топлива по сравнению с получаемой работой машин грозит полным истощением угольных копей.

Циолковский ясно представлял, что поскольку жизнь развивающегося человеческого общества невозможна без непрерывно возрастающего потребления энергии, постольку необходимы настойчивые и срочные поиски новых путей получения энергии, так как старые пути получения энергии за счет невозместимого истребления топливных запасов Земли быстро приведут человечество к катастрофе. Порицая людскую косность в этом вопросе, Циолковский писал:

«Только наше невежество заставляет нас пользоваться ископаемым топливом...»⁶.

На Международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1955 г.) в докладах ряда ученых указывалось, что к 2000 г. мировое потребление энергии возрастет по сравнению с нынешним ориентировочно в 5—8 раз. Понятно, что такой гигантский рост потребления энергии абсолютно невозможен за счет использования обычных топливных запасов Земли. Невозможен этот рост также за счет использования возобновляемых источников энергии (энергии ветра, текущих рек, морских приливов, солнечной радиации и т. п.) ввиду явной недостаточности и рассредоточенности этих источников.

⁵ И. Лебедев. Атомную энергию на благо народа. Госполитиздат, 1956, стр. 15.

⁶ К. Э. Циолковский. Будущее Земли и человечества. Калуга, изд. автора, 1928, стр. 27.

Выход из этого положения большинство современных ученых и государственных деятелей находит в использовании ядерной энергии, запасы которой в окружающем нас мире практически неисчерпаемы. Человечество вряд ли стоит перед опасностью нехватки ядерного горючего. По этому поводу академик В. Н. Кондратьев пишет:

«В природе содержатся колоссальные запасы горючего для ядерных реакций; по подсчетам ученых, мировые запасы только урана и тория могут дать примерно в 20 раз больше энергии, чем все известные нам запасы нефти, природного газа и угля, вместе взятые»⁷.

Использование ядерной энергии дает возможность обеспечить энергетическими ресурсами любые практически необходимые масштабы развития энергетического хозяйства и при высокой удельной калорийности ядерного горючего, превышающей удельную калорийность угля почти в три миллиона раз, практически освобождает транспорт от необходимости перевозок горючего.

Однако использование ядерной энергии стоит перед проблемой постепенного ввода в эксплуатацию ядерно-энергетических установок. Как указывает академик А. Н. Несмеянов, широкое использование ядерной энергии в народном хозяйстве является делом целой эпохи, в течение которой старые способы производства энергии будут длительно сосуществовать с ядерной энергетикой, так же как длительно сосуществует, например, паровоз рядом с электровозом⁸. За время этого сосуществования, длительность которого трудно предугадать, запасы обычного топлива на нашей планете могут быть катастрофически истрачены и непосредственно как топливо, и как ценнейшее химическое сырье для ряда производств.

Очевидно, Циолковский не размышлял над тем, что состязание между темпами истощения запасов обычного топлива в Земле и темпами ввода ядерно-энергетических установок будет проходить в течение целой эпохи в усло-

⁷ В. Н. Кондратьев. Научные итоги Международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, 8—20 августа 1955 г.). М., изд-во «Знание», 1956, стр. 24.

⁸ А. В. Виятер и А. Б. Маркин. Электрификация нашей страны. М., Воениздат, 1955, стр. 212.

виях сосуществования этих двух типов энергии и резкого обеднения топливных запасов нашей планеты.

Не рассматривая этой проблемы, Циолковский высоко оценивал значение и эффективность ядерной энергетики. Но изучая природу во всей ее сложности и многообразии, Циолковский указывал на то, что ядерные процессы не являются единственными процессами, обеспечивающими выделение больших энергий.

Возможность резкого увеличения энергетических ресурсов Циолковский видел не столько в овладении ядерными процессами, сколько в овладении концентрированной энергией «обратимых» процессов, которые скрытно и пока малодоступно для человека совершаются в окружающем нас мире, в явлениях вечного круговорота материи.

Считая многообразие форм движущейся материи единым ее свойством, Циолковский писал:

«...энергия должна поглощаться невидимо для нас из окружающей... материи, как это, вероятно, происходит при разложении радия и других радиоактивных тел... Есть вибрации, недоступные обыкновенному термометру и не определяемые им. Мы видим только нагревание радием окружающего воздуха, но не видим проникающих в радий особых вибраций эфира, сообщающих движение электронам или пополняющих потерю энергии радием»¹¹.

В этих «особых вибрациях эфира» Циолковский видел одно из проявлений тех сложных условий перехода рассеянной энергии в концентрированную, которые постепенно будут раскрываться наукой.

Огромные энергетические возможности Циолковский видел не столько в ядерных процессах, сколько во взаимодействии частиц вещества и поля, как гравитационного, так и электромагнитного. Организацию процессов этого взаимодействия Циолковский считал вполне возможной при создании таких условий, когда вещество и поле, как две противоположные энергетические формы движущейся материи, объединялись бы в определенном направлении — в направлении концентрации рассеянной энергии.

¹¹ К. Э. Циолковский. Кинетическая теория света. Калуга, Изв. Калужского о-ва изучения природы, кн. 3, 1919, стр. 48—49.

Решение задач по нахождению конкретных путей, на которых будут выполняться противоположные процессы, участвующие в вечном круговороте материи и энергии, Циолковский отводил науке будущего вследствие сложности этих путей и огромного количества взаимосвязей и взаимозависимостей, пересекающих эти пути. Но благодаря тому, что современное теоретическое естествознание объединяет свои взгляды на природу в одно гармоническое целое, Циолковский считал, что наука может успешно оперировать с еще не вполне известными предполагаемыми величинами и может постепенно проникать в тайники природы, где совершаются «обратимые» процессы.

Согласно идеям Циолковского, освобожденное от гнета эксплуататоров человечество в недалеком будущем должно овладевать не только и не столько ядерной энергетикой, сколько энергетикой «обратимых» процессов, научившись управлять процессами концентрации рассеянной энергии.

Согласно Циолковскому, овладение «обратимыми» процессами даст человечеству изобилие энергии, получаемой, путем ее концентрации, «медленно и бесплатно».

Изобилие энергии даст освобожденному человечеству изобилие всех материальных и культурных благ, избавит человечество от болезней, от преждевременной старости, поможет развить в человеке лучшие его свойства, безгранично расширит возможности осуществления самых смелых и величественных замыслов человечества, таких, например, как замысел о постепенном покорении человеком космических просторов, даст человечеству «горы хлеба и бездну могущества», как говорил Циолковский, далеко заглядывая в будущее.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развернутые гипотезы К. Э. Циолковского о круговороте непрерывно концентрируемой и рассеиваемой энергии имеют прогрессивный характер прежде всего потому, что они способствуют решению одной из самых кардинальных задач развивающейся практики. Мы имеем ввиду кардинальную задачу энергетики, поставленную всем ходом общественного производства. Эту задачу можно сформулировать примерно так: *«получить для человечества изобилие удобной в производстве энергии при условии сбережения ископаемых сокровищ Земли».*

Мы считаем, что промышленное (т. е. управляемое) освоение круговорота концентрируемой и рассеиваемой энергии может разрешить кардинальную задачу энергетики — придать энергетике вместо экстенсивного интенсивный характер и тем устранить односторонность ее развития.

На пути промышленного освоения круговорота энергии стоят огромные и длительные трудности, постепенное преодоление которых мыслимо только в результате совместного овладения естествознанием, философией и техникой еще неизученных человеком «обратимых» явлений природы. Временная скудность научно-экспериментального материала и традиции классической термодинамики будут еще долго сковывать изучение круговорота энергии, но вместе с тем они же будут стимулировать науку и технику на поиски неожиданных, окольных, «диких» методов исследований, которые, по-видимому, быстрее всего помогут человеку осуществить прорыв в мир «обратимых» процессов и постепенно, этап за этапом решить кардинальную задачу энергетики.

Наиболее плодотворным направлением в изучении круговорота энергии, будет, по-видимому, изучение и освоение управляемых человеком явлений круговорота энергии при электронных процессах, обладающих наиболее общим и, возможно, наиболее доступным свойством перехода одной категории движения материи в другую. При всех электронных процессах и в особенности при электронных процессах в металлах и полупроводниках ожидается наиболее полное проявление управляемого человеком круговорота концентрируемой и рассеиваемой энергии. Можно ждать, что глубокое овладение динамикой направленных электронных процессов приведет к постепенному созданию могучей отрасли новой техники — электронной энергетики, т. е. приведет к постепенному решению кардинальной задачи энергетики.

Тезис Леонардо да Винчи о том, что природа одна есть учитель истинного гения, полностью применим к проблемам изучения круговорота энергии. Порожденные глубокими раздумьями Циолковского над явлениями природы идеи и гипотезы о круговороте энергии постепенно находят признание у все большего и большего количества ученых.

Раньше эти прогрессивные идеи, так же как и ранние идеи Циолковского о техническом завоевании неба, почти никем не разделялись. Но если прогрессивные идеи Циолковского о звездоплавании близки к практическому осуществлению благодаря тому, что они прошли огромную опытную проверку в авиации и особенно в ракетостроении, то идеи Циолковского о круговороте энергии такого опытного подтверждения еще не получили. Современное естествознание находится еще только на подступах к решению этой проблемы; пока еще только формулируются самые общие понятия о возможности овладения процессами круговорота концентрируемой и рассеиваемой энергии.

Идеи и гипотезы Циолковского о круговороте энергии следует рассматривать как экстраполяцию в еще малоисследованную область явлений природы, как научный прогноз будущего, вследствие чего только научный опыт может превратить их сначала в научные теории, а затем в практику, в промышленность, которая будет иметь огромное значение для человечества.

Материалистическая наука неизбежно окажется перед необходимостью разрешить проблему овладения процессами круговорота энергии.

Новейший идеализм, стремясь отнять у «грешного» человека право на познание жизни, по-прежнему стойко защищает теорию «тепловой смерти» мира, ретушируя и видоизменяя ее, приспособлявая эту «теорию» к новым фактам с тем, чтобы лишить человека возможности управлять явлениями природы.

Защищая, например, «энтропийный» постулат Клаузиуса, современный идеалист А. Эддингтон утверждает, что материя уничтожима, что «частицы материи одна за другой отдают свою энергию и переходят в небытие». Утверждения современных идеалистов о том, что постепенно все исчезнет, что самого времени не будет, что только бог управляет всеми явлениями природы, переплетаются с агностицизмом, который, по оценке Циолковского, является чем-то оскорбительным для человеческого разума.

Материалистическая наука не может примириться со взглядами «физического» идеализма на эволюцию энергии в природе, с идеалистическим извращением проблемы всеобщего круговорота концентрируемой и рассеиваемой энергии.

Овладеть «обратимыми» явлениями природы и заставить энергию служить человеку на той ветви ее круговорота, где она концентрируется, — вот почетная и неотложная задача естествознания, философии и техники.

Эта грандиозная задача, как нам представляется, может быть решена в нашей стране в исторически короткий срок — в течение ближайших двух-трех десятилетий благодаря тому, что темп развития науки нарастает лавинообразно и что научно-технический прогресс обладает свойствами самоускорения.

В настоящей монографии не приведен анализ аргументов крупнейших философов и естествоиспытателей, а также наших советских ученых по вопросам, связанным с проблемой круговорота энергии, свидетельствующих о прогрессивном характере гипотез Циолковского о круговороте энергии. Анализ этих гипотез будут посвящены наши последующие работы.

В последнее время появились два небольших научных исследования, непосредственно анализирующих гипотезы

Циолковского: работы В. А. Брюханова «О философской основе научно-технического творчества Циолковского» и «Критика К. Э. Циолковским «теории» тепловой смерти мира».

Нет никакого сомнения, что в скором времени появятся новые многочисленные исследования, посвященные проблемам круговорота энергии; в этих исследованиях постепенно будут раскрываться новые линии развития в науке, расширяться методы исследования природы.

Много лет тому назад Н. А. Умов назвал силу методов науки шестым чувством человека. Мы позволим себе продолжить аналогию Умова и назовем силу научного предвидения седьмым чувством человека, при помощи которого человек открывает в природе процессы и явления, недоступные непосредственному ощущению.

Таким высоко развитым седьмым чувством был щедро наделен К. Э. Циолковский; оно позволило Циолковскому на десятилетия опередить в работах по авиации и ракетостроению ученых в Европе и Америке и прозорливо, на многие годы вперед наметить необычные пути развития авиации и особенно ракетостроения. Это же высоко развитое седьмое чувство позволило Циолковскому на многие десятилетия опередить ученых своего времени, выдвинув аргументированные гипотезы о круговороте энергии.

В заключение считаю необходимым выразить свою признательность П. К. Ощепкову за идею написания этой книги и повседневную помощь при подготовке научных и литературных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

- Алешин С. Н. Отзыв о монографии П. К. Ощепкова, В. И. Рыбалки и Б. А. Осанова, Фонд Ин-та металлургии АН СССР.
- Арлазоров М. С. Константин Эдуардович Циолковский. Его жизнь и деятельность. М., Гостехиздат, 1952.
- Арлазоров М. С. Человек на крыльях. М., Госкультпросветиздат, 1950.
- Ауербах Ф. Царица мира и ее тень. Пг., Научн. книгоизд., 1919.
- Афанасьева-Эренфест Т. А. Необратимость, односторонность и второе начало термодинамики. Прикладная физика, т. V, вып. 3—4, 1928.
- Белов Н. В. и Лебедев В. И. Источники энергии геохимических процессов. Природа, № 5, 1957.
- Белоконь Н. И. Термодинамика, Госэнергоиздат, 1954.
- Бернал Дж. Наука в истории общества. М., ИЛ, 1956.
- Блохинцев Д. И. Всегда ли существует «дуализм» волн и частиц? Успехи физ. наук, т. 44, вып. 1, 1951.
- Блохинцев Д. И. Критика философских воззрений так называемой «копенгагенской школы» в физике. Сб. «Философские вопросы современной физики». Изд-во АН СССР, 1952.
- Бобров Н. Н. Большая жизнь (К. Э. Циолковского). М.—Л., Госавиаиздат, 1953.
- Большая советская энциклопедия. Изд. 2, т. 42, 1956. Топливо, стр. 642—646.
- Больцман Л. Очерки методологии физики. Сборник статей. М., изд. Тимирязевского научно-исследовательского института, 1929.
- Брюханов В. А. О философской основе научно-технического творчества Циолковского. Автореферат диссертации. М., 1954.
- Брюханов В. А. Критика К. Э. Циолковским «теории» тепловой смерти мира. Ученые записки Ленингр. гос. педагогич. ин-та им. Герцена, т. 90, 1953.
- Вавилов С. И. Философские вопросы современной физики и задачи советских физиков в борьбе за передовую науку. Сб. «Философские вопросы современной физики». Изд-во АН СССР, 1952.

- Бальдгард С. Беседы о вселенной. Изд-во «Моск. рабочий», 1957.
- Винтер А. В., Маркин А. Б. Электрификация нашей страны. М., Воениздат, 1955.
- Вислобоков А. О неразрывности материи и движения. Госполитиздат, 1955.
- Воробьев Б. Н. К. Циолковский и Советская власть. Сборник статей. М., Ред.-изд. отдел Аэрофлота, 1939.
- Воробьев Б. Н. Циолковский. М., изд-во «Молодая гвардия», 1940.
- Воскобойник Д. И. Ядерная энергетика. М., Гостехиздат, 1956.
- Всесвятский С. К. Как познавалась вселенная. М., Гостехиздат, 1955.
- Вукалович М. П., Новиков И. И. Техническая термодинамика. М., Госэнергоиздат, 1952.
- Гельвеций К. А. Об уме. М., ОГИЗ, 1938.
- Гельмгольц Г. Популярно-научные статьи. СПб., 1866.
- Грейф Л. Электроэнергия в народном хозяйстве. Госкультпросветиздат, 1955.
- Гроот, Сибран, Руудрус. Термодинамика необратимых процессов. М., Гостехиздат, 1956.
- Гухман А. А. Об основах термодинамики. Алма-Ата, изд. АН Казахской ССР, 1947.
- Гухман А. А. Основы учения о теплообмене. Машгиз, 1951.
- Гухман А. А. Отзыв о монографии П. К. Ощепкова, В. И. Рыбалки и Б. А. Осанова. Фонд Ин-та металлургии АН СССР.
- Дворянкин Ф. А. Отзыв о монографии П. К. Ощепкова, В. И. Рыбалки и Б. А. Осанова. Фонд Ин-та металлургии АН СССР.
- Канаев А. А. От водяной мельницы до атомного двигателя. М., Машгиз, 1953.
- Каравай Н. Энергетика СССР. М., Госэнергоиздат, 1956.
- Карапетьянц М. Х. Химическая термодинамика. М., Госхимиздат, 1949.
- Кедров Б. М. О путях развития естествознания. М.—Л., изд. Академии педагогич. наук РСФСР, 1948.
- Кечеджянц О. Циолковский. М., Госвоениздат, 1940.
- Кондратьев В. Н. Научные итоги международной конференции по мирному использованию атомной энергии. (Женева, 8—20 авг. 1955 г.). М., изд-во «Знание», 1956.
- Космодемьянский А. А. Знаменитый деятель науки К. Э. Циолковский. М., Воениздат, 1954.
- Космодемьянский А. А. К. Э. Циолковский — основоположник современной ракетодинамики. «Труды по истории техники», № 1. Изд-во АН СССР, 1952.
- Краевский В. Борьба Мариана Смолуховского за научную атомистику. Вопросы философии, № 4, 1956.
- Кржижановский Г. М., Вейц В. М. Единая энергетическая система СССР. Изд-во АН СССР, 1956.
- Кудрявцев П. С. История физики, т. I. М., Учпедгиз, 1956.
- Кузнецов И. В. Против идеалистических извращений понятий массы и энергии. Успехи физ. наук, т. 48, вып. 2, 1952.
- Кулешов П. Н. Реактивная артиллерия в Великой Отечественной войне. Артиллерийский журнал, № 2, 1948.

- Лаплас П. Изложение системы мира. СПб., 1861.
- Лебедев И. Атомную энергию на благо народа. Госполитиздат, 1956.
- Левинсон Я. И. Аэродинамика больших скоростей. М., Оборонгиз, 1956.
- Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм. Соч., изд. 4, т. 14.
- Ленин В. И. Философские тетради. Госполитиздат, 1947.
- Леонтович М. А. Введение в термодинамику. М.—Л., Гостехиздат, 1952.
- Лепешинская О. Б. Отзыв о монографии П. К. Ощепкова, В. И. Рыбалки и Б. А. Осанова. Фонд Ин-та металлургии АН СССР.
- Ляпунов Б. В. Проблема межпланетных сообщений в трудах отечественных ученых. Изд. «Правда», 1951.
- Менделеев Д. И. Основы химии, т. I, М.—Л., Госхимтехиздат, 1934.
- Микрюков В. Е. Курс термодинамики. Изд. МГУ, 1955.
- Михайлов В. И. Энергетические ресурсы капиталистических стран, т. II, Изд-во АН СССР, 1938.
- Молчанова Н. С. Энергетика и ее роль в народном хозяйстве, М., изд-во М-ва культуры РСФСР, 1956.
- Молюков Г. Труды К. Э. Циолковского по аэродинамике и реактивным летательным аппаратам. Вестник воздушного флота, № 5, 1955.
- Монастырев Б. А. Знаменитый деятель науки. Калуга, 1947.
- Монастырев Б. А. Циолковский. Калуга, 1945.
- Несмеянов А. Н. Проблема создания искусственного спутника Земли. «Правда», № 152(14181) от 1 июня 1957 г.
- Овчинников Н. Ф. Понятия массы и энергии в их историческом развитии и философском значении. Изд-во АН СССР, 1957.
- Опарин А. И. и Фесенков В. Г. Жизнь во вселенной. Изд-во АН СССР, 1956.
- Ощепков П. К., Рыбалка В. И. и Осанов Б. А. Закон концентрации энергии — фундаментальный закон природы. Рукопись. Фонд Ин-та металлургии АН СССР. 1951, 86 стр.
- Перельман Я. И. К звездам на ракете. Харьков, изд-во «Укр. рабiтник», 1934.
- Перельман Я. И. Циолковский. Жизнь и технические идеи. М.—Л., ОНТИ, 1935.
- Перельман Я. И. Циолковский. Сборник статей. М., Ред.-изд. отдел Аэрофлота, 1939.
- Планк М. Принцип сохранения энергии. ГОНТИ. 1938.
- Планк М. Термодинамика. М.—Л., Госиздат, 1925.
- Рейхрудель Э. М. Отзыв о монографии П. К. Ощепкова, В. И. Рыбалки и Б. А. Осанова. Фонд Ин-та металлургии АН СССР.
- Рынин Н. А. Циолковский, его биография, работы и ракеты. Л., тип. «Профинтерн», 1931.
- Рябов Ю. А. Движение небесных тел. М., Гостехиздат, 1956.
- Сисакян Н. М. Биохимия обмена веществ. Изд-во АН СССР, 1954.
- Спасский Б. И. История физики, т. I, Изд. МГУ, 1956.
- Столетов Н. Г. Избранные сочинения. М.—Л., Гостехиздат, 1950.

- Столетов А. Г. Собрание сочинений, т. II. М.—Л., Гостехиздат, 1941.
- Суворов С. Г. и Штейнман Р. Я. За последовательно материалистическую трактовку основ механики. Успехи физ. наук, т. 40, вып. 3, 1950.
- Сытинская Н. Н. Современная наука о происхождении солнечной системы. Изд-во Академии педагогич. наук, 1956.
- Тауц Я. Доля тепловой энергии, отобранной от окружающего пространства в электролюминесцентной энергии, излученной в переходе $P \rightarrow N$. Чехословацкий физ. журн., т. 7, кн. 3. Изд. АН Чехословакии, 1957.
- Тимирязев А. К. Кинетическая теория материи. М., Учпедгиз, 1956.
- Тимирязев К. А. Сочинения. Сельхозгиз, т. IV, 1938; т. VI, 1939.
- Тихонравов М. К. Работы Циолковского и современное ракетостроение. Сборник статей. М., Ред.-изд. отдел Аэрофлота, 1939.
- Улитовский А. В. Отзыв о монографии П. К. Ощепкова, В. И. Рыбалки и Б. А. Осанова. Фонд Ин-та металлургии АН СССР.
- Умов Н. А. Рукописи. Архив АН СССР, ф. 320, оп. 1, № 179.
- Умов Н. А. Собрание сочинений, т. III. Изд. Моск. о-ва испыт. природы, 1916.
- Федынский В. В. Метеоры. Гостехиздат, 1956.
- Фок В. А. Критика взглядов Бора на квантовую механику. Успехи физ. наук, т. 45, вып. 1, 1951.
- Фок В. А. Масса и энергия. Успехи физ. наук, т. 48, вып. 1, 1952.
- Френкель Я. И. Введение в теорию металлов. Изд-во АН СССР, 1951.
- Фриш С. Э. Представление о массе и энергии в современной физике. Успехи физ. наук, т. 48, вып. 2, 1952.
- Харадзе Е. К. В глубинах вселенной. М., изд-во «Знание», 1956.
- Хвольсон О. Д. Гегель, Геккель, Коссут и Двенадцатая заповедь. Критический этюд. СПб., 1911.
- Хвольсон О. Д. Можно ли прилагать законы физики ко Вселенной. СПб., 1910.
- Хрущев Г. К. Отзыв о монографии П. К. Ощепкова, В. И. Рыбалки и Б. А. Осанова. Фонд Ин-та металлургии АН СССР.
- Циолковская В. Е. Воспоминания о К. Э. Циолковском. Сборник статей. М., Ред.-изд. отдел Аэрофлота, 1939.
- Циолковская Л. К. Его жизнь. Сборник статей. М., Ред.-изд. отдел Аэрофлота, 1939.
- Циолковский К. Э. Авиация, воздухоплавание и ракетоплавание в XX веке. Сборник статей. М., Ред.-изд. отдел Аэрофлота, 1939.
- Циолковский К. Э. Аэроплан или птицеподобная летательная машина. М., Наука и жизнь, № 43—46, 1894.
- Циолковский К. Э. Богатства Вселенной. Калуга. Изд. кооператива учащихся, 1920.
- Циолковский К. Э. Будущее Земли и человечества. Калуга, изд. автора, 1928.
- Циолковский К. Э. Вне Земли. (Фантастическая повесть). Калуга, изд. автора, 1920.

- Циолковский К. Э. Воздушный транспорт. Калуга, изд. автора, 1918.
- Циолковский К. Э. Волнолом и извлечение энергии из морских волн. Л., Вестник знания, № 5, 1935.
- Циолковский К. Э. Второе начало термодинамики. Калуга, Изв. Калужского о-ва изучения природы, 1914.
- Циолковский К. Э. Грезы о Земле и небе. Эффекты всемирного тяготения. М., изд. А. Гончарова, 1895.
- Циолковский К. Э. Двигатели прогресса. Калуга, изд. автора, 1928.
- Циолковский К. Э. Звездолет. Знание и сила, № 23—24, 1932.
- Циолковский К. Э. Звездоплателям. Калуга, изд. автора, 1930.
- Циолковский К. Э. Из моей жизни. «Известия ЦИК СССР и ВЦИК» от 20 сентября 1930 г.
- Циолковский К. Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами. Научное обозрение, № 5, 1903; Вестник воздухоплавания, № 2, 3, 5—7, 9, 19—21, 1912.
- Циолковский К. Э. Как увеличить энергию взрывных (тепловых) двигателей. Калуга, изд. автора, 1931.
- Циолковский К. Э. Кинетическая теория света. Калуга, Изв. Калужского о-ва изучения природы, кн. 3, 1919.
- Циолковский К. Э. Космическая ракета, опытная подготовка. Калуга, изд. автора, 1924.
- Циолковский К. Э. Космические ракетные поезда. Калуга, Изд. коллектива научных работников, 1929.
- Циолковский К. Э. Любовь к самому себе или истинное себялюбие. Калуга, изд. автора, 1928.
- Циолковский К. Э. На луне. М., Детгиз, 1955.
- Циолковский К. Э. Научная этика. Калуга, изд. автора, 1930.
- Циолковский К. Э. Новый аэроплан. За атмосферой Земли. Реактивный двигатель. Калуга, изд. автора, 1929.
- Циолковский К. Э. Образование Земли и солнечных систем. Калуга, изд. автора, 1915.
- Циолковский К. Э. Образование солнечных систем и споры о причине космоса. Калуга, изд. автора, 1925.
- Циолковский К. Э. Обратимость явлений вообще. Обратимость физических явлений. Обратимость химических явлений. Космические явления обратимости. Обратимость биологических явлений. Рукописи. Архив АН СССР, ф. 555.
- Циолковский К. Э. Общественная организация человечества. (Вычисления и таблицы). Калуга, изд. автора, 1928.
- Циолковский К. Э. Освоение жарких пустынь. Л., Вестник знания, № 10, 1934.
- Циолковский К. Э. Отклики литературные. Калуга, изд. автора, 1928.
- Циолковский К. Э. От самолета к звездолету. М., Искры науки, № 2, 1931.
- Циолковский К. Э. Охлаждение воздуха жилых помещений. Л., Наука и техника, № 2, 1935.
- Циолковский К. Э. Причина космоса. (Конспект, 1925). Калуга, изд. автора, 1925.

- Циолковский К. Э. Продолжительность лучеиспускания Солнца, давление внутри звезд (Солнца) и сжатие их в связи с упругостью материи. Научное обозрение, СПб., 1897.
- Циолковский К. Э. Прошедшее Земли. Калуга, изд. автора 1928.
- Циолковский К. Э. Ракета в космическое пространство. Калуга, изд. автора, 1924.
- Циолковский К. Э. Реактивный аэроплан. Калуга, изд. автора, 1930.
- Циолковский К. Э. Собрание статей. М., Ред.-изд. отдел Аэрофлота, 1939.
- Циолковский К. Э. Собрание сочинений, т. I. Аэродинамика. Изд-во АН СССР, 1951.
- Циолковский К. Э. Собрание сочинений, т. II. Реактивные летательные аппараты. Изд-во АН СССР, 1954.
- Циолковский К. Э. Современное состояние земли. Калуга, изд. автора, 1929.
- Циолковский К. Э. Солнце и завоевание пустынь. Л., Вестник знания, № 23—24, 1933.
- Циолковский К. Э. Сопротивление воздуха и скорый поезд. Калуга, изд. автора, 1927.
- Циолковский К. Э. Теория реактивного движения. М., журн. «В бой за технику», № 15—16, 1932.
- Циолковский К. Э. Труды по ракетной технике. М., Оборонгиз, 1947.
- Циолковский К. Э. Тяготение как источник мировой энергии. М., Наука и жизнь, № 44—46, 1893.
- Циолковский К. Э. Ум и страсти. Калуга, изд. автора, 1929.
- Циолковский К. Э. Цели звездоплавания. Калуга, изд. автора, 1929.
- Циолковский К. Э. Черты моей жизни. Знаменательные моменты моей жизни. Сборник статей. М., Ред.-изд. отдел Аэрофлота, 1939.
- Чернышев Н. Г. Проблема межпланетных сообщений в работах К. Э. Циолковского. М., изд-во «Знание», 1953.
- Шшковский Б. А. Энергия и энтропия. Киев, 1909.
- Щукарев А. Н. Учение об энергии и энтропии в элементарном изложении. М., изд-во И. Д. Сытина, 1912.
- Эйнштейн А. и Инфельд Л. Эволюция физики. М., Гостехиздат, 1956.
- Энгельс Ф. Анти-Дюринг. Госполитиздат, 1950.
- Энгельс Ф. Диалектика природы. ОГИЗ, 1948.
- Юм-Розери В. Электроны и металлы. Metallurgizdat, 1949.
-

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Глава I. Циолковский — мыслитель и новатор	7
1. Авиация	7
2. Ракеты	10
3. Общая термодинамика	14
Глава II. Циолковский об обратимости явлений	22
1. Обратимость явлений вообще	22
2. Обратимость физических явлений	23
3. Обратимость скоростей видимых тел	27
4. Обратимость химических явлений	33
5. Космические явления обратимости	37
Глава III. Циолковский о круговороте тепловой энергии	41
Глава IV. Мировые энергетические ресурсы и значение идей Циолковского о круговороте энергии	62
Заключение	69
Литература	73

Иван Исидорович Гвай

К. Э. Циолковский о круговороте энергии

*Утверждено к печати
Институтом металлургии имени А. А. Байкова
Академии наук СССР
и Оргкомитетом по ознаменованию столетия
со дня рождения К. Э. Циолковского
при Президиуме АН СССР*

•

Редактор издательства *И. К. Шаповалов*
Технический редактор *А. А. Павловский*
Корректор *М. В. Борткова*

•

РИСО АН СССР № 1—58В. Сдано в набор 26/VIII 1957 г.

Подп. в печать 14/IX 1957 г. Формат бум. $84 \times 108^{2/32}$

Печ. л. $2,5 = 4,10 + 1$ вкл. Уч.-изд. л. $3,6 + 0,1 = 3,7$

Тираж 5000 экз. Т-07806. Изд. № 2782.

Тип. зан. № 2013

Цена 2 р. 10 к.

•

Издательство Академии наук СССР
Москва, Б-64, Подсосенский пер., д. 21

2-я типография Издательства АН СССР
Москва, Г-99, Шубинский пер., д. 10

Цена 2 р. 10 к.