

Е.Кнорре

ГОРИЗОНТЫ

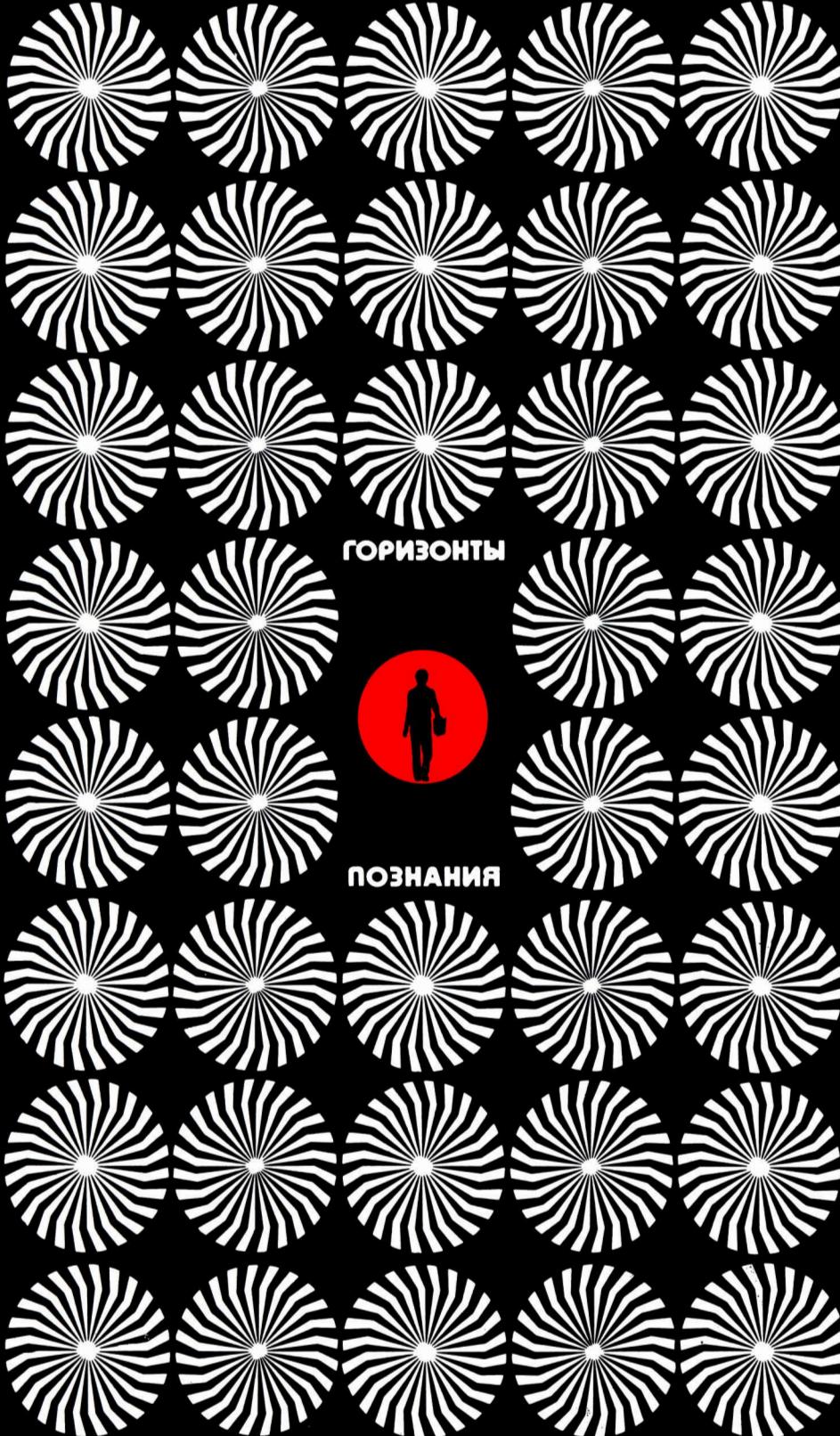
ПОЗНАНИЯ



Е.Кнорре

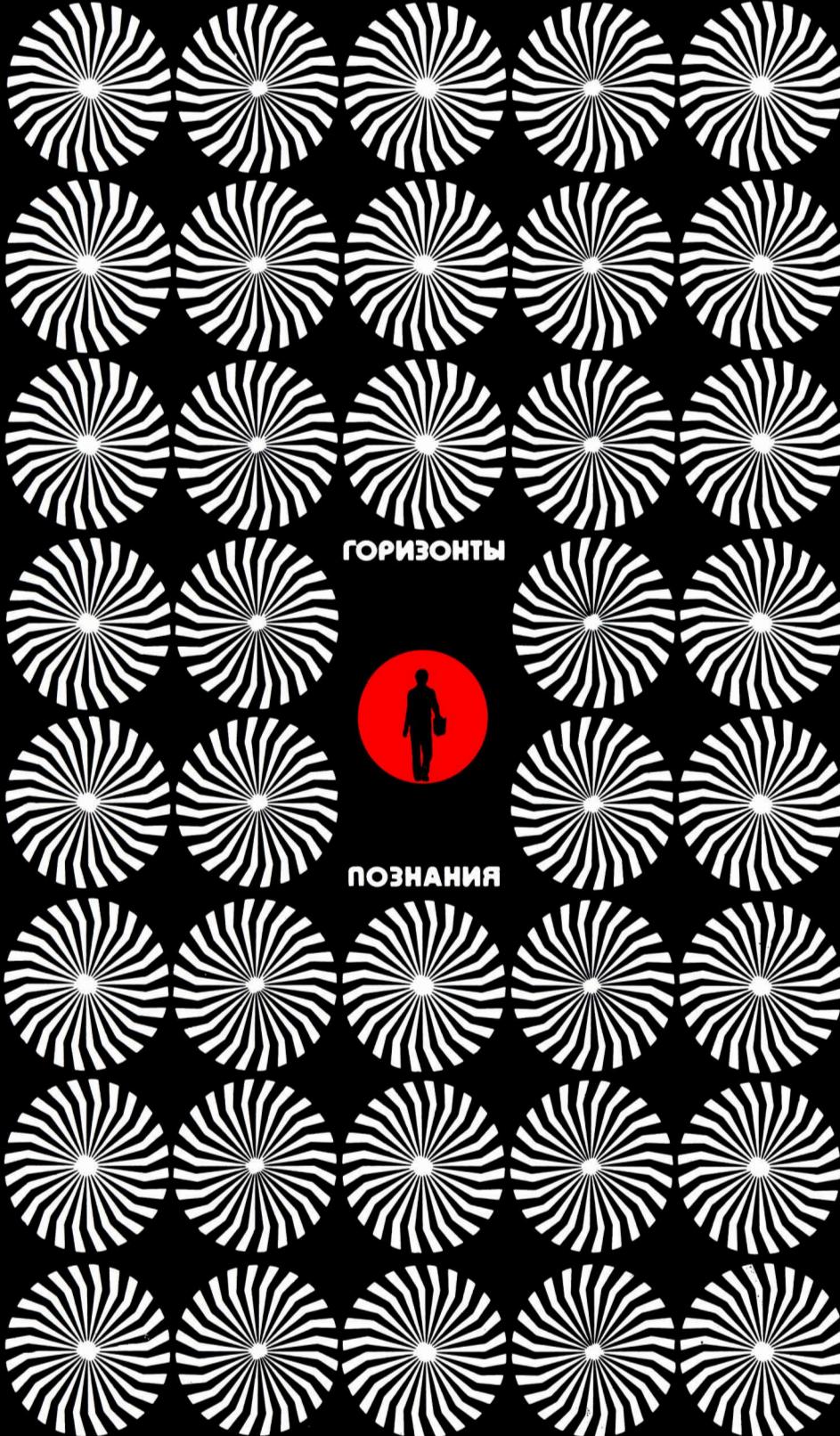
•
**ВПЕРЕДИ
ВРЕМЕНИ**

Л



ГОРИЗОНТЫ

ПОЗНАНИЯ

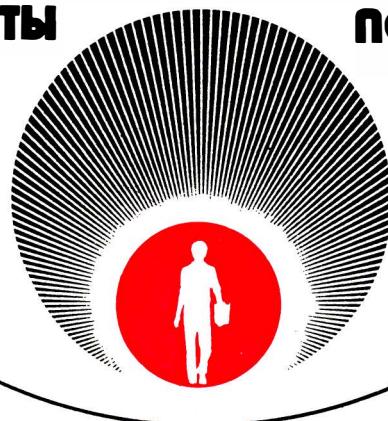


ГОРИЗОНТЫ

ПОЗНАНИЯ

ГОРИЗОНТЫ

ПОЗНАНИЯ



Е.Кнорре



ВПЕРЕДИ ВРЕМЕНИ

**Москва
«Детская
литература»
1989**

ББК 72.4(2)
К 53

НАУЧНО-ХУДОЖЕСТВЕННАЯ
ЛИТЕРАТУРА

Серия издается с 1986 г.

Научный консультант
доктор химических наук
профессор Н. В. ПЕРЦОВ

Художник книги
Б. ЧУПРЫГИН

Исполнители схем
Е. ЧУПРЫГИН и Г. УВАРОВА

Цветные фотографии —
фотохроника ТАСС

К 4802000000—015 023—88
М101[03]-89

ISBN 5—08—001078—9

© ИЗДАТЕЛЬСТВО «ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА», 1989

ПРЕДИСЛОВИЕ

Кто хочет сдвинуть мир,
пусть сдвинет себя.

СОКРАТ

Нам посчастливилось жить в удивительное время — время перемен. Окружающий нас материальный мир круто и решительно меняется буквально на глазах, порой с пугающей стремительностью. Раньше от идеи до свершения проходили века. Теперь счет идет на годы, а то и на месяцы. Истины, ради которых Архимед выше двух тысячелетий назад пожертвовал жизнью, ныне знакомы любому школьнику. Казавшаяся непостижимой теория относительности Эйнштейна уже через два десятилетия вошла во все учебные программы... Расстояние от «этого не может быть» до «это само собой разумеется» сжимается со скоростью волшебства.

«Лампочкой Ильича» называли всего лишь в 20-е годы на селе чудо электричества, вошедшее в жизнь миллионов с ленинским планом ГОЭЛРО. Тридцать лет спустя наши бабушки и дедушки как не меньшее чудо восприняли крохотный КВН. А мы запросто следим за хоккейными баталиями на любом континенте, участвуем в дискуссиях с оппонентами на другой половине земного шара, попивая чай, заглядываем в ядро таинственной космической странницы — кометы, любуясь переливами цветов и красок, и мечтаем об объемном телевидении. Мечтаем вполне конкретно, зная, что скоро его получим. Ведь стали же обычными голограммические экспонаты в передвижных музеях. Портативный личный компьютер, хранящий в памяти сокровища знаний, доступные разве что огромной государственной библиотеке, уже тоже конкретная примета наших дней, а лет пять назад мало кто, кроме узких специалистов, представлял, что такое вообще компьютер, микропроцессор и зачем они нужны.

Стремление человека к прогрессу неодолимо. Так уж устроен наш мозг, что нас властно влечет к себе неизведанное и непознанное. Человек потому и зовется человеком разумным, что хочет знать и уметь. Ни общество в целом, ни отдельная личность не могут застыть, не могут топтаться на месте. Развитие, прогресс — главный закон жизни. И мы стремимся знать больше, уметь больше, жить лучше и интереснее. Мы стремимся, чтобы еще лучше и интереснее жилось следующим поколениям. В этом — цель перестройки, которая с каждым днем все глубже пронизывает все стороны нашей жизни, в том числе и перестройку нашего мышления, всего косного, отсталого, отжившего, что мешает двигаться

вперед. Вперед, и только вперед, обгоняя время,—в этом смысл ставшего уже интернациональным емкого русского слова «ускорение».

«Высшей целью экономической стратегии партии был и остается неуклонный подъем материального и культурного уровня жизни народа. Реализация этой цели в предстоящем периоде требует ускорения социально-экономического развития, всемерной интенсификации и повышения эффективности производства на базе научно-технического прогресса. Предстоит поднять на качественно новую ступень производительные силы и производственные отношения, кардинально ускорить научно-технический прогресс, обеспечить быстрое продвижение вперед на стратегических направлениях развития экономики, создать производственный потенциал, равный по своим масштабам накопленному за все предшествующие годы Советской власти».

Так сформулирована задача в «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года». Вдумайтесь — за четырнадцать лет создать потенциал, равный по масштабам накопленному за семьдесят лет! Какой же нужен гигантский рывок на главных, стратегических направлениях прежде всего научной мысли, прямо и непосредственно воздействующей на промышленное производство, охрану природы, культуру, образование, на все материальные и духовные сферы жизни общества!

Эти главные направления названы. Зная достижения и планы, свершения и поиски, можно обоснованно судить и о выборе магистральных путей ускорения, учиться находить средства и способы обогнать и победить время. Ведь в науке и технике любое самое ошеломляющее «вдруг» всего лишь кажется. Ничего не возникает само собой на пустом месте. Все связано, все обусловлено предшествующими теориями и свершениями. Принципиально новое открытие или явление немыслимо предсказать, иначе оно не было бы открытием. Прийти же к нему можно, только перефразируя Ньютона, опираясь на плечи гигантов.

В этой книге рассказывается о некоторых ключевых направлениях современной науки, о революционных идеях, об успехах и препятствиях в их реализации, о «горячих точках» научно-технического прогресса. И конечно, о людях — творцах науки, о тех, чей самоотверженный, самозабвенный труд ускоряет прогресс, чьи свершения опережают время, определяют будущее. Многое из того, что сделано ими сегодня, должно в самые ближайшие годы встроиться в каркас грядущего века, грядущего тысячелетия. И тем, кто сейчас еще сидит за школьной партой, предстоит возводить на этом каркасе новый удивительный мир, столь же не похожий на наш теперешний, как не похожи на него те образы, что запечатлел кинематограф первых дней первого социалистического государства.

ОЧЕРК ОЧЕРК

1



АЛГЕБРА ГАРМОНИИ

В воспоминаниях детства Льва Толстого есть поэтичный рассказ о «Зеленой палочке». На ней записан секрет общечеловеческого счастья и другие важные вещи. Заполучить «Зеленую палочку» очень и очень трудно. Для этого надо соблюсти непременное условие: в течение часа не думать о разных незначительных вещах...

Обрести волшебную палочку в науке куда труднее. Недостаточно одного лишь умения отвлекаться от

посторонних помыслов, не позволять мыслям разлетаться в стороны. Нужен еще особый дар выделять из многоного главное и концентрировать на нем свою мысль, очищенную от всего проходящего и личного. Дар предвидеть и обобщать.

В творчестве вообще и в науке в частности такой дар, именуемый талантом, играет исключительную роль. Говорят, незаменимых людей нет. Может, с точки зрения исторических

эпох это так. Но с точки зрения человеческой жизни и конкретного времени это неверно. Все революционные свершения несут на себе печать своих творцов. Примеров тому достаточно. Взять даже создание целых отраслей науки, технологии, промышленности. Если бы не было С. П. Королева, то трудно сказать, стал бы первым именно советский искусственный спутник Земли и был бы первым в истории человечества космонавтом гражданин СССР Юрий Гагарин или нет. А если бы не было И. В. Курчатова, стала бы именно наша страна родоначальником мирной ядерной энергетики? Далеко не каждый даже очень талантливый ученый, способный настойчиво и углубленно работать в определенной области, одарен талантом лидера, организатора. Здесь требуются еще и дополнительные качества, особенно важные в наши дни, когда, с одной стороны, роль науки, ее влияние на экономику, всю хозяйственную жизнь страны, человеческую культуру возросла неизмеримо, а с другой — «делают науку» большие коллективы. Умелых, смело мыслящих, прогрессивных организаторов найти так непросто, ошибки обходятся обществу дорого.

Руководитель науки должен уметь ориентироваться в широком круге проблем, создавая творческие коллективы, правильно подбирать в них людей, а значит, быть отличным психологом и одновременно яркой индивидуальностью, способным увлечь, повести за собой, поддержать все лучшее, подлинно ценное, достойное. Руководить, как диктует теперь время, комплексными междисциплинарными исследованиями невозможно без огромной эрудиции, способности мыслить масштабно, разрабатывать сразу несколько вариантов решения, а также умения находить кратчайший обходной путь, если встречаются трудности, тупиковые ситуации. Такими умелыми руководителями были выдающиеся ученые академики И. В. Курчатов и С. П. Королев, А. Н. Несмиянов и М. В. Келдыш, А. П. Александров и М. А. Лаврентьев. Такой стиль руководства в какой-то мере присущ акаде-

мику Г. И. Марчуку, избранному президентом АН СССР в знаменательном в жизни страны 1986 году, отмеченном историческими решениями XXVII съезда КПСС.

Личная судьба Гурия Ивановича Марчука, известного во всем мире ученого-математика, неразрывно связана с судьбой родной страны, с грозовым и вдохновенным дыханием эпохи. Он поступил в Ленинградский государственный университет, эвакуированный в годы войны в город, где он жил, — Саратов, на математико-механический факультет. Но через полгода, как только исполнилось восемнадцать, ушел в армию, мечтая попасть на фронт, куда давно рвалось мальчишеское сердце. Артиллерийская инструментальная разведка стала первой настоящей жизненной школой. После победы снова университет, тот же факультет, но уже в Ленинграде, у замечательных учителей. Он пришел туда зрелым человеком, твердо знающим, чего он хочет, и требовательным к себе, а потому сумевшим вобрать все ценное, что могли дать первоклассные преподаватели. Любимый профессор академик Владимир Иванович Смирнов, блистательный артистизм которого делал занятия увлекательными, творческими, нередко повторял, что математику недаром называют царицей наук. Высшее ее назначение состоит в том, чтобы находить порядок в кажущемся хаосе, который нас окружает.

Очень трудно передать обычными словами увлекательность творчества математика, поскольку для большинства людей это нечто сухое, отвлеченное и непонятное. И мало кто из нематематиков способен представить, что скучные цифры и закорючки значков могут иметь какое-либо отношение к столь эмоциональным понятиям, как гармония, красота и вдохновение. Для этого нужна специальная подготовка, гораздо более сложная, чем, скажем, для восприятия симфонической музыки. Но поскольку именно талантливые математики с помощью четких и точных методов создают новое, более совершенное

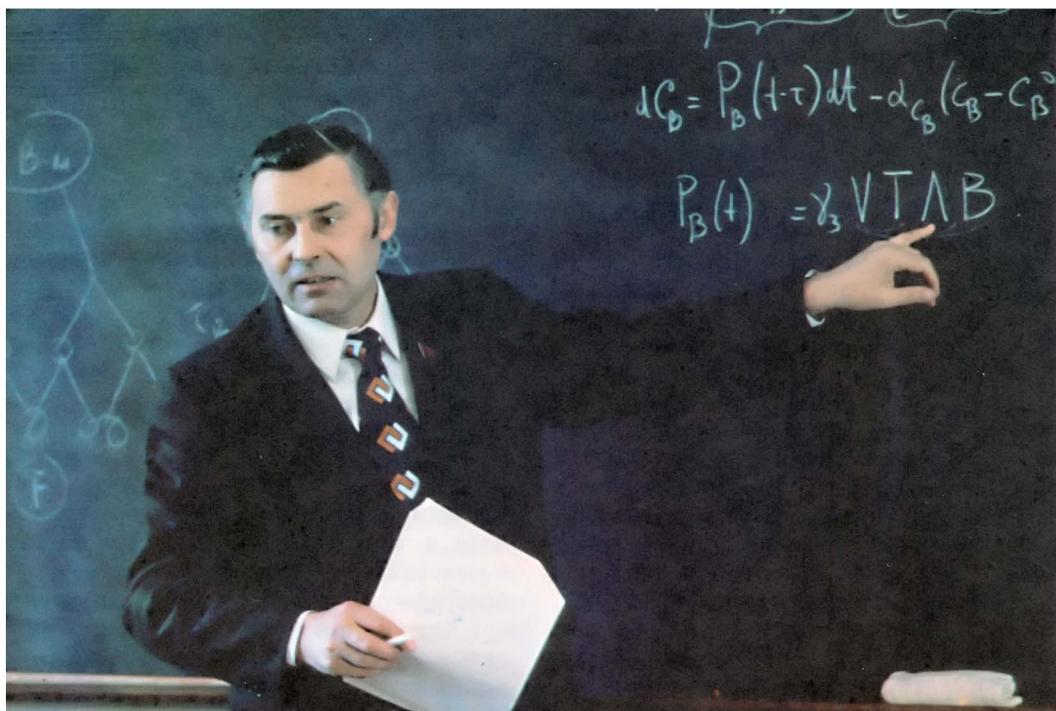
представление о мире, о казавшихся непостижимыми и неуправляемыми явлениях и процессах, в нем происходящих, все больше и больше увеличивается число специалистов — инженеров, физиков, биологов, медиков, которых необходимы математические выводы для их профессиональных целей. Они довольно быстро овладевают знаниями, позволяющими по достоинству оценить глубокую теорию или безупречно изящное доказательство. Кстати, математику издавна связывают с другими науками прочные и крепкие узы. Более того, основные ее направления и родились в процессе решения тех или иных задач — научных, технических и практических. В частности, кочевое скотоводство и древнее мореплавание, породившие астрономию, механику, вызвали и возникновение классического анализа. Постоянным стимулатором идей и направлений послужила физика. Величайшее открытие эпохи — принцип относительности Эйнштейна — было подготовлено работами математиков Н. И. Лобачевского, К. Ф. Гаусса, Б. Римана. Важная область теории вероятностей — теория случайных процессов — появилась в связи с запросами молекулярной и атомной физики.

Конечно, царица не была бы царицей, если бы ограничивалась лишь функциями помощницы. Математика развивается в согласии с собственной логикой. Многие серьезнейшие ее проблемы носят абстрактно-теоретический характер и нередко кажутся полностью изолированными не только от естествознания или техники, но и от остальных разделов самой математики. Но как неоднократно подтверждает жизнь, приходит час, и эти теории находят свое место. Оказываются необходимыми в самых непредвиденных и непредсказуемых ситуациях. Скажем, учение о конических сечениях, возникшее в Древней Греции, через несколько веков помогло выяснить законы движения планет. Идеи творца статистической механики Уилларда Гиббса, умершего в 1903 году в США и не добившегося извест-

ности, оказались отправной точкой в становлении многих областей теоретической физики и кибернетики, создания вычислительных машин. В наше время математизация различных областей человеческой деятельности стремительно ускоряется. Не несколько веков, а несколько лет проходит между созданием теории или расчетного аппарата на разных ответвлениях математического древа и использованием их в науке, народном хозяйстве. Понятия «абстрактная» и «прикладная» математика все больше сближаются...

Г. И. Марчук как раз принадлежит к той одаренной плеяде математиков, у которых необычайно острое абстрактное мышление счастливо сочетается с интуитивным умением видеть и чувствовать конкретную физическую проблему. Его работы никогда не носят случайного характера. Он и здесь твердо знает, чего хочет и зачем это надо, и выбирает такие неизвестные или мало разработанные задачи, которые надолго сохраняют реальную ценность и актуальную остроту.

Ленинской премии он был удостоен в 1961 году за разработку численных методов расчета ядерных реакторов и участие в создании первой в мире советской атомной электростанции. Вдумайтесь — впервые в мире грозная сила атома стала послушно служить топливом в котле электростанции! Никакого опыта до этого у человечества не было. Первая — этим все сказано. Какая же смелость и ответственность нужна, чтобы сделать первую своеобразную математическую модель всех процессов и всех изменений, которые произойдут или могут произойти при таинственных преобразованиях материи... Вероятно, уместно провести тут оценку известного советского математика, создателя Сибирского отделения АН СССР академика М. А. Лаврентьева, который сманил Г. И. Марчука в Сибирь. Нелишне при этом вспомнить, что Сибирское отделение АН СССР создавалось в полном смысле слова на голом месте. До 1957 года во всей Сибири и на Дальнем Востоке работал



Академик Г. И. Марчук.

всего один член-корреспондент АН СССР В. Д. Кузнецов. Весь цвет науки тогда тяготел к Москве, Ленинграду, Киеву...

«Нам нужно было привлечь в Сибирь крупных и перспективных ученых, способных возглавить новое дело и решать большие задачи государственной важности... Мы исходили из того, что в каждом будущем институте должен быть авторитетный научный лидер, который и определял бы (по крайней мере, на первые годы) лицо института. То есть мы придерживались принципа — создавать институт «под директора», а не искать директора для задуманного, пусть даже и хорошо задуманного института. При этом важно было найти ученых — лидеров по всем основным направлениям науки, необходимым для комплексного центра. Конечно, решиться бросить Москву ради Сибири крупному ученому не просто. Требовалась определенная психологическая ломка... С первых лет работы мы постоян-

но держали в поле зрения развитие вычислительной математики и техники. И нам хотелось найти человека, который мог бы возглавить это дело. Академик С. Л. Соболев как-то сказал мне, что у известного математика И. А. Кибеля есть молодой талантливый ученик Г. И. Марчук. Его методы численных расчетов ядерных реакторов свидетельствовали о том, что это серьезный ученый с большим будущим. Мы с С. Л. Соболевым поехали в Обнинск, где он тогда работал в физико-энергетическом институте, поговорили и получили согласие Г. И. Марчука на переход в Сибирское отделение. Он у нас организовал и возглавил Вычислительный центр. Выбор оказался чрезвычайно удачным. Г. И. Марчук создал сильную научную школу и один из лучших институтов не только у нас в стране, но и за рубежом в области вычислительной математики и техники. Сразу обратили на себя внимание его организационные способности. Позже я порекомендо-



Знаменитый сибирский Академгородок. На переднем плане — комплекс Вычислительного центра.

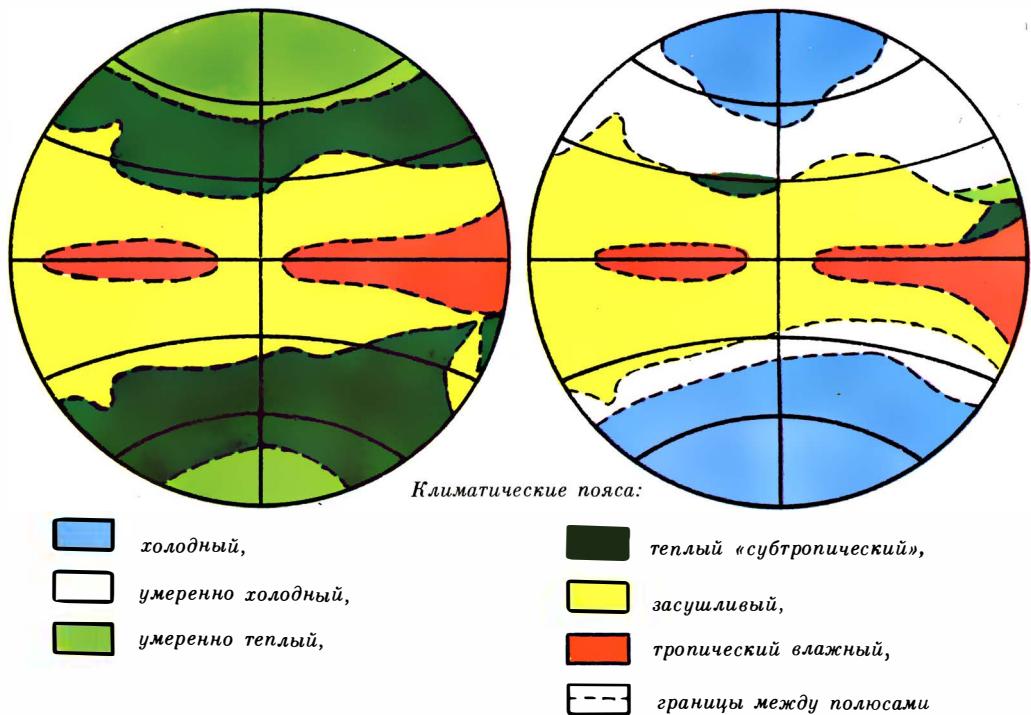
вал его в заместители председателя всего отделения и, таким образом, подготовил себе смену. Время показало, что я не ошибся в выборе», — вспоминал М. А. Лаврентьев.

В вычислительном центре Г. И. Марчук провел широкие исследования по математическому моделированию больших нелинейных многокомпонентных систем со сложными взаимосвязями — например, таких, как системы атмосферы и океана или геофизические комплексы. К ним же относятся и программирование и программное обеспечение различных задач науки и техники.

Марчук одним из первых понял, что электронная вычислительная машина — это не только средство, позволяющее ускорить громоздкие расчеты, но и принципиально новый вид экспериментальной установки. Возможности ЭВМ позволяют воспроизводить, имитировать с большой степенью детализации реальные процессы, которые происходят в окружаю-

щем мире. Причем такие процессы, воспроизведение которых в эксперименте либо невероятно дорого, либо немыслимо по длительности сроков, либо просто невозможно. Например, такие явления, как ядерный взрыв, возвращение тела из космоса в земную атмосферу, изучались на математических моделях, поскольку по понятным причинам эксперименты были трудноосуществимы.

Вообще-то идея математической модели — описание на языке математики реальных явлений жизни и ее исследование — восходит, по существу, к временам Ньютона. Но и математике, и технике нужно было пройти долгий путь в несколько столетий, чтобы стало возможно использовать подобные модели в машинном эксперименте. Появление ЭВМ, при условии создания соответствующего математического обеспечения — прямого «общения с машиной» специалиста, решавшего ту или иную задачу, давало ключ и к новым принципам ис-



Математические модели позволяют сравнить изменения климата Земли за миллионы лет. За последние 500 миллионов лет постепенно сменили друг друга ледниковая (справа) и гермальная (слева) типы зональности.

пользования этой уникальной техники. Появилась возможность плодотворного синтеза способностей машины, которая умеет гораздо быстрее человека не только считать, но и прослеживать все логические связи, и интеллекта человека, обладающего неформальным мышлением, богатством ассоциаций, творческой фантазией.

Острый интерес в этой связи к взаимодействиям и взаимосвязям атмосферы и океана понятен. Это одна из главных составляющих взаимоотношений человека с окружающей средой. Это возможность точного расчета изменений климата, а в более узком практическом выходе — точного предсказания погоды. Для математика и физика в этой таинственной сфере стихий особая привлекательность. Как найти в хаосе гармонию и порядок? Как установить закономерности, управляющие хаотическим на первый взгляд движением всей необъятной массы воды и воздуха? Как дать мате-

матическое описание разнообразных явлений, происходящих на гигантских просторах в постоянно меняющихся условиях? Каким аппаратом воспользоваться, чтобы не захлебнуться в бесконечном множестве мелких деталей общей картины? К счастью, природа в широком смысле этого слова может не только служить средоточием задач для математика, но и подсказывать творческому уму аппарат, пригодный для их решения.

Если пытаться поставить задачу, скажем, прогноза погоды, рассматривая ее как некую очень сложную, сходную с определением в астрономии планетных орбит, то можно ввесить все данные о начальном состоянии атмосферы в сверхмощную вычислительную машину и, используя законы движения, выражаемые уравнениями гидродинамики, рассчитать погоду на продолжительное время вперед. Такова была в свое время идея знаменитого математика Джона фон Неймана.

Трудность ее осуществления заключается в том, что бюро прогнозов располагает крайне скучной информацией о состоянии атмосферы в отдельных точках, разделенных колоссальными расстояниями. Этую трудность можно было преодолеть с помощью методов статистического моделирования. В Сибирском вычислительном центре АН СССР занялись созданием и обоснованием методологии построения математических моделей для решения широкого класса задач физики атмосферы и океана, атмосферной оптики и гидрооптики, теории климата и охраны природы.

Первой из численных моделей гидротермодинамики атмосферы, построенной на найденных принципах, стала модель решения задачи прогноза погоды на 48 часов для ограниченной территории. С 1974 года она внедрена в практику Новосибирского бюро погоды.

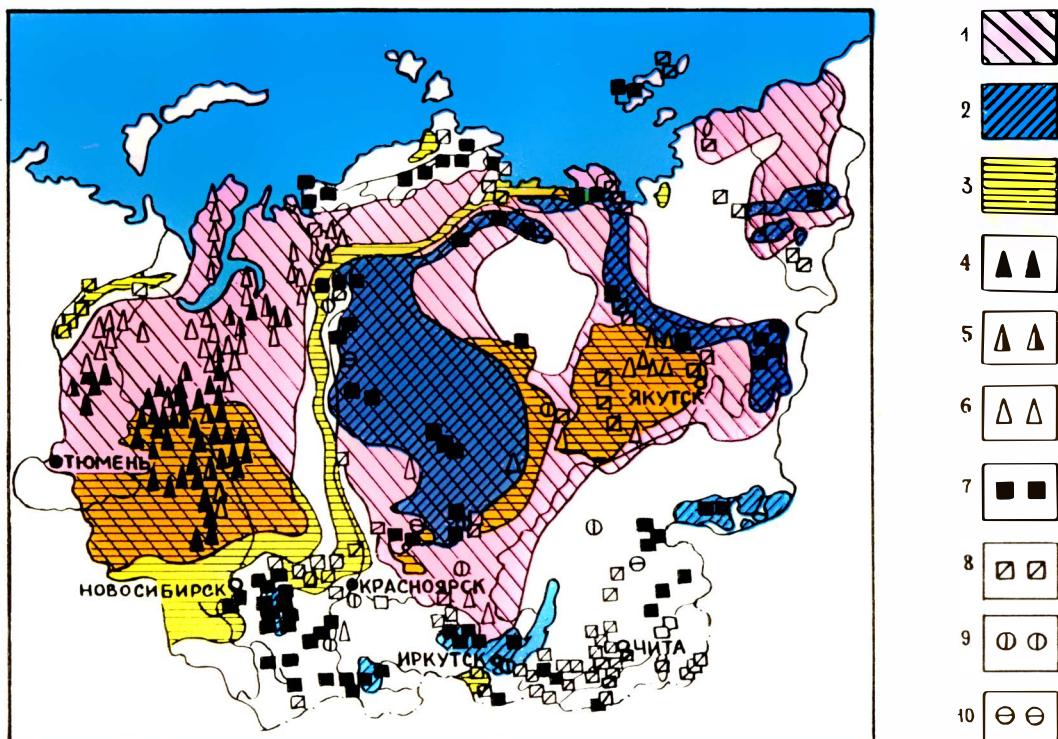
Затем последовала более сложная численная модель краткосрочного прогноза погоды для Северного полушария, которая также давно и успешно используется в метеорологии. В 1975 году за цикл работ в области гидродинамических методов прогноза погоды и физики атмосферных процессов ему присуждена премия имени А. А. Фридмана, в 1979 году за решение многомерных задач теории переноса излучения посредством метода статистического моделирования — Государственная премия СССР.

С 1978 года Г. И. Марчук с сотрудниками перешел к принципиально новому классу сложнейших численных моделей для изучения влияния деятельности человека на атмосферу в локальном, региональном и глобальном масштабах. Значение этих работ в нашей жизни огромно. Это возможность принимать точные меры по охране воздушного бассейна. Это и четкое гидрометеорологическое обоснование народнохозяйственных проектов, разносторонние последствия которых практически было невозможно предугадать.

Возьмем, к примеру, проект пере-

броски северных рек европейской части СССР, который — к счастью и вовремя — удалось похоронить навсегда. Оказалось, что приближенные прогнозы Министерства водного хозяйства о водном балансе страны содержали грубейшие ошибки. Вот один лишь из самых «маленьких» примеров: в расчетах не учитывались глобальные изменения климата вследствие накопления углекислого газа в атмосфере. Между тем из-за все возрастающего сжигания громадного количества топлива концентрация углекислого газа в атмосфере возросла почти в полтора раза. Приземный воздушный слой потепел, и это заметно отразилось на распределении осадков. Расчеты и модели свидетельствуют, что пути циклонов будут все больше отклоняться к северу и климат расположенных над тропиками засушливых зон Сахары, Аравийской пустыни, Калахари станет еще более сухим, климат же увлажненных областей — еще более влажным. Выше широты 50 градусов в Америке и Европе осадков станет гораздо больше, и сток рек, текущих с севера, ощутимо увеличится. Это подтверждают и многолетние наблюдения. Зачем же затапливать водой ценные северные земли ради перебрасываемых 5—6 кубических километров, когда природа и так снабдит их водой в избытке?

Разработанная при участии и под научным руководством Г. И. Марчука в рамках программы «Разрезы» конечно-разностная модель общей циркуляции атмосферы и океана — это воспроизведение картины их совместного движения и взаимовлияния термических и гидрологических циклов с учетом обмена теплом, влагой и моментом количества движения. Это программа поиска энергоактивных зон и зон повышенной чувствительности, оказывающих наибольшее влияние на формирование погоды в различных районах земного шара. Как атмосфера, так и Мировой океан играют основную роль в формировании долговременных изменений погоды и климата Земли. Океан — аккумулятор тепла, поступающего от Солнца. В по-



Энергетический потенциал Сибири:

1 — территории, перспективные по нефти и газу, 2 — каменноугольные бассейны, 3 — бассейны бурого угля, 4 — нефть, 5 — нефть и газ, 6 — газ, 7 — месторождения каменного угля, 8 — месторождение бурого угля, 9 — действующие гидроэлектростанции, 10 — строящиеся гидроэлектростанции.

следние годы установлено, что между долговременными изменениями погоды на материках и изменениями тепловых запасов в океане существуют непосредственные и тесные несинхронные связи. Поэтому понятен повышенный интерес к математическому моделированию океанических процессов в лаборатории. Численные эксперименты позволили достоверно описать ряд важных характерных особенностей циркуляции Мирового океана — формирование струйных течений Гольфстрима, определяющего климат Западной Европы, и Курноско, от которого зависит климат Японии и Дальнего Востока. Математика пришла на помощь и в разработке комплекса моделей «Байкал», результаты расчетов которых используются ныне Госкомгидрометом СССР при прогнозе изменений качества воды в этом уникальном озере.

Математическое моделирование на ЭВМ — универсальный метод, ставший необходимым ныне в любом сложном деле. Расчет ли наиболее удобного и экологически целесообразного размещения промышленных предприятий с учетом хозяйственных интересов, применения инсектицидных аэрозолей в растительном царстве или расчет, касающийся защитных средств и систем организма — иммунитета, где взаимовлияния и взаимодействия многосторонни и многообразны, а главное, строго индивидуальны у каждого человека, — во всем помогает математическая модель.

Не угасал и не угасает горячий интерес Г. И. Марчука к новым неожиданным применениям математики, не ослабевает тяга к научному поиску, к первоходству, хотя волей судьбы круг его обязанностей становился все более сложным и ответственным.

*Весом вклад сокровищниц Сибири
в экономику страны.*

В 1975 году он стал председателем Сибирского отделения АН СССР, сменив академика М. А. Лаврентьева, сосредоточившего свои силы на научной работе.

Сибирь — континент, требующий для описания только превосходных степеней. Территория в 10 миллионов квадратных километров, в три раза богаче всей Европы. Запасы угля больше, чем во всех капиталистических странах, вместе взятых. Огромные залежи цветных металлов, железа, половина всех гидроэнергетических ресурсов страны. Самые гигантские стройки и самые крупные капиталовложения. Самые большие лесные таежные массивы («легкие» всей Европы) и самые суровые климатические условия — перепады температур от +40 градусов Цельсия до —60 градусов Цельсия зимой в Якутии. Сибирь — главная артерия, снабжающая полмира газом и нефтью. Волшебное озеро Байкал, старинные города, помнящие ссыльных декабристов, и БАМ. И одновременно это бескрайняя, не имеющая precedента в истории экспериментальная лаборатория науки. Сибирский Академгородок. Это не просто собранные в одном месте 23 научно-исследовательских института. Это научный полюс, вокруг которого и посредством которого сформировались центры передовой науки и техники там, где за единицу расстояния принимается сотня километров, а за единицу площади — тысяча квадратных километров...

Теснейшая связь с народным хозяйством была с первых дней организации отделения одним из его основополагающих принципов. Этот принцип упрочился и развился стараниями Г. И. Марчука, который сразу предложил силы и ресурсы концентрировать на важнейших, ведущих направлениях, приучил к использованию математических методов и автоматизации исследований в промышленных организациях, наладил четкую кооперацию институтов Сибирского отделения с



академическими и отраслевыми институтами страны.

Еще в XIX веке, задолго до научно-технической революции, основоположник научного коммунизма Карл Маркс очень точно назвал производство технологическим продолжением науки. То, что сегодня всего лишь фантастическая идея или предмет лабораторных экспериментов, завтра должно воплотиться в новые материалы, конструкции, технологию. От того, сколько будет длиться это «завтра», зависят темпы развития народного хозяйства, роста производства и производительности труда, а в конечном счете, при социализме,— улучшение условий жизни людей.

В экономическом соревновании государств одним из решающих условий является эффективное и быстрое использование достижений науки. Страна, которая раньше других запускает новые отрасли промышленности, внедряет качественно новую технику, налаживает массовый выпуск высококачественных изделий, вырывается далеко вперед и получает большие преимущества. Поэтому всемерное ускорение научно-технического прогресса является диктатом жизни, диктатом времени, важнейшим и непременным условием процветания.

Помните эпизод бега с королевой из сказки математика Льюиса Кэрролла «Алиса в Зазеркалье»: «У нас,— сказала Алиса, с трудом переводя дух,— когда долго бежишь со всех ног, непременно попадешь в другое место». — «Какая медлительная страна! — сказала Королева.— Ну, а здесь, знаешь ли, приходится бежать со всех ног, чтобы только остаться на том же месте! Если же хочешь попасть в другое место, тогда нужно бежать по меньшей мере вдвое быстрее!»

Наша страна располагает прекрасными учеными и инженерами, в некоторых направлениях науки мы опережаем всех в мире, но в то же время многие отрасли промышленности оказались у нас ниже мирового стандарта.

Как повысить эффективность внедрения научных разработок в промыш-

ленность? Как ускорить реальную экономическую отдачу научных исследований? Как бежать вдвое быстрее? На этот счет существуют разные мнения и предложения. Дело не простое. Препятствий и рогаток разного рода хватает, и сразу их все не преодолеешь. Притом примем во внимание, что связь науки с практикой отнюдь не односторонняя. В наше время это сильно взаимозависимая обратная связь. Настоящий ученый не может замыкаться в стенах лаборатории без ущерба для творчества, справедливо считает Г. И. Марчук. Знание жизни, практических ее потребностей обогащает идеями.

Много было испробовано различных способов и мер упрочения взаимосвязей с предприятиями Сибири, сотни ценных разработок удалось внедрить, и все-таки слишком многое оставалось «не востребованным» или доходило лишь до единичных потребителей, хотя широкомасштабное использование принесло бы большую прибыль. Одним из возможных путей решения проблемы «бежать вдвое быстрее» от лаборатории к научным результатам, к производству стал эксперимент, названный «пояс внедрения», — создание вокруг академических институтов группы отраслевых конструкторских бюро. Что это такое? Суть в том, что традиционный «конвейер» внедрения: институт академический — институт отраслевой — конструкторское бюро — промышленность, — часто буксует, приводит к непозволительной потере времени, средств, сил. Как правило, новизна и необычность оригинальных научных идей, предлагаемых для практического использования, не так быстро воспринимается сотрудниками отраслевых институтов, заводов, да и перестроить освоенное производство, технологию не так-то легко, а иногда и вовсе невозможно, если при этом страдает план выпуска основной продукции. Вот в Сибири и решили создать при академических институтах собственные конструкторские бюро, где под непосредственным руководством авторов изобретений и откры-



Институты Сибирского отделения АН СССР сотрудничают со многими странами мира.

тий их детища исследуются, проверяются и в виде готовых образцов с отработанной технологией, годной для серийного выпуска, передаются промышленности. Причем эти конструкторские бюро как бы двойного подчинения — научного и министерского.

Схема была придумана хорошая, но в жизни все оказалось гораздо сложнее. Некоторые министерства охотно расположились на академической территории, а потом загрузили свои НИИ и КБ текущими заданиями, а мощные ЭВМ — повседневными расчетами. Для нового опять не хватило ни сил, ни средств. Урегулировать отношения не удавалось, возражений выдвигалось множество, и у каждого министерства они были свои. Хоть и с трудностями и неувязками, но первоначальная идея все же шаг за шагом пробивала себе дорогу. Достаточно сказать, что общий экономический эффект от разработок, внедренных всеми отраслевыми СКБ «пояса внедрения», за 10 лет составил свыше четверти миллиарда рублей.

В Сибири искали и другие, параллельные пути, ведь «пояс внедрения», разумеется, не единственный и не главный способ передачи результатов науки производству. Это один из экспериментов. Забегая вперед, замечу, что оптимальное решение проблемы удалось найти украинской Академии наук, о чем вы узнаете из очерка «Впереди времени».

В 70-х годах в Сибирском отделении стали развиваться крупномасштабные формы связей: наука — производство — договоры о двухстороннем творческом сотрудничестве с предприятиями, а затем и с целыми министерствами. При энергичном участии Г. И. Марчука появился принцип «выхода на отрасль». Суть его в том, что на первом этапе внедрение принципиальных новшеств проводилось сначала на крупных головных предприятиях, которые при поддержке министерства распространяли его на всю отрасль.

Так, к примеру, в Вычислительном центре были разработаны теоретичес-

кие основы построения универсально-математического обеспечения АСУ на основе методов адаптации. Созданную совместно с работниками промышленности и отраслевых институтов на базе ЭВМ третьего поколения автоматизированную систему СИГМА стали эффективно использовать более чем на 130 машиностроительных и приборостроительных предприятиях страны.

Здесь особенно выявляется стимулирующая роль обратной связи. В программах сотрудничества, с одной стороны, находят отражение не только сегодняшние нужды отрасли, но и поиски на перспективу, а с другой— проясняются те области науки и техники, которые Сибирское отделение должно усилить, чтобы обеспечить запросы научно-технического прогресса. В частности, на определенном этапе пришлось сосредоточить силы на механике новых материалов, автоматизации проектирования, робототехнике...

Важнейшим моментом в деятельности Сибирского отделения стало формирование долговременной научной программы по комплексному освоению природных ресурсов и развитию производительных сил Сибири, которая получила название «Сибирь». В рамках «Сибири» решаются узловые научные проблемы быстрого и сбалансированного развития этого огромного и богатейшего края. Разработаны 42 целевые научные программы, касающиеся топливно-энергетических, минеральных и биологических ресурсов, охраны природы, техники и технологии, энергетики и сельского хозяйства, включая проблемы Западно-Сибирского нефтегазового комплекса, Кузнецкого и Канско-Ачинского угольных бассейнов, цветной металлургии Красноярского края, освоения зоны БАМа. И конечно, самое главное — здоровья населения Сибири. В программе «Сибирь» участвуют более 400 организаций — академических, министерских, ведомственных. Это программа объединения межотраслевых исследований и их реализации.

Программно-целевой принцип планирования, организации и финансиро-

вания научных исследований и их применения эффективен, но весьма сложен в реализации. Когда дело касается идеи, поистине революционизирующей производство, требуется перестройка нескольких отраслей промышленности. Проблемы такого масштаба можно решать уже только на государственном уровне. Этим занимается Государственный комитет СССР по науке и технике, председателем которого Г. И. Марчук стал в 1980 году, заняв высокий пост заместителя Председателя Совета Министров СССР. Проблемы повышения эффективности управления народным хозяйством всей страны, ускорения научно-технического прогресса всех отраслей производства, модернизации его на базе последних достижений науки и техники — все это и многое другое вошло в непосредственный круг его собственных обязанностей и обязанностей подчиненного ему коллектива ученых и специалистов. И все-таки среди всех ответственнейших повседневных дел, совещаний, встреч, обсуждений, требующих принятия важных решений, академик Г. И. Марчук оставался еще и выдающимся ученым-математиком, продолжал научную работу, избирая, как всегда, пионерские, непроторенные дороги. Каждый четверг после рабочего дня в комитете собирались на научный семинар, который вел Г. И. Марчук, ученые Москвы, Ленинграда, Сибири, Дальнего Востока, научных центров союзных и автономных республик. Здесь дискутировались и осмысливались горячие точки современной науки, наиболее сложные и актуальные проблемы, нередко охватывающие целый комплекс направлений научной мысли, для решения которых необходимо мышление нового типа — смелого, недогматичного, необходимо умение как обобщать, так и конкретизировать далеко расходящиеся друг от друга представления. Именно такое новаторское творческое и самостоятельное мышление и стремится выработать и развить у своих коллег и соратников Г. И. Марчук.

— Какие качества, какие особен-

ности натуры, характера вы считаете самыми важными для ученого? — спросила я как-то Гурия Ивановича.

— Прежде всего умение работать самозабвенно, с полной отдачей. Научные идеи не валятся с неба. Их добыча требует огромного напряжения всех сил. Изнурительный, повседневный и многолетний труд — вот плата за то, что называют озарением. Преданность делу, поставленной цели — только это поддерживает дух исследователя, когда приходится отбрасывать найденные сокровища, как пустую золу, и начинать все с нуля. Ну и тут, конечно, на первом месте безупречная честность. Честность ученого не исчерпывается тем, что он не заимствует чужие идеи и мысли, не ворует работы у своих учеников. Честность ученого — это когда ты сам зачеркиваешь все тобой сделанное за многие годы, за бессонные ночи, все то, во что верил, что согревало и поддерживало твой дух, если результаты оказались «не чистыми»... Пожалуй, точнее всего о качествах характера, необходимых ученому, сказал двести лет назад Михаил Ломоносов. Позволю себе его процитировать:

«Впрочем, во всех должно смотреть, чтобы они были честного поведения, прилежные и любопытные люди и в науках бы упражнялись больше для умножения познания, нежели для своего прокормления, и не так, как некоторые, снискав себе хлеб, не продолжают больше упражнения в учении с ревностью».

Честность во всем. Единство слова и дела. Это то, что требует сегодня время от каждого, а от ученого в особенности. Г. И. Марчук возглавил штаб советской науки — Академию наук СССР в переломный для нашей страны 1986 год — год начала революционной перестройки всего хозяйства, экономики, всей жизни по программе, принятой XXVII съездом КПСС. В современной науке крупные проблемы решают крупные коллективы. Умения работать коллективно требует логика развития. Бывают ситуации, когда знаний и академического авторитета руководителя оказывается недостаточно.

Нужны качества борца и гражданина.

Академия наук СССР — это многотысячный коллектив, объединяющий научные центры и отделения с десятками крупных институтов самых разнообразных направлений, лучшие научные силы страны, координирующий деятельность академий союзных республик. Велик вклад академии в научно-технический прогресс страны на всех этапах ее жизни: и в мирных условиях индустриализации, восстановления, осуществления пятилетних планов, и в тяжелые военные годы, когда ученые вместе с армией добивались и добились полной победы над фашистским агрессором. Вклад велик, но сегодня недостаточен. Партия поставила задачу улучшения деятельности академии, активизации ее творческих возможностей. Сегодня время требует коренного перелома в работе, резкого ускорения темпов научного и технического прогресса.

«Суть перестройки в первую очередь в том, чтобы сосредоточить усилия ученых на тех направлениях, которые помогли бы стране быстрее перейти на рельсы интенсивной экономики. А это значит — мы должны правильно выбрать приоритетные направления науки и техники, рационально сбалансировать их развитие. Нам предстоит в ближайшие годы значительно расширить фронт исследований в молекулярной биологии и генетике, электронно-вычислительной и робототехнике, лазерной и криогенной технике, ядерной и термоядерной энергетике, иммунологии, медицине и других областях. И здесь нельзя забывать об особых условиях, в которых нам надо вести работу по ускорению научно-технического прогресса. В стране сокращается прирост населения в трудоспособном возрасте — дают себя знать последствия войны. Поэтому экономия трудовых ресурсов — первое и обязательное условие научно-технического прогресса.

Второе — энергетика. Если внимательно проследить за темпами роста национального дохода на душу населения, то можно увидеть, что он почти точно отражает темпы роста энер-

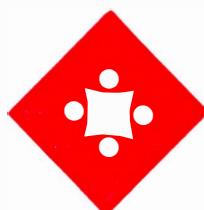
гетики. Наука и техника достигли уже такого уровня, что многие новые идеи и решения практически вполне осуществимы. Но их нельзя воплотить в жизнь из-за того, что не хватает энергетических ресурсов. Поэтому развитие энергетики становится узловым вопросом экономики.

Безусловно, очень многое зависит и от того, насколько органично мы научимся соединять исследовательские и проектно-конструкторские работы с быстрым освоением выпуска продукции, отвечающей мировому уровню, с промышленностью. Главное звено здесь — ускорение внедрения научных открытий в практику. Сегодня темпы движения вперед сдерживаются не из-за отсутствия перспективных идей, а из-за слишком медленного их массового внедрения. Следовательно, особого внимания требует совершенствование планирования и управления на всех этапах цикла «наука — производство». Практика показывает, что ведущим сегодня становится внедрение прогрессивных технологических процессов. До 2000 года в стране будет произведено полное технологическое обновление производства, в 1,5—2 раза расширено применение новых энергоэкономичных безотходных и малоотходных технологий — таких, как лазерная, мембранные, плазмен-

ная, с использованием сверхвысоких давлений, импульсных нагрузок и других.

Принципиально новую технологию, от которой впрямую зависит темп прогресса, обуславливает, как правило, лишь фундаментальное открытие. Поэтому ни в коей мере нельзя ослаблять внимание к фундаментальной науке, поиску новых свойств материи, познанию загадочных явлений природы — это источники революционных идей. Но нам надлежит всемерно поддерживать и развивать те исследования, благодаря которым в кратчайшие сроки можно создать новые высокоэффективные технологии. Надо еще как можно быстрее научиться прогнозировать выгоду от их внедрения в народное хозяйство. Другими словами — не быть регистраторами событий, а активно влиять на них — таково веление времени, такова главная цель нашей деятельности» — такова позиция президента Академии наук СССР.

В науке, в руководстве наукой особенно важно видеть перспективу, смотреть на сегодняшний день сквозь призму грядущего. Здесь постоянно приходится планировать это будущее, прогнозировать пока неизвестное, но предполагаемое. Другими словами, необходимо всегда быть впереди времени.





...Особенно наглядно проявляется преобразовательная и созидающая роль науки в энергетике. Энергетика, то есть способ получения и потребления энергии, всегда была и остается своеобразным символом цивилизации, показателем и научного, и технического прогресса общества. Ни одно животное не умеет добывать и использовать огонь. Аллегорически борьба за огонь, а точнее, борьба за энергию сделала человека тем, кто он есть се-

годня, человеком «техническим», а управление огнем ознаменовало ступени цивилизации. Не случайно главные технические эпохи мы именуем: «век пара», «век электричества», «век атома».

И недаром по сей день термин «развитая» страна или «развивающаяся» подкрепляется реальной величиной — потреблением энергии на душу населения.

Посмотрим, как это выглядит в

цифрах. Примитивный человек, не умевший пользоваться огнем, получал энергию с пищей. На каждого члена племени приходилось не больше 2 тысяч килокалорий в сутки. Огонь костра, позволивший согреть жилище, отпугнуть хищных зверей, увеличил потребление энергии до 5 тысяч килокалорий. Использование огня для выплавки металлов, овладение первым источником энергии — древесным углем и создание орудий труда — железных плугов, кузнечных инструментов, оружия за 4—5 тысячелетий до нашей эры увеличило суточное потребление энергии до 12 тысяч килокалорий.

К XV веку нашей эры человек уже пользовался каменным углем, энергией ветра — ветряными мельницами, энергией воды — водяными колесами, и потребление энергии возросло до 26 тысяч килокалорий.

Начало промышленной революции XVII—XIX веков потребовало прежде всего, по определению Маркса, «революции в машинах-двигателях», начало которой положила паровая машина Джеймса Уатта. В разгар промышленной революции, когда зарождалось общество капитала, в Англии, например, суточное потребление энергии на одного человека возросло до 77 тысяч килокалорий. Ныне в такой технически высокоразвитой капиталистической стране, как США, суточный расход энергии на одного человека достигает 250 тысяч килокалорий. Основным видом потребляемой энергии во всех странах мира стало электричество — самая удобная, гибкая и универсальная ее форма.

Появившись в начале века лишь как источник света, оно быстро завоевало транспорт, выступая как двигательная сила, завоевало промышленность, став или основной или неотъемлемой частью большинства технологических процессов.

Электричество захватило и средства связи: без электрической энергии не могут действовать мощные приемопередающие устройства — радио и телевидение, телефонная сеть, управление, средства информатики.

Электрифицирован и наш быт. Воткнув в штепсель вилку кофеварки, мы тем самым вводим в действие могучую силу, замыкаем цепь потребления электроэнергии, которая выросла за последние полвека вчетверо и дала нам могущество, во много раз превосходящее природные силы человеческого организма.

Взрослый человек, способный работать со средней мощностью примерно в 70 ватт (1/10 лошадиной силы), с легкостью управляет машинами, турбинами, моторами, развивающими мощность в тысячи и миллионы ватт. В экономически высокоразвитых странах на каждого человека приходится в среднем до 10 киловатт всех видов энергии.

В Советском Союзе каждый рабочий использует в год такое количество электрической мощности, что можно образно сравнить с обладанием чуть ли не 400 механических помощников.

Вспомним — в ранние годы Советской власти первый план гигантского масштаба был план ГОЭЛРО — электрификации России, где научно анализировались топливно-энергетические ресурсы страны. В. И. Ленин подчеркивал исключительно основополагающее значение плана ГОЭЛРО. В письме к Г. М. Кржижановскому, организатору энергетического хозяйства страны, он отмечал: «...чего стоят все «планы» (и все «плановые комиссии» и «плановые программы») без плана электрификации! Ничего не стоят».

Чем быстрее темпы прогресса, тем больше требуется электроэнергии. Производство и потребление ее быстро увеличивается — за последние 15 лет поднялось более чем вдвое и продолжает расти.

А теперь подумаем, откуда же берутся эти могучие электрические потоки, так ли они неиссякаемы, как необходимо для дальнейшего совершенствования мира человеческого. И лишь только мы об этом задумаемся, как станет ясно, что и сегодня, вооруженные могуществом современной техники, использующие в своей





Нефть добывают и со дна морского.

повседневной жизни десятки и сотни тысяч ватт электрической энергии, мы, как это ни парадоксально звучит, зависим от Солнца ничуть не меньше, чем наш первобытный предок, размахивающий дубиной и получавший энергию только с пищей.

Наше преимущество лишь в одном: он просто грелся в прямых солнечных лучах, а мы умеем использовать накопленную в недрах Земли солнечную энергию в виде угля, нефти, природного газа, горючих сланцев. Кидая эти сгустки солнечных лучей в топки котлов электростанций, мы вызываем чудо рождения электрического тока, столь нам необходимого.

Поэтому понятие «энергетика» включает в себя прежде всего добчу топлива — шахты, газовые и нефтяные скважины — и его переработку и доставку — сети нефте- и газопроводов и линии электропередач, а затем тепловые и гидроэлектростанции. Выбор того или иного концентрата солнечной энергии, накопленного в кладовых

Земли, тех или иных способов его облагораживания, то есть приведения в удобный для перевозки и для сжигания вид, затрагивает, по существу, все хозяйство страны.

Примерно сто лет назад, с началом века электричества, среди потребляемых для энергетики топлив главным был каменный уголь. «Король-уголь» — называли его тогда, и он составлял четыре пятых в так называемом топливном балансе.

Цивилизация того времени прямо или косвенно зависела от угля; машины, которые передвигали людей по земле, создавали для них пищу, одежду, жилье, машины, которые делали машины, — все «питались» углем и были связаны с углем.

Но царство «короля» не могло продолжаться вечно. Еще в 1859 году первая промышленная скважина глубиной десять метров, пробитая в штате Пенсильвания в США, дала «черное золото» — нефть. Несмотря на то что местный священнослужитель проклял «дыру в Земле», через которую обкрадывали, по его мнению, подземное божье судилище и мешали поджаривать грешников на вечном огне, нефть быстро захватывала позиции в царстве человека и вскоре согнала уголь с трона. В этом ей помог природный газ, добываемый нередко из тех же самых месторождений. Поначалу важным преимуществом нефти и газа перед углем была дешевизна перевозки в танкерах или перекачки по трубопроводам. Затем выяснилось, что их гораздо удобнее и хранить, а после сжигания не надо удалять шлаки.

Когда научились простой перегонкой получать из нефти бензин, керосин и горючие попутные газы, «принцесса-нефть» заняла прочное место на троне, и уже можно было сказать, что чем бы мы ни занимались — пересекали ли воздушное пространство между материками, пекли ли хлеб или плавили металл, — все это было прямо или косвенно связано с нефтью.

Нефть стала энергетическим хлебом мировой экономики и вплоть до начала семидесятых годов нашего



Вновь ожилились угольные карьеры.

века считалась самым дешевым топливом на мировом рынке. В 1970 году нефть и природный газ занимали две трети в мировом топливном балансе, меньше одной трети приходилось на уголь, а на другие — «гидро», то есть водные, а также атомные источники энергии, которые, в отличие от солнечных, собранных в природных «кладовых» и невозстановимых, называют «условно воспроизводимыми» (о них мы позже поговорим подробнее), — ничтожная доля, чуть превышающая два процента.

Характерно, что в середине 1973 года, по всем авторитетным прогнозам, такая высокая доля нефти и природного газа должна была сохраниться в мировом балансе по крайней мере на ближайшие десятилетия, несмотря на быстрое развитие электростанций, энергию которым давал атом...

Но в сентябре 1973 года иллюзия о безграничных запасах нефти развеялась. Невиданные в истории масштабы

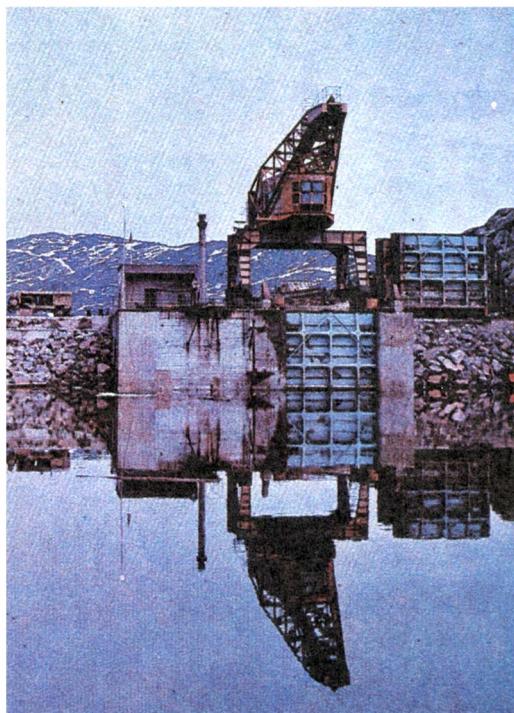
потребления привели к дефициту жидкого топлива. Цены на нефть резко подскочили. В странах капиталистического мира разразился энергетический кризис.

Конечно, проще всего было вернуться к «развенченному» углю. Всегда его запасы превосходят запасы нефти и газа, вместе взятые, да и распределены они в недрах нашей планеты более удобно, то есть в большем соответствии с уровнем промышленного развития в тех или иных географических районах. Кроме того, существующая техника извлечения позволяет добывать лишь около половины того, что содержится в месторождениях, из-за большого числа тонких или глубоколежащих слоев, пока экономически невыгодных для разработки.

Нынешняя цивилизация, как мы говорили, начиналась на угле и около угля. Но если взглянуть правде в глаза, то возвращение в царство угля не покажется столь простым и легким.



Экибастузская электростанция
использует очень дешевые
местные угли.



А уникальная Кислогубская
электростанция превращает
в ток энергию приливных волн.

Уголь — тоже концентрат солнечных лучей в виде окаменевших в земле стволов древних деревьев и растений. Он исчерпаем и невозобновляем.

Но главное, нельзя забывать, что уголь — высокоотходное топливо. Он дает ядовитый дым, хлопья сажи, золу и горы шлаков, загрязняющих и без того грязную и задымленную атмосферу и окружающее пространство.

В отличие от нефти, стоимость угля в значительной степени определяется затратами на его перевозку. Поэтому уголь можно считать дешевым топливом лишь в районах, удаленных от морских портов, с развитой промышленностью, экономически эффективных с точки зрения увеличения добычи, как, например, наш Канско-Ачинский бассейн. Возможно, в перспективе наряду с увеличением использования угля для производства электроэнергии окажется экономически выгодным производить из него синтетическое жидкое топливо, осо-

бенно там, где залежи дешевых углей находятся далеко от центров потребления. Самые большие ограничения в использовании угля связаны, конечно, с заботами об охране окружающей природы. Высказываются опасения, что усиленное потребление угля может стать причиной заметных изменений в климате Земли. В самом деле, сложная система формирования климата планеты еще только изучается, и кто возьмет на себя смелость дать гарантии ее устойчивости при том или ином воздействии, скажем, при еще более быстром накоплении углекислого газа и серы в нижних слоях атмосферы? Уже упоминалось в предыдущем очерке о том, к чему приводят погрешности в проектных расчетах. То же можно сказать об использовании горючих сланцев и битуминозных песчаников.

В поисках топлива, равноценного нефти и газу, но не вносящего дисгармонии в природу, люди, конечно,



Во Франции, в Пиренеях, в Центре солнечной энергетики, много лет ведут исследования на мощных солнечных «печках» с гигантским параболическим зеркальным концентратором.

обратили свои мысли непосредственно к Солнцу. Солнечные генераторы, батареи, обогреватели разрабатывают и успешно используют во многих странах мира и у нас, в богатых солнцем республиках Средней Азии.

Пока только Солнце — абсолютно безотходный и безвредный для окружающей природы источник энергии. Но, к сожалению, этот источник несколько ограничен климатическими условиями и временем суток, да и технические возможности его эксплуатации еще слишком дороги. Тем не менее это самая оптимальная перспектива, на которой мы позже подробно остановимся.

Не всегда экономически целесообразно пользоваться энергией горячих подземных источников, энергией морских и океанских приливов и даже энергией гидроэлектростанций. Для гидростанций нужны полноводные, быстрые, могучие реки, а проблема пресной воды у нас на земном шаре

«дышит в затылок» энергетической, а может, уже и сравнялась с ней по значимости.

Плотины губят рыбу, из-за них затопляют большие территории сельскохозяйственных и лесных угодий, и порой экономистам трудно подсчитать, где выгода, а где огромные убытки, невозвратимые, непозволительные потери.

В общем, необходимые ныне для энергетических нужд человечества 10—15 миллиардов тонн в пересчете на условное топливо в год, а к 2000 году до 20 миллиардов тонн перерастают в проблему и сами по себе, и в аспекте возможного нарушения равновесия между человеческой деятельностью и сохранением равновесия в природе Земли.

Уже одного этого достаточно, чтобы сделать вывод: классическая теплоэнергетика практически подошла к пределу возможностей. Что придет ей на смену? По мнению многих спе-

циалистов, на первом этапе, вероятнее всего, атом.

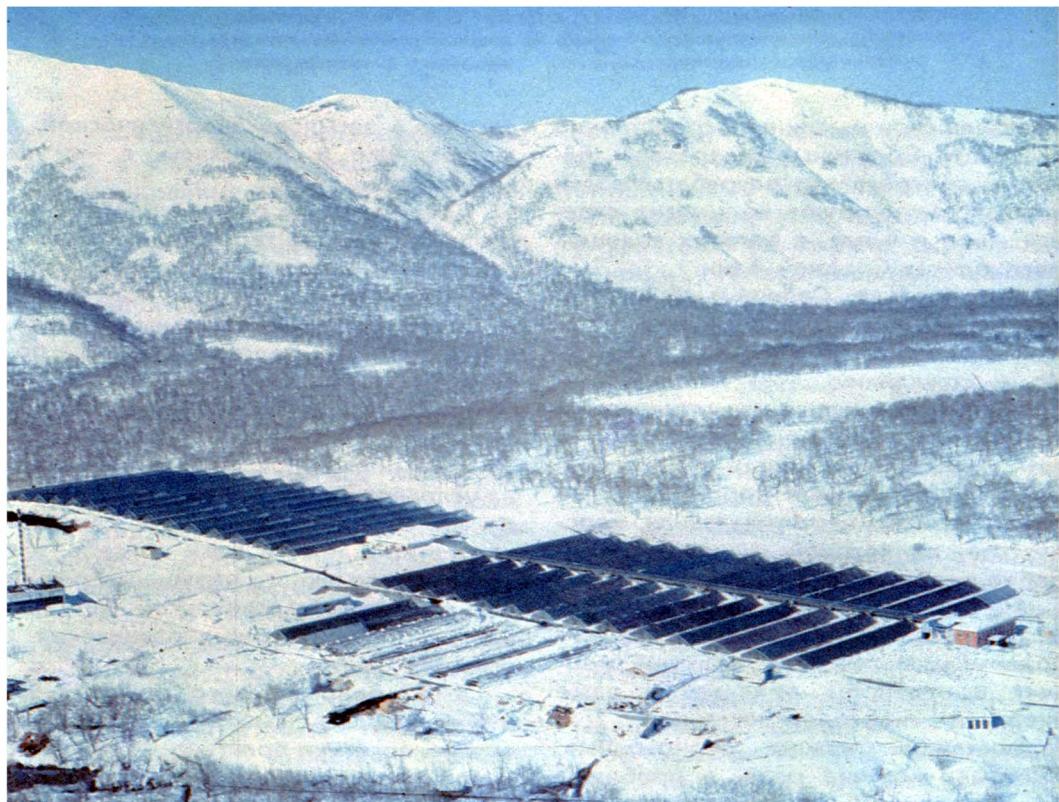
И в самом деле, с начала семидесятых годов атомные электростанции, в топках которых вместо угля и нефти идет цепная реакция распада тяжелых атомных ядер урана и плутония, заевывают все более и более прочные позиции и быстро набирают мощность. Если вспомнить, что первая в мире атомная электростанция, созданная советскими учеными в 1954 году в Обнинске, в двухстах километрах от Москвы, была ничтожной мощности — каких-то 5 миллионов ватт, а в 1987 году в мире работали уже более 370 ядерных реакторов в несколько миллиардов ватт мощностью (только в Советском Союзе их действовало 40 с общей мощностью свыше 28 миллиардов ватт), то станет ясно, что за считанные десятилетия атомная энергети-

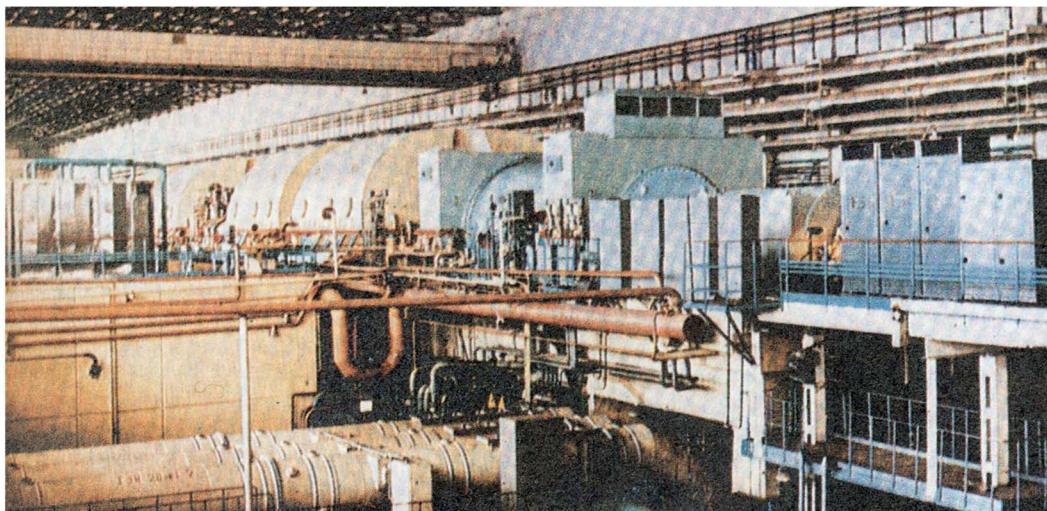
ка прошла путь, на который классической тепловой понадобилось более ста пятидесяти лет. Впечатляющий показатель быстроты технического прогресса.

Да и чего удивляться, когда атомные электростанции так удобны. Один килограмм ядерного горючего — урана — дает при распаде столько же тепла, сколько три миллиона килограммов самого лучшего угля: 1 килограмм и 3 миллиона!

Комментарии, казалось бы, излишни. Каждому ясно, что использование такого экономного горючего ликвидирует проблему перевозок и десятка других проблем. Атомные электростанции не дают шлаков и золы, дыма и копоти, экономичны уже сейчас, а будут производить электроэнергию более дешевую, чем классические электростанции.

На Камчатке, в совхозе «Термальный», теплицы обогреваются подземными горячими источниками.





Машинный зал Ленинградской атомной.

Но, к сожалению, и атомное топливо при всех очевидных его преимуществах все-таки далеко от идеального. С ним, как со всяkim новым делом, которое еще только-только осваивается, связаны многие, пока трудно разрешимые проблемы. Такие, как, например, захоронение радиоактивных отходов, большие потребности в воде. И самая важная из проблем — гарантии предотвращения аварии.

Хотя три десятилетия эксплуатации АЭС, детальный анализ аварийных ситуаций во всем мире вроде бы сняли вопрос о безопасности персонала и населения близлежащих к ядерным установкам районов и показали, что АЭС в существующих конструкциях куда менее опасны, чем многие другие широко применяемые энергетические источники, все же, как оказалось, полной гарантии от неожиданной беды из-за людской беспечности и халатности не было.

Аварии на американской АЭС на острове Тримайл в 1979 году, на других станциях США и Великобритании, на Чернобыльской АЭС в 1986 году в нашей стране — огромное несчастье и жестокий, суровый урок.

Эти аварии и их трагические последствия поставили перед всеми го-

сударствами весьма серьезные вопросы, потребовавшие принятия ответственных решений. Как заявил в своем выступлении по поводу событий на Чернобыльской АЭС Генеральный секретарь ЦК КПСС М. С. Горбачев, «...все мы обязаны действовать с еще большей осмотрительностью, сконцентрировать усилия науки и техники на обеспечении безопасного освоения великих и грозных сил, заключенных в атомном ядре. Для нас непререкаемый урок Чернобыля состоит в том, что в условиях дальнейшего развертывания научно-технической революции вопросы надежности техники, ее безопасности, вопросы дисциплины, порядка и организованности приобретают первостепенное значение...».

Советское государство и партия выступили инициаторами углубления сотрудничества в рамках Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), с тем чтобы создать и принять международный режим безопасного развития ядерной энергетики на основе тесного взаимодействия всех государств, занимающихся мирным использованием атомной энергии. В рамках такого режима налажена необходимая система оповещения и предоставления информации

в случае аварий и неполадок на АЭС, а также создан международный механизм, как на двусторонней, так и на многосторонней основе, в целях быстрейшего оказания взаимной помощи при возникновении опасных ситуаций. Советский Союз первым выразил готовность оказать содействие в повышении роли и возможностей такой уникальной международной организации, как МАГАТЭ, объединившей государства на заре мирного атома еще в 1957 году.

Каковы же перспективы развития атомной энергетики сегодня? Академик А. П. Александров, много лет отдавший ядерной физике вообще и атомной энергетике в частности, считает:

«С точки зрения безопасности сегодня можно с уверенностью сказать, что принятие должных мер предосторожности обеспечит возможность развития этого источника энергии. Более того. Чрезвычайно важным следствием применения ядерной энергии станет существенное уменьшение загрязнения окружающей среды. При современном топливном балансе потребление кислорода на сжигание топлива примерно в пять раз превосходит потребление кислорода всем населением Земли. На территории многих промышленно развитых стран воспроизведение кислорода растениями в процессе фотосинтеза — преобразования солнечной энергии и воды — в несколько раз ниже, чем его потребление, и эти страны могут существовать только за счет подтока кислорода из экваториальных районов, где его воспроизведение превышает потребление. Сегодня во всем мире энергетические установки выбрасывают в атмосферу ежегодно 200—250 миллионов тонн золы и около 60 миллионов тонн сернистого ангидрида.

К 2000 году эти выбросы могут возрасти соответственно до 1,5 миллиарда и 400 миллионов тонн. Атомные электростанции — наиболее чистые станции. При их правильной, с неукоснительной строгим соблюдением всех технических условий, эксплуатации они могут стать важным фактором промышленного развития».

Ясно, что без энергии цивилизация немыслима. И на данном этапе использования атомной энергии не избежать. Дilemma не существует. Об этом заявляют компетентные люди во Франции и ФРГ, в Японии и Индии, в других государствах. Ясно и то, что с принципиально новой техникой и технологией нельзя обращаться на «ты». Нельзя расслабляться никому, начиная от руководителей объектов и кончая рядовыми рабочими. Повышение технологической дисциплины и технические меры, как срочные, так и долгосрочные, позволят резко повысить надежность работы АЭС. Но главное, конечно, люди, их квалификация. И это касается не только атомной энергетики, но любых крупных промышленных объектов.

И безусловно, должен быть полностью ликвидирован атом военный, то есть ядерное оружие, что настойчиво, целеустремленно и конструктивно предлагает наша страна и требует мировая общественность.

Ясно и то, что дальнейший прогресс человечества не остановить, хотя он сопряжен с определенными издержками и потерями.

С создателем стратегии мирной атомной энергетики в нашей стране академиком А. П. Александровым, чей вклад в наиболее революционные отрасли науки, непосредственно влияющие на преобразование техники, огромен, вы ближе познакомитесь в очерке «Идеи и свершения».



ОЧЕРК ОЧЕРК

2



История надежнее людской памяти в отборе и использовании истинно ценного и значимого. Впрочем, и у истории свои сроки. Еще недавно для окончательных оценок требовались десятилетия, а то и века. Ныне же глобальные преобразования в нашей жизни обрели почти кинематографическую скорость. Наука теперь, при всей абстрактности своих стремлений познать гармонию мира, стала, как никогда, близка людям. Она уже не

просто отдает практике свои частные « побочные » выводы. Основные выводы, основные идеи науки — представления о пространстве и времени, об элементах материи — становятся источниками революционных сдвигов в производстве и технике, сдвигов в стиле мышления и во взглядах людей.

И в самом деле, теоретической основой наиболее глубоких перемен в нашей жизни стали концепции, далеко уходящие от области непосредствен-



Академик А. П. Александров.

ного наблюдения. Они относятся к скоростям, близким к скорости света, охватывают миры, где время измеряется миллиардами лет или миллиардными долями секунды.

Прохождение идеи от полуфантастического замысла до промышленной реализации, как вы успели убедиться, сократилось в наши дни до минимума. И когда дорога к вершинам найдена, она выглядит столь естественной, столь очевидной, что трудно представить, каким тернистым был выбор точного направления, какое мужество потребовалось, чтобы свернуть на новый путь с прежнего, казавшегося тогда всем «единственно возможным».

А представлять себе такие вещи необходимо. Суждение о личности ученого в истории и в нашем сознании ныне складывается не только из оценки его научных свершений, но и из последующего темпа научного прогресса, связанного с этими свершениями. Новая ступень, новый виток развития знаний и техники — вот что

определяет для нас масштаб личности в науке.

Академик Анатолий Петрович Александров, бывший с 1976 по 1986 год президентом АН СССР, внес весомый вклад в такие отрасли науки, которые непосредственно влияют на преобразование техники. Иначе чем высоким словом свершения не назовешь создание в годы войны системы защиты кораблей от магнитных мин, рождение уже в наши дни атомного ледокольного флота, научную разработку экономичных мощных атомных реакторов для электростанций, начертание глобальной стратегии использования ядерной энергии... Любой из этих проблем с лихвой хватило бы на целую жизнь, напряженную, творческую. Тем не менее все они и многие другие органически связаны с личностью академика Александрова. Это этапные вехи его научной деятельности. Здесь не просто найти прямые и взаимообусловленные связи. Жизнь человека, в том числе и жизнь уче-

ного,— единый поток, из которого лишь чисто условно можно выделять отдельные этапы. Тем более что каждый человек принадлежит своему времени, своей стране. И огромное счастье, если его судьба становится частью ее великой и бессмертной судьбы.

Оглянемся же на наиболее трудные участки пройденного пути и проследим, как и куда прокладывают дорогу первопроходцы науки.

Анатолий Петрович Александров принадлежит к славной когорте Ленинградского физико-технического института, основателем которого был академик А. Ф. Иоффе. Ученый, чье имя гремело в мире, сразу же понял смысл и цель Октябрьской революции и стал активным участником социалистического строительства с самых первых дней рождения государства рабочих и крестьян. Весной 1918 года, в разгар гражданской войны и разрухи, при непосредственном содействии В. И. Ленина создается в Петрограде Физико-технический институт — *alma mater* советской физики.

«В то время самое название «физико-технический» было необычно смелым, так как «чистая» наука сильно сторонилась науки прикладной, направленной на технику, а Абрам Федорович поднял вопрос о том, что наука необходима для развития техники, что не может развиваться техника в стране, в которой нет науки, и принял все возможные меры к тому, чтобы шире развернуть научные исследования,— вспоминает Анатолий Петрович.— Весьма фрагментарно организованная наука в дореволюционной России, где, конечно, были выдающиеся ученые и их школы, но в основном только при крупных университетах, стала превращаться в единый научный комплекс, быстро развивающийся во всех направлениях. В стенах Физико-технического института сформировались самые разные научные дисциплины. Оттуда вышли крупнейшие специалисты в области радиофизики, физики твердого тела. Там Николай Николаевич Семенов разрабатывал уч-

ение о разветвленных цепных реакциях, принесшее ему Нобелевскую премию, а Глеб Михайлович Франк, позже академик и директор Института биофизики, закладывал основы советской биофизической науки.

Иоффе не боялся привлекать молодежь, с ходу включать студентов первых — вторых курсов в работу крупных лабораторий, в важные темы, поддерживал их идеи. Во Всероссийских съездах физиков принимали участие наряду с видными преподавателями высшей школы, известными исследователями, студенты, да все, кто по-настоящему интересовался физикой...

Анатолий Петрович работал в то время в Киеве, где группа молодежи изучала новую тогда область — влияние рентгеновского излучения на диэлектрики. Узнав о существовании этой группы, Иоффе послал в Киев сначала Н. Н. Семенова, потом Якова Ильича Френкеля. Позже приезжал в Киев и И. В. Курчатов. Они посоветовали молодым ученым принять участие в очередном съезде физиков в Одессе, чтобы рассказать о своих работах. На одной из секций съезда эти исследования были доложены и обстоятельно обсуждены. Иоффе пригласил всю группу переехать в Ленинград для продолжения научной деятельности.

Осенью 1930 года Анатолий Петрович начал работу в Ленинградском физико-техническом институте.

«Меня поразило в этом институте какое-то чрезвычайно доброжелательное отношение к молодежи, доброжелательные отношения между всеми сотрудниками старшего возраста, старшего поколения. Несколько не было страшно пойти к кому-нибудь в лабораторию и задать массу вопросов, даже по поводу того, как натягивать нить в электрометре, или еще что-нибудь в таком роде. Благодаря этому мы довольно быстро освоились с новой для нас техникой,— рассказывал он.— Сейчас, наверное, нигде нет такого обычая, чтобы войти в библиотеку института и увидеть пометку: вот это — для Анатолия Петровича, это — для Курчатова. А вот академик Иоффе

всегда так размечал новые поступления журналов, периодики. Мы считали обязательным для себя просмотреть отмеченные статьи. Ведь в ближайшее посещение лаборатории он непременно поинтересуется, какое впечатление произвела та или иная работа. Это был ученый особого, удивительного склада. Он непосредственно следил, чтобы его ученики были возможно полнее информированы, возможно скорее осваивали новые направления... Он был выдающимся физиком мира и удивителен тем, что, когда возникало новое направление либо в теоретической физике, либо в области новых экспериментальных путей, никогда не стоял на какой-то косной, рутинной позиции, которой придерживались многие. Он очень глубоко прочувствовал эти новые направления и старался в институте привить к ним правильное отношение, учил сотрудников смело принимать новую идеологию, новое направление работ. Так было и с теорией относительности и с квантовой механикой. Так было с ядерной физикой... Когда в начале 30-х годов был образован специальный отдел ядерной физики во главе с Курчатовым, это вызвало большие нападки даже в Академии наук, где не очень ясно представляли себе, к чему приведет развитие ядерной физики. Считалось, что это только удовлетворение собственной любознательности, а никак не работа, которая может существенно изменить наше мировоззрение и технику нашего времени. Иоффе же был твердо убежден, что это может иметь не только научное, но и огромное прикладное значение..."

Столь подробный наш исторический экскурс не случаен. Это ключ к природе, к характеру. С молодости, с образцов жизни, с учителей закладывается стиль работы и тот удивительный склад ученого, который столь ценит Анатолий Петрович и который присущ ему самому. Сейчас уже мало кто, кроме специалистов, помнит, что именно в Институте атомной энергии они с И. В. Курчатовым и И. Е. Таммом создали первый в нашей стране отдел молекулярной биологии, кол-

лектив которого формировался как из биологов, так из физиков и радиационных химиков. В те годы это было не только не просто, но и в некотором отношении опасно. Тогдашний президент ВАСХНИЛ Т. Д. Лысенко и его подручные объявили генетику лженаукой. Ярлыки «мухолюба-человеконенавистника» и тому подобные могли надолго, а то и навсегда лишить ученого возможности заниматься творческой деятельностью. Были закрыты многие лаборатории, разогнаны целые коллективы. И вот в такой обстановке создать отдел, сформировать коллектив, добыть современейшее оборудование, и все это в институте совсем другого профиля,— для этого нужна была смелость научной оценки, решительность борца и гражданина по большому счету, государственный стиль мышления.

Отдел давно уже отпочковался и превратился в крупный научно-исследовательский институт. Давно уже созданы в стране десятки различных центров биофизической и биохимической науки. Но развитие молекулярной биологии, генетики, биоорганической химии, ныне сформировавшихся и передовых наук, и по сей день занимает и заботит академика Александрова, и ни одно из новых направлений в них не ускользает от его внимания. Он постоянно интересуется также микробиологией, вышедшей ныне к вершинам фундаментальных научных завоеваний и широкому промышленному использованию, и генетической инженерией.

А возьмем «полимерную революцию», которая властно вошла в нашу жизнь и был где-то в пятидесятые— шестидесятые годы, а само название «полимеры» давно стало не просто привычным, но обиходным. Ведь закладывалась-то она в предвоенные годы, и мало кто теперь помнит, что именно из Физико-технического института начали свой путь не только полупроводники, но и полимеры. Анатолий Петрович вместе с Павлом Павловичем Кобеко и другими научными сотрудниками в тридцатые—сороковые годы переключился с диэлектри-

ков на разработку основ физики, химии и техники полимеров. Химический синтез уже в те времена обещал дать соединения с совершенно необычными свойствами. Однако нужна была не просто интуиция, но подлинный дар предвидения, чтобы за скромными лабораторными опытами разглядеть новую эру в промышленности. Из лаборатории Александрова и Кобеко вышел в свет полимер стирола, впервые рекомендованный как высококачественный изоляционный материал. Наша страна — родина синтетического каучука. И вовсе не случайно интересы Александрова устремились к перспективному классу соединений, которые ныне именуют эластомерами. Он и Кобеко, оба уже члены-корреспонденты АН СССР, работали над улучшением свойств каучука. Вспомним, почти две трети территории Советского Союза находятся в зоне столь сильных морозов, что обычная резина становится твердой, а то и хрупкой, как фарфор. Заставить ее сохранить свои эластичные свойства в любых условиях — задача, научное, экономическое и стратегическое значение которой трудно переоценить. Это бесперебойная работа многих машин и механизмов. Александров и Кобеко с группой ученых первыми блестяще решили эту задачу как в теоретическом, так и в практическом воплощении и сами проследили, чтобы промышленность быстрее освоила новую, первую тогда морозоустойчивую резину. Сейчас-то таких видов много...

В наши дни те ранние ростки дали могучую поросль. Полимерная промышленность получает все новые бесценные подарки бурно развивающейся отечественной науки. Вот лишь один из примеров. Теория образования структуры полимерных материалов при деформации, разработанная в Ленинградском институте высокомолекулярных соединений под руководством Михаила Михайловича Котона, тоже бывшего воспитанника Физтеха, как всякая правильная теория, уже нашла технологическое воплощение. А это значит — можно получать нити, прочность которых при тех же исход-

ных материалах вдвое выше, чем в лучших зарубежных образцах. Можно думать о будущей замене стальной проволоки полимерными нитями, об огромной экономии металла... В этом же институте получены новые материалы, выдерживающие температуру не 80 градусов по Цельсию, как обычно, а до 300—350 градусов, а некоторые и до 500 градусов по Цельсию.

1936 год. Тревожно в мире. В Испании — фашистский путч. Фашистская Италия напала на Абиссинию. В Германии гитлеровское правительство усиленно милитаризует страну. Советский Союз вынужден думать об укреплении обороны. Правительство принимает решение о строительстве крупного флота.

В Ленинградском физико-техническом Александров усиленно занимается полимерами. Но его прежний интерес к тонким магнитным и электрическим явлениям продолжает крепнуть, хотя лаборатория далека от этих проблем. Это знает Иоffe. Как знает он и склад научного мышления своего сотрудника, уникально сочетающийся с инженерным талантом, страсть его к первоходству.

В сентябре 1936 года в лаборатории, где работал Александров, принимали необычного гостя — морского инженера А. А. Картиковского. Пожилой уже человек, Картиковский рассказал, как в 1918 году на Северной Двине англичане применили против кораблей молодой Советской Республики коварное оружие — магнитные мины. Все известные средства против них были бессильны. Не могут ли ученые подумать, как на будущее обезопасить новые корабли?

Той далекой осенью 1936 года и начался продолжающийся по сей день неразрывный союз Анатолия Петровича с морем и корабелами, приведший его к открытию новой эры в кораблестроении — эры атомного ледокольного флота.

Но в ту осень надо было приступить к задаче гораздо более узкой, хоть и настолько сложной, что мало кто из ученых верил в ее успешное решение. Ярче прочувствовать атмос-

феру тех дней позволяют некоторые эпизоды, не без юмора рассказанные самим Анатолием Петровичем. К счастью, их сохранил в магнитофонной записи контр-адмирал-инженер в отставке Б. А. Ткаченко, один из активных участников работ по защите кораблей и транспортных судов от магнитных мин в 1941—1945 годах.

«Нам помогли добыть все материалы о магнитных минах, которые впервые применили англичане в самом конце первой мировой войны против немецких подводных лодок, а затем в 1918 году против наших кораблей на Севере.

Получив первые сведения, мы с силами небольшого нашего коллектива — Б. Гаева, А. Регеля, К. Щербо и других — попытались рассудить, что можно сделать для решения поставленной задачи. Кое-что мы сами сообразили, посчитали и решили, что это не безнадежная задача. Костя Щербо первым делом взял лист железа и согнул из него модель корабля. Мы с Гаевым сделали лабораторный магнитометр — на лезвия безопасных бритв поставили хорошие оси, намагничили и поместили в компенсационную катушку. В зависимости от того, как прибор сориентирован относительно модели, наш магнитометр довольно прилично измерял любую составляющую магнитного поля модели.

Удалось установить, что технология постройки корабля сильно влияет на намагничивание: Костя Щербо колотил модель железной кувалдой, и она перемагничивалась. Когда мы поняли, что эти поля — постоянные, широтные, курсовые, общая схема намагничивания корабля нам стала ясной. Наша лаборатория тогда от магнитных дел была далека, и нам пришлось все начинать сначала. Но это, как оказалось, и было хорошо. После того как эти опыты проделали, мы решили, что надо переходить на настоящий корабль и смотреть, что там будет получаться. Нам разрешили использовать маленький корабль «Дозорный» — водоизмещением около 150 тонн. Набрали мы тогда в институте несколько катушек проводов и отправи-

лись на «Дозорный» попробовать, что будет. Соорудили другие магнитометры, которые можно было бы погружать в воду и которые в общем довольно успешно до самой войны позволяли нам сделать все предвоенные работы. Когда готовились к экспериментам на «Дозорном», нам предложили попробовать провести измерения на лидере «Ленинград», стоявшем тогда в сухой зоне в Кронштадте, и определить, смогли бы мы каким-то образом изменять его магнитное поле. Мы отправились в Кронштадт. Сделали несколько обмоток на лидере «Ленинград» и убедились, что можем довольно легко и в широких пределах менять его магнитное поле. Конечно, мы получили лишь грубую картину, но она была совершенно похожа на то, что выходило у нас на магнитной модели. Потом мы работали на других небольших эсминцах, и лишь затем приступили к опытам с «Дозорным» в Ораниенбаумской военной гавани. Там для нас выделили индукционные неконтактные мины — конечно, без взрывчатки — с выведенными на берег реле. «Дозорный» с установленными на нем обмотками, включенными на расчетное значение токов, стал ходить над этими минами. Все получалось прекрасно, и, естественно, это нас вдохновило.

Уже в середине мая 1938 года прошли успешно и испытания с минами, установленными на меньших глубинах. Они четко срабатывали при прохождении корабля с обесточенной обмоткой и бездействовали, когда в размагничивающие обмотки корабля включали расчетный ток....»

На специальном совещании, куда был приглашен мировой авторитет в области кораблестроения академик Алексей Николаевич Крылов, Анатолий Петрович сделал доклад о проделанных на моделях опытах. Крылов сказал:

— Это все хорошо на моделях, но как получится на настоящем корабле — неизвестно, потому что вы, в сущности, пытаетесь решить задачу, которую мы в свое время решали для уничтожения девиации компасов,

но вы это делаете не для точки, выбранной на корабле, как это делали мы, а для всей плоскости под кораблем, что, конечно, очень трудно.

Но когда Анатолий Петрович рассказал об экспериментах на «Дозорном», о том, что ими сняты все кривые: как срабатывает реле мины, в каких случаях срабатывает, в каких нет, совещание решило, что исследования стоит вести дальше, то есть благословило работы ученых.

Так это начиналось. В последний предвоенный год, когда уже стали, в сущности, складываться все способы приближенных расчетов, которые впоследствии столь успешно применяли, заместитель наркома Военно-Морского Флота пригласил к себе Иоффе, а тот взял Анатолия Петровича, и они вместе обсудили, как действовать дальше. Для проведения опытных работ — измерения магнитных полей крупных кораблей — выделили линкор «Марат».

Анатолий Петрович рассказывает о начале этих важнейших и ответственных испытаний тоже ярко и образно, подчеркивая забавные ситуации.

«Нам выделили старые плашкоуты, которые стояли на Черной речке уже лет двадцать. Мы погрузили на них все наше имущество — много катушек кабеля, измерительные приборы: линкор требовал много для опытов, — погрузили туда и сейф для будущих секретных материалов. Буксируют нас на Красногорский рейд возле Кронштадта, но в это время стала портиться погода, ливень, волна, и мы вынуждены были остановиться. Через пару дней погода установилась, и нас опять тащат к линкору. И вот, понимаете, стоит серый красавец, погода великолепная, на линкоре у борта команда вся в белом, а тут вдруг подтаскивается такой до нитки вымокший плашкоут к борту корабля. Но наш Петя Степанов уже вполне «оморячился» на всяких испытаниях. Он становится на нос нашего плашкоута, с гордым видом берет бросательный конец, замахивается и бросает его на борт линкора, а этот конец вдруг разлетается на три части! Хорошо, что нам быстро

военные помогли, привели в порядок хозяйство, и мы стали работать...»

С февраля 1941 года начались испытания и в Севастополе — на линкоре, крейсере, эсминце, тральщиках и подводной лодке, то есть на всех классах кораблей, что было необходимо при разработке промышленных проектов противоминных защитных устройств системы Физико-технического института. В мае 1941 года Анатолий Петрович услышал о надвигающейся войне, о том, что страна не обойдется без средств защиты кораблей от магнитных мин, которые фашисты уже усиленно применяют. Дело стало разворачиваться энергично. К нему вплотную подключились военные моряки.

И война грянула... Каждый ученый, как и любой человек в стране, хотел быть на переднем крае, непосредственно участвовать в боевых операциях, защищать свою Родину. Игорь Васильевич Курчатов возглавлял лабораторию, занимался тогда физикой атомного ядра.

— Давай забирай мою лабораторию, и будем действовать вместе, — сказал он Анатолию Петровичу.

К работам присоединились Владимир Максимович Тучекевич, ныне академик, директор Ленинградского физико-технического, Николай Васильевич Федоренко и многие другие — «целая рать», как говорил Анатолий Петрович.

Александрову довелось побывать на Балтийском и Баренцевом, на Черном и Белом морях. В Северной бухте создали испытательный минный полигон, через который проходили все корабли после размагничивания перед каждым выходом в море. К этому времени стали применять предложенный И. В. Климовым способ размагничивания и для подводных лодок. На второй год войны в Севастополь приехала союзническая английская военная делегация, в которую входили специалисты по защите кораблей от мин. Тут-то и выяснилось, что в области обмоточного размагничивания англичане несколько отстали от наших специалистов. Правда, безобмоточный способ был у них лучше отработан,

но когда они попросили выделить для показательного размагничивания подводную лодку и получили ту, на которой уже действовала группа И. В. Климова, то, замерив ее магнитное поле, как говорится, ахнули:

— Так, значит, у вас уже есть свой метод и безобмоточного размагничивания!

С июля 1942 года Александров работал на Волжской флотилии под Сталинградом, как раз когда шло наступление фашистов. Отправлены были группы и на Дальний Восток, на Амур, на Каспий. Позднее все работы по размагничиванию взял на себя флот, а ученые ЛФТИ только готовили личный состав, выправляли инструкции, составляли руководство, сыгравшее большую роль в нормализации размагничивания кораблей.

«Конечно, это был серьезный этап в жизни,— подчеркивает Анатолий Петрович,— и хоть потом, в послевоенные годы, я перешел на совершенно другие работы, мне иногда приходилось встречаться с тем, что корабль непускают в плаванье потому, что он не прошел СБР — станцию безобмоточного размагничивания,— и многие тогда, особенно судостроители, приходили ко мне и говорили: «Подпиши, что не надо СБР», но я, честно говоря, ни разу не подписал...»

В день своего семидесятилетия — 13 февраля 1978 года — Анатолий Петрович получил, как он сам оценивает, «необыкновенно приятный подарок». Бывший тогда министром обороны маршал Советского Союза Дмитрий Федорович Устинов вручил ему шашку, отметив в приказе: «За исключительные заслуги перед Вооруженными Силами».

— Я рад и счастлив, что моя работа и в этой области была полезна Родине,— сказал при вручении награды академик Александров.

...Это случилось в 1968 году. В начале бума ядерной энергетики. Задолго до разразившегося на Западе энергетического и нефтяного кризисов.

Уже всем — инженерам, техноло-

гам, промышленникам и политическим деятелям — стало ясно, что очень молодая ядерная энергетика не «игрушка физиков», а надежный якорь спасения в решении топливной и многих других проблем.

Для районов и стран, обделенных топливными ресурсами, это был выход из тупика, путь к быстрому техническому прогрессу. В развитых странах шло яростное соревнование за первенство в разработке технических концепций использования энергии деления ядра. Быстро совершенствовались создаваемые системы, улучшалась их экономичность. Все научные и конструкторские мысли сосредоточились на том, какой реактор окажется оптимальным — с обычной водой или с газовым охлаждением, с трубами под давлением или бескорпусной с тяжелой водой, пробовались газы и расплавленные соли, металлические композиции. Иногда страны объединяли усилия. В общем, все думали только о реакторах.

В августе 1968 года в Москву собрались ведущие специалисты всех стран на Всемирную энергетическую конференцию. Академик Александров выступил с генеральным адресом, где, детально проанализировав состояние и перспективы развития ядерной энергетики, особо подчеркнул аспект, на который необходимо обратить внимание:

«Если действительно удастся, как мы в этом твердо убеждены, полное вовлечение урана-238 в топливный баланс, то человечество окажется перед еще одной важной проблемой.

Дело в том, что ядерную энергию деления или синтеза наиболее привлекательно использовать в первую очередь в электроэнергетике. Электроэнергетика же сейчас в общем потреблении энергоресурсов занимает приблизительно одну четверть. Остальные три четверти энергетических ресурсов расходуются на получение промышленного и бытового тепла, на транспорт и, наконец, на химические компоненты металлургических и химических процессов.

При таком положении даже пол-

ный перевод всей электроэнергетики на ядерное топливо сэкономил бы только четверть традиционных энергоресурсов и не смог бы играть принципиальной роли устранения перспективы топливной недостаточности. Однако в мире идет процесс ускоренного развития электроэнергетики по сравнению с общим развитием энергоресурсов. Если удвоение использования последних происходит примерно за двадцать пять лет, то удвоение электроэнергетики происходит в среднем за десять лет. Это значит, что все большее количество процессов, связанных с расходованием энергоресурсов, переводится на электроэнергетику.

Происходящая на наших глазах мощная электрификация транспорта, включая зарождение электромобилей, широкое развитие электроемких процессов в металлургии, получение огромных количеств металлов путем электролиза и существенное увеличение удельного веса электрохимических производств являются достаточной иллюстрацией этой общей технической тенденции. Темп этого процесса определяется отработкой экономических видов электротехнологии, и, конечно, на него существенно влияют тенденции снижения или повышения цен на электроэнергию, а также специфические свойства энергоресурсов.

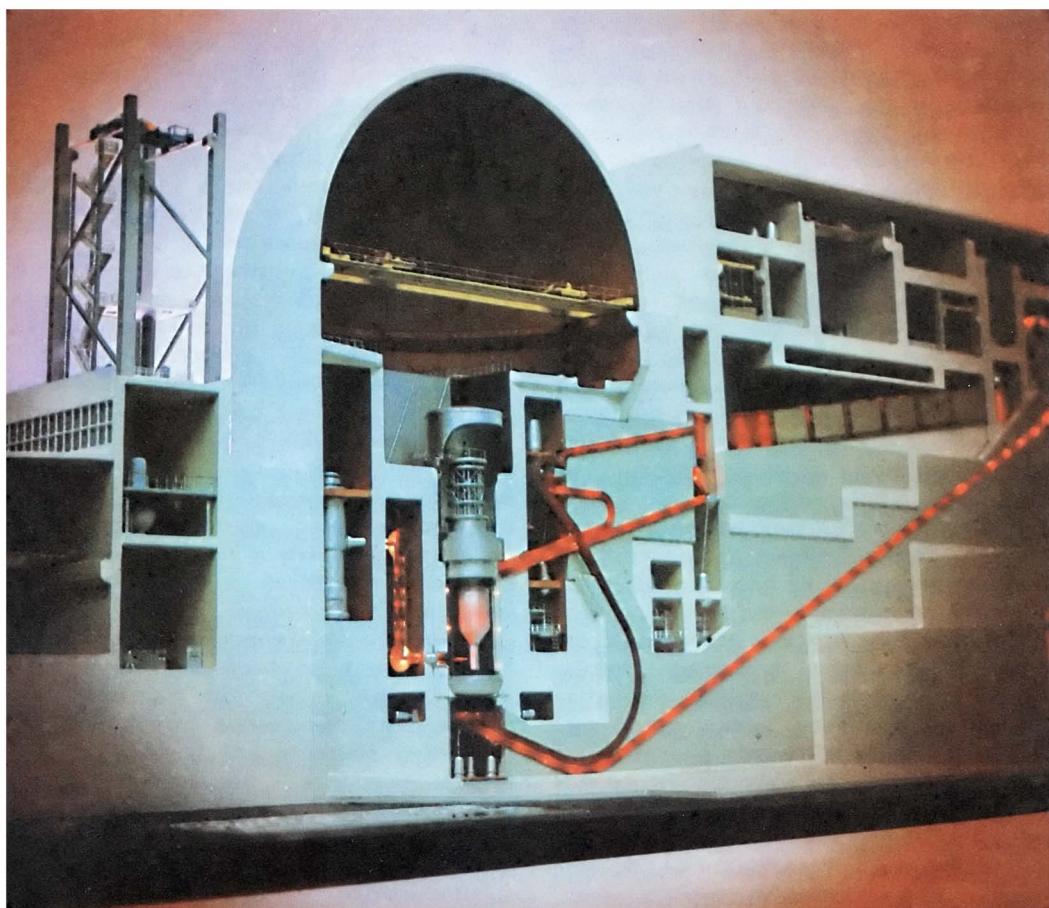
Конечно, получение пара и тепла для промышленных и бытовых целей, как и в традиционной электроэнергетике, легко увязывается с атомной энергетикой. Поэтому естественно, что все те области энергоснабжения, которые присущи современной электроэнергетике, сохраняются и для ядерной энергетики. Несомненно также, что произойдет дальнейшее ускорение электрификации технологических процессов. Возникнет и ряд новых технологий, которые сейчас еще невыгодно электрифицировать из-за высокой стоимости электроэнергии.

Так, например, это дает возможность решить грандиозную задачу промышленного получения охлажденной воды для районов, где она дефицитна...

Важным и энергоемким является применение обычных видов топлива в металлургии, где топливо служит одновременно восстановителем и источником тепла. Ядерная энергетика в этом случае может заменить обычную, если использовать ее не только как поставщика тепла, но и для изготовления восстановителя.

Но атомная энергетика имеет и некоторую специфическую особенность, на которую я хочу обратить внимание. Любой атомный реактор является мощным источником гамма-излучения и производителем большого количества радиоактивных элементов. Существуют технические приемы, позволяющие путем применения специальных циркуляционных контуров с легко активизируемыми в нейтронном поле реактора веществами выносить мощное гамма-излучение в специальные радиационно-химические реакторы... Уже сейчас в некоторых странах идет интенсивная отработка радиационно-химических процессов получения химических веществ или изделий... Экспериментальные и проектные работы, ведущиеся в СССР в специально созданном радиационно-химическом центре Министерства химической промышленности, показывают, что использование подобных процессов дает возможность получать на атомной электростанции за счет гамма-излучения, выведенного из реактора, химическую продукцию, стоимость которой вполне сопоставима со стоимостью вырабатываемой на этой станции электроэнергии. Эти расчеты проводились по отношению к полимеризационным процессам, сшивке полимеров, получению привитых полимеров, модификации низкосортной древесины для замены ценных пород, стерилизации медицинских инструментов...

Таким образом, в перспективе ядерная энергетика вырисовывается как энергетика многоцелевых комплексных производств, выработки электроэнергии и других видов продукции... Ясно, что всемерное расширение видов технологий, которые могут быть переведены на ядерные энер-





Первый в мире атомный ледокол «Ленин».

горесурсы, является одной из важнейших тактических задач, стоящих перед нашим поколением».

Так было сказано более двух десятилетий назад, и время подтвердило мудрость такой стратегии. А ведь сказано это человеком, который столько вложил труда и сил именно в создание ядерной электроэнергетики, который был инициатором, стратегом в решении сложнейших научно-технических проблем ядерных реакторов и судовых ядерных установок, производящих электроэнергию.

Результат его творческого научного поиска — создание атомного ледокольного флота. Первенец — атомоход «Ленин» в успешной эксплуатации

На такой установке получают множество полезных вещей за счет комплексного использования энергии атомного реактора (фото слева сверху).

С помощью радиации сшивают полиэтилен, и вот — побочная продукция: высококачественные полиэтиленовые шланги.

в тяжелейших ледовых и погодных условиях Арктики показал всему миру пример наиболее разумного и благородного использования атомной энергии в мирных целях.

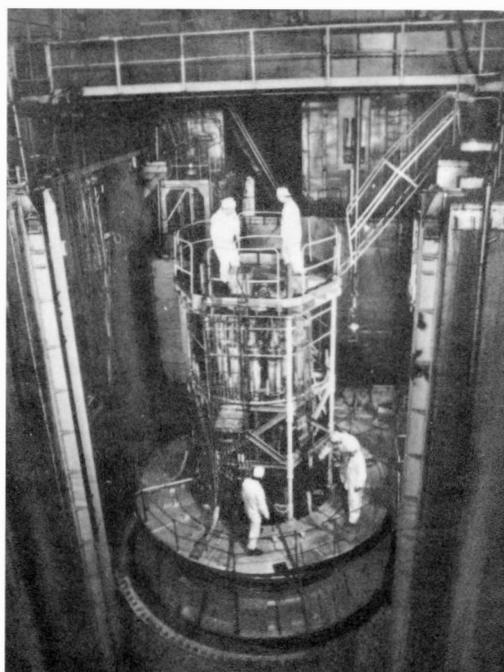
В кораблестроении, в мореходстве началась, можно смело сказать, новая эпоха, сравнимая, как говорят бывалые корабельы, с переходом от парусов к эпохе двигателей...

Через восемнадцать лет после «Ленина» вышел в свою первую навигацию новый атомный ледокол «Арктика», тоже детище Анатолия Петровича, созданное под его научным руководством. Ныне успешно трудятся в ледовых арктических толщах атомные ледоколы «Сибирь» и «Россия». Об этих богатырях-первоходцах мы узнаем из следующего очерка. Строятся новые корабли. А сейчас вернемся к энергетике.

В сентябре 1964 года на реке Воронеж, вблизи большого промышленного города с тем же названием в центре европейской части СССР, вошел в строй в то время самый мощный в мире — 210 мегаватт — первый блок Нововоронежской атомной

электростанции. Уже первые советские ВВЭР — водо-водяные энергетические реакторы, где для замедления нейтронов и охлаждения использована обычная вода — продемонстрировали рациональность проектно-конструкторского решения. Высокая эффективность воды позволила получить большую мощность реактора при малых размерах активной зоны и разработать на этой основе компактную энергетическую установку, защищенную прочным корпусом. Перспективным оказался и выбор топлива — спеченной двуокиси урана, — поскольку оно устойчиво к коррозии под воздействием реакторного теплоносителя, обеспечивает наилучшие радиационные условия и наименьшие загрязнения в случае выхода из строя тепловыделяющих элементов (Твэлов). Вместе с Курчатовым — инициатором создания ВВЭР — непосредственным участником разработки их физических,

На Волге, в городе Дмитровограде, в НИИ атомных реакторов, готовят опытную станцию теплоснабжения на базе небольшого атомного реактора.



технологических и конструкционных решений был академик Анатолий Петрович Александров, ставший после смерти Курчатова директором Института атомной энергии.

Следующая качественная ступень была достигнута при его непосредственном руководстве и участии — создание нового поколения ВВЭР — реакторов ВВЭР-440 и ВВЭР-880. Они послужили основой для сооружения первой крупной серии промышленных атомных электростанций в СССР, поскольку экономические показатели сделали их вполне конкурентоспособными с электростанциями на обычном топливе в европейской части страны. Надежные и простые в эксплуатации, ВВЭРы нашли широкое признание также и в зарубежных странах. Они работают в ГДР, Болгарии, Чехословакии, Венгрии и других государствах. Атомная электростанция «Ловиса» действует в Финляндии. А у Нововоронежской общая мощность нескольких реакторов достигла 2,4 миллиона киловатт.

При активном участии А. П. Александрова вырабатывалась и вся ядерно-стратегическая политика нашей страны. Для решения этой задачи Анатолию Петровичу пришлось организовать целый комплекс научно-технических исследований. Сопоставим сроки: первый, пробный шаг в неведомой области физики, техники, материаловедения был сделан в 1954 году. А в 1974 году был выведен на номинальную мощность реактор первого блока Ленинградской АЭС. Номинальная — это 1000 мегаватт. Только этого хватило бы на целую жизнь, а может, и на несколько жизней. Но как же важно для ученого-лидера, организатора науки умение предвидеть!

Говоря о перспективах атомной энергетики, невозможно рассматривать их вне связи с Чернобыльской трагедией. В Чернобыле действуют канальные реакторы типа РБМК, аналогичные тем, что на Ленинградской и других крупных АЭС. Теперь ясно, что при их эксплуатации риск не может быть сведен к нулю. Это

принципиальное положение. Оно диктует необходимость разработки и заблаговременной подготовки так называемого «вторичного уровня защиты». От скольких бед мы были бы избавлены, если бы научились все предусматривать своевременно!

Новая физика, как и космонавтика, начиналась в атмосфере радужных надежд. Взорвав старые представления, распространив действие странных, несамоочевидных законов космогонии и микромира на дела земные, она одарила своих творцов неодолимой склонностью к юмору. Остроумная шутка, дружеский разыгрыш не были чужды Анатолию Петровичу Александрову, Игорю Васильевичу Курчатову и их соратникам даже в самые напряженные и ответственные моменты жизни.

10 июня 1954 года в Обнинске пускали первую в мире атомную электростанцию. С секунды на секунду должна была начать свой отсчет по существу новая эра в технике — эра мирного использования атома. Все, затаив дыхание, ждали, заработают ли турбины. И когда первые струи нагретого атомом рабочего пара ударили в лопатки турбин, академик Александров разрядил сверхчеловеческое напряжение шуткой: «С легким паром!» — и улыбнулся.

— Я всю жизнь разыгрываю своих друзей, и они, само собой, стараются не остаться в долгу. Курчатову я однажды подарил — в торжественной обстановке, на собрании, честь честью — бритвенный прибор. Бритву больше полуметра, соответствующий таз и пасту с мылом. Эта бритва сейчас хранится в его доме-музее... Когда-то я его спросил, на кой черт он растит бороду — он ведь без бороды был очень красивый, а он ответил, что дал зарок: пока не сделают бомбу, бороду не брить. Тут, значит, ее и сделали... Вспомнив о зароке, я и преподнес ему эту самую бритву и потребовал, чтобы он тут же побрился. Курчатов, естественно, решил со мной разделаться. И вот он преподносит мне подарок. Причем в какой обстановке! Ехал я на один из заводов, и

он мне сказал: «Когда ты туда приедешь, директор позовет тебя в воскресенье к себе обедать, ты передай ему от меня вот эту посыпочку». Я приезжаю, директор действительно зовет меня обедать, и я передаю посылку. Он раскрывает ее за столом и говорит: «Анатолий Петрович, содержимое-то вам адресовано!» Вынимает сверток. Там написано: «А. П. Александрову. Применить немедленно». Я разворачиваю: парик! Ну что же, я надел. Парик оказался мне впору. И потом выхожу оттуда в парике, встречаю старушку уборщицу, которая меня прекрасно знала. Она взглянула на меня: «Ой, да, никак, Анатолий Петрович! Вот что значит человек отдохнул! И волосы выросли!»

Но, как говорится в народе, делу время — потехе час.

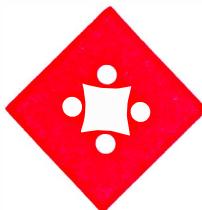
Напомним одну поучительную историю, касающуюся умения предвидеть. Физики, занимающиеся ускорителями элементарных частиц, давно столкнулись с так называемым синхротронным излучением электронов. Суть явления в том, что в процессе ускорения часть тормозящихся электронов «высвечивается». Его впервые в мире предсказал и теоретически обосновал известный советский ученый И. Я. Померанчук. До поры считалось это досадной помехой, не больше. Анатолий Петрович, обсуждая еще в 1970 году проблему со специалистами, по ходу дела посоветовал создать специальный источник такого излучения. Однако физики еще «не созрели». Но пришло время, и зароненная идея дала богатые плоды. Ныне эти высочайшей интенсивности лучи эффективно изучаются и используются. В Сибирском отделении АН СССР, в Институте ядерной физики созданы специальные установки для разных целей. В них нуждается медицина для точной диагностики сосудов, не доступной никаким другим средствам, они незаменимы при исследовании свойств твердого тела, полимеров, биологических объектов. Это ценный даже для градуирования астрофизической аппаратуры интенсивный источник излучения в промышленной электронике. Оказа-

лось, что фотолитография обычным светом имеет в сто раз меньшую плотность, чем если ее проводить с помощью синхротронного излучения. Что это даст современной микроэлектронике, легко подсчитать. Стократная миниатюризация схем говорит сама за себя.

В этой связи небезынтересно привести характерный эпизод. Как-то институт с целью знакомства с опытом новых исследований посетил гость из США, видный американский ученый Бика. Он в свое время был советником по науке президента США Форда, работал в различных комиссиях. Встретившись с Анатолием Петровичем, Бика воскликнул:

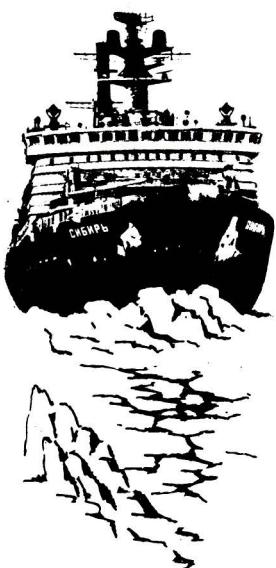
— Наконец-то я собственными гла-

зами увидел человека, который всю жизнь переступал мне дорогу! — И пояснил: — Представьте, в тридцатые годы мы оба занимались полимерами, и я так старался, и шло хорошо, но не успели получить результат, как Александров уже все решил. Потом — магнетизм. Опять он меня обогнал. А затем уж совсем обидно: атомные реакторы. Опять он оказался первым! В этом свидетельстве, несмотря на окрашивающий его добрый юмор, скрывается глубокий, можно даже сказать — символический смысл. Честное соревнование, творческое соперничество в науке всегда обогащает обе стороны. И направлено оно в конечном счете на благо всех людей мира.



ОЧЕРК ОЧЕРК

3



БОГАТЫРИ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ



Каждый год третьего декабря атомный ледокол «Ленин» празднует день рождения. Где бы ни находился в этот день корабль — во льдах полярных морей или в порту приписки Мурманске, — все свободные от вахты собираются в кают-компании, любовно отделанной ленинградскими мастерами. За иллюминаторами артическая, не знающая рассвета ночь, а здесь мягко сияют люстры, трепещет пламя свечей, на традиционном

пироге их столько, сколько лет ледоколу. За овальным столом рядом с капитаном сидят прославленные ветераны корабля. Те, кто со славой проработал здесь по 15—20 лет, а то и с самого первого дня рождения его, с 3 декабря 1959 года, когда закончились ходовые испытания в Финском заливе и Правительственной комиссией был подписан акт о приеме от Адмиралтейского завода в опытную

водного судна с атомным сердцем.

Праздник начинается с рассказов ветеранов. Жаль, никто не записывает эти захватывающие дух приключения, бесценные воспоминания о походах сквозь ночь и льды, о схватках с коварной, беспощадной Арктикой. О мужестве и находчивости людей, побудившему именуемой «несением службы».

Затем капитан торжественно объявляет о пополнении рядов ветеранов. Почетное звание и специальный знак вручают тем членам экипажа, кто проработал здесь десять лет. Знак ветерана ледокола «Ленин» очень ценится у полярных моряков. Это символ лучших качеств человека: стойкости и личной смелости, блестящего знания своего дела, преданности ему, высокой романтики души и непоказанной готовности прийти на помощь товарищу.

Десять лет в арктическом плавании... Трудно представить, что это значит, не только изнеженному горожанину, но и бывалым морякам, с их нелегкой судьбой, тяжестью ответственности, трудностями замкнутого коллектива, недолгими радостями берега. Ледовая стихия оказывает куда более грозное сопротивление судам, чем океан, пусть даже штормовой. Прокладывание пути сквозь вековые льды — всегда неизвестность, всегда борьба, требующая предельного напряжения, мгновенной реакции, высочайшего мастерства.

Прибавьте к этому беспространную ночь, туман и порывистый ветер, постоянную вибрацию и шум от не желающих рушиться льдов, да редкие единичные подходы к полярным станциям и арктическим поселкам — отнюдь не экзотическим портам с багажами цивилизации. От них ждут помощи затерянные в безмолвии, мраке и холде научные станции, промышленные пункты. Поверьте, полярные надбавки и учет каждого проработанного сверх нормы дня для прибавления к отпуску введены недаром. Только сплоченному коллективу под силу выдерживать подобное напряжение из года в год. Легковесные люди, «лов-

чицы», как зовут их на Севере, здесь не уживаются. Экипажи ледоколов при всей тяжести их работы — самые устойчивые коллективы на флоте. Естественно, у моряков первого в истории человечества атомного ледокола еще и особая гордость, особая честь. Гордость первопроходцев.

— Как вышли мы в декабре 1959-го в опытный рейс, так и растянулся он на двадцать три трудовых года, — шутил ветеран, капитан атомохода «Ленин» Герой Социалистического Труда Б. М. Соколов.

Более тридцати лет жизни отдал он ледокольному флоту. Родом из очень далекой от океана русской деревни Большая Кашенка Костромской области, Борис Макарович с детства зачитывался историей полярных путешествий, мечтал о кораблях-внедеходах, о бескрайних арктических просторах с полыхающим в небе таинственным сиянием. Блестящее окончил судоводительский факультет Высшего арктического морского училища. Плавал на ледоколах «Илья Муромец» и «Сибиряков», ходил на дизель-электроходе «Обь» в Антарктиду. И вот настал звездный час его жизни. 4 ноября 1959 года он удостоился чести стать дублером знаменитого капитана Павла Акимыча Пономарева на ледоколе «Ленин».

Это действительно высокая честь. Мурманское морское пароходство, которому ледокол передали для эксплуатации, начало комплектовать экипаж еще с 1957 года. Отбирали лучших из лучших людей флота, молодых, талантливых выпускников высших инженерных морских училищ. Все было впервые, все по-новому. Появилось совершенно новое для морских специалистов оборудование, требовавшее навыков и профессий, не встречавшихся до тех пор на морском транспорте. В экипаж «Ленина» входили инженер-оператор ядерной установки, инженер-дозиметрист, инженеры-химики и радиофизики.

Все от капитана до матроса, от главного механика до машиниста по-

нимали: в их руках судьба первенца атомного судостроения, от их умения и старания зависит дальнейшее использование атомной энергии на морском транспорте, а значит, и будущее освоение Арктики.

— А как насчет атомных установок? Не страшно было в первый раз? Все-таки в тесном соседстве с помещением, где люди работают и живут по многу месяцев?

— Мы полностью доверяли нашим ученым и специалистам. Многократно проверенная, тщательно продуманная биологическая защита оказалась сто процентно надежной, хотя все делалось впервые. Не забудьте: 500 коллективов страны — конструкторские бюро, научные институты, промышленные предприятия участвовали в создании первенца атомной эры судоходства, научное руководство осуществляло академик А. П. Александров, главным конструктором был В. И. Неганов. Проведенные испытания подтвердили: все реакторы ядерной энергетической установки хорошо управляемы, надежны и в сочетании с прекрасными ходовыми качествами обеспечивают ледоколу высокую маневренность, необходимую при проводке судов в полярных льдах.

Полная радиационная безопасность обеспечена на ледоколе при всех режимах работы ядерных «котлов». А средства очистки воздуха, хранения и опреснения воды исключают возможность радиоактивного загрязнения как помещений ледокола, так и окружающей внешней среды. Более того, на судне предусмотрено уничтожение любых обычных отходов. Ничто, даже конфетная обертка, не должно загрязнить первозданную чистоту хрупкой арктической природы. Такая позиция была занята с самого начала. Достаточно сказать, что за годы активной работы не было ни одного случая облучения, ни одного заболевания среди команды, вызванного радиацией.

Те первые годы незабываемы, — продолжает Соколов, плававший капитаном «Ленина» с мая 1962 года. Ему было тогда тридцать четыре года.

Для полновластного руководителя ледокола возраст более чем молодой. — Самая первая навигация продолжалась с июня по октябрь 1960 года. За три месяца и десять дней ледокол прошел 10 008 миль, из которых 7327 — в тяжелых льдах. И не просто прошел, но провел 92 транспортных судна. Во вторую арктическую навигацию, в 1961 году, перед экипажем поставили одну из наиболее сложных в его биографии задач. Требовалось пробиться в район плотных, трехметровой и более толщины, льдов в Чукотском море, доставить на многолетнюю льдину экспедиционный груз, построить дрейфующую полярную станцию «Северный полюс-10» и высадить коллектив зимовщиков. До этого их на станцию «СП-10» перевозили самолетами. Кроме того, необходимо было расставить вдоль кромки многолетних льдов 16 дрейфующих автоматических радиометеорологических станций. Было пройдено 2200 миль. Рейс доказал: атомные мощные ледоколы дают реальную возможность продлить сроки арктической навигации, свободно плавать в высоких широтах даже глубокой осенью, когда моря сковывает крепкий лед и наступает полярная ночь.

За первые шесть навигаций «Ленин» прошел в Арктике в тяжелейших условиях более 82 тысяч миль, провел самостоятельно и вместе с другими ледоколами 400 транспортных судов.

Сменив энергетические установки, сделав некоторые подсказанные опытом рейсов усовершенствования, ледокол обрел вторую молодость.

В историю арктического плавания вошел рейс «Ленина» в 1976 году, получивший название «Первый Ямальский экспериментальный». Неслыханно раннее открытие арктической навигации стало этапом в достижении круглогодичного судоходства в недоступных ранее морях.

Капитан атомного ледокола. На нем ответственность не только за свой корабль, но за каждое судно, взятое им в ледовую проводку. Схватка со льдом — это предельное постоянное



Коварны вековые льды Арктики.

напряжение и высочайшее профессиональное мастерство. Здесь недопустима малейшая оплошность. По морской традиции во всех наиболее сложных ситуациях действиями и маневрами судна командует непосредственно капитан. От его выдержки, самообладания, терпимости и доброжелательности зависят судьбы сотен людей, сложной техники, дорогостоящих грузов, зависит психологический климат коллективов как его корабля, так и ведомых судов каравана, а их бывает и восемь, и десять, и более.

Специально ледокольных капитанов никто не обучает. Свое уникальное мастерство они приобретают опытом и преданностью делу. Конечно, совершенные технические средства — радиолокаторы в туман и пургу, радио, а теперь и спутниковые сведения о ледовых условиях, поступающие постоянно прямо в рубку, — все это замечательное подспорье. Но бывает, и, к сожалению, нередко, погода такая, что прожектор только слепит, на

экране радиолокатора лишь неясные тени. Каждый торос, его толщину и упругость даже со спутника не предугадаешь. А уж постичь капризы ветра не властен никто. От умения капитана зависит правильный маневр огромного могучего корабля, а от правильности маневра — необходимая ширина канала, оставляемого для судов. Чуть уже проход, чуть сильнее ветер или глубинное течение — и зажмет суда, запрет в ледяной ловушке, а то и раздаст многотонные громады, как ореховые скорлупки.

Про хороших капитанов говорят — им достаточно раз глянуть на лед, чтобы определить его характер и толщину.

Не менее пяти миллионов квадратных километров Центральной Арктики постоянно, зимой и летом, скрыты подо льдом. По представлению непосвященных этот покров — своего рода холодный белый блин. Собственно, так думали и специалисты каких-нибудь пятьдесят лет назад. На самом

же деле это не ледяной массив, а отдельные льдины, точнее — ледовые поля различного размера, толщины и конфигурации. Как в детском калейдоскопе из отдельных кусочков составляется причудливая картина, так и ледовые поля формируют покров. Плавучие льды, к примеру, могут образовывать гигантские поля до десяти километров в поперечнике, большие — от двух до десяти километров и обломки до полуметра. Льдины размером менее ста метров относят к категории битых льдов, а меньше двух метров называют третьим льдом.

Сплоченность льдин измеряют в баллах. Если льда нет, значит, ноль баллов, 10 процентов покрыто льдом — 1 балл, сплошь подо льдом вода — 10 баллов. В Центральной Арктике обычно сплоченность всегда 9—10 баллов, и лишь очень редко — 4—6.

Наибольшая трудность — определить толщину льда. Обычно при этом устанавливается возраст. Чем старше, чем раньше образовался, тем он и толще. Начальные (до 10 сантиметров) и молодые льды (до 30 сантиметров), через которые просматривается чернота воды, имеют черно-белые названия: темный и светлый нилас, тридцатисантиметровый лед кажется совсем белым. В трансарктическом ледовом дрейфе, как правило, преобладает «сибиряк» — моряки так неофициально называют зеленоватый многометровый трех-четырехлетний лед, формирующийся к северу от Сибири. Однако в неблагоприятные сезоны встречается и куда более древний толстый «канадец». Эти голубые, наиболее опасные льды приходят в Северный Ледовитый океан из районов Канады и Аляски, где условия погоды гораздо суровее, чем в сибирском районе. Но не только погода определяет различие и цвет создающихся льдов. Срок жизни, количество перенесенных циклов зимнего нарастания и летнего таяния, когда льды приобретают коварные для судов «этажи», у «канадца» примерно втрое больше, чем у «сибиряка». Интенсивно увеличивая толщину в чистой воде, лед



Долгие годы капитан Б. М. Соколов водит атомоход «Ленин» по арктическим трассам.

теряет соли, а после 8—10 циклов «нарастание — таяние» становится почти пресным, мелкозернистым и удивительно прочным, приобретая искрящийся голубой цвет.

Если есть хоть малейшая возможность, капитан старается уклониться от встреч с «канадцем». Лучше уж иметь дело с «сибиряком». Его ледокол атакует напролом. Скорость движения при этом, конечно, невелика, хотя атомные «котлы» и дают полную мощность. Очевидцы говорят, что смотреть в это время на маневр богатыря — эстетическое наслаждение. Ведь могучий ледокол рушит прочный лед не ударом, а продавливает его своей массой. Чем прочнее поле, тем большая часть ледокола должна вплзти на него, чтобы раздавить. Разлом смещается от носовой части к середине судна. Фантастическая картина — огромный, с десятиэтажный дом, атомоход скользит по льду, как аэросани, под носом — ни трещины,

ни фонтана ледяных осколков... Но за кормой надежно темнеет широкая дорога чистой воды.

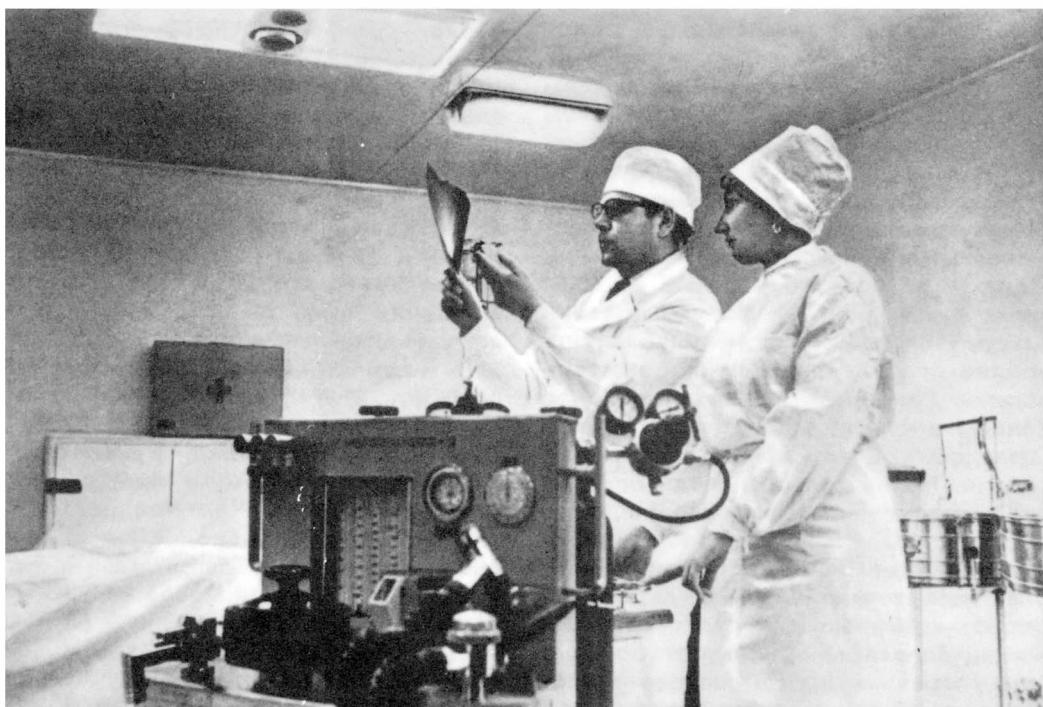
Ледокол во льдах не движется по прямой. Здесь кратчайшее расстояние хотя и более извилистое, зато наиболее рациональное. Непрерывный маневр вдоль генерального курса — таков оптимальный маршрут. К этому добавьте необходимость вести караван судов на постоянной скорости, не дергать, не сокращать и не растягивать дистанцию, а другой раз «обковытать» вокруг лед или взять на буксир, что, конечно, требует не только мастерства вождения, но и высокого человеческого такта. Не очень-то любят капитаны ведомых судов тащиться на буксире... А что сделаешь? Лишь атомоходу под силу справиться с разбушевавшейся стихией... Поэтому он обязан и сам пройти и обеспечить безопасный проход каравана.

Первый в мире атомоход и по сей день продолжает свой «экспери-

ментальный рейс», без устали трудится на ставшей постоянной и круглогодичной западной арктической трассе Мурманск — Дудинка — Мурманск. В устье Енисея — Дудинку — ведет он караваны со стройматериалами, оборудованием, продуктами. Грузы забирают енисейские суда, чтобы доставить потребителям, лишенным железнодорожного и других средств сообщения, обживающим и осваивающим несметные богатства края. Из Дудинки караваны кораблей вывозят необходимые для промышленности страны металлы — никель, медь с Норильского комбината.

...В июне в Москве уже давно тепло, отцвели вишни и яблони, а в Мурманске едва проклюнулись почки, дождь со снегом, но все-таки хоть заполярное, но лето. Темноты нет. В любой час ночи светло, как днем. «Ленин» готовится выйти в Карское море на сутки на ледовые испытания — там еще крепкий зимний панцирь сковыва-

Ветеранов атомохода «Ленин» — главного врача Н. С. Лисицына (слева) и фельдшера К. А. Кацюбу хорошо помнят и в далеких северных поселках.





Легендарная «Сибирь» — атомный ледокол нового поколения.

ет воды, а потом — снова далекий рейс к Дудинке. Тщательный контроль перед выходом в море — обязанность всех служб: радиационной безопасности, атомно-механической, электромеханической, службы контрольно-измерительных приборов и автоматики, палубной и, конечно, медицинской. А она здесь поставлена блестяще. Целая поликлиника на судне с маленьким стационаром и отлично оснащенной операционной. Ведь надо заботиться не только о своем экипаже, но и о ведомых караванах, о полярниках на дрейфующих и островных станциях, жителях затерянных арктических поселков. Там, где самолет не сядет, атомоход пробьется!

Снова строгий голос судового радио: «В связи с выходом в море оборудование и имущество закрепить по-походному». «Ленин» уходит... У Мурманского причала швартуется вернувшаяся из труднейшего рейса красавица «Сибирь» — представитель следующего поколения атомоходов. А где-то в Карском море несут службу собратья «Сибири». Теперь можно уверенно сказать, что день рождения

атомного ледокола «Ленин» — это и исторический день рождения советского атомного ледокольного флота.

...У причала на рейде Мурманского порта множество кораблей. Но глаз сразу же отметит светло-оранжевый с черным гигантский корпус «Сибири». У эстетически безупречных линий борта, над которыми пять ярусов надстроек стальной машины, с трата причала чувствуешь себя муравьишкой. Атомоход только что вернулся. Облупилась, выцвела краска, как свежие шрамы на носу — следы ударов ледяных глыб. Судовые матросы уже хлопочут — всюду мазки шпаклевки, зачистки. Отметины тяжкого труда рождают в сердце восхищение куда большее, чем обычный безупречный салонный лоск.

Перешагиваем комингсы — высоченные «порожки» между бронированными герметичными дверьми. Наступить на комингс — дурной тон по неписаному морскому этикету. Как всегда у моряков, это суеверное для непосвященных правило имеет весьма практическую основу: наступишь — не

исключено, что сильно стукнешься головой о переборку. Комингсы, герметичные двери — дополнительные гарантии непотопляемости корабля при любом экстраординарном потенциально возможном происшествии. Весь корабль разделен вертикальными переборками на водонепроницаемые отсеки. Для атомного судна созданы дополнительные гарантии.

По широким трапам поднимаемся вверх и вверх — кажется, подъему конца не будет. От киля до клютика высота судна 47 метров, практически двенадцатиэтажный дом, притом с высокими потолками. От днища до верхнего мостика — 33 метра. А салон капитана почти под ходовой рубкой.

«Сибирь» — уже не экспериментальный уникальный корабль, а рабочий, можно сказать, серийный трудяга. Все должно быть прежде всего предельно удобно для жизни и работы. Основанное на таких принципах представление о комфорте воплотилось в великолепном спортивном зале, где оборудована площадка для волейбола и баскетбола и есть фактически все современные спортивные и тренировочные снаряды, в двух саунах, отделанных пахучими сосновыми досками, в плавательном бассейне с проточной водой, выложенном мозаичными картинками на сюжеты нептунона-ва царства, в одноместных каютах с кондиционированным воздухом, в кинозале с улучшенной акустикой (скрежет льдов, вибрация в походе бывают столь высоки, что невозможно расслышать слово стоящего рядом), наконец, в оранжерее, где вызревают круглый год петрушка, сельдерей, зеленый лук, огурцы — приятная и необходимая добавка к столу полярников, многие месяцы оторванных от берега. Очень ценный оказался и подарок системы «Орбита» — работают цветные телевизоры. Можно в далеких морях смотреть футбольные матчи, столичные концерты, знать все новости.

В общем, как ощущаешь при первом, даже самом беглом знакомстве, «Сибирь» — это современный город на плаву, с разветвленным хозяйством,



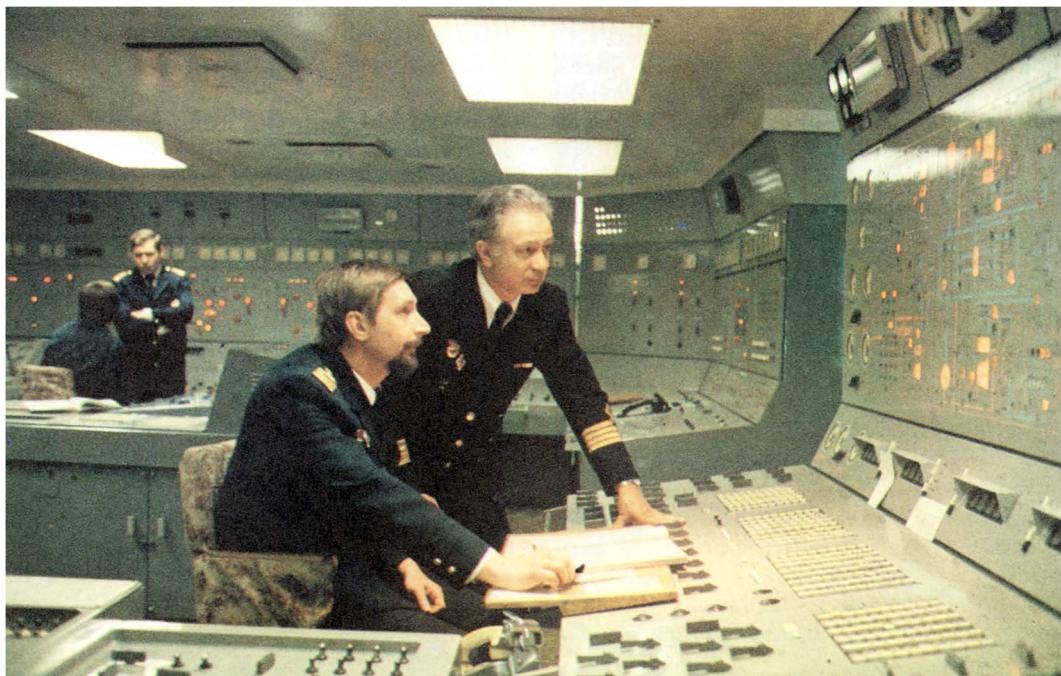
Капитан «Сибири» З. А. Вибих.

со своими небольшими, но великолепно оснащенными заводиками, потому что название «ремонтные мастерские» как-то не вяжется с цехами и многообразием станков, со своим атомным и электромеханическим комплексом и многими десятками сложнейших автоматизированных служб.

Опыт эксплуатации «Ленина» и «Арктики» был учтен при сооружении «Сибири» во всех деталях и нюансах. Судно вобрало множество новшеств и усовершенствований на всех стадиях постройки на Адмиралтейском заводе в Ленинграде. Иных приемов и методов работы потребовал металл, гораздо более «жесткий», чем любой, прежде используемый балтийцами.

Корпус «Сибири» повышенной прочности и имеет несколько другие обводы, чем «Ленин». Нос немного срезан, благодаря чему судно с ходу легче вползает на лед. В местах, подверженных наибольшему воздействию льдов, корпус усилен, как принято, ледовым поясом.

Для улучшения проходимости в



Мозг судна — центральный пульт управления, куда ежесекундно сходятся показания сотен датчиков. Их анализирует ЭВМ.

тяжелых льдах ледокол оснащен дифферентной системой. На носовой и кормовой частях корпуса встроены дифферентные цистерны на тысячу тонн воды каждая, чтобы ледокол мог освободиться за счет раскачки при заклинивании во льдах. Случается, что

огромное трение, возникающее при движении, заклинит судно в торосе так, что ни вперед, ни назад, и раскачка не помогает. Тогда в центральный пост управления идет команда: «Включить подогрев!» Струи перегретого пара направляются в носовую



В тяжелых арктических походах особенно приятно в свободное от вахты время поплескаться в бассейне, посидеть в уютной кают-компании.



цистерну, нагревая воду за несколько часов до 50 градусов по Цельсию. Тепло прогревает металл носовой части, лед тает, образовавшаяся вода служит как бы смазкой, и «Сибирь» вырывается из ледяного капкана на свободу.

В походе необходима постоянно свежая информация о состоянии льдов на курсе. Без помощи самолета — ледового разведчика не обойтись. За пять десятилетий этот вид работ Северного морского пути четко отработан. На трассу стала постоянно поступать информация и со спутников. Однако для научно-оперативного обеспечения высокоширотных плаваний, неожженых путей-дорог в Ледовитом океане этого мало. Районы обследования зачастую очень далеко отстоят от береговых аэропортов, скорость же продвижения атомоходов велика. Поэтому на атомных ледоколах постоянно находится разведочный вертолет.

Как и «Ленин», «Сибирь» — турбоэлектроход, энергию турбинам и парогенераторам которого дают атомные реакторы. Их два. Каждый реактор соединен с турбиной в 37,5 тысячи лошадиных сил. Конструкция главных турбогенераторов «Сибири» уникальная, не имеющая прототипа по экономичности и мощности в мировой практике создания однокорпусных турбин. Общая мощность в 75 тысяч лошади-

ных сил передается двигателям — трем четырехлопастным гребным винтам. Их усилие способно вытолкнуть многотонную массу корабля, словно хорошо смазанную лыжу, на поверхность льда. Какой же прочности должны быть валы, на которых укреплены винты?

— Создание валов атомохода — операция, достойная особого описания, — подчеркивал бывший первым главным инженером-механиком «Сибири» Александр Калинович Следзюк.

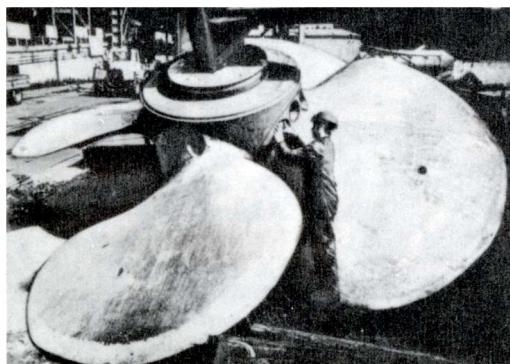
Герой Социалистического Труда, пришедший на «Сибирь» из первого экипажа «Ленина», он был отобран в 1959 году среди многих кандидатов главным инженером-механиком, как лучший знаток турбинных судов, и плавал на первом атомоходе до 1966 года. Следзюк же возглавлял на заводе специальную группу технического надзора Мурманского морского пароходства в период создания «Сибири». С его опытом, с опытом его творческой сверяли создатели второго поколения атомоходов свои решения. Следзюк участвовал в разработке многих систем, смонтированных на «Арктике» и на «Сибири».

— Три рабочих коллектива участвовали в обработке валов. В Волгограде их ковали. На Ижорском проводили термическую обработку. Попав для окончательной обработки на станки бригады дважды Героя Социалистического Труда А. В. Чуева в Ленинграде, стальные машины уже впитали в себя столько человеческого труда, умения, мастерства, что качество их могло быть только отличным...

Валы и в самом деле выглядят впечатляюще. Огромные, прекрасные в своей надежности и несокрушимости, они сейчас недвижны в отсеке, находящемся на глубине 11 метров под водой. Но легко представить, как выглядят эти машины в работе.

Мне очень повезло, что первое знакомство с «жизненной силой» судна проходило с объяснениями такого знатока и романтика, каким был Александр Калинович Следзюк. Худощавый, спортивного склада, выглядящий куда моложе своих лет, Алек-

Сколько же человеческого труда, искусства, умения впитали в себя стальные машины — гребные валы «России» — атомохода третьего поколения.



сандр Калинович был личностью легендарной. Живая история атомного ледокольного флота! Сложнейшее корабельное атомное хозяйство — его родная стихия. Он знал каждую турбину, каждый прибор, каждый зигзаг осциллографа, как собственный организм.

— Берег Калиныч машины. Такой взгляд, бывало, кинет, когда долго полную мощность требуем, только держись! — вспоминают капитаны. — Словно это его самого ударили — так воспринимал каждый толчок, каждый удар корабля.

Следзюк с подчиненными ему 102 специалистами делал все, чтобы ровно и устойчиво билось сердце «Сибири», идеально действовали все ее органы.

С 1959 года осваивал новую технику — атомную... Работая на «Ленине», окончил заочно Одесское высшее инженерное морское училище. В 1968 году защитил кандидатскую диссертацию по проблемам энерговооруженности современных кораблей — усовершенствовал атомную судовую установку. А поднялся он на палубу «Сибири» в 1976 году, когда этот советский атомоход только сошел со стапелей завода. За глаза о нем все говорили — маг атомной техники. И когда Калиныча не стало, горевали, как по самому близкому человеку, не только моряки-полярники...

В центральный отсек на нижней палубе заглядываем через двойное свинцовое стекло. Здесь работают два атомных реактора, и вход к ним по-сторонним воспрещен. Все помещение тщательно герметизировано, сами реакторы заключены в прочную металлическую защиту, выдерживающую давление 2 килограмма на квадратный сантиметр. Через коридор — турбинный зал, потом парогенераторы, где вода циркулирует в замкнутом контуре, и, наконец, зал гребных двигателей. Не верится, что мы на корабле, да еще в такой его части, которая глубоко под водой. Черные с серебряными ребрами машины, врачающие каждая 3 генератора по 9 тысяч киловатт, кажутся невеличками в 17-метро-

вом высоком светлом помещении, выходящем на верхнюю палубу. Над турбогенераторами ровные ряды выпрямителей переменного тока: гребные двигатели на постоянном токе при нынешнем уровне развития техники — самое оптимальное средство борьбы со льдом. Ход тормозят, а сила воздействия на лед возрастает. Прибавим ко всему две электростанции — носовую и кормовую, — насосную, зал кондиционеров. Трудно себе представить, что все это сложнейшее хозяйство, да и вообще весь корабль обслуживает вахта из всего-навсего двадцати человек. Правда, все они специалисты самой высокой квалификации, но тем не менее учатся постоянно у опытных моряков, прошедших школу «Ленина».

Пульты управления «Сибири», особенно центральный, под стать космическим. В маленький отсек службы радиационной безопасности, к примеру, где несет вахту всего один оператор, сходятся показания сотен датчиков, установленных повсюду. ЭВМ отрабатывает и выдает данные. Перед оператором на столе монитор, на экране которого весь реакторный зал, и табло, где светятся сто основных точек. Как только над какой-либо из них начинает робко подниматься световой столбик, он тут же запрашивает ЭВМ, в чем дело, и отдает распоряжение соответствующей службе. На стенке — мнемосхема, снабженная световой сигнализацией. Контроль ведется постоянный и круглосуточный. Это необходимо не только для гарантии безопасности людей, но и для развития науки. Ведь атомный флот, если брать масштабы истории, делает только первые шаги...

И как важны, как необходимы эти шаги! Сколько-то лет назад проходило заседание международной группы по безопасности атомных судов в ФРГ. Группа разрабатывает правила проектирования, строительства и эксплуатации атомоходов. Входят в нее крупнейшие специалисты по атомному флоту. В один из дней Александр Калинович Следзюк и его коллеги

плавали по Балтийскому морю на западногерманском атомном рудовозе «Отто Ган». Хозяева объясняли: «Судно небольшое — мощность всего 10 тысяч лошадиных сил, может перевозить 16 тысяч тонн груза. Беда в том, что он нерентабелен...»

Американская «Саванна» — атомное грузовое судно мощностью 20 тысяч лошадиных сил — должна была стать первым в мире надводным атомоходом, но первым стал «Ленин». «Саванна» отправилась в опытное плавание почти на три года позже — в 1962 году, — и в течение пяти лет судно курсировало между Америкой и Европой, принося одни убытки. На том и кончилась его короткая биография. Судно поставили на прикол, атомный реактор демонтировали.

На приколе и японский атомоход «Муцу». Его боятся выпускать в море, поскольку в первом же рейсе выяснилось, что недостаточно надежна биологическая защита. Вместо элементарного ремонта подняли панику, бросили судно прямо в море и только потом подобрали и доставили в док.

Как и все новое, трудно, в муках, в непонимании, рождался мировой атомный флот, что, в общем, характерно для революционного, неведомого...

«А советские атомоходы оправдывают себя?» — часто задают вопрос. Что можно ответить, если благодаря им увеличились сроки навигации, если без атомоходов было бы невозможно интенсивно осваивать богатейшие месторождения Сибири, Крайнего Севера, Северного Востока...

О важности этих районов говорил еще в конце прошлого века адмирал С. О. Макаров — известный русский флотоводец и ученый, инициатор создания первого мощного ледокола для плавания в Арктике. «Простой взгляд на карту России показывает, что она своим главным фасадом выходит на Ледовитый океан», — сказал Макаров в 1897 году в лекции со знаменательным названием «К полюсу — напролом». «Напролом» — значит с помощью ледокола организовать регулярные плавания в Карском море

до Оби и Енисея, ходить к Северному полюсу и составить карты еще не описанных мест Ледовитого океана.

Основатель Советского государства В. И. Ленин придавал огромное значение развитию районов Крайнего Севера. Подъем экономики этих мест, налаживание нормальной жизни и быта малых северных народов можно было осуществить только при организации планомерных научных исследований Арктики. Превращение Северного морского пути в регулярно действующую судоходную магистраль с первых лет Советской власти считалось первоочередной задачей. Для решения ее потребовалось несколько десятилетий. Прежде всего надо было претворить в жизнь обширную программу изучения арктических морей, создать сеть полярных станций, построить ледокольный и транспортный флот, организовать сложную систему научного и технического обслуживания мореплавания на трассе. Большую роль в успешном выполнении программы сыграл Второй Международный полярный год (1932 год), когда Советский Союз вместе с другими странами предпринял углубленные научные исследования полярного бассейна. Но главным достижением стал научный поход ледокольного парохода «Сибиряков» под руководством О. Ю. Шмидта. «Сибиряков» с машинами в 2 тысячи лошадиных сил не годился для такой миссии. Однако у молодой Советской Республики еще не было других технических средств. Немыслимое путешествие из Архангельска в Берингов пролив оказалось сказочно, фантастически удачным по ледовым и погодным условиям. Только местами льды достигали полутора метров, тогда «Сибиряков» продвигался ударами, чаще судно шло в чистой воде. Однако у берегов Чукотки, где льды вековые, сломались все четыре лопасти винта. Потом поломки начались одна за другой, появилась течь, а в довершение всего лопнул гребной вал. Дрейф подхватил беспомощное судно. Тогда на «Сибирякове» поставили... паруса, наскоро сшии из брезента. Корабль, словно бу-





В 1987 году «Сибирь» пришла на помощь зимовщикам на станции «Северный полюс-27».

мажный, двигался, не слушаясь руля, по разводьям, а потом вставал, упершись в льдину. Нечеловеческое упорство экипажа позволило все-таки выбраться на чистую воду Берингова пролива. Значит, все-таки это достижимо!

Удача «Сибирикова» способствовала созданию Главного управления Северного морского пути, на которое возложили задачу организации регулярных и безопасных плаваний от Белого моря до Берингова пролива.

По-настоящему выполнить такую задачу стало возможным лишь с появлением богатырей-атомоходов.

Походы «Ленина» 1961 года в Восточно-Сибирское море и в 1971 году к мысу Шелагского подтвердили на практике реальность выполнения задачи. В августе 1977 года атомоход «Арктика» успешно прошел к Северному полюсу «напролом».

А в мае 1987 года во многовековую летопись освоения Северного морского пути вписана еще одна славная страница. В необычно раннее для арктической навигации время, когда

неодолимо крепок еще зимний панцирь ледовых морей, по маршруту высоких широт, где и летом-то не ходят корабли, прошел атомоход «Сибирь». От Мурманского причала через Кольский залив, мимо Земли Франца-Иосифа он пробирался к приполюсному району Арктики, где срочно надо было снять с подтаивающей на глазах льдины экипаж полярной станции «Северный полюс-27». Самолет там сесть не мог, и вся надежда возлагалась только на могучий ледокол. Нелегкое выдалось плавание. В это время года в столь высокие широты никогда еще не заходили надводные суда. Каждая сотня метров давалась упорным трудом, можно сказать, с боем. Некоторые сутки шли со скоростью пешехода. Торосистый сплоченный лед преодолеть не просто...

От Мурманска до полюса — две с половиной тысячи километров, если, конечно, лететь напрямую. Но во льдах прямых дорог не бывает. Приходилось вести постоянную корректиров-

ку. Самолет Ил-18, оснащенный как специальная лаборатория, принимал на экран изображение поверхности, аппаратура записывала его на ленту и выдавала цифровую информацию о поверхности, над которой летал самолет. Не было выходных ни у ледового разведчика — вертолета МИ-8, ни у опытнейшего экипажа и гидролога Р. Борисова.

«Сибирь» успешно подошла к льдине, забрала зимовщиков и их имущество и двинулась к полюсу. Второй советский атомоход достиг географической точки Северного полюса Земли и установил там флаг нашей Родины. А затем — на восток, вновь к высоким широтам, к острову Диксон, проливу Вилькицкого через море Лаптевых.

Этот рабочий рейс — настоящий подвиг в четырехсотлетней истории освоения Арктики, которая ничуть не изменилась с давних времен. Все так же величественны торосы, вздыбленные в черноте ночи и слепящем свете незаходящего солнца. И все-таки покорились льды, не доступные никаким другим кораблям мира. Мужество людей и могущество техники победили. Вел «Сибирь» капитан З. А. Вибах, а главным инженером-механиком был В. Ициксон, сменивший Следзюка на этом ответственнейшем посту, тоже ветеран, начинавший на «Ленине»...

Арктическая трасса действует. Задача сделать ее до Дальнего Востока круглогодичной — уже не мечта, а реальность.

На Адмиралтейском заводе в Ленинграде построен и уже участвует в навигациях новый собрат «Сибири» и «Арктики» — атомоход «Россия», в который тоже вложены мастерство, любовь и огромный опыт первых капитанов и механиков, их учеников и друзей. Технический прогресс меняет традиционные представления даже в географии. С тех пор как первые корабли пытались пробиться в полярные моря, судоходной считалась трасса, пролегающая вдоль извилистой линии берега. Там изучены течения и глубины, льда меньше и он легче, чем в высоких широтах. Но взгляните на кар-

ту: высокими широтами от Мурманска до Чукотки ближе на тысячу миль. Ближе — значит быстрее. Однако пройти так близко к полюсу под силу лишь самым мощным атомным ледоколам, да и транспорты, которые они ведут, должны обладать достаточной скоростью, запасом сил и специально укрепленным корпусом. Наступает пора высокоширотных трасс в арктическом мореплавании, значит, меняется флот, меняется устройство портов.

Сколько бы ни были могучи наши ледоколы, их скорость лимитируется ведомыми кораблями. Многое зависит от того, смогут ли суда, входящие в караван, преодолеть ледовые осколки и еще расширить канал идущим за ними меньшим судам. До высокоширотного рейса «Сибири» у конструкторов были на этот счет лишь смутные предположения. Но уже проводка «Капитана Мышевского» в 1978 году вселяла уверенность: смогут. Дизель-электроход застревал чаще не на прямых участках пути, а на крутых поворотах. Не вписывался в радиус, вычерченный во льдах атомоходом.

Появление на трассах атомных лидеров заставляет специалистов задуматься. И в самом деле — какая тут эффективность перевозок, если богатырь ограничен, связан по рукам и ногам беспомощностью транспортов!

Нет пока единого мнения, каким быть арктическим кораблям. История полярного мореплавания — это в какой-то степени и история соперничества между ледоколами и транспортным флотом. То вперед вырывались ледоколы, то превосходили их в мощности и проходимости грузовые суда. Теперь все лавры у атомных ледоколов. Но в принципе ведущие и ведомые должны соответствовать друг другу, только тогда уравновесится и экономика перевозок, считают моряки-полярники. Атомоход может три года обходиться без пополнения горючим, без перезарядки, которая проводится только в порту, в специально обеспеченных условиях безопасности. Запас продовольствия он способен взять на семь месяцев. А обычному судну, да еще в трудных

условиях, требуется постоянная доставка больших объемов топлива. Поэтому вопрос о строительстве транспортных судов, скажем скоростных контейнеровозов, сухогрузов с атомным реактором весьма актуален. Чем больше судно, тем оно экономичнее. Ледоколы и скоростные контейнеровозы минимальное время находятся в порту. Наши атомоходы способны водить сквозь тяжелые льды целые караваны огромной грузоподъемности. Мыслить надо смелее, не цепляться за устоявшееся. Может быть, есть смысл сделать ледокол транспортом... Нужны специализированные суда, которые могли бы брать на борт тысячи тонн груза и самостоятельно форсировать тяжелые льды.

Северный морской путь открывает колоссальные возможности не только для стремительно развивающейся экономики Крайнего Севера, но и для трансконтинентальных контейнерных перевозок. Ведь до сих пор иностранные суда разгружают в Ленинграде, переваливают грузы в железнодорожные вагоны и через всю страну направляют к Тихому океану, чтобы вновь погрузить на корабли. Тут даже БАМ не выдержит — ведь грузов направляется все больше и больше. Специалисты утверждают, что если наладить регулярное морское сообщение Мурманск — Владивосток, то можно резко увеличить перевозку грузов. Чем короче окажется путь, что возможно с помощью освоения высоких широт, тем регулярнее и быстрее станут графики доставки, тем эффектив-

нее и прибыльнее окажется заполярная магистраль.

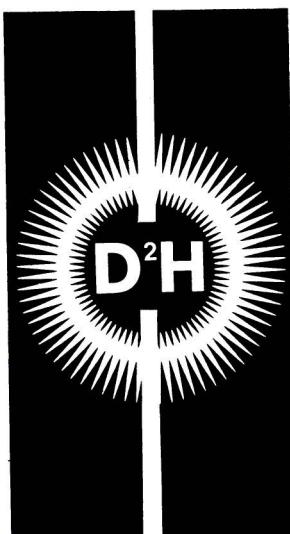
Сегодня атомные богатыри за сутки-две проходят из Мурманска в Баренцево море, огибая мыс Желания там, где когда-то гибли во льдах суда и герои-первопроходцы, где в начале века застрял в ледовом плена «Ермак» адмирала Макарова. Но все без исключения корабли непременно приветствуют продолжительным гудком остров Белуху. Здесь воздвигнут памятник-маяк в честь мирного, того самого ледокольного парохода «Сибиряков», проложившего первым путь на Восток. 25 августа 1942 года «Сибиряков» отказался сдаться в плен, вступив в неравный бой с фашистским рейдером «Адмирал Шеер», и геройски погиб вблизи этого острова. Сегодня памятник олицетворяет все безоружные суда, пиратски потопленные в арктических морях, все полярные станции, бандитски, безжалостно разгромленные фашистскими боевыми кораблями, которые хотели подорвать транспортную магистраль Северного морского пути. В память самоотверженности и героизма советских моряков и полярников высится на природном гранитном постаменте маяк на острове Белуха. Он делает свое добре дело для сегодняшних покорителей Арктики, предупреждая об опасности, помогая выбрать правильный и верный путь. И каждый раз, приветствуя его, раскалывает арктическую ночь могучий салют ледокольных тифонов, идущих «к полюсу — напролом».



КОММЕНТАРИЙ

КОММЕНТАРИЙ

2



«ОГНЕДЫШАЩИЕ ДРАКОНЫ» И СВЕРКАЮЩИЕ АЛМАЗЫ



Человечеству для его постоянного развития нужна энергия. Много энергии. Значит, нужен новый взгляд на ее источники и ресурсы, новый взгляд на взаимоотношения с природой, на дальние и повседневные проблемы. Рачительный подход добрых хозяев, а не только потребителей, хозяйствский расчет.

Если с позиций реальностей современного мира подойти и к выручающей нас сегодня атомной энергетике,

то мы увидим, что она в своей технологической сути еще далека от совершенства. В ней используются невозстановимые запасы элементов, занимающих в таблице Менделеева места, близкие к концу,— тяжелые ядра атомов урана. Сейчас они служат в буквальном смысле слова лишь «дровами», топливом в классической, многоступенчатой схеме производства электричества: атом греет воду, превращая ее в пар, пар вращает турби-



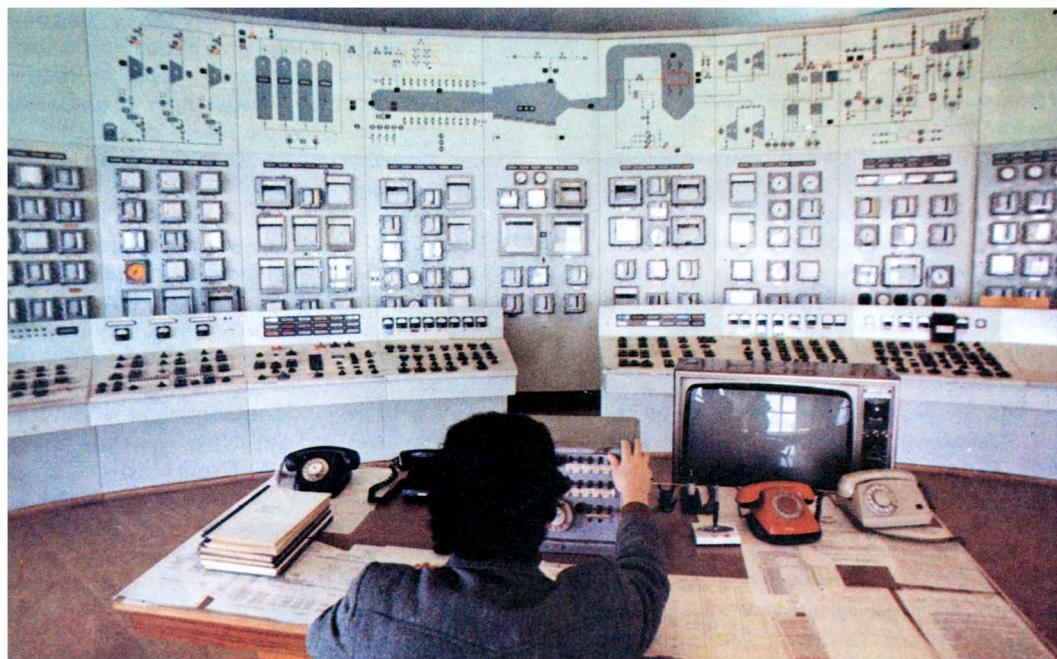
Рукотворные алмазы — фианиты — соперничают в красоте с природными драгоценностями.

ну, турбина — генератор, что, конечно, стало уже вчерающим днем техники. Вскоре, по всей видимости, атомные электростанции войдут в компанию с магнитогидродинамическими генераторами (МГД) и откроют путь к нетрадиционному, прямому преобразованию энергии движения в энергию электрическую. В МГД «рабочим телом» служит плазма — раскаленный ионизированный газ, который движется в сильном магнитном поле. Источником нагрева газа может стать тепло, вырабатываемое атомными электростанциями.

Научный поиск и техническая реализация МГД дали толчок новым направлениям высокотемпературной техники. Так был создан совершенно новый метод плавки окислов металлов, принципиально новый класс жаростойких материалов, не только превосходящих существующие, но, что очень важно, имеющих нужные, наперед заданные свойства. Например, фианиты (названные так по первым буквам Физического института Академии наук СССР, где они были получены), сверкающие, как драгоценные камни, кристаллы тугоплавких окислов, пошли в производство прямо из лаборатории. Они тверды, как алмаз, выдерживают температуру в 2500—2600 градусов, электропроводны. Но это, так сказать, побочное дитя. А у «огненной» науки — физики высоких температур впереди еще более интересные планы и заботы. Особенно там, где температуры становятся сверхвысокими, поистине солнечными и звездными. В сравнении с ними МГД работают на низкотемпературной плазме. Кстати, она так в технике и называется.

А если речь идет уже не о тысячах, а о сотнях и миллионах градусов? Уж не удастся ли создать искусственное Солнце на Земле? Ведь при такой температуре атомы газа будут двигаться так стремительно, что оголяются не только атомы, превращаясь в ионы, как в плазме МГД, а сами атомные ядра, имеющие положительный заряд и при обычных условиях отталкивающиеся друг от друга. И если их будет достаточно много, они начнут сливаться, то есть произойдет то, что в науке принято называть «термоядерный синтез». Энергии при этом выделяется в десятки раз больше, чем при используемом сейчас распаде тяжелых ядер.

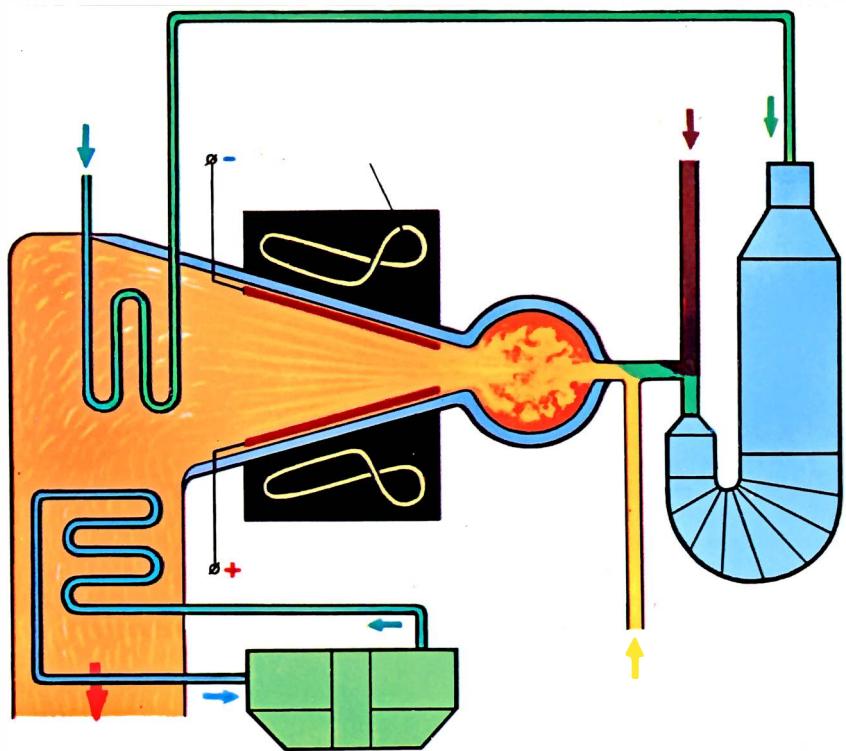
Чтобы лучше представить преимущества, которые получило бы человечество, овладев термоядерным синтезом, достаточно сравнить количество выделяемой энергии в трех основных типах реакций, используемых для получения тепла. Так, при сжигании водорода в кислороде на каждый



Пульт управления МГД — генератором.

По такой схеме действует этот «огнедышащий дракон».

Плазма, несущаяся в магнитном поле, дает ток, используемый в энергосети.



грамм сгорающих веществ выделяется всего 4,4 ватт-часа энергии. При распаде атомов урановых элементов на грамм вещества выделяется 22,5 миллиона ватт-часов энергии. При синтезе же гелия из самого легкого во Вселенной элемента водорода выделяется 98 миллионов ватт-часов.

Если бы сейчас все электростанции мира, мощность которых превышает 1300 гигаватт, перешли на использование реакции синтеза, то даже с учетом их КПД всего в 30 процентов им требовалось бы в сутки для непрерывной работы каких-нибудь 720 килограммовдейтерия. Его мог бы поставлять один небольшой завод, куда по трубам диаметром 10 сантиметров текла бы обычная вода!

Кстати, термоядерный способ получения энергии появился на одной из ранних стадий возникновения Вселенной, и он не прошел бы проверку в миллиарды и миллиарды лет, если бы не был самым практичным и экономически целесообразным.

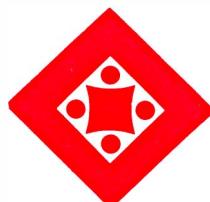
Он самый чистый и безвредный: сырье — вода, отходов нет, никакой радиоактивности, никаких твердых частиц — ничего.

Да, что и говорить, весьма увлекательна и многообещающа идея создания термоядерного реактора, подобного Солнцу и звездам, сырьем и топливом для которого стала бы обычная вода. Как теоретически осу-

ществить эту заветную мечту человечества, поняли давно. Надо сообщить ядрам атомов водорода илидейтерия такую скорость, чтобы при столкновении друг с другом онисливались, с лихвой возвращая затраченную на их разгон энергию.

Однако на практике... Поиски, очень активные, идут по разным направлениям, и, вероятно, многие из них окажутся успешными. Но пока в научных экспериментах лидируют два. Одно из них — нагрев таблеток из тяжелого изотопа водорода — триития — для получения плазмы и запуска реакции термоядерного синтеза с помощью лазеров. В Советском Союзе это направление успешно разрабатывают в Физическом институте имени Лебедева в Москве под руководством лауреата Ленинской и Нобелевской премий академика Николая Геннадиевича Басова.

Другое направление — создание магнитных ловушек для нагрева плазмы. Это так называемая программа «Токамак» — токовая камера с комбинацией магнитных и электрических полей, которая родилась в Институте атомной энергии имени И. В. Курчатова в Москве (потом токамаки распространялись по всему миру). Вот о токамаках и расскажет участник их создания академик Евгений Павлович Велихов, вице-президент Академии наук СССР.



ИНТЕРВЬЮ



Академик
Е. Велихов

ЗАЖЕЧЬ ЗВЕЗДУ



— В отличие от многих других замыслов, идею магнитной ловушки не пришлось дожидаться воплощения столь долго. Но и здесь понадобилось четверть века, прежде чем силовые линии магнита смогли замкнуть «звездное вещество». Не слишком ли длительный срок для нашего стремительного века?

— Действительно, только через двадцать пять лет после того, как возникли первые идеи об удержании го-

рячей плазмы, летом 1975 года, в Институте атомной энергии имени И. В. Курчатова был осуществлен пуск крупнейшей в мире экспериментальной термоядерной установки «Токамак-10». Но теперь, так сказать, задним числом можно лишь удивляться тому, как много было сделано за столь короткий срок. Ведь не надо забывать, что установка предназначалась для нагрева водорода до такой температуры, которая существует только

в недрах Солнца! Это десятки миллионов градусов. И еще требовалось удержать это солнечное вещество — плазму в течение продолжительного времени. Лишь при таких условиях в газе, состоящем из ядер водорода, начинается термоядерная реакция — слияние легких ядер в более тяжелые, в гелий. При этом выделяется колоссальная энергия при сравнительно небольших затратах. В грубом, правда, пересчете, чтобы нагреть, например, один грамм тяжелого водорода, дейтерия, до температуры в один миллион градусов, надо затратить столько же энергии, сколько требуется, чтобы вскипятить ведро воды...

Дело в том, что реакции синтеза могут происходить только тогда, когда два ядра сближаются на дистанцию порядка 10^{-13} сантиметров. Ведь обычно положительные электрические заряды водородных ядер отталкивают их друг от друга. Но при чрезвычайно высоких температурах в недрах Солнца ядра сдавливаются так плотно и налетают друг на друга с такой огромной энергией, что преодолеваются электростатические силы отталкивания. Ядра гелия сливаются, в результате чего высвобождается колоссальная энергия. Повторить подобный процесс в земных условиях и сделать его управляемым непросто.

Расчеты, основанные на знании процессов взаимодействия ядер между собой, позволяют установить критерии, которые должны быть выдержаны, чтобы можно было построить термоядерный реактор, выделяющий энергии больше, чем ушло на создание магнитных и электрических полей, необходимых для удержания и нагрева заряженных ионов водорода — плазмы. Здесь есть два основных условия. Одно из них заключается в том, что температура вещества должна превосходить некоторую пороговую. Для наилучшего ядерного горючего, каким является смесь более тяжелых «собратьев» водорода — дейтерия с тритием, температура должна превышать 100 миллионов градусов.

Второе условие требует, чтобы у каждого ядра, находящегося в веществе,

была определенная вероятность за время существования в системе вызвать ядерную реакцию. Это означает, что ядро должно встретить на своем пути достаточно большое количество других ядер. Понятно, что количество встреченных ядер, с которыми возможно столкновение-взаимодействие, будет тем больше, чем больше плотность — концентрация вещества — и время существования ядра.

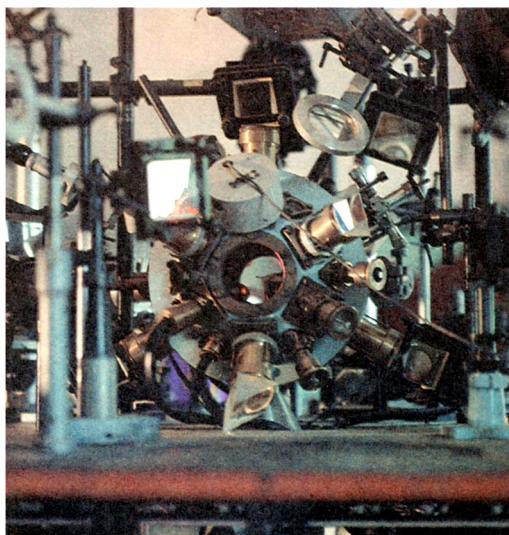
Таким образом, мы должны создать вещество с очень высокой плотностью и температурой и добиться того, чтобы каждая «горячая», то есть обладающая высокой энергией, частица существовала в нем срок, достаточный для ее взаимодействия с другими частицами.

При очень высокой «солнечной» температуре любое вещество превращается в ионизированный газ, то есть в плазму. Вот и нужно создать такую плазму с возможно более высокой концентрацией и возможно более длительным временем сохранения в ней быстрых частиц. Понять, насколько это трудная задача, можно хотя бы из того, что если разогреть плазму, то ее быстро движущиеся частицы станут уносить энергию на стеки любого сосуда, внутри которого плазма создается. Значит, необходимо каким-то образом суметь их удержать в ограниченном объеме, иначе ни о какой концентрации и думать нечего. Поэтому практическое начало работ по термоядерному синтезу совпадает с тем моментом, когда возникли идеи о способе удержания плазмы.

У истоков этих исследований стояли выдающиеся физики, привлекшие к работе много талантливой молодежи. Первым был академик Игорь Васильевич Курчатов. Присущий ему размах и интуиция во многом определили широкий масштаб термоядерных исследований в СССР.

В нашей стране была впервые предложена идея удержания плазмы в магнитных полях академиками А. Д. Сахаровым и И. Е. Таммом.

Если мы поместим плазму в сильное магнитное поле, созданное таким образом, чтобы силовые линии этого



«Кальмаром» назвали московские физики одну из первых лазерных термоядерных установок.



«Дельфин» — современное совершенное устройство, где термояекцию запускает луч лазера.

поля со всех сторон обволакивали ее, то есть своеобразную магнитную «бутылку», то сможем получить клубок горячей плазмы, который будет как бы висеть в вакууме и не сможет взаимодействовать со стенками со- суда.

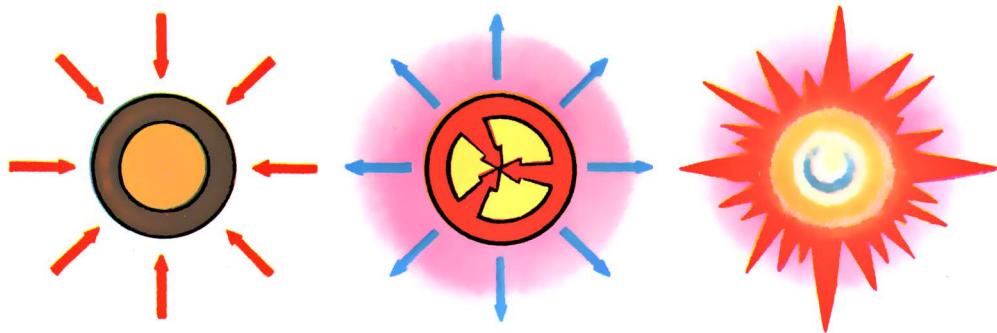
Это была прекрасная мысль, и вначале все преисполнились энтузиазмом. Однако через несколько лет стало очевидным, что, несмотря на очень простую и верную исходную идею, имеется много подводных камней на пути ее осуществления.

Звездное вещество — плазма — крайне капризная субстанция, которая очень хорошо себя ведет, пока ее ничем не ограничивают.

Взлет энтузиазма сменился резким пессимизмом. Казалось, что любые наши попытки встречаются с новыми трудностями, которые не позволяют продвигаться дальше. Наконец стали появляться новые ростки оптимизма: были найдены пути борьбы с опасными видами неустойчивости, с плазменными «инфарктами» и «инфарктами», как образно окрестил эти неприятности академик Л. А. Арцимович, возглавлявший термоядерные исследования до 1973 года. В этом на-

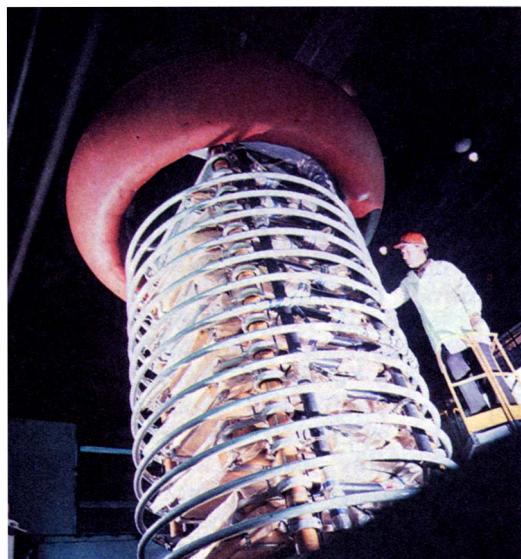
правлении советские физики имели определенное преимущество, потому что основная идея и первые опыты по борьбе с неустойчивостями плазмы были осуществлены в Советском Союзе.

Рассказ о многочисленных путях, по которым идет решение проблемы термоядерного синтеза, был бы слишком длинным. Перейдем к тому, что есть сегодня. Уже как будто проясняются контуры будущих термоядерных реакторов. «Горение» смесидейтерия и трития будет, вероятно, протекать либо в форме «медленного пламени» в так называемых стационарных системах, либо в виде повторяющихся взрывов умеренной мощности (импульсные системы). Для осуществления коротких импульсных процессов используются новые способы очень быстрого выделения большого количества энергии в малых объемах. В качестве зажигалки используют мощные лазеры или электронные пучки, летящие со скоростью света, которые бомбардируют мишень — шарикдейтериево-тритиевой смеси. Внешние слои мишени взрываются и своей отдачей сжимают внутренние слои к центру. Мгновенное сильное сжатие вызывает



Концентрированный световой луч коснулся мишени и «взорвал» ее изнутри. Быстрый разогрев вызвал звездную реакцию.

Сибирские ученые из Института ядерной физики возбуждают термоядерную реакцию электронным пучком.



дополнительный разогрев до порога начала термоядерной реакции — слияния ядер. Поиски в этих направлениях интенсивно развиваются. Они весьма перспективны.

Но их пока что опережают попытки создания стационарных (или квазистаци-

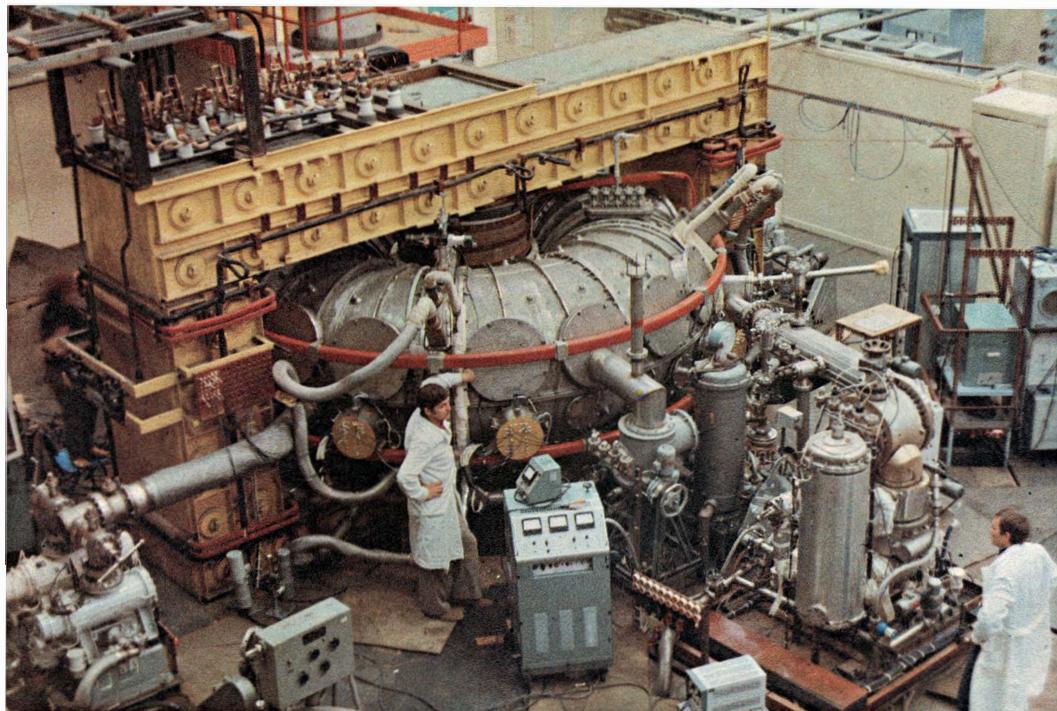
ционарных) условий протекания реакции. Тут наиболее успешные разработки шли по так называемой программе «Токамак».

— Слово это впервые прозвучало со страниц советской печати и ныне стало таким же международным термином, как и «спутник».

— Теперь — да, а поначалу на Западе к советской программе «Токамак» отнеслись с недоверием. Зато теперь работы по ней стали одним из главных направлений термоядерных исследований в США, Европе, Японии.

— Иначе и быть не могло. Революционная идея магнитной ловушки опрокинула все сомнения. Но для того чтобы могло забиться «магнитное сердце», понадобилось соответствующее «тело», сложнейший организм «Токамака». Давайте познакомимся с его необычной для земных условий жизнью.

— Установка типа «Токамак» устроена следующим образом. В тороидальной камере (пустом «бублике») создается плазма из вспрынутого газообразного тяжелого водорода (дейтерия) при сравнительно невысоком давлении. Эта камера надета на ярмо трансформатора, и в ней индукционным путем создается кольцевой ток,



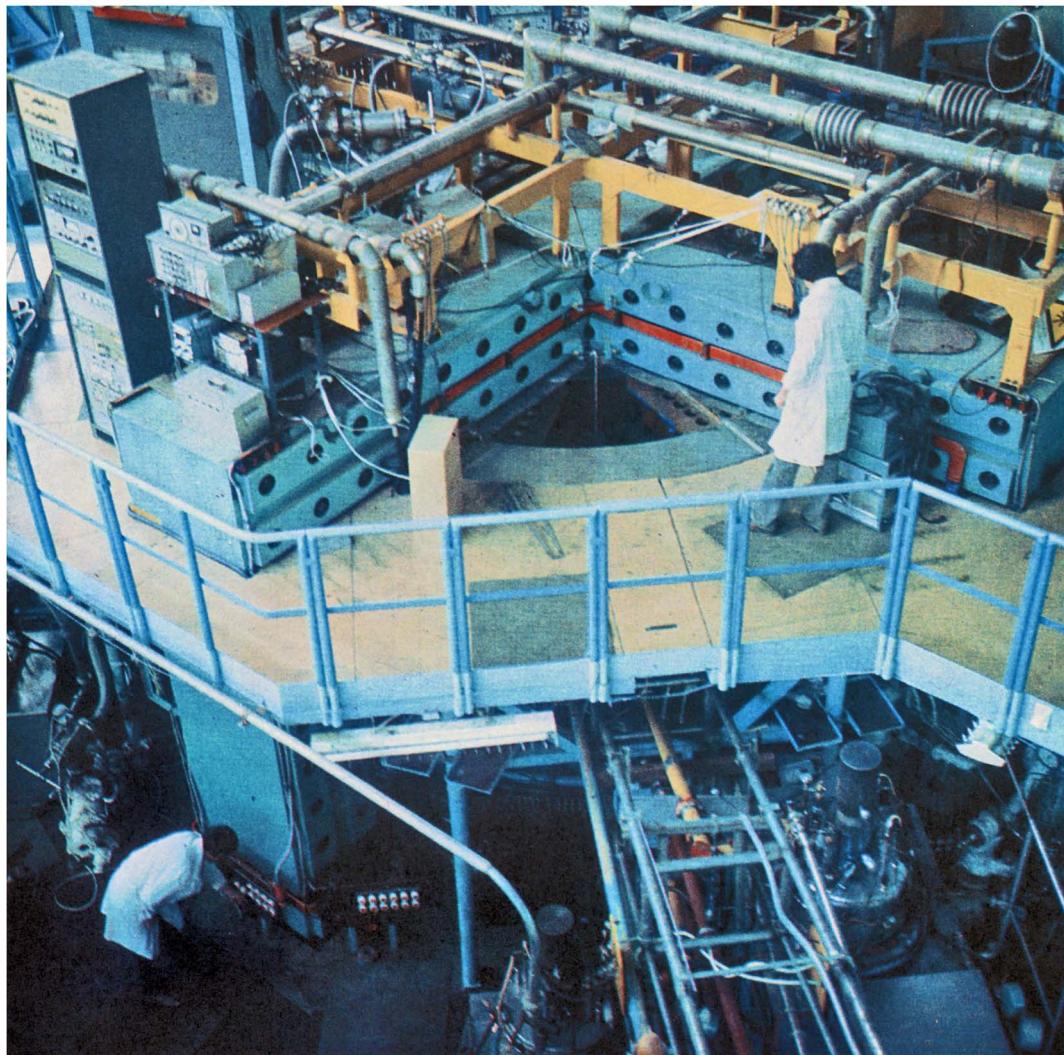
«Токамак-7», на котором впервые использованы сверхпроводящие обмотки.

который, ионизируя газ, образует плазму и удерживает ее от соприкосновения со стенками с помощью собственного магнитного поля. Удержание плазмы обеспечивается тем, что силовые линии магнитного поля направлены перпендикулярно току и охватывают плазменный виток. Кроме того, ток, протекая по плазме, нагревает ее.

Итак, внутри тороидальной камеры образуется кольцевой плазменный шнур, по которому идет ток. Сам по себе такой плазменный шнур с электрическим током неустойчив. Чтобы он обрел устойчивость, надо придать ему необходимую жесткость. Для этого на поверхность камеры надеваются катушки, создающие большое магнитное поле, напряженность которого во много раз превышает напряженность поля, создаваемого током, а силовые линии параллельны току в плазме. Это магнитное поле придает жесткость всему плазменному шннуру с протекающим по нему током. В тече-

ние длительного времени в Институте атомной энергии коллектив ученых под руководством академика Л. А. Арцимовича занимался получением все более горячей плазмы в устройствах такого типа. Преодолевая большие трудности, шаг за шагом повышались параметры плазмы — увеличивались плотность, температура и так называемое время удержания энергии. В результате усилий научно-исследовательских и конструкторских организаций, заводов была создана большая установка «Токамак-10». Сложный и смелый проект установки был разработан НИИ электрофизической аппаратуры имени Ефремова. Изготавляло ее ленинградское электромашиностроительное объединение «Электросила» имени Кирова.

С вводом в строй установки «Токамак-10» советские ученые получили мощный инструмент для исследований термоядерного синтеза. «Токамак-10» стал последней чисто экспериментальной термоядерной установкой, завер-

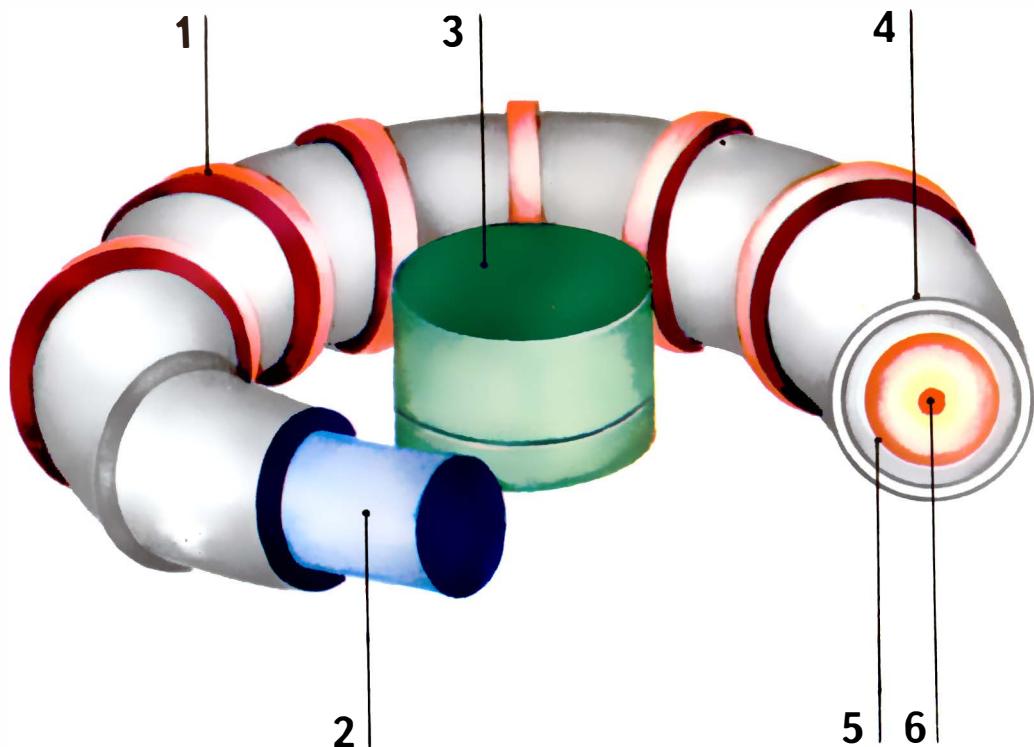


Родоначальник мирового семейства токамаков — «Токамак-10».

шая долговременную программу физических экспериментов, проводимую в Институте атомной энергии. Полученные результаты вместе с результатами, которые дали аналогичные установки за рубежом, послужили базой для строительства демонстрационного термоядерного реактора-токамака.

— Под понятием «демонстрационный» следует понимать «промежуточный»! Речь идет, вероятно, о качественно новом этапе на пути к термоядерному синтезу!

— Словом «демонстрационный» обозначают установку, заполненнуюдейтериево-тритиевой плазмой, от которой получают энергию, равную примерно той, что затрачивается на разогрев плазмы до температуры «горения». Это действительно такой рубеж на переходе от этапа физических исследований к этапу технологическому. Чтобы достичь его, ученым и инженерам предстоит преодолеть еще немало чисто технических трудностей, причем гораздо больших, чем те, которые стояли перед физиками и инже-



В похожей на гигантский бублик ловушке (вверху) в сильных магнитных полях заперто звездное вещество — плазма.

1 — магнитная катушка,
2 — магнитное поле,
3 — преобразователь,
4 — защитная оболочка,
5 — стенка,
6 — плазма.

Принцип у всех один, а величина ловушек и размеры разные (внизу).

JET — токамак США

T-10

T-15

JET

нерами, создавшими первые атомные электростанции. Например, сверхмощная электромагнитная система будущего реактора должна быть сверхпроводящей.

Она может быть создана на основе существующих сверхпроводников, но поскольку открыты новые сверхпроводники, способные работать при более высоких температурах, то задача значительно упрощается.

Необходимо решить и ряд других технических и технологических проблем: создать соответствующие мате-

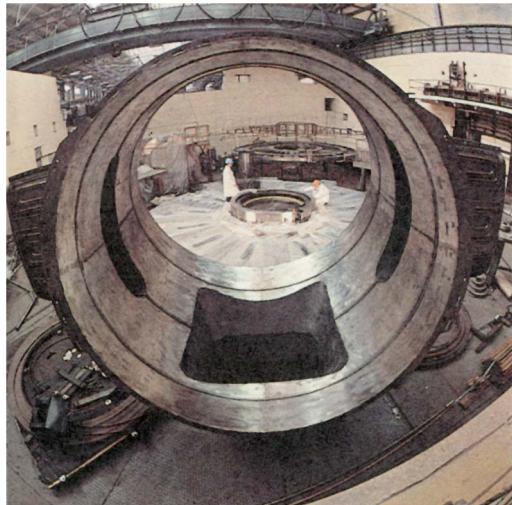


риалы для стенок реактора, выдерживающие огромные тепловые и нейтронные потоки; найти способы приготовления и восстановления горючего — дейтериево-тритиевой смеси, освоить очистку высокотемпературной плазмы от примесей тяжелых элементов, отработать все конструктивные узлы и технологические системы, чтобы они смогли выдержать длительный (до десятка лет) срок работы.

Следующий шаг в программе токамаков связан уже с сооружением крупных установок Т-15 у нас и подобных за рубежом. Цель экспериментов, проводимых на них, — получение и исследование плазмы, параметры которой близки к термоядерным. Создание таких установок — последняя ступень на пути к сооружению ИНТОРа — реактора, рассчитанного на получение самоподдерживающейся реакции и наглядную демонстрацию производства энергии с помощью термоядерного синтеза.

Новая установка в Институте атомной энергии — Т-15 — это «буллик» круглого сечения радиусом 2,4 метра с обмоткой из сверхпроводящих материалов. Для нагрева плазмы, кроме омического (за счет электронагрева), используются вспрыскивание быстрых атомов и токи высокой частоты (СВЧ). Две системы можно использовать одновременно. От установки «Токамак-10» взята система питания дополнительного нагрева, индуктора и обмоток управляющих магнитных полей. На основе математического моделирования предполагается получить в Т-15 плазму с температурой ионов около 7 тысяч электрон-вольт при концентрации до 10^{14} в одной тысячной кубического сантиметра и временем удержания одной десятой секунды. Это уже параметры, годны для термоядерного реактора. Практически это значит зажечь земную рукотворную звезду.

Термоядерный реактор электростанций будущего будет одним из самых «чистых» энергетических аппаратов: он не станет выделять в окружающую среду продукты сгорания, в нем не будут нарабатываться дол-



гоживущие радиоактивные осколки, как в атомном реакторе, а наведенная нейtronами активность в стенах, во-первых, будет меньше, чем активность продуктов деления, и, во-вторых, будет зависеть от выбора материала стенок реактора. По всей вероятности, это, кажется, самый безопасный для человека и природы объект. Он не потребует решения сколько-нибудь сложных проблем транспортировки топлива.

— **Можно ли сказать, что создание такого реактора — дело ближайшего будущего?**

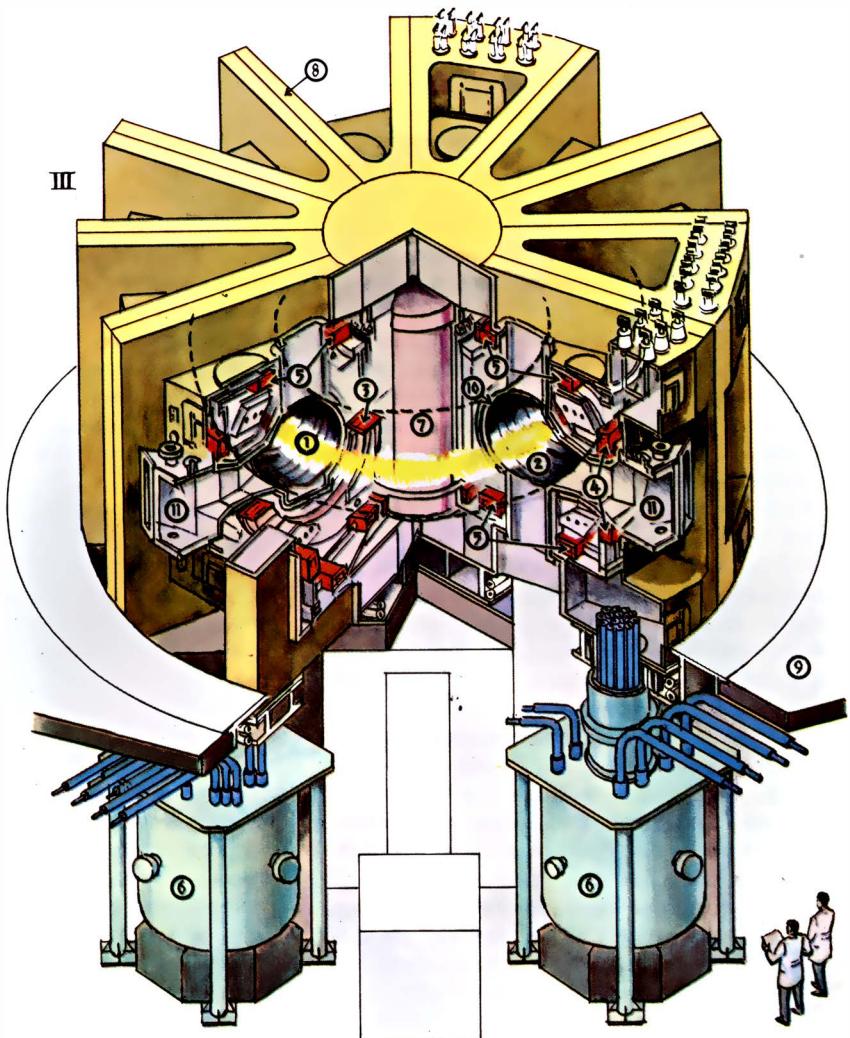
— Уже подготовлено несколько проектов крупных термоядерных

«Токамак-15»,
создаваемый
в Институте
атомной энергии
имени

И. В. Курчатова,
представитель нового
поколения,
способного
длительно
удерживать
звездное
вещество.

Слева — этапы
монтажа установки.

Справа — схема
«Токамака-15»:
1 — плазменный
шнур,
2 — вакуумная
камера-лодушка,
3 — сверхпроводящие
магниты,
4 — электромагниты,
5 — управляющие
магниты,
6 — оборудование
для сверхнизких
температур,
7 — первичная обмотка
трансформатора
(индуктор),
8 — магнитопровод
(ярмо
трансформатора),
9 — перекрытие зала
реактора,
10 — металлические
стенки
вакуумной камеры,
11 — отверстие
для ввода
в плазму
сверхвысокочастотных
токов.



установок на основе токамаков, имеющих масштаб испытательного реактора. Согласно международному проекту реактора — токамака ИНТОР это будет наиболее крупная установка данного типа. Предполагается, что ток в ней достигнет 5—6 миллионов ампер, а температура ионов — 10 тысяч электронвольт или 100 миллионов градусов Цельсия. Мощность термоядерной реакции — 600 миллионов ватт. На ИНТОРе проектируется получение электроэнергии на уровне мощности 5—10 миллионов ватт.

Небезынтересна история создания ИНТОРа. По инициативе советских ученых в 1979 году в Международном

агентстве по атомной энергии (МАГАТЭ) была образована международная рабочая группа. В ее задачи входила оценка возможности создания термоядерного реактора на основе системы «Токамак». Группа должна была определить программу и технические цели, параметры реактора, научно-исследовательскую базу для создания международными усилиями установки, которая продемонстрировала бы техническую возможность получения энергии за счет термоядерного синтеза. Опираясь на поддержку национальных коллективов, участники рабочей группы из нашей страны, США, Японии и стран Евроядерного под-

готовили подробный отчет, в котором сделали вывод, что имеющиеся по физике токамаков данные и современный технический уровень достаточны для проектирования и сооружения международного токамака — реактора ИНТОР.

Установлено, что в ИНТОРе можно будет осуществить длительное горение самоподдерживающейся термоядерной реакции.

В 1980 году начато проектирование ИНТОРа. Одновременно создавалась программа исследований и разработок для обоснования проекта. Важным этапом программы стали успешные эксперименты с крупномасштабной плазмой на установках нового поколения типа Т-15 и других.

Так что уже можно говорить об энергетическом термоядерном реакторе, а может быть, даже и термоядерной электростанции. Во всяком случае, мы надеемся, что в начале столетия она появится...

Поиски путей управляемого термоядерного синтеза вступают в новую фазу. Судя по темпам их развития, можно ожидать решения проблемы на физическом уровне в течение ближайших лет. А это значит, что уже сейчас должны быть заложены основы для перехода к следующему, не менее сложному и ответственному этапу — инженерно-технологическому.

Тогда можно будет определить место термоядерной энергетики в общем энергетическом балансе как нашей страны, так и всего мира на начало XXI века.

Хотелось бы обратить внимание еще на одну важную особенность в развитии исследований по термоядерному синтезу. В 1956 году по инициативе Советского Союза была сброшена завеса секретности с научных работ по изучению плазмы. Сделал это И. В. Курчатов, который на конференции в Англии, в Харуэле, прочитал лекцию о наиболее интересных результатах, полученных советскими учеными.

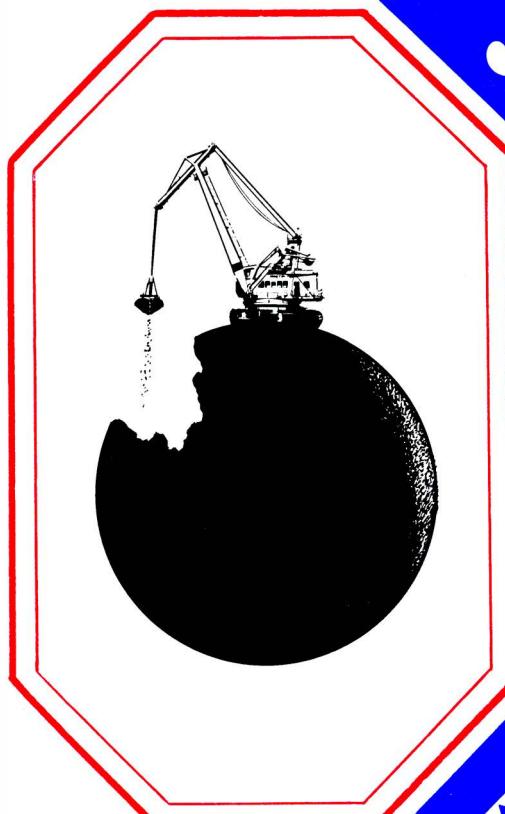
Позже примеру Советского Союза последовали и другие страны. И оказалось, что, работая независимо друг от друга, тщательно скрывая результаты своих экспериментов, ученые пришли, в общем-то, к одинаковым идеям. С тех пор работы ведутся открыто и в тесном сотрудничестве: ученые активно обмениваются результатами.

И теперь, когда мы подходим к стадии инженерных проектов, международное сотрудничество должно всемерно укрепляться. Навсегда избавить человечество от угрозы энергетического и топливного голода — гуманная цель. Ради нее стоит не пожалеть усилий ученым всех стран.



КОММЕНТАРИЙ

3



ЛУЧИ
И
«ЗАЙЧИКИ»

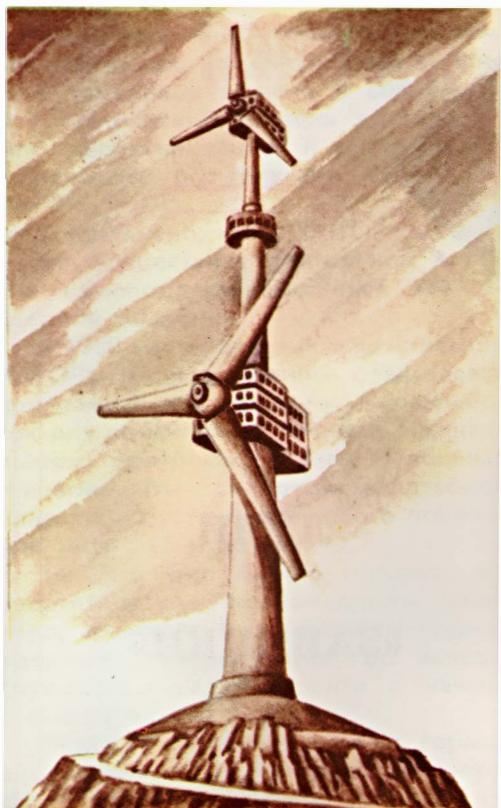


Нетрудно понять, что термоядерная энергия, подобно атомной,— новое качество в энергетике будущего. И хотя до осуществления этих сказочно заманчивых планов достаточно далеко, реальные результаты доказывают, что мечта осуществима.

Какой же из многих существующих путей окажется самым коротким? Будут ли это токамаки или световые электронные пучки, лазерные или импульсные взрывные установки? Не исключено, что найдутся и совсем но-

вые, пока неведомые пути. Может случиться, что метод, который кажется нам очень перспективным сегодня, через 15—20 лет будет вытеснен совсем другим, о котором сейчас никто и не подозревает.

А теперь вернемся к сегодняшней ситуации, когда в ближайшие 15—20 лет, чтобы удовлетворить потребности в энергии, нужно получить 300 миллиардов тонн условного топлива, а во всем мире до настоящего времени добыто и использовано всего



Технический макет ветровой электростанции мощностью в 12 тысяч киловатт, сделанный в 1934 году инженером-новатором Ю. В. Кондратюком. Станция была заложена на горе Ай-Петри в Крыму.

около 210 миллиардов тонн. Прогнозы не всегда бывают точны. Некоторые считают, что существующих запасов хватит лет на 70—90, другие — на 140—150 лет. Как бы там ни было, но все сходятся в одном: потребление органического топлива стабилизируется, а дальнейший прирост пойдет за счет других ресурсов, в том числе возобновляемых. Изучению и использованию нетрадиционных ресурсов стало уделяться больше внимания. В Основных направлениях экономического и социального развития СССР до 2000 года прямо указано: «Шире использовать нетрадиционные энергетические ресурсы». Нетрадиционные — это в первую очередь Солнце, ветер, геотермальные — подземные — горячие

источники, приливы, морские волны и вторичные, в частности, биогаз.

Ветер вызывает тоже Солнце, но ветряная энергия, к сожалению, еще более рассеянна и непостоянна, чем солнечная. Резкие смены силы ветра порождают главную трудность при попытках его использования. Здесь речь может идти лишь об электростанциях малой мощности, до 10 киловатт, которые работают с аккумулятором и обеспечивают энергией потребности небольшого дома. Для неэлектрифицированных удаленных районов и единичных потребителей они, несомненно, целесообразны. В нашей стране есть завод, производящий ветряные электростанции серийно, более 10 тысяч их уже работают. Создание же экономически выгодных крупных ветряных станций пока лишь в стадии исследования.

Геотермальные источники — тепловые потоки из центра Земли в виде горячей воды и пара — используются в системах отопления и горячего водоснабжения домов. Они экономически оправданы. Но естественных источников — гейзеров — на нашей планете не так-то много.

Несколько приливных электростанций на морских берегах с высоким разностным уровнем приливов и отливов уже построены. Но стоимость производимой электроэнергии на них в три раза выше, чем на обычных ГЭС, работают они не круглые сутки, а металлические конструкции из-за постоянного контакта с водой быстро ржавеют. Да и мест на побережье с необходимыми условиями насчитываются во всем мире всего двадцать. Так что ни этим способом, ни с помощью морских волн проблемы не решить.

Наиболее перспективным специалисты считают вторичные источники — отходы, бытовые и промышленные, для производства газа с помощью микроорганизмов, то есть биологическим способом, потому и название — биогаз. Такой легко возобновляемый источник энергии содержит от 50 до 80 процентов метана, а оставшееся соответственно — углекислота. По

Даже отходы животноводства можно превратить в ценный источник получения энергии — биогаз.

Схема получения биогаза и удобрений:

1 — животноводческая ферма,

2 — резервуар подачи жидких отходов,

3 — биогазовый реактор,

4 — газогенераторы, трансформирующие биогаз

5 — электричество и тепло,

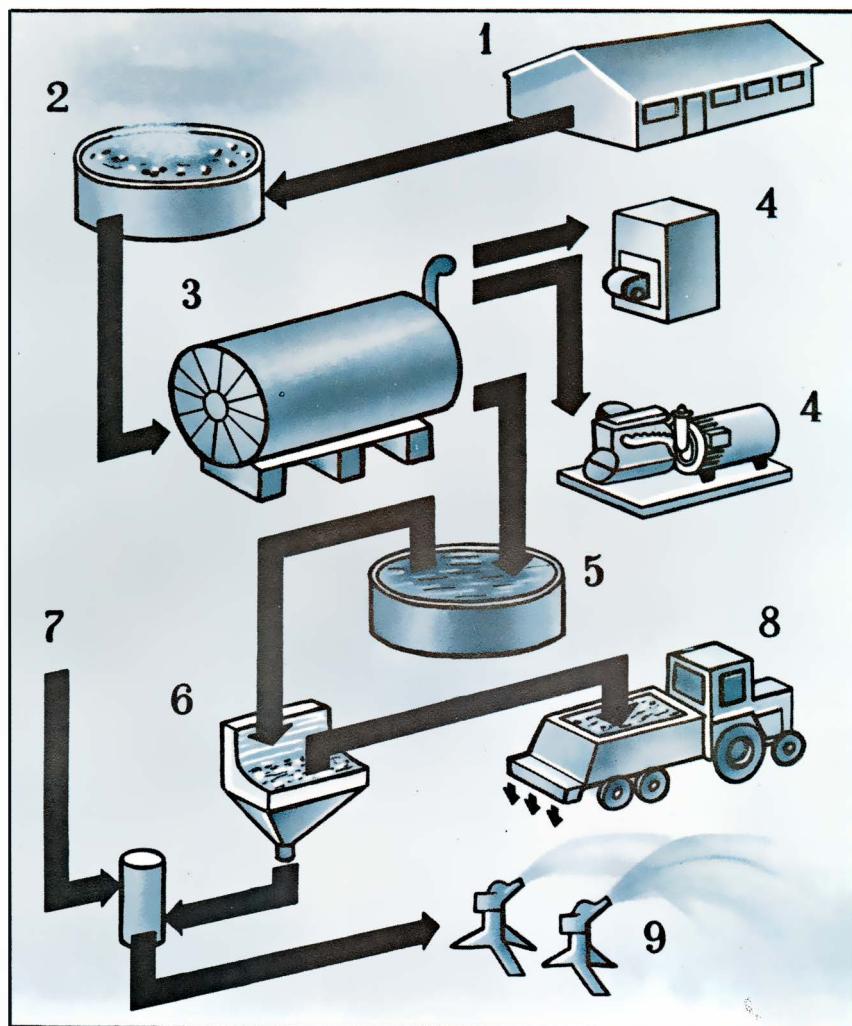
5 — резервуар для обработанных жидких отходов (шлама),

6 — сгущение шлама — отличного удобрения,

7 — подача воды,

8 — внесение шлама в почву,

9 — дождевание на полях.



оценкам специалистов в нашей стране можно производить до 100 миллиардов кубометров биогаза в год, что в пересчете равноценно 60 миллионам тонн условного топлива, то есть одной десятой доли общей добычи природного газа. Конечно, влияние на энергобаланс страны не очень-то значительное, но надо принять во внимание важные задачи охраны природы. Уже одно то, что мы, производя биогаз, перестанем загрязнять почву и воду отходами и мусором, заставляет отнестись к этому источнику со всей серьезностью. Кроме того, здесь получается прямая экономическая выгода, например, в животноводческих

хозяйствах. Комплексная переработка отходов животноводства дает не только биогаз, но еще и прекрасные удобрения, гораздо более ценные, чем исходный продукт — навоз. Об эффективности довольно простых установок для производства биогаза свидетельствуют такие цифры: суммарные капиталовложения на тысячу голов скота составляют 2000 рублей и окупаются меньше чем за год. В Латвийской ССР разработана и сооружена система при животноводческом комплексе, включающем свиноферму с теплицей, две фермы для крупного рогатого скота и тысячу гектаров земельных угодий. Биогаз будет использоваться комп-

лексно: метан — для производства электроэнергии, а углекислый газ — как стимулятор фотосинтеза, что позволит увеличить урожай в теплице на 25—30 процентов. Кроме того, биогаз — хороший консервант кормов. С его помощью можно сохранить влажное зерно без предварительной сушки, а на сушку одной тонны влажного зерна затрачивается несколько десятков килограммов топлива.

Если принять во внимание, что общее количество органических отходов в стране оценивается в 500 миллионов тонн в год, то потенциальные возможности производства биогаза существующим методом уже составляют не 100, а 150 миллиардов кубометров в год.

Мы позднее поговорим о том, как заставили работать микроорганизмы в подобных и других установках, а сейчас обратим свой взгляд на самый древний, самый надежный, подаренный нам самой природой безвозмездно источник энергии — Солнце. Мы проследили, что до сих пор человек потреблял этот бесценный дар косвенно. Жег запасы угля и нефти, скопленные природой в недрах за многие тысячи лет взаимодействия Солнца с элементами земной коры, пользовался энергией ветра, волн, приливов и отливов, также возбуждаемых излучением Солнца, тепловой конверсией энергии океанов. Непосредственно преобразовывать, накапливать, сохранять чистую энергию Солнца он не мог: технических возможностей было недостаточно. Слишком дорого обходились панели и солнечные печи, да и не во всех климатических зонах они были пригодны. А между тем, обладая необходимыми устройствами, человечество могло бы обеспечить все свои энергетические потребности за счет солнечной энергии, ежегодно получаемой на площади всего в 22 тысячи квадратных километров — каких-то пять тысячных земной поверхности! И это при условии, что коэффициент полезного действия устройств по превращению энергии составит всего 10—20 процентов...

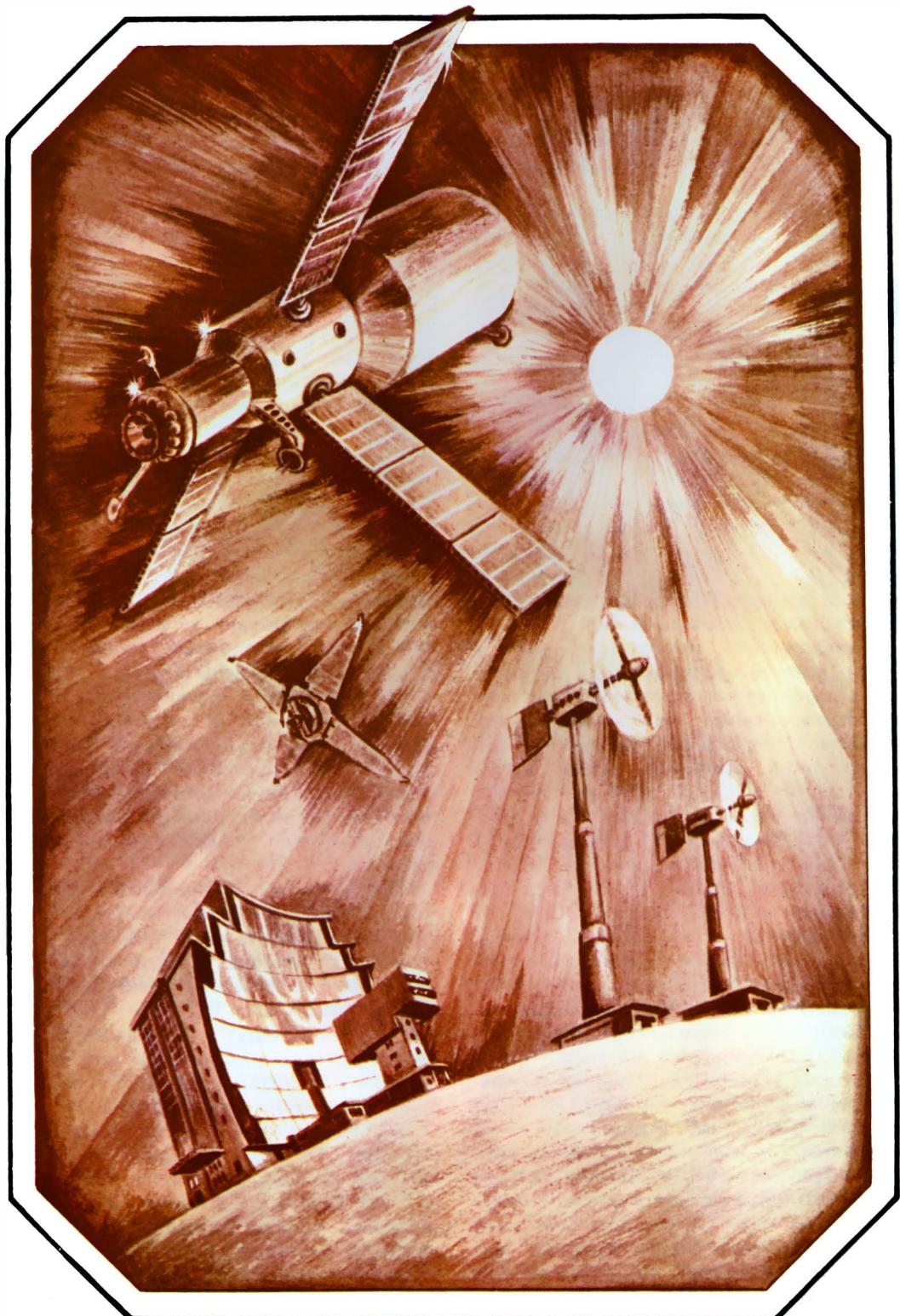
Конечно, на практике использова-

ние хотя бы небольшой доли этого дарового богатства представляет трудноразрешимую техническую проблему. Во-первых, хотя солнечные лучи падают на Землю в избытке и повсюду, они дают рассеянную энергию. Значит, аккумуляция ее и преобразование требуют больших затрат. Во-вторых, солнечная энергия доступна лишь в определенные периоды, и поэтому возникает проблема ее хранения. Однако дело настолько заманчиво, а выигрыш так велик, что есть смысл заняться ныне решением этих сложных технических проблем, особенно в местах, где солнца в избытке. Достаточно сказать, что в солнечных лучах, падающих, например, в Средней Азии на квадрат территории со сторонами в 70 километров, содержится столько энергии, сколько в 600 миллионах тонн нефти. При самых больших потерях можно собрать «урожай» в 1300 миллиардов киловатт-часов — это примерно годовая выработка электроэнергии в СССР пять — семь лет назад. А в пустыне, скажем Каракумы, таких квадратов наберется не меньше шести десятков.

Освоение площадей таких масштабов под энергетические поля при современном уровне развития техники ученым представляется в принципе инженерно разрешимой задачей.

Какими же путями идет поиск? Условно можно выделить три основных пути: теплохимический, фотоэлектрический и биологический. К биологическому мы еще вернемся, а по поводу остальных поговорим подробнее.

Теплохимический путь, казалось бы, самый простой. В его основе все тот же нагрев теплоносителя, например воды, только нагреватель — обычные или сконцентрированные в специальных устройствах солнечные лучи. Этот способ уже реализуется в южных районах нашей страны, во Франции, США, Японии для орошения земель, нагрева ее, обогрева зданий зимой и охлаждения летом. Проектируются даже тепловые электростанции. Ученые разных стран в этой новой области исследований сразу же решили



объединить свои силы и активно обмениваться опытом — так легче приблизить успех и сократить затраты, а главное — освоить новые районы, такие, где солнышко не столь уж частый гость. Ведь Европе даровая щедрость лучей нужна не меньше, чем Азии или Африке.

Первая в Европе мощная солнечная печь была создана в восточной части Пиренеев во Франции под эгидой Национального центра научных исследований.

ЮНЕСКО предприняла конкретные шаги, в частности, для обеспечения согласованных действий европейских стран по практическому использованию энергии Солнца, для интенсификации научно-исследовательских работ в этом направлении. Во Франции, в Перпиньяне, при университете создан Международный информационный центр по вопросам солнечной энергии. Регулярно созываются международные всемирные и региональные совещания для координации сил.

Координация необходима уже в такой главной проблеме, как увеличение коэффициента полезного действия преобразователей солнечных лучей в тепло. Казалось бы, «зайчик» в фокусирующих зеркалах, даже самых простых, в полдень забирает 50—70 процентов энергии, но при последующих превращениях в электричество или механическую энергию он теряет силу порой в 20 раз. Значит, актуальны поиски новых путей, способных конкурировать с тепломеханическим методом. Эти поиски облегчают научные открытия последних десятилетий в физике и химии полупроводников.

Созданные фотоэлектрические преобразователи — солнечные батареи — уже успешно используют на космических кораблях. Правда, их КПД невелик — всего 10 процентов, но в лабораториях, например, Физико-технического института имени А. Иоффе в Ленинграде, Института физики твердого тела АН СССР под Москвой достигнуты куда более высокие результаты. Широкое использование полупроводниковых фотоэлементов в земных условиях несколько сдержи-

вается их дороговизной. Значит, главное сейчас — сосредоточить усилия на разработке более дешевых преобразователей, используя пленочные и органические полупроводники, найти менее дорогую технологию их производства. Перспективны работы советских ученых по созданию промышленной технологии получения тонких лент кремния непосредственно из расплава. Это позволит во много раз снизить стоимость фотопреобразователей. Достаточно сказать, что за последние 10 лет себестоимость производства фотоэлементов уменьшилась в 10 раз.

В Советском Союзе еще в 1979 году создан Национальный совет по солнечной энергии при Академии наук СССР. В 1980 году в Симферополе начала действовать первая в стране опытно-промышленная гелиотопливная установка. Рядом с гостиницей «Спортивная» на высоких фермах установлены панели из 325 плоских солнечных коллекторов. Гелиоустановка сблокирована с газовой котельной. Тепло солнечных лучей — а в Крыму 220 солнечных дней в году — аккумулируется и переносится по трубам, передается в теплообменнике другой воде, отапливающей гостиницу. Температура воды достигает 60 градусов. В зависимости от интенсивности солнечной радиации автоматика замедляет или ускоряет циркуляцию воды.

Строится и гелиоэлектростанция, мощностью в 5 мегаватт. Однако расчеты показывают, что стоимость установленного киловатта будет в 10 раз выше, чем на атомных электростанциях, не говоря уже о ТЭС и ГЭС. Сейчас усиленно ищут пути удешевления производства электроэнергии, получаемой с помощью Солнца. Некоторые возможности уже появились.

Но если в Крыму солнечных дней в году 220, то в Средней Азии их гораздо больше. И вполне естественно, что именно там советские ученые добились самых больших успехов в преобразовании солнечных лучей. «Эра гелиоса» началась как раз в этих местах, издревле облюбованных богом Солнца.



«Солнечный дом»,
охлаждаемый в жару и обогреваемый в холод только за счет
солнечных лучей, создали в Физико-техническом институте солнечной энергии в Ашхабаде.

Ашхабад, столица Советской Туркмении, заново отстроенный за последние три десятка лет после самого разрушительного в мире землетрясения, не имеет окраин. Ровные, затененные могучими деревьями проспекты обрываются сразу, и вы остаетесь лицом к лицу с пустыней. Теперь главное — не прозевать Бикровский поворот на шоссе. Тогда дорога сама выведет к городку Солнца — Институту солнечной энергии Академии наук Туркмении и его исследовательскому полигону.

Хоть ехали мы в обычной «Волге» по обычному шоссе, мне казалось, что это «машина времени» переносит нас в будущее. Ведь в городке Солнца солнечное тепло заменяет нефть, уголь, газ и даже... лед. Оказывается, Солнцем можно отапливать дома и теплицы, плавить металлы, опреснять воду, кондиционировать воздух не только в ясный день, но и в пасмурную погоду, да и ночью тоже. С тем,

как именно это делается, мне и предстояло познакомиться.

Первое впечатление, чисто зрительное, было несколько разочаровывающим. Никаких «инопланетных» сооружений, никаких архитектурных изощрений. Дом как дом — обычный, стандартный, трехэтажный, вот разве только лестница идет по торцу. В доме — дирекция и основные научные лаборатории. Территория вокруг большая — вся экспериментальная работа в основном на открытом воздухе. Эффектно, конечно, смотрятся гелиостаты и концентраторы — блестят вогнутые и выпуклые зеркала. Но в общем все это не идет в сравнение, скажем, с антennами дальней космической связи, а теплицы и испарители и вовсе внешне ничем не отличаются от обычных, просто их очень много.

Обыденно начал и свой рассказ о работе молодого института (он создан в феврале 1979 года) молодой его директор Реджер Байрамов:

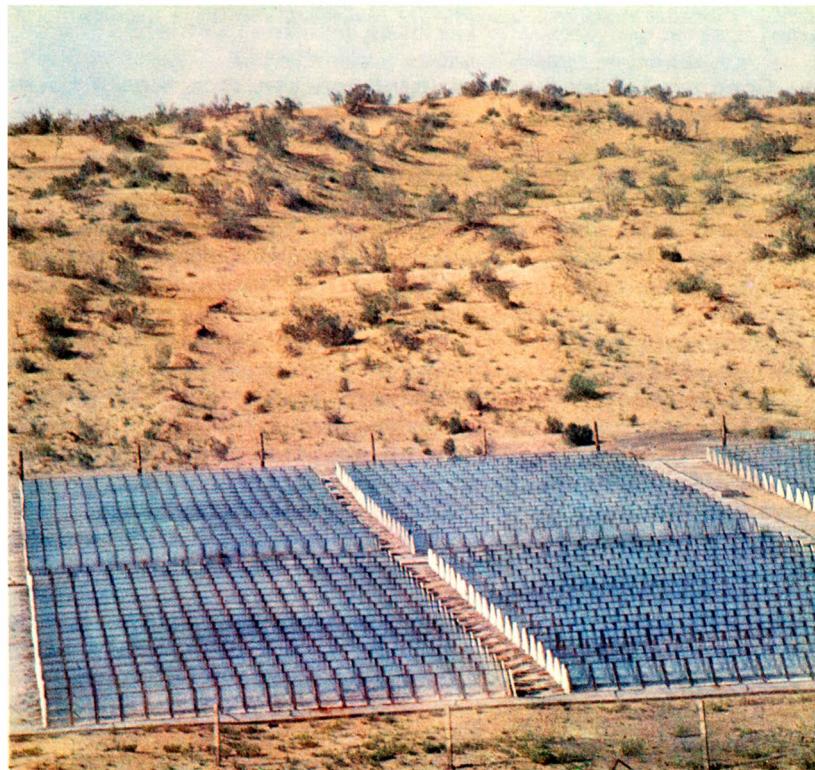
— Перед нами стояли сугубо практические задачи — еще когда мы были не институтом, а всего лишь небольшой лабораторией. Надо было разработать недорогие и достаточно простые в эксплуатации установки для использования энергии Солнца. Наша республика богата полезными ископаемыми, и в том числе газом и нефтью, но главное ее богатство — солнечное излучение: 240 дней в году не знаем, куда спрятаться. Между тем 80 процентов территории республики занимают пустыни и пастбища для ценнейших каракулевых овец. Другими словами, потребители воды и энергии разбросаны на громадных пространствах. Обеспечить их централизованное снабжение — задача технически и практически неосуществимая, ведь в каждом конкретном месте нужны не столь уж большие запасы и воды, и энергии. Это одна сторона дела. Другая, может быть, еще более важная. Мы, ученые, обязаны помочь сельскому труженику пользоваться теми же

удобствами, которые имеет горожанин. Это и социальная задача, причем гораздо более серьезная, чем может показаться на первый взгляд. В самом деле, чабан, например, до сих пор работает в трудных условиях. Жара до +50 градусов по Цельсию, вода строго ограничена. А ведь с отарами уходят всей семьей — надо готовить пищу, мыть, стирать, нужен холодильник, душ. Ванна тоже была бы не лишней. Отсутствие комфорта в быту людей не устраивает. Не спасает положения даже высокая оплата труда...

Естественно, прежде всего занялись солнечными опреснителями. В пустыне часто встречаются соленые водоемы — с помощью Солнца можно легко и недорого эту воду использовать. Опытные солнечные опреснительные установки уже работают в чабанских бригадах. Каждая установка дает кубический метр воды с квадратного метра теплоприемной поверхности, то есть с метра стекла...

На территории института я видела

В пустыне Каракумы тысячи овец пьют свежую воду, получаемую в этом солнечном опреснителе из соленных подземных источников.



самые различные конструкции. Их отличие — простота. Бассейн заполняется соленой водой, по стенкам желобки. Туда стекает конденсат, испаряющийся с помощью солнечного тепла. Бассейн покрывают стеклом. Сначала пробовали покрывать пленкой —казалось, будет много дешевле, но получилось дороже. Песок и ветер быстро разрушают пленку, ее приходится часто менять.

После создания опреснителей пришла очередь теплиц. Особых — солнечных, с аккумуляторами. Для разных растений, фруктов, овощей разработан в теплицах свой режим. Эти теплицы, что показались нам внешне столь обыкновенными, внутри выглядят совсем необычно.

По стенам тянутся полки с растениями, как книжные стеллажи. Так была решена проблема сохранения солнечной энергии на тот период, когда солнца нет. Туркменские теплицы не требуют дополнительного подогрева. Даже зимой, в двадцатиградусный мороз, лимоны здесь вызревают, как летом. Умная конструкция, при которой солнце обогревает воздух, почву, а сама почва служит аккумулятором, отдающим в нужное время запасенное тепло. Любопытно, что ни вода, ни опилки, ни различные составы не дали такого эффекта, какой получили, используя обычную землю, в которую высаживается рассада.

Архитектура и конструкция здания подчинены заботе о том, чтобы наибольшее количество солнечных лучей попадало на полезную площадь посадок. Такие теплицы можно использовать в любых широтах. Видела я и специально созданные для пустынь герметичные теплицы, объединенные с опреснительной установкой. Здесь используется принцип замкнутого цикла: соленая вода, которой в пустыне достаточно, по трубам с отверстиями постоянно циркулирует, испаряется, осаждается, растения не требуют полива, а жители получают круглый год свежую зелень и овощи, цветы и ягоды.

Конечно, есть и еще проблема. Надо разработать герметичный, деше-

вый и простой способ очистки желобков от соли. Но это уже технология. Когда промышленность заинтересована, проблемы решаются оперативно...

Туркменский институт проводит и международные испытания — на полигон в республику привозят на конкурс, помимо местных и азербайджанских опреснителей, установки из Австрии и Чехословакии. Специалисты смотрят, сравнивают, отбирают лучшие решения. Проводили также международные конкурсы солнечных нагревателей воды. Использование для этой цели солнечных лучей обходится, как уже упоминалось, пока сравнительно дорого.

— И все-таки «сравнительно дорого» — это, мне кажется, не та категория, которую нужно считать главной, — говорит Реджет Байрамов. — Вот мы построили дом — вы его видели, в нем научные лаборатории. Он полностью на солнечном снабжении. Летом стекающий по крыше и испаряющийся раствор создает холодильный эффект, работает как кондиционер. Зимой по тем же желобам идет обогревающий состав. Если сравнивать солнечную энергию с электрическим отоплением, она обходится дешевле, с газовым — дороже. Но ведь цены на нефть и газ растут довольно быстро, и завтра это будет уже сопоставимо, а если учесть трудности с транспортировкой, проблему загрязнения атмосферы, то тут экономия ощутимая. В Ашхабаде и других городах построено несколько многоквартирных домов полностью на солнечном снабжении. Будут строиться еще. Заводы в Бухаре, в Узбекистане, выпускают системы солнечного отопления, охлаждения и горячего водоснабжения домов. Словом, опыт есть, хорошие образцы выявлены, хотя требуется их большее разнообразие. Скажем, для подогрева воды одним нужны устройства круглосуточного снабжения, а другим — только дневные (эти установки хорошо продуманы в Киеве), а кому-то — установки и для подогрева, и для отопления.

Особое внимание специалистов разных стран привлекает гелиокомп-

лекс, который создал туркменский институт. Что это за комплекс? Представьте себе двухквартирный дом, который можно установить в пустыне или в степи, в горах или даже в труднодоступных районах Севера. Солнечное отопление и охлаждение, горячее и холодное водоснабжение, все современные удобства. В комплекс входит опреснитель, водоподъемники, теплица и кошара для отар — и все на гелиоэнергетике!

Район пустыни или степи можно распределить между отарами, откаться от перегонной системы и предложить чабанам работать сменными вахтами (по примеру, скажем, нефтяников Каспия). Вахта 15 дней, обслуживают отару 4 человека. Гелиокомплекса для их нужд вполне достаточно. Основная же масса людей остается жить в культурном центре. Так решается не только социальная проблема, но и экологическая: экономится вода оросительных каналов, меньшему разрушению подвергается растительность и поверхность пустыни.

Отдельные составные части гелиокомплекса уже давно созданы и действуют. Ученые института сформировали и автономный гелиокомплекс. Он нашел горячих сторонников в странах интенсивного животноводства.

Что ж, можно сказать, «машина времени» действительно перенесла нас в мир реальных чудес. Пусть выглядят они и не столь экзотично, но факт остается фактом, что при современном положении с энергетическим сырьем Туркмения 60 процентов своих потребностей в энергии может возмещать с помощью солнечных лучей. Не отстает от практики и наука. Солнечные концентраторы — печи из зеркал — дают температуру более 3 тысяч градусов, КПД — 20—30 процентов. В них исследуют поведение самых различных веществ, в том числе и

влияние солнечной радиации на биологические объекты.

Выводы туркменских покорителей Солнца разделяют видные специалисты других стран. Вот что думает по этому поводу профессор Феликс Тромб, бывший председателем Комитета экспертов на Всемирном конгрессе ЮНЕСКО «Солнце на службе у человека»:

— В последние годы перспективы использования солнечной энергии стали иными. Если мы хотим приспособиться к реальностям сегодняшнего дня и если массовое производство соответствующего оборудования действительно начнется, многие кажущиеся проблемы исчезнут, и в короткое время в этом направлении будет достигнут определенный уровень экономической жизнеспособности...

Технология использования солнечной энергии делает лишь первые шаги. Но можно не сомневаться, что уже в ближайшем будущем между эрой ископаемого топлива, эрой атома и звездного топлива — термоядерной энергией — наступит «эра Гелиоса» — эра Солнца, энергия которого, вместе с энергией ветра, приливов и водопадов, остается еще на земле неиспользованной.

Однако, чтобы столь вдохновляющие перспективы стали реальностью, необходимы прежде всего качественно новые технологии и материалы, поистине революционные преобразования в технике, на основе революционных идей науки. Без них никакие свершения не были бы возможны. Понятия «ускорение научно-технического прогресса», «интенсификация», и «перестройка всех отраслей деятельности» именно такие преобразования и подразумевают. О том, как трудно и непросто свершается на практике подобная революция, очерк об Академии наук УССР «Впереди времени».



ОЧЕРК ОЧЕРК

4

ВПЕРЕДИ
ВРЕМЕНИ

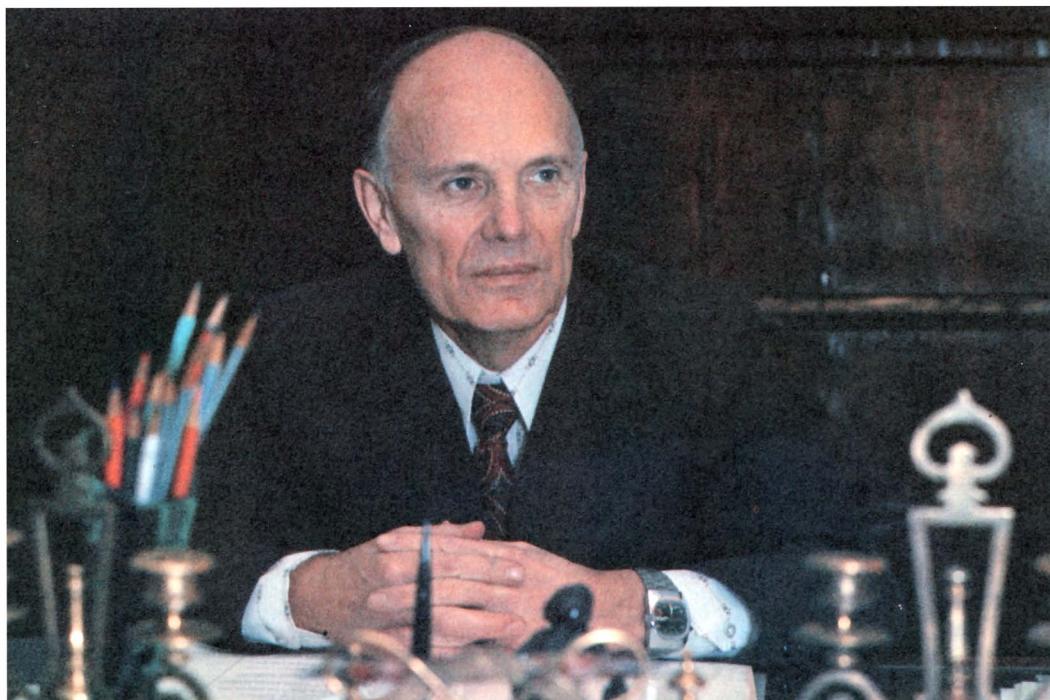


Академия наук. Само название вызывает однозначную ассоциацию. Средоточие мысли и знаний. Центр развития фундаментальных исследований — основы революционных изменений в технике и промышленности.

Академия наук СССР акцентирует внимание на общих для всей страны магистральных научных направлениях. Академии наук союзных республик действуют в тесной взаимосвязи с ней, но отнюдь не являются «младшими

сестрами». У каждой из них — собственное «лица необщее выражение», свой продуманный и отобранный комплекс задач, свой стиль, свой почерк, что обеспечивает не просто сложение сил, но интеграцию их, взаимообогащение и более быстрый прогресс в масштабах страны.

Особенно ярко это проявляется в деятельности одного из крупнейших научных центров — Академии наук Украины, объединяющей 79 научных



Академик Б. Е. Патон.

учреждений и 76 организаций опытно-конструкторской и производственной базы, где работают свыше 16 тысяч научных сотрудников, почти две трети которых — доктора и кандидаты наук.

«Главный принцип, которым мы стремимся руководствоваться в деятельности академии, концентрация сил и материальных ресурсов только на тех научных направлениях, где мы занимаем или можем занять ведущее положение в стране и в мире, способны принести наибольшую пользу. В центре нашего внимания постоянно находятся научные проблемы, которые определяются потребностями экономики и культуры республики» — таково мнение президента Академии наук Украины, академика Б. Е. Патона, возглавляющего высшую научную организацию республики с 1962 года.

Опыт Академии наук Украинской ССР по углублению и расширению целенаправленных фундаментальных исследований, по разработанным и используемым перспективным фор-

мам сотрудничества с производством, по увеличению отдачи созданного научного потенциала одобрен и президиумом АН СССР и рекомендован для широкого распространения в академиях наук союзных республик, научных центрах и филиалах АН СССР.

В чем же особенности и отличия столь успешной деятельности Академии наук Украины?

Чтобы понять, как удалось найти и реализовать эффективные формы взаимосвязи основополагающих научных исследований с потребностями жизни, с производственной практикой, есть смысл познакомиться сначала хотя бы с некоторыми из многих весомых результатов, полученных в областях, далеко, казалось бы, стоящих друг от друга.

Начнем с материаловедения. Академия наук Украины — общепризнанный центр страны в этой области. Ее научные учреждения традиционно ведут глубокие исследования, направленные на создание уникальных ма-

териалов с заданными свойствами, от теории до принципиально новых принципов сварки, порошковой металлургии и специальной электрометаллургии, синтеза алмазов. Предложенные украинскими учеными технологии, оборудование, материалы широко применяются в различных отраслях народного хозяйства страны, многие из них превосходят мировой уровень.

Возьмем специальную электрометаллургию. К слову сказать, родившуюся в ходе фундаментальных исследований — в «молниях сварки». Принципиально новое направление в науке и технике. Особенно интересное не только самими результатами, но еще и тем, что здесь в единоборстве человека с огнем и металлом наиболее ярко и ощутимо проявляется смысл научно-технической революции.

Все основополагающие изыскания и их освоение производством координирует и направляет совет при президиуме АН СССР по проблеме «Новые процессы получения и обработки материалов», которым руководит президент академии, директор академического Института электросварки имени Е. О. Патона академик Б. Е. Патон. Речь идет, как уже говорилось, о принципиально новых, неведомых ранее материалах и технологиях, о нетрадиционных способах получения, обработки и использования металлов. Задача подсказана жизнью. Технический прогресс все чаще ужесточает условия, в которых должны «работать» металлические изделия. На них обрушаются высокие температуры и сверхвысокие давления, разного рода облучения, огромные механические нагрузки. Изделие должно все выдержать, оставаясь долговечным, надежным, безотказным. И хотя прочность, пластичность и вязкость материалов постоянно улучшаются, далеко не всегда можно обеспечить надежную службу конкретных деталей на требуемый срок.

Уже сегодня стали необходимы особые материалы с заданными и спланированными свойствами. А завтра без них прогрессивные виды тех-

ники просто не смогут обойтись. Но природа поставила определенные пределы человеческим требованиям. Чтобы сделать металл более прочным, в него вводят различные добавки. Однако при этом быстро утрачивается пластичность, меняется вязкость. Специалисты по физике твердого тела, материаловедению хорошо знают об этом. Природу не обманешь... Но на то и дан человеку разум, чтобы, не обманывая природу, использовать ее же законы и добиться желаемых целей. Только мыслить надо смело, нетрадиционно.

Именно таким, нетрадиционным, непроторенным путем пошли в своих поисках украинские исследователи. Они решили создавать металл как бы заново, из свободных атомов и молекул, испаряя в вакууме с помощью электронного луча различные вещества, вплоть до керамики. Пионерская технология разработана в одном из крупнейших отделов Института электросварки под руководством академика АН УССР Б. А. Мовчана и называется парофазовой. Когда под действием электронного луча вещества испаряются в вакууме, исчезают многие поставленные природой ограничения. Разнородные частицы, абсолютно несовместимые в твердой или жидкой фазе, начинают соединяться в любых пропорциях. Электронная пушка способна превратить в туман сразу несколько металлов или тугоплавких сплавов, из которых можно составлять нужные композиции. В технике такие материалы называют композитами, или конструкционными материалами. Сочетая разнородные вещества, регулируя в заданных пределах размер зерен, величину, форму и количество пор или толщину микрослоев, получают композиции с заранее заданными физико-химическими и механическими свойствами.

Ученые института сегодня умеют создавать из электронно-молекулярных облаков три типа материалов. Прежде всего дисперсноупрочненные, сочетающие повышенную прочность с удивительной пластичностью. Пластинки из керамики или таких

хрупких металлов, как хром, молибден, вольфрам, можно при комнатной температуре складывать пополам, будто кусок ткани. Затем — микрослойные. Здесь парофазная технология открывает просторы новаторскому принципу «слоенного пирога», когда тончайшие слои металла чередуются со сплавами, карбидами и оксидами. В сравнении с довольно толстыми «сандвичами» микрослойные материалы не только во много раз более жаростойки, но и обладают повышенной тепло- и электропроводностью. Микрослойный конструкционный материал из железа и легкоплавкой меди более тугоплавок, чем чистое железо. А третий тип — микропористые конденсаты, приобретающие удивительные фильтрующие, акустические, поглощающие и излучающие особенности.

Важное достоинство рожденных из парового облака материалов — они принимают любую форму, зависящую лишь от конфигурации подложки. Причем, меняя силу сцепления с по-

верхностью, удается, если надо, придавать усиленную прочность соединению или же, наоборот, легко отделить конденсат от подложки. Другими словами — создавать как тончайшие защитные пленки для деталей и агрегатов, работающих при повышенной нагрузке, так и толстые покрытия, которые могут стать несущими элементами конструкции. Но самое главное — парофазная технология безотходна и безвредна для природы. Глубокий вакуум, в котором идет процесс, обеспечивает его стерильность. Выбросов нет. Вода используется только как переносчик тепла.

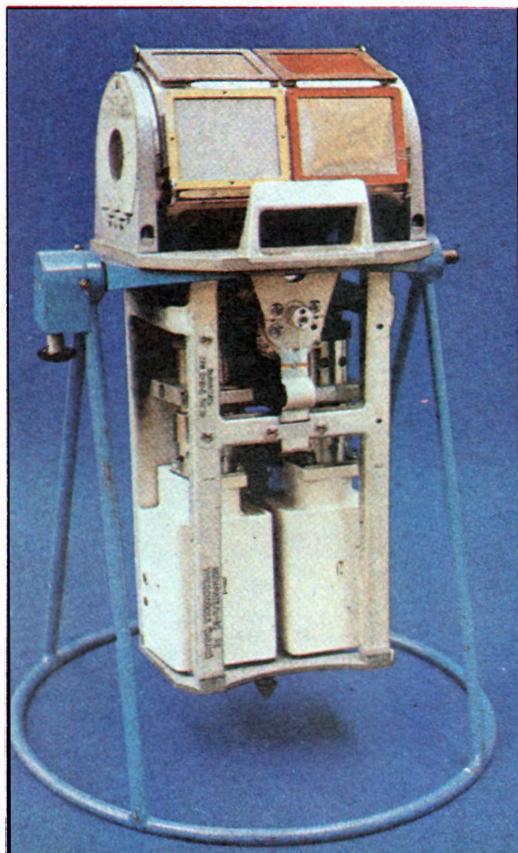
В науке ничего не появляется вдруг. Каким бы ошеломляющим и неожиданным ни казалось открытие, оно не рождается внезапно «из ничего». Ему обязательно предшествует глубокий анализ длинной цепи взаимосвязанных событий, опирающихся на фундаментальные разработки. Появление спецэлектрометаллургии — лишь наглядное подтверждение общего правила. Научные основы были

*В лаборатории электрошлакового переплава
Института электросварки имени Е. О. Патона получают особо
высокочистые стали.*



заложены еще в 1959 году, когда по инициативе академика Б. Е. Патона начались исследования по рафинированию металлов и сплавов с помощью электронного луча. Электронно-лучевая плавка оказалась весьма перспективным способом очистки металлов от газообразных и летучих примесей и соединений. Создание тонкого перегретого слоя на поверхности жидкого металла при бомбардировке электронами в сочетании с высоким вакуумом способствовало протеканию многих реакций, которые при атмосферном давлении не реализуются. Установлено, что после электронно-лучевой плавки металл содержит в десятки и сотни раз меньше кислорода, азота, водорода в сравнении с исходным состоянием. В несколько раз снижается процент серы, полностью удаляются такие вредные примеси, как мышьяк, цинк, олово, свинец. Тонкие физико-химические исследования и создание теории явления позволили не только в относительно короткий срок перейти от лабораторных экспериментов к промышленному выпуску особо чистых металлов и сплавов на их основе, но и приступить к развитию новаторского направления — получению покрытий и материалов путем электронно-лучевого испарения и конденсации паров. Теми же по своей физической сущности источниками теплоты, что и при сварке, удалось создать качественно иные промышленные технологии.

Одним из первых практических приложений спецэлектрометаллургии стало осаждение в вакууме защитных покрытий на наиболее ответственные детали машин, в частности на лопатки газотурбинных двигателей, которые быстро выходят из строя, работая при высоких температурах и гигантских скоростях в агрессивной среде. Защищенные с помощью парофазной технологии турбинные лопатки на компрессорных станциях магистральных газопроводов работают в 3—5 раз дольше. Жаропрочные оболочки позволяют повысить рабочую температуру газа на тепловых электростанциях и потолок пиковой мощности. Доста-



Знаменитый «Испаритель» отлично работал в открытом космосе. Прибор позволяет восстанавливать покрытия и наносить новые на металлические и зеркальные поверхности.

точно сказать, что в результате резко уменьшается расход топлива и сбирается в год полмиллиона рублей на каждом агрегате. Так, фундаментальные научные изыскания позволили разработать эффективные технологии получения литого металла особой чистоты с недостижимой иными способами однородностью химических и физических свойств. В стране была создана новая отрасль промышленности — специальная электрометаллургия. Кстати, за выдающиеся работы в этой области Б. Е. Патон, выступавший в 1972 году с докладом в Турине, был удостоен Золотой медали Ассоциации металлургов Италии.

— Борис Евгеньевич, а все же



Космонавты высоко оценивают удобные и надежные инструменты, созданные патоновцами.

хочется спросить: почему именно сварка стала главным вашим научным пристрастием? Что послужило толчком? Пример отца! Особое отношение к металлу! Сформулирую вопрос в, так сказать, общем виде: что послужило основой главного дела жизни — случай или осознанный выбор?

— Вне сомнений, осознанный выбор. Если говорить по существу, то институт-то наш называется Институтом электросварки. Я подчеркиваю — «электро». Со школьной скамьи меня привлекал не металл, не формы его соединения, а красота и могущество электричества, таинство электротехники. Я и в Киевский политехнический институт поступил по специальности «электроприводы и электрооборудование», вопреки тайным надеждам отца. Тайным, потому что он никогда

на нас не давил. Свобода выбора была непременным законом в его отношениях и с детьми, и с сотрудниками. После института работал на электроподстанциях завода «Красное Сормово», затем в электротехнической лаборатории. Научную деятельность начал в Институте электросварки, работал и на танковом заводе. Там пришлось переквалифицироваться в электросварщика с электротехническим уклоном. Несмотря на более чем скромное лабораторное оборудование и более чем насыщенную загрузку днем в цехе, удалось совместно с А. М. Макарой вести обстоятельные исследования нагрева и плавления электродов при механизированной дуговой сварке. Затем выясняли особенности электрической сварки под флюсом и других процессов. Первая напечатан-

ная работа посвящена изучению физики электрической дуги при сварке под флюсом. Доказали — дуга и в самом деле существует, вопреки утверждениям американских специалистов, что процесс идет только за счет электрического сопротивления. Гордился этой тоненькой книжкой, — как ни одной другой позднее,— ведь в каких условиях все сделано!

С 1946 года возглавил новый электротехнический отдел института и здесь уже, координируя электротехническую тематику с задачами, стоящими перед технологами и конструкторами, начал увлекаться электрометаллургией. Кстати, значительная часть явлений, возникающих в процессе сварки, так или иначе сопряжена с электродинамическими силами, появляющимися в расплавленном металле, шлаке или ионизированном газе при протекании по нему тока. Воздействуя на ток, можно влиять и на процесс сварки или обработки металла. Так из «молнии» сварки и раскаленного до пара металла родились совершенно новые технологии. Я имею в виду электрошлаковую, плазменно-дуговую, электронно-лучевую, парофазную и другие.

Здесь, к слову, следует подчеркнуть, что я солидарен с теми, кто считает, что время от времени надо менять профиль исследований, чтобы освободиться от груза привычных представлений и традиций. Когда начинаешь все заново, появляются неожиданные идеи и взгляды на проблему, подмечаются особенности, ранее ускользавшие от внимания, зачастую удается быстро найти то, над чем бились долгие годы. В этом один из путей повышения эффективности научных изысканий...

Истинный ученый не боится начинать исследования в новых для себя областях. Напротив, сознание, что рядом имеется обширная *terra incognita*, лишает его покоя, побуждает к активному творческому поиску.

Большое счастье для ученого и огромная польза для страны — увидеть при жизни воплощение своих замыслов и исканий. Именно фунда-

ментальные исследования и открывают принципиально новые области в создании техники и технологии будущего, повышают отдачу науки, обеспечивают не только количественные, но и глубокие качественные преобразования в экономике и промышленности.

Еще Аристотель утверждал: «Ум заключается не только в знании, но в умении прилагать эти знания на деле». С древнейших времен и по сей день эта простая истина, подразумевающая всемерное сокращение расстояния от замысла до технологии, от лаборатории до предприятия, остается более чем актуальной. Но преодоление расстояния, изобилующего препятствиями объективного и субъективного характера,— задача, не так-то легко поддающаяся решению. Потому и особенно ценен опыт, накопленный Академией наук Украины. Хотя считается аксиомой, что радикальные свершения ныне по плечу только большим коллективам, поскольку современные проблемы комплексны, сложны, масштабны, все же, когда мысленным взором прослеживаешь шаг за шагом то или иное крупное свершение, становится ясно, что оно не безлико. Легко выясняется связь достигнутого с особенностями творчества, характера, личности крупного ученого, с энтузиазмом и волей организатора, который вдохнул душу в то или иное дело и упорно доводил его до совершенства. Для президента АН УССР академика Б. Е. Патона формула «Идея — производство» всегда наполнена глубоким смыслом, живой плотью. Вот что он об этом говорит:

— Уже много лет фразу «Достижения науки — производству» произносят как своего рода магическое заклинание. Но в реальной жизни заклинания мало помогают. Причем особенно трудно бывает довести до производства идеи, возникшие в недрах академических институтов, рассчитанные на будущее, на дальнюю перспективу, требующие коренной ломки устоявшихся норм и технологий. Кто в этом виноват? Стало модно ссылать-

ся на ведомственные барьеры, на то, что промышленные предприятия не хотят осваивать новую технику. Что ж, часто такие ссылки вполне справедливы, особенно когда причиной является неумение или, что еще хуже, нежелание отдельных руководителей отраслей и предприятий подойти к делу с государственных позиций. Однако нельзя не учитывать и довольно серьезные причины объективного характера. Ведь не так уж редко идеи, поставляемые наукой, требуют длительной доводки в промышленности, а предприятия, которые работают в четком ритме, по строгому плану, не имеют средств отрабатывать новшество. Разрыв между необходимостью и возможностями и оказывается главным препятствием, причиной, почему ученые не всегда находят понимание и радушный прием у производственников. К счастью, препятствие не преодолимое. Выход видится в том, чтобы процесс освоения научного новшества не вносил дисгармонию в производственный ритм, не был бы промышленности в тягость. Для этого необходима перестройка деятельности научных учреждений.

Так, мы в Академии наук УССР пришли к вроде бы самоочевидной мысли, что в современных условиях одной из важнейших задач научных учреждений должна стать практическая реализация полученных результатов. Самоочевидность самоочевидностью, но институты-то академические! А значит, главная их задача — разрабатывать принципиально новые научные идеи. Как совместить интересы академической науки и производства? Ответ на столь острый вопрос, с нашей точки зрения, мог быть только один: усилить ориентацию фундаментальных исследований на создание принципиально новых технологий, способных в корне изменить производственные процессы.

Силами наших ученых такие технологии были созданы и дали значительный экономический эффект. Это стало возможным потому, что Академия наук УССР имеет хорошо развитую опытно-конструкторскую и про-

изводственную базу. Ее назначение — не только давать ученым современные средства научного эксперимента, но и обеспечить высокую степень завершенности прикладных разработок.

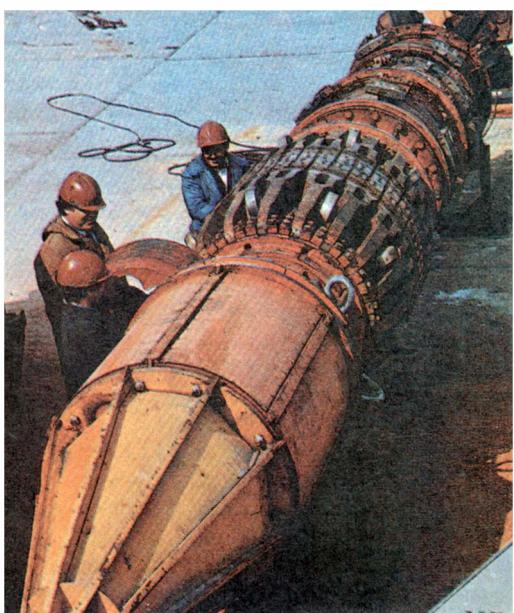
Необходимость технологической ориентации крупных научных сил дала толчок к проведению целенаправленных фундаментальных исследований. Это заметно повлияло на организационную структуру самой науки. На базе ряда крупных институтов стали формироваться качественно новые объединения: научно-технические комплексы (НТК), в состав которых, кроме собственно института, вошли конструкторско-технологические бюро, экспериментальные производства и опытные заводы. Такие комплексы обеспечивают высокую степень готовности разработок для широкомасштабного внедрения, позволяют сосредоточить усилия на тематике, которая интересует промышленность. К примеру, в Институте электросварки имени Е. О. Патона, представляющем собой мощный научно-технический комплекс с научно-исследовательскими отделами и лабораториями, опытными конструкторскими бюро, экспериментальным производством, тремя опытными заводами, создают прогрессивные технологии, новые машины, воплощают в металл конструкции, доводят их в процессе эксплуатации, а тогда уже предлагают заинтересованным предприятиям, как говорится, товар лицом. Так было с технологиями производства труб большого диаметра и их монтажной сварки при прокладке магистральных трубопроводов. Таким же способом нашли путь к сердцу производственников электрошлаковый переплав, плазменная и электронно-лучевая технология. В корне изменилась качественная сторона дела — скорость внедрения передовых достижений. Всего два с половиной года понадобилось институту, чтобы в содружестве с Министерством строительства предприятий нефтяной и газовой промышленности создать и применить в производстве оборудование для контактно-стыковой сварки магистральных трубопроводов, что дает хозяйству

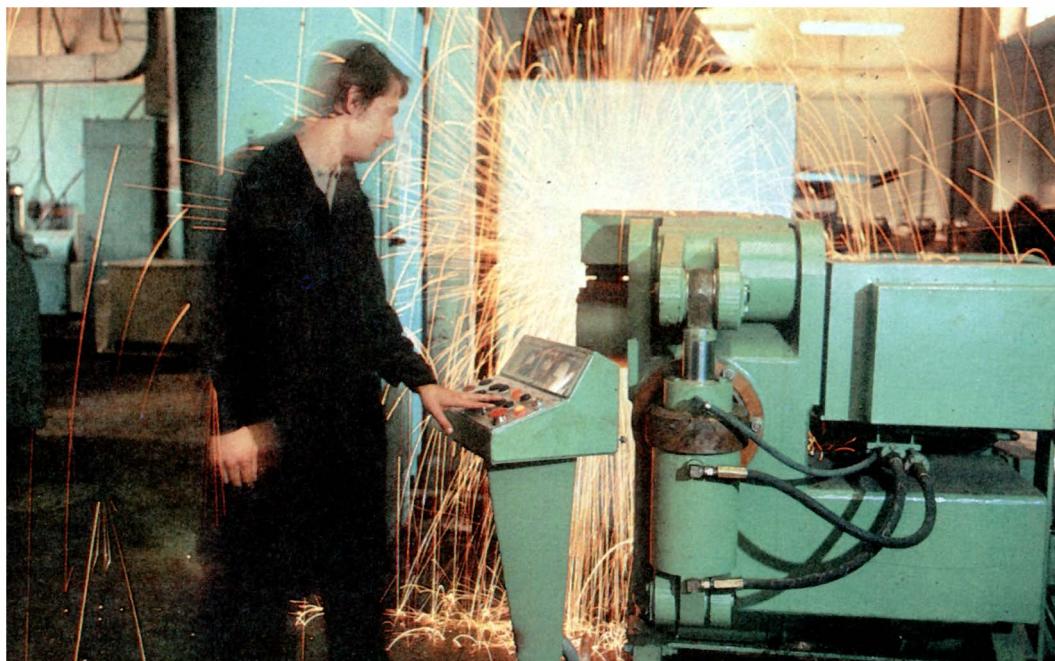


Универсальный сварочный комплекс «Север» — тоже своего рода робот. Он ползет внутри многослойных труб большого диаметра, надежно свариваястыки газопровода в суровых условиях Заполярья.

страны ежегодно 150 миллионов рублей прибыли. Примеры можно приводить без конца...

Курс на создание развитой опытно-конструкторской и производственной базы практически во всех институтах естественного и технического профилей, по мнению президиума АН УССР, полностью оправдал себя. Он и впредь будет проводиться в жизнь. Максимум внимания будет уделяться участию в комплексных, региональных и общегосударственных научно-технических программах, позволяющих объединить усилия Академии наук,





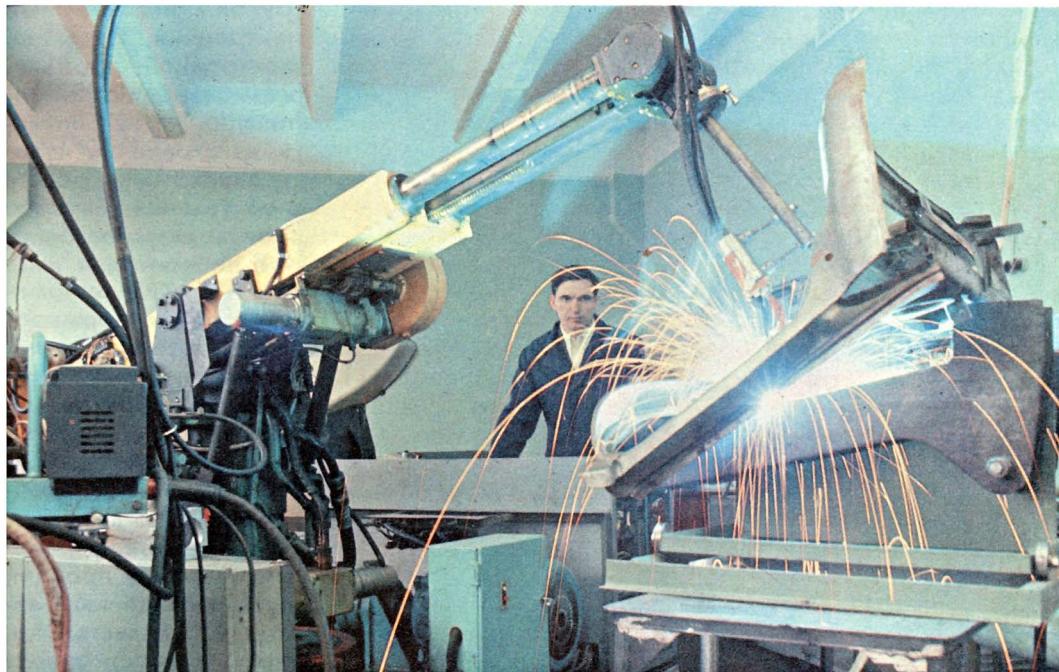
Контактно-стыковая сварка — новый прогрессивный вид соединения материалов.

НИИ, высших учебных заведений, производственных объединений и предприятий. Совместная работа, как хорошо подтвердила жизнь, поднимает уровень взаимной ответственности ученых и производственников, дает реальные плоды, выражющиеся в быстрейшем завершении научных разработок и в подготовке на производстве необходимых условий для новаторских преобразований. Только в 1985 году внедрены результаты 2323 разработок, получен экономический выигрыш в 826,5 миллиона рублей.

Не секрет, что польза от применения новшеств тем больше, чем шире диапазон их внедрения. Для массового применения разработки следует тиражировать в больших количествах. Заводы, которые могут это выполнить, не подчиняются ни Академии наук, ни Госкомитету по науке и технике и порой относятся к различным ведомствам. Обычно ученым при сдаче своего детища межведомственной комиссии приходилось надолго бро-

сать основное дело и ездить в разные концы страны на предприятия той или иной отрасли, согласовывать чуть ли не каждую деталь, сверять ее с нормативами, оформлять различную документацию. А время текло, и иногда от образца до тиражирования проходило столько лет, что новшество moralьно устаревало, не успев дать ожидаемого эффекта. В лучшем случае требовалась его доработка, усовершенствование. Однако предприятию, уже начавшему серийный выпуск, становилось невыгодно вносить какие-либо изменения. Все это далеко выходило за область компетенции ученых и требовало непомерных затрат сил и времени. А к слову сказать, многоотраслевое тиражированное применение отличает как раз крупнейшие, наиболее важные для экономики страны разработки.

Преодолеть эту трудность позволил следующий шаг: формирование в составе научно-технических комплексов проблемно ориентированных подразделений, получивших столь попу-



Робот для контактной сварки.

лярное ныне название «инженерных центров». Это удачно найденная, особая организационная форма, вполне соответствующая сложности и огромным масштабам производственно-го освоения подлинно новаторских достижений.

Созданные впервые в Академии наук УССР инженерные центры позволяют успешно решать проблемы внедрения и реально содействуют устранению межведомственных разногласий, повышают взаимную заинтересованность сторон в создании и широкомасштабном освоении производством перспективных разработок.

Инженерные центры объединяют усилия учреждений академии и организаций отраслевых министерств и ведомств по техническому перевооружению производства, его интенсификации. Они берут на себя выполнение всех стадий разработки — от создания и подготовки к производственному освоению новшества (от изучения потребностей в нем народного хозяйства, определения реальных областей и

объемов его использования) до выпуска необходимой проектно-конструкторской документации, изготовления единичных образцов, пробных серий оборудования, приборов, материалов, их поставки и доводки в промышленных условиях, подготовки специалистов требуемого профиля. Чрезвычайно важно, что инженерные центры — гибкая, легко структурно перестраивающаяся организация — освобождают от решения трудоемких вопросов внедрения ведущих ученых, которые таким образом получат возможность усилить внимание к генерированию новых идей и разработке научно-технических проблем. Благодаря этому устанавливается устойчивая и эффективная обратная связь с промышленностью, стимулирующая проведение целенаправленных и перспективных фундаментальных исследований.

В Академии наук УССР функционируют девять инженерных центров. Шесть из них — в НТК Института электросварки имени Е. О. Патона:

сварки давлением, электронно-лучевой технологии, роботизации производства, сварных конструкций, электропрошлаковой технологии, защитных и упрочняющих покрытий, металлообработки взрывом. В НТК Института кибернетики имени В. М. Глушкова действуют инженерные центры микроэлектроники и банковских автоматизированных систем, а в Институте сверхтвердых материалов — центр по разработке оборудования высоких давлений и температур для получения сверхтвердых материалов. Здесь, кстати, наложен выпуск синтетических алмазов более 20 различных марок.

Отчетливо выявились преимущества новой формы взаимодействия науки и производства в решении сложных научно-технических задач на примере деятельности инженерного центра электронно-лучевой технологии научно-технического комплекса Института электросварки имени Е. О. Патона. Этот центр обеспечивает освоение отраслями промышленности принципиально новых технологий и материалов, созданных на основе фундаментальных исследований физико-химических закономерностей электронно-лучевой плавки и испарения неорганических материалов в вакууме. О некоторых его крупных достижениях уже упоминалось. Достаточно добавить, что результаты деятельности в этой области отмечены Ленинской премией и Государственной премией УССР и уже используются более чем на сорока предприятиях восьми министерств, во многом определяя научно-технический уровень производства, прежде всего в машиностроении. Широкое освоение электронно-лучевой технологии при посредстве инженерного центра позволяет экономить десятки миллионов рублей ежегодно, в несколько раз сократить сроки освоения научных новшеств производством. Соответствующий же отдел института, доверив внедрение своих разработок коллективу, специально на это ориентированному, смог сконцентрировать главное внимание на новых фундаментальных научных проблемах.

Возьмем другой инженерный центр — микроэлектроники. Известно, что прогресс электронной промышленности во многом зависит от комплексной автоматизации проектирования разработки и изготовления изделий микроэлектроники и средств микропроцессорной техники. Быстрое продвижение в производство разработанных в Институте кибернетики имени В. М. Глушкова АН УССР автоматических систем управления формированием изображения в тонких пленках внесло радикальные, можно сказать, революционные преобразования в технологический процесс, что не только обеспечило получение практически полностью бездефектных изображений, но и сделало ненужным присутствие человека-оператора в рабочей зоне. Другими словами, пройден важный этап на пути к созданию безлюдных производств. Естественно, столь высокая результативность действий инженерного центра не была бы достигнута без тесной взаимосвязи ученых и специалистов организаций и предприятий Министерства электронной промышленности, без общей заинтересованности в резком подъеме качественного уровня производства. Совместные, скоординированные усилия направлены на создание гибкого автоматизированного производства сверхбольших интегральных схем на базе цехов-автоматов, что позволяет в два с половиной раза повысить производительность труда, в три раза сократить численность работающих.

Несмотря на различие решаемых проблем, деятельность инженерных центров строится по однотипному организационно-структурному принципу. В их составе всегда отделы конструкторско-технологического бюро научно-технического комплекса того или иного института, работающие в непосредственном контакте с чисто научными отделами. За каждым центром закреплены производственные мощности опытных заводов. А «внешней средой» являются предприятия и организации разных министерств и ведомств, выступающие в роли либо заказчиков продукции, либо изгото-

Видящих
и чувствующих
роботов
типа
«Глаз» — «Рука»
моделируют
в Институте
кибернетики
имени
В. М. Глушкова.



телей необходимого центру новейшего технологического оборудования и материалов. Разумеется, инженерные центры действуют в тесной связи с родственными научно-исследовательскими и проектно-конструкторскими учреждениями.

— Настоятельная необходимость формирования инженерных центров разного направления — в машиностроении, энергетике и других особо важных областях, определяющих научно-технический прогресс, — сегодня очевидна, — уверенно утверждает академик Б. Е. Патон. — Однако не следует гнаться за количеством. Еще раз подчеркну: инженерные центры можно и нужно создавать только там, где созрели необходимые условия, — при наиболее крупных академических

институтах. Нельзя забывать, что успешную работу подобных объединений определяет наличие крупных ученых и высококвалифицированных инженерно-технических кадров, а также развитой конструкторско-технической базы.

Опыт формирования и функционирования действующих инженерных центров АН УССР свидетельствует, что их дальнейшее развитие зависит и от решения некоторых юридических и технологических вопросов, которые лишь частично находятся в компетенции Академии наук...

— А вас не тревожит, Борис Евгеньевич, что столь жесткая ориентация академической науки на нужды технического прогресса может как-то умалить значение фундаментальных

исследований! Все направлено на быструю отдачу. Не пострадает ли при этом задел — я имею в виду вольный поиск, получение знаний, не дающих непосредственного и быстрого выхода?

— Тут никаких сомнений быть не может. Безусловно, эффективность науки нельзя сводить к одному внедрению, да тем более к экономическим выгодам. Эффективность науки — понятие куда более широкое. И все же главное в этом понятии — высочайший уровень исследований и полученных результатов, который способен революционным образом повлиять на уровень техники. Постараюсь детальнее пояснить свою мысль.

В Академии наук Украины мы всегда приоритетное значение придаем фундаментальным исследованиям. Соотношение таких тем в сравнении с прикладными составляет примерно два к одному. Но одновременно мы не упускаем из поля зрения и технологическую ориентацию проблем. Как говорят, ничего нет практичеснее настоящей, основополагающей теории. Это, между прочим, подтверждается жизнью на каждом шагу. Новаторские технологии могут быть созданы только на основе исследований, далеко опережающих свое время. Но здесь есть некоторый нюанс. Кто будет спорить, что необходим и «вольный поиск», как вы его назвали, изучение явлений природы и общества, вне зависимости «от времени и пространства». Но материальные и людские ресурсы не безграничны. С этим вынуждены считаться все без исключения государства, в том числе высокоразвитые, когда встает вопрос о выделении средств на решение крупной научной проблемы. Вот и приходится продуманно отбирать, что самое главное и где эти средства жизненно необходимы. И получать результаты надо не когда бог на душу положит, а в кратчайшие сроки, иначе будет поздно...

Научно-техническая революция — не просто словосочетание. Это действительно революция в технике на основе глубинного познания тайн природы. Наука и в самом деле на наших

глазах становится непосредственной производительной силой. А значит, надо отбирать как наиболее важные те фундаментальные направления, которые стимулируют решение определенных задач в реальные сроки. И таких целенаправленных фундаментальных направлений должно и будет становиться все больше...

Диалектика всегда включает борьбу нового со старым, прогрессивного с отжившим. Но надо обладать мужеством и высоким чувством ответственности перед обществом, в котором живешь, чтобы вовремя увидеть и поддержать новое и объявить решительную войну старому.

На улицах украинских городов все чаще можно видеть автомобили с лаконичной надписью «Газ». Еще в июле 1984 года была принята в эксплуатацию первая автогазонаполнительная компрессорная станция в Донецке. Голубое, не загрязняющее воздух экономичное топливо после специальной обработки, очистки и сжатия заполняет баллоны автомашин. Заправки хватает на 200 километров, вполне достаточно для внутригородских перевозок.

Снижение расходов необходимой для химической промышленности нефти, удешевление транспортного топлива, а главное, оздоровление и очищение воздуха в городах — эти насущные проблемы позволяют решить перевод автомашин на газовое питание. Действительно, при работе на природном газе в полтора раза дольше служат двигатели, вдвое меньше потребляется смазочного масла, а по экономичности и удельной мощности газ ничуть не уступает своим жидкотопливным конкурентам. К примеру, основной показатель сортности бензина (октановое число) у лучшего — «экстра» — составляет 95 единиц, а у природного газа — 104. Однако были весьма существенные «но». Дело в том, что природный газ трудно хранить. Основной его компонент — метан — легок и летуч, почти вдвое легче воздуха. Поэтому весьма непросто создать компактные запасы этого топлива на относительно малогабарит-

ных автомобилях. Пытались применять сжиженный за счет глубокого охлаждения газ. Опять проблема со специальными заправочными пунктами, которых требуются десятки тысяч. Ведь автомобильный транспорт распределечен. Кроме того, перевозка сжиженного газа с крупных заводов в криоцистернах связана с большими капитальными затратами, много будет потерь из-за испарения.

Все эти трудности преодолимы, если использовать сжатый газ. Причем для сжатия каждого килограмма требуется в 2—3 раза меньше энергии в сравнении с затратами на сжижение. Правда, баллоны, способные выдержать высокое давление, имеют более толстые стенки. Однако это водителям не помеха. Гораздо важнее другое. Средний газовый расход сжатого голубого топлива на один грузовой автомобиль в год составляет примерно десять тысяч кубометров. А каждая тысяча кубометров природного газа, использованного в качестве моторного топлива, по оценкам специалистов, экономит народному хозяйству 57 рублей.

Все это впечатляет. Но при чем тут Академия наук? — может возникнуть вопрос. Да при том, что в самом начале, а точнее, 2 января 1984 года, на специальном совещании у президента АН УССР академика Б. Е. Патона детально обсуждался ведущими учеными республики вопрос об использовании природного газа на автомобильном транспорте. Для разработки экономически приемлемых методов замены бензина и дизельного топлива природным газом было поручено институтам проблем материаловедения, экономики промышленности, газа, общей и неорганической химии, колloidной химии и химии воды, физической химии имени Л. В. Писаржевского, а также Физико-техническому институту низких температур в двухнедельный срок подготовить и представить в отделение химии и химической технологии президиума АН УССР конкретные предложения по научно-исследовательским темам, направленным на создание технологии сжиже-

ния природного газа, использование мелких газовых месторождений, изучение методов повышения емкости баллонов за счет применения природных цеолитов (молекулярных «сит»). Поручено было также разработать новую технологию связывания водорода для использования его в качестве топлива на автотранспорте.

Ну а результат мы знаем — в июле того же года, через 6 месяцев, уже вошла в строй первая заправочная станция в Донецке.

А вот совершенно другая область академических интересов — медицина. Весьма перспективно в лечении многих заболеваний применение идей и методов криобиологии — биологии сверхнизких температур. На Украине создан и действует пока единственный в стране специализированный Институт проблем криобиологии и криомедицины. Научные сотрудники разработали математическую модель процесса внутриклеточного кристаллообразования, выяснили важные стороны механизма повреждения сверхглубоким холодом клеток и тканей и предложили эффективные методы их защиты при низкотемпературном консервировании. Уже используются надежные способы консервирования щитовидной железы, кожи, нежнейшей роговой оболочки глаз, чувствительного костного мозга, крови и тканевых лимфоцитов, позволяющие сохранять их в жизнеспособном состоянии для нужд клинической практики. Широкое применение в медицине находят уникальные криогенные приборы и устройства, созданные в Физико-техническом институте низких температур... Понятно, медицина — область особая, и эффективность научно-технического прогресса здесь как-то трудно измерить в рублях. И все же только от освоения криогенной аппаратуры здравоохранением получается экономический выигрыш в три с половиной миллиона рублей ежегодно...

— Скажите, Борис Евгеньевич, вы хоть когда-нибудь отдохаете? Как у вас хватает сил и энергии и на академию, и на институт? Ведь еще и государственные и депутатские обязаннос-

ти в Верховном Совете страны и республики. И все — с полной отдачей.

— Для так называемого досуга и правда времени остается совсем мало. Пять дней в неделе заполнены до минуты. Помогает с детства привитая отцом четкость. Первую половину дня, пять — шесть часов, провожу в институте. Обед всегда в одно и то же время. Тоже семейная традиция. Потом президиум. Здесь засиживаюсь до девяти вечера. На собственное научное творчество, просмотр специальной литературы остается суббота и воскресенье. Конечно, есть паузы. Это необходимо.

— Не мешают друг другу директор института, ученый и президент Академии наук?

— Не только не мешают, но логично связаны. Яснее видишь перспективу, легче выбирать главное.

— Но жить в таком перенасыщенном темпе изо дня в день, из года в год, наверное, очень нелегко!..

— В работе цель и смысл моей жизни. Я свободен в выборе и выбираю то, что приносит наибольшее удовлетворение. Конечно, приятно весь день пробродить по лесу на лыжах или побыть несколько часов на Днепре. Но я взвешиваю, что в данный момент доставит мне большее удовольствие — прогулка либо чтение только что полученных журналов. Темпы жизни не терпят лени и поблажек. «На потом» откладывать некогда. Это тоже заложено с детства отцом, который до преклонных лет не давал себе

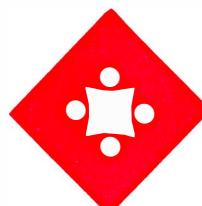
никаких скидок на возраст, на здоровье и требовал от нас, молодых сотрудников, полной отдачи, полного напряжения сил. Евгений Оскарович любил повторять: «Никакие приказы и требования руководителя не имеют настоящей моральной силы, если он не применяет их в первую очередь к себе». Так и в большом, и в малом. Никаких попустительств и льгот ни себе, ни близким...

— Какую роль в вашей судьбе играла столь громкая, поистине всемирная слава отца! Мешала, помогала?

— Я бы не стал говорить о славе. Я ведь уже упоминал, что профессию выбрал ту, которая интересовала. А вот пример отца, уроки отца оказали огромное на меня влияние.

«Самое драгоценное наследство, которое могут родители оставить детям, — это привычка и любовь к труду, к специальности, избранной на всю жизнь. Это куда ценней всяких материальных благ», — привожу дорогие мне строки из воспоминаний отца как ответ на ваш вопрос...

Подлинное новаторство немыслимо без корней и традиций. И не случайно вдохновенная, научно и инженерно выверенная устремленность в будущее стала основной чертой, определяющей стиль работы Академии наук Украины. Быть всегда впереди — это предполагает и очень высокую степень ответственности. Потому что любое серьезное решение, принимаемое сегодня, распространяется уже на XXI век.



КОММЕНТАРИЙ

КОММЕНТАРИЙ

4



«ЗОЛОТЫЕ ЯБЛОКИ СОЛНЦА»



В древние времена в Александрии царь Птоломей спросил Эвклида, не существует ли простого способа познакомиться с геометрией. На что Эвклид ответил: царского пути у геометрии нет. Нет царского пути ни у спецэлектрометаллургии, ни у электросварки, ни у проблемы преобразования энергии Солнца, как нет такого пути в науке вообще. Какую бы область мы ни взяли — покорение атома или изучение поведения животных,

молекулярную биологию или квантовую механику,— везде перед нами откроется отнюдь не царский, а требующий титанического труда, тернистый путь к звездам. Но особенно труден, несмотря на стремительность и силу рывка, был настоящий путь к звездам — путь Человека в Космос.

Прежде чем первый посланец землян — советский искусственный спутник вырвался из плена земного притяжения и вышел на космическую ор-

биту, нужны были годы беззаветного, подвигнического труда десятков сотен людей, верящих в мечту, бесстрашно бросающих вызов пространству и времени.

Вот строки из летописи космического прорыва — несколько документов, написанных основоположником советского ракетостроения и космонавтики, Главным конструктором академиком Сергеем Павловичем Королевым.

5 апреля 1934 года.

«...Я глубоко уверен, что очень многое в будущем принадлежит именно реактивным летательным аппаратам...

Работа над ними трудна, но необычайно интересна и многообещающа. Трудности в конечном счете, несомненно, преодолимы, хотя, быть может, и с несколько большими усилиями, чем это кажется на первый взгляд. Основное, что нужно сейчас, — это хорошая координированная работа ракетчиков и работников ряда других областей науки и техники...»

26 мая 1954 года. Из письма в Совет Министров СССР.

«Проводящаяся в настоящее время разработка новой ракеты с конечной скоростью около 7000 м/сек позволяет говорить о возможности создания в ближайшие годы искусственного спутника Земли. Путем некоторого уменьшения веса полезного груза можно будет достичь необходимой для спутника конечной скорости 8000 м/сек... Мне кажется, что в настоящее время была бы своевременной и целесообразной организация научно-исследовательского отдела для проведения первых поисковых работ по спутнику и более детальной разработки комплекса вопросов, связанных с этой проблемой...»

Впервые официально поставлен вопрос о практической разработке искусственного спутника Земли. Обратим внимание на спокойный, деловой тон письма.

25 сентября 1956 года.

«...Создание этого эскизного проекта не является случайностью, а подготовлено всей предшествующей ра-

ботой организаций, занимавшихся разработкой ракет дальнего действия...

Несомненно, что работа по созданию первого искусственного спутника Земли является важным шагом на пути проникновения человека во Вселенную, и несомненно, что мы вступаем в новую область работ по ракетной технике, связанную с созданием межпланетных ракет».

Первый в истории человечества советский искусственный спутник Земли был запущен 4 октября 1957 года.

5 июля 1958 года.

«Околосолнечное пространство должно быть освоено и в необходимой мере заселено Человечеством. Первый этап освоения космического пространства должен заключаться в исследовании его автоматическими аппаратами с целью детального изучения как условий полета в нем, так и способов возвращения на Землю.

Параллельно с этим должны проводиться широкие исследования и разработки по обеспечению нормальных условий существования человека на всех этапах космического полета, включая его спуск и подъем с поверхности Земли и планет...

Поэтому целесообразно... создание искусственных спутников для исследования космического пространства в окрестностях Земли... создание спутников Земли с практически неограниченным временем существования и функционирования... создание спутников Земли на «высоких» орбитах... создание аппаратов для исследования Луны... создание первых спутников с человеком на основе использования баллистической схемы возвращения... исследование возможностей создания... автоматических аппаратов для осуществления полетов к Марсу и Венере... отработка процесса сближения между собой двух аппаратов, движущихся по близким орбитам... создание новой космической ракеты-носителя, обеспечивающей доставку на орбиту полезного груза весом 15—20 т. Эта ракета должна обеспечить... создание внеземной станции и открыть путь к осуществлению межпланетных перелетов... сооружение вне-

земной станции для проведения научных исследований... и как пункта приема и отправления космических ракет...»

1 января 1965 года.

«...Безграничный космический океан станет в ближайшие годы одной из самых крупных областей приложения новейших человеческих познаний в различных областях науки и техники, для того чтобы люди в космосе могли надежно и безопасно работать и отдыхать. А за всем этим виднеются еще бескрайние космические дали, издавна привлекавшие внимание человечества! Это другие миры, быть может, иная, отличная от земной жизнь, далекие неведомые солнца со своими планетами-спутниками... И эти дали будут достигнуты советской наукой!»

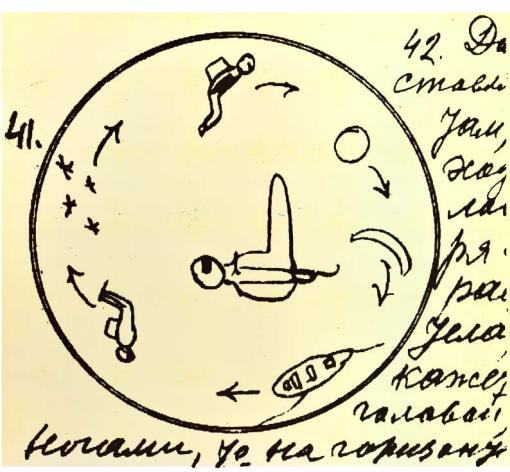
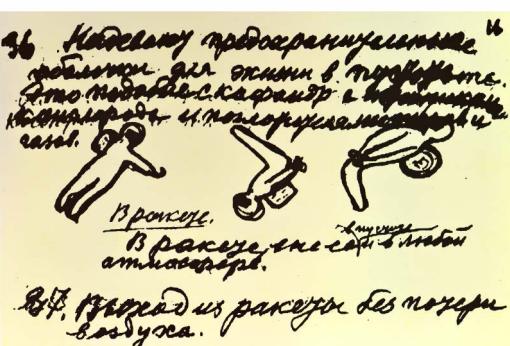
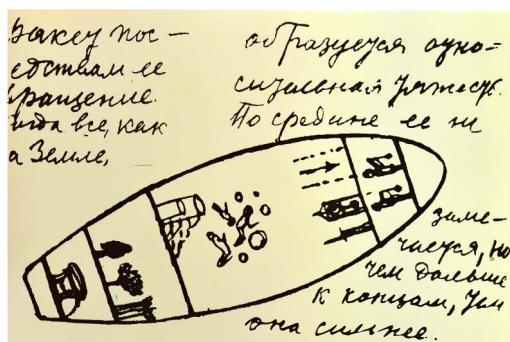
Так воплощались в жизнь и обогащались мечты Циолковского, говорившего еще в начале века, на заре воздухоплавания, о неизбежности выхода человека в космос, о необходимости освоения сначала околосолнечного пространства, а затем и далеких просторов Вселенной.

Королев, конструктор первых спутников и кораблей, мечтал еще смелее, еще дерзновеннее и в то же время конкретнее. Его программа освоения космоса, казавшаяся всего три десятилетия назад фантастичной, почти выполнена. Сейчас она для нас столь же естественна, как естественны очередные пятилетние планы развития народного хозяйства нашей страны.

12 апреля 1986 года мир отметил 25 лет звездного подвига — первого полета человека в космос. Дань первому, проложившему путь к звездам, благодарность деянию беспримерному... Все это, безусловно, так. Но есть еще память сердца. Для нее нетленен и дорог пример высокой нравственности, обаяния личности, силы характера. Образец, позволивший каждому человеку ощутить себя землянином, способным свершать чудеса.

«Кто-то сделает один виток вокруг

К. Э. Циолковский гениально предсказал условия космического полета и даже выход в открытый космос в таких, казалось бы, простеньких рисунках.





«Энергия» — уникальная ракета, способная вывести на орбиту тяжелейшие корабли и грузы.

Земли, кто-то несколько витков, кто-то полетит к Луне, и все будут первыми...» — в этих словах Юрия Гагарина подкупает душевная чистота и естественная, как дыхание, скромность первого обитателя Вселенной, первого, ощущившего таинство невесомости и захватывающее чувство отрыва от родной земли. В них поражает безграничная доброжелательность, уважение к друзьям и соратникам, знакомым и далеким, ко всем дерзающим и отважным. Личность Гагарина открыла нам ту глубину и новую сущность, которую привнесла в человеческое сообщество особая профессия — космонавт.

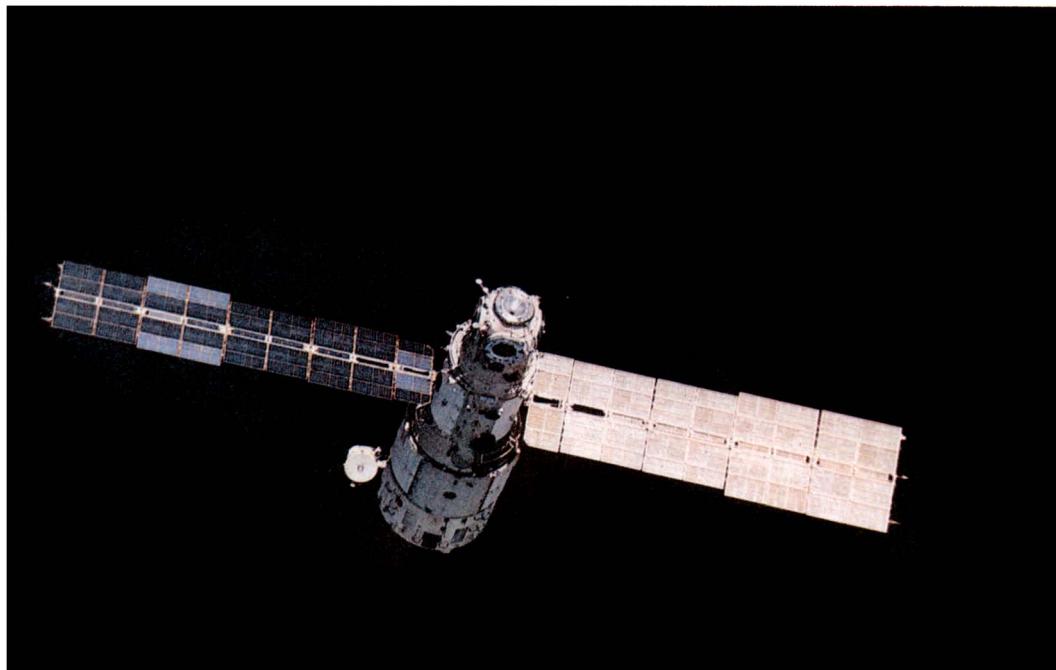
Первым космонавтом мог стать только человек, способный точно соотносить разум с чувствами, твердо знающий, что такое высочайшая ответственность и долг. Удивительное самообладание, присущее Гагарину, способность не зажмуриваться перед лицом острой опасности, а обдуманно и мгновенно действовать, чувство юмора и умение по-детски радоваться

и ценить красоту помогли ему совершить то, что никто и никогда до того и представить не мог.

Ему удалось с честью выдержать и другое нелегкое испытание — испытание славой.

В начале 60-х годов не было на планете человека, популярнее и любимее Гагарина. Его второй виток, который прошел уже по земле, по всем странам и континентам, под несмолкающие восторженные приветствия миллионов людей, мимо выстроенных почетных караулов, сквозь сменяющие друг друга торжественные приемы и затяжные пресс-конференции, — этот виток не так просто было выдержать и остаться самим собой...

Гагарин никогда не злоупотреблял своей грандиозной популярностью, считал, что ему в жизни просто очень сильно, невероятно повезло. Старался своей работой — космической и научной, учебной и общественной — соответствовать всечеловеческой признательности. Всегда повторял, что слава его по праву принадлежит сотням и



Орбитальная станция «Мир» — космический дом, лаборатория, завод нового поколения.

тысячам «земных» тружеников космоса, героическим представителям народа, чье высокое профессиональное и техническое мастерство, чей научный и инженерный гений сделали его подвиг реальностью.

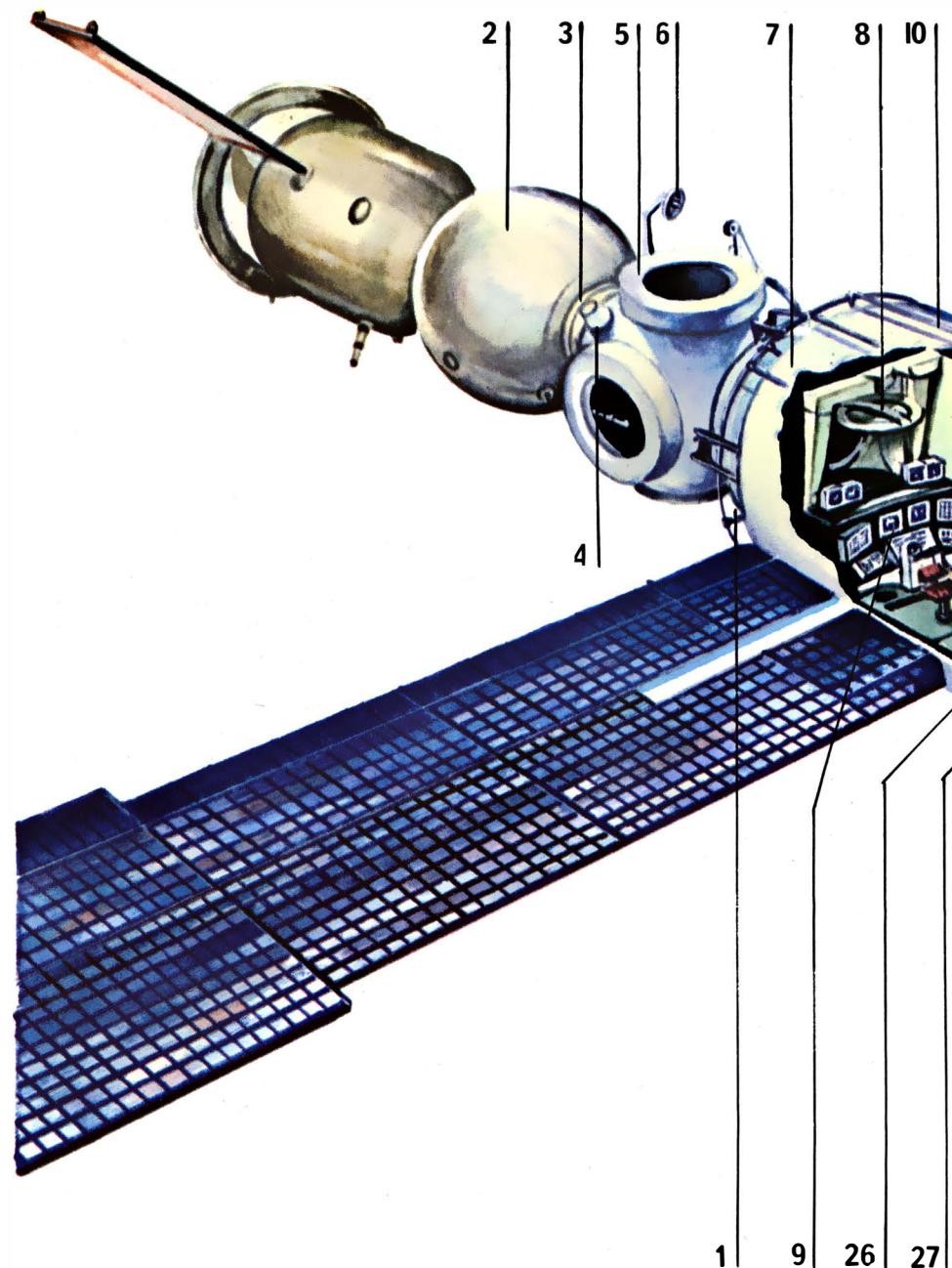
Это они конструировали корабли и гигантские ракеты, спутники и уникальные приборы, готовили металл для них, монтировали, отлаживали, испытывали, не считаясь с силами и временем. Чудесный сплав таланта и энергии, мастерства и энтузиазма многих коллективов — только такой сплав мог разорвать любые цепи, даже цепи земного притяжения.

«Ребята, герой бессмертный и славный — это наш советский народ... А мы лишь его сыны... Об этом мы должны помнить, ребята, из этого всегда исходить!» — так говорил и так думал Юрий Гагарин. «Землянин грядущих времен», он мечтал о совместном, силами разных стран и народов, исследовании и использовании космического пространства. Мечтал, чтобы люди дружно вместе трудились не

только в космосе, но и над украшением родной «голубой» планеты. Он любил красоту и беззаветно был предан Родине, сделавшей все, чтобы открыть человечеству дорогу к звездам, к планетам, к мирному космосу.

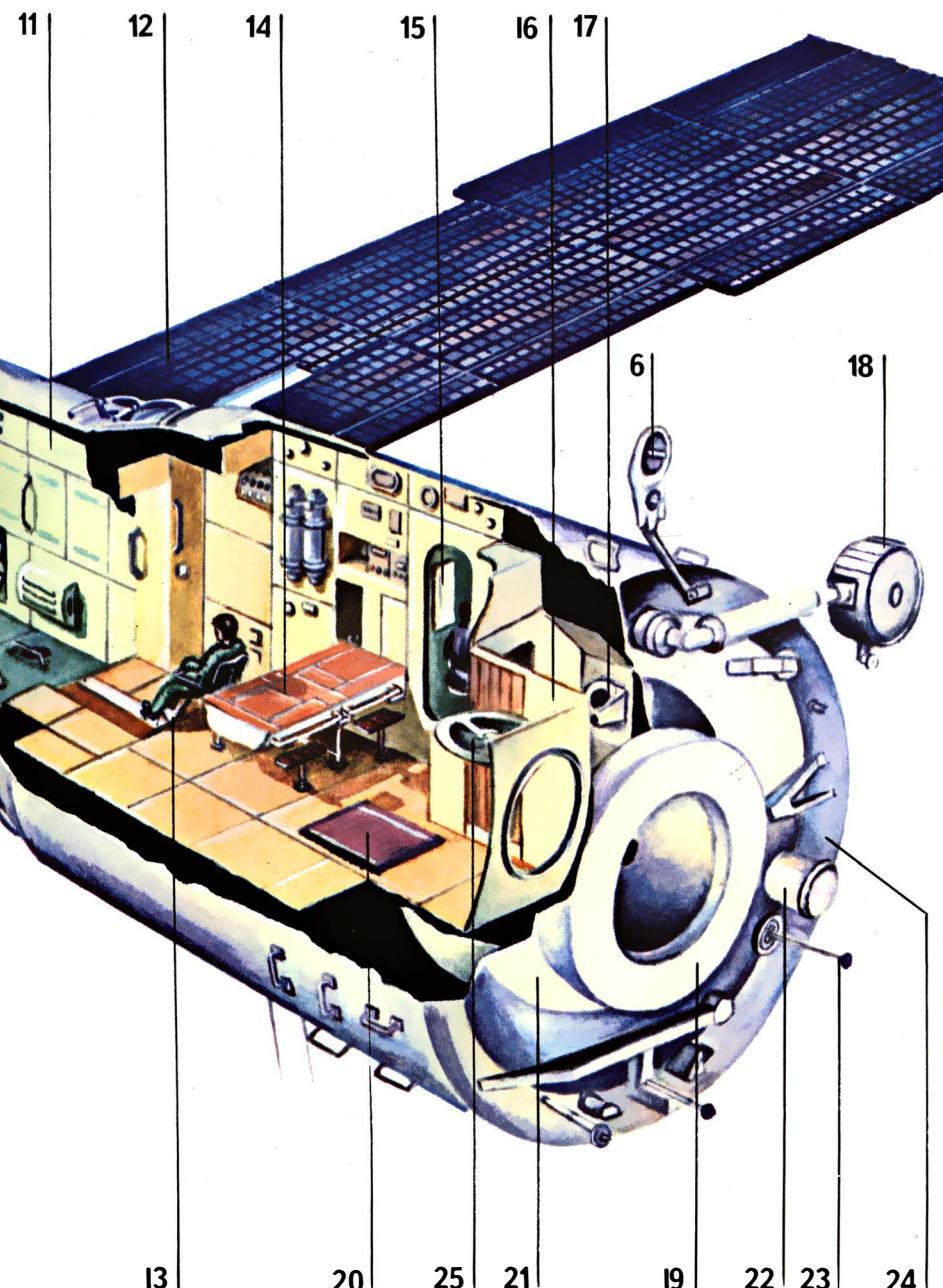
...Два-три десятилетия — срок небольшой, но темпы развития науки и техники делают его емким и насыщенным. Полет Гагарина доказал, что человек может выжить в космосе. Последующие полеты «Востоков», «Восходов», «Союзов» подтвердили это. Не только выжить, но жить и работать. Появились орбитальные станции. Семейство «Салютов», где побывали и международные экипажи, и, наконец, качественно новый «дом на орбите» — станция «Мир», которая открывает еще большие возможности не только для нашей страны, но и для международного сообщества стран, для общей плодотворной и активной деятельности в космосе.

Наряду с огромной «земной» отдачей пилотируемых полетов, вносят свой бесценный вклад в земные дела



Побываем на станции «Мир»:
 1 — базовый блок,
 2 — корабль «Союз-Т»,
 3 — переходный отсек,
 4 — гнездо манипулятора,
 5 — боковые стыковочные
 агрегаты,
 6 — антенна системы
 сближения,

7 — рабочий отсек,
 8 — люк рабочего отсека,
 9 — центральный пост
 управления,
 10 — поручни,
 11 — съемные панели
 интерьера,
 12 — солнечные батареи,
 13 — тренажер «Велоэргометр»,



14 — рабочий стол,
 15 — индивидуальная каюта,
 16 — туалет,
 17 — умывальное
 устройство,
 18 — антенна связи
 через спутник,
 19 — осевой стыковочный
 агрегат,

20 — тренажер
 «Бегущая дорожка»,
 21 — промежуточная камера,
 22 — двигатель с крышей,
 23 — мишень,
 24 — агрегатный отсек,
 25 — крышка люка,
 26 — иллюминатор,
 27 — бленда иллюминатора.

и космические роботы-автоматы — спутники связи, навигационные, метеорологические, геофизические и многие другие. Без них уже невозможно представить нашу жизнь.

Самое любимое и самое трудное дитя науки — космонавтика. Чем же обогатила она науку? Что нового принесли людям все более и более сложные корабли и лаборатории, запускаемые на орбиты строго по начертанным мечтой и фантазией программам? Куда движется дальше научная мысль?

Вместе с космонавтикой рождались и новые отрасли науки. Новое звучание приобрела астрофизика — познание законов Вселенной, ее эволюции, ее судеб. Различные аспекты астрофизических исследований объединил под своим крылом Институт космических исследований Академии наук

СССР. Его директор, академик Роальд Зиннурович Сагдеев, физик-теоретик, избрал для своих исследований экзотический объект — плазму. Еще 15—20 лет назад он изучал плазму в лаборатории, в магнитной «колбе». Теперь открылась возможность постигать тайны плазменных процессов в естественных условиях. Пока по данным космических станций и спутников, на основании кино- и фотосъемки. Но кто знает, может, мы будем свидетелями того, как очередной космический корабль зачерпнет пылающее солнечное и звездное вещество — плазму, которая дарит жизнь бесчисленным планетам бесчисленных миров. Именно так, как поступил отважный капитан звездолета из фантастического рассказа Рэя Бредбери «Золотые яблоки Солнца».



ИНТЕРВЬЮ

2



Академик
Р. Сагдеев

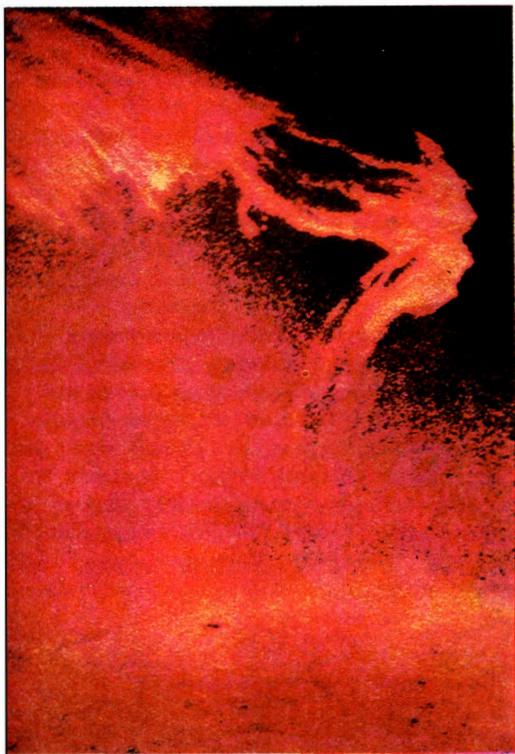
ЗОВ
ВСЕЛЕННОЙ



— Пока физики изучают капризы плазмы, запечатанной, как джинн, в бутылке из силовых линий, астрофизики ловят сигналы звезд, галактик, квазаров, кропотливо исследуют плазменное дыхание Солнца, которое так глубоко и всесторонне отзывается на нашей земной жизни. Чем обогатили астрофизику и вообще астрономию успехи и свершения космонавтики?

— Успехи космонавтики последних лет дали могучий толчок прогрессу

разных отраслей знаний и их использованию на практике. Астрономия, выйдя за пределы атмосферы, уподобилась, образно говоря, наблюдателю, у которого убрали с глаз закопченные стекла. Таков эффект помех земной атмосферы для оптической аппаратуры. Бурно развиваются радио- и гамма-астрономические исследования. Причем процесс перехода астрономии с узкой, оптической колеи на широкую, всеволновую продолжается. Уже



Фантастично красивы протуберанцы — гигантские выбросы раскаленных газов и солнечной плазмы.

«Солнечный ветер» — постоянно летящие от Солнца потоки сверхбыстрых протонов и электронов. Давление «солнечного ветра» искривляет магнитное поле Земли.

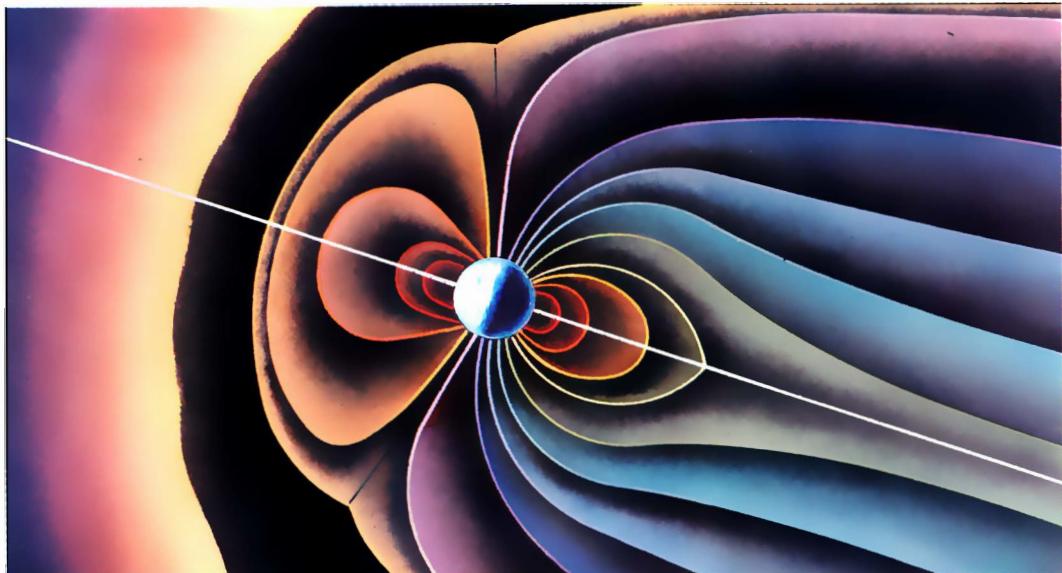
сегодня наблюдения ведутся в диапазоне электромагнитных волн от десятков метров до 10^{-15} сантиметров — такова длина волны гамма-фотонов большой энергии.

Проблема, стоящая перед астрономией, — устранение тех «белых пятен», которые еще остаются в общей картине наших представлений о развитии Вселенной. Но научное и практическое значение всех этих важнейших сведений далеко выходит за рамки познавательные.

Глазами посланцев человечества — космонавтов — люди впервые увидели Землю как небольшой космический корабль, несущийся в бескрайних просторах Вселенной. Совершенно очевидно, что знания об этих просторах, о законах, там господствующих, о влиянии космических факторов на земные процессы жизненно необходимы для будущего всех, без исключения, обитателей Земли.

Возьмем, к примеру, изучение Солнца и солнечно-земных связей. Не случайно эта группа проблем занимает важнейшее место в космической программе.

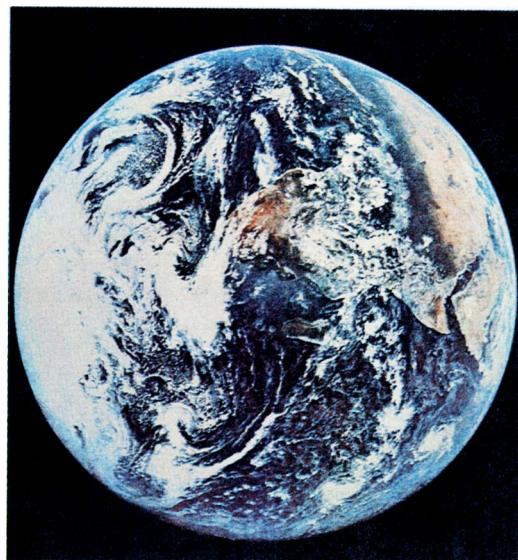
Процессы на нашем светиле определяют физическое состояние межпланетной среды, состав атмосфер планет Солнечной системы, поддерживают жизнь на Земле. Но кроме



того, Солнце — громадная природная лаборатория, заполненная клокочущим, раскаленным заряженным газом — плазмой, веществом «в четвертом состоянии».

Познав механизмы преобразования энергии в «солнечной топке» или способы ускорения плазмы и извержения ее в межпланетное пространство, резонно было бы использовать их в какой-то степени для создания принципиально новых источников энергии не только на Земле, но и на других планетах, которые, вне всякого сомнения, будут со временем обживаться людьми. Не менее важно нам выяснить закономерности распространения плазмы, извергаемой Солнцем в межпланетное пространство. Распространение плазмы получило название «солнечный ветер». Скорость его около 500 километров в секунду. Столкнувшись с магнитосферой Земли, солнечный ветер сдавливает, деформирует ее. При этом образуется гигантская ударная волна. Изменения в солнечном ветре вызывают на Земле магнитные бури, полярные сияния, возмущения в ионосфере и нарушения радиосвязи.

Все, что проясняет поведение солнечного ветра, чрезвычайно важно как для земных дел, так и для космологии. Пока мы даже не знаем, постоянно ли его магнитное поле. Было бы весьма заманчиво провести исследования солнечного ветра на относительно близком расстоянии от Солнца, получить рентгеновские фотографии его полюсов. Для этого нужно запустить специальный зонд, который бы позволил взглянуть на наше светило со стороны. С помощью такого зонда может быть открыта магнитосфера Солнца, получена ценная информация о межзвездном веществе, «поджимающем» солнечный ветер. А если удастся выяснить характер ударной волны солнечного ветра на границе магнитосферы, то, зная расстояние ее от Солнца и характеристики солнечного ветра, можно было бы судить о плотности межзвездного газа, то есть решить одну из фундаментальных проблем космологии.



Прекрасна голубая наша Земля
с космических высот.

Немало интересного могут дать и полеты в околосемном пространстве. Это пространство — составная часть окружающей человека среды — непосредственно взаимодействует с плотными слоями атмосферы и определяет их температуру, состав, циркуляцию. С другой стороны, результаты изучения ионосферы и магнитосферы — наиболее близкой естественной космической системы — важны для исследования других планет Солнечной системы.

За последнее время происходит все более активное вторжение в космическую среду с помощью источников плазмы, электронных и ионных пучков. В рамках советско-французской программы «Аракс» проведен эксперимент по зондированию магнитосферы быстрыми электронами и образованию искусственных полярных сияний.

1976—1978 годы были объявлены Международными годами исследования магнитосферы. По согласованной программе проводили испытания около 50 космических аппаратов многих стран мира.

От тонкостей взаимосвязи нижней и верхней атмосферы всецело зависит

Формирование погоды и климата на Земле. Большое значение для изучения их особенностей будут иметь постоянные измерения со спутников и ракет по единой программе, фиксирующие изменения в атмосфере во времени и пространстве. Такие измерения позволяют накопить данные по воздействию солнечной активности на атмосферу Земли.

— В последние годы появилась еще одна «горячая точка» в проблеме охраны окружающей среды. Оказалось, что в результате некоторых видов человеческой деятельности — частых полетов сверхзвуковых стрatosферных самолетов, в выхлопных газах двигателей которых содержится окись азота, выбросов в атмосферу газа фреона — происходит постепенное разрушение слоя озона, который находится в верхней атмосфере и защищает все живое на Земле от губительного воздействия ультрафиолетовых лучей Солнца.

— Фреон — по некоторым оценкам, его выбрасывается в атмосферу более полумиллиона тонн в год, очень стоец. Постоянно просачиваясь вверх, он скапливается во внешних слоях атмосферы, где под действием солнечных фотонов от него отделяется атом хлора. А хлор беспощадно разрушает озон, тем более что путем сложных превращений хлор, как и окись азота, проделав разрушительную работу, вновь восстанавливается и вступает в реакцию с озоном, то есть действует как своеобразный катализатор. Один атом хлора может, таким образом, разрушить миллионы молекул озона.

Предотвратить столь опасные влияния удастся только тогда, когда досконально будут изучены сопутствующие процессы, а для этого необходимы глобальные и регулярные наблюдения с борта искусственных спутников Земли за содержанием озона.

Наблюдения с борта спутников помогают составлять карты лесов, почвенные и геоботанические, карты морских течений, фиксировать волны моря, обнаруживать косяки рыб, оценивать состояние посевов в

момент их созревания, определять динамику снегового и ледового покрова и эрозию почв.

Так, океанологи не могут прогнозировать поведение океана, а значит, и определять перспективные места лова, не получая регулярных данных из большинства районов океана, не понимая законов сложнейшей системы «океан — атмосфера». Океанологам необходима космическая информация, постоянное сотрудничество с метеорологами и учеными, занимающимися солнечно-земными связями.

Космические методы помогают изучать закономерности строения земных недр, необходимые для поиска полезных ископаемых в геологии. Заметим, что ускорение разведки подземных богатств всего лишь на 5 процентов дает ежегодный экономический эффект в 2 миллиарда рублей.

Сотни тысяч фотографий разных районов земного шара позволили уточнить структурные и геологические карты, получить новую информацию о глубинном строении и сейсмичности земной коры. Например, по космическим фотографиям земель Казахстана выявлены структуры, перспективные для поисков нефти и газа, изучены соленосные отложения залива Кара-Богаз-Гол в Каспийском море, условия их залегания и гидрологический режим этого труднодоступного и малоисследованного района. Получены также интересные снимки полупустынных территорий нашей страны. В результате пересмотрены карты землепользования этих областей. Важны сведения и о промышленном загрязнении рек, прибрежных районов морей и океанов. Короче говоря, наблюдения из космоса сегодня дают возможность решать задачи защиты окружающей среды на более высоком уровне, чем это делалось до сих пор.

Несомненно, программа работ в области космических исследований Земли должна опираться на международное сотрудничество. Земля — наш общий дом, и люди должны вместе решать, как сохранить ее в чистоте для себя, своих детей и внуков.

— Каковы ближайшие направления в непосредственном, без «закопченного стекла» исследовании космоса?

— Благодаря космическим исследованиям ученые рассчитывают получить информацию о всех планетах Солнечной системы. Основные наши задачи можно разделить, весьма условно, на три класса.

Первый — изучение происхождения Солнечной системы в целом. Наука должна знать, как и когда возникла вокруг Солнца наша система планет, как она эволюционировала и какой она станет в будущем. Для ответов на эти вопросы нужно получить множество сведений о планетах. Кроме общих характеристик, таких, как масса, размеры, форма, период вращения, необходимо понять строение и химический состав поверхностей планет, их температуру, а также температуру атмосфер, их качественный и количественный состав. Очень важно разгадать по внешним признакам внутреннее строение планет, выяснить соотношение между планетным веществом и веществом комет, метеоритов и другой межпланетной материи. Стирание «белых пятен» в науке о планетах поможет подойти и к ответам на сложнейшие вопросы о происхождении, строении нашей Земли и развитии жизни на ней.

Другой класс — это изучение ино-планетных атмосфер, что тоже крайне ценно для земной климатологии. Такие исследования позволят разобраться в глобальных перемещениях в атмосферах планет, а может быть, и открыть такие типы движений, которые неизвестны на Земле.

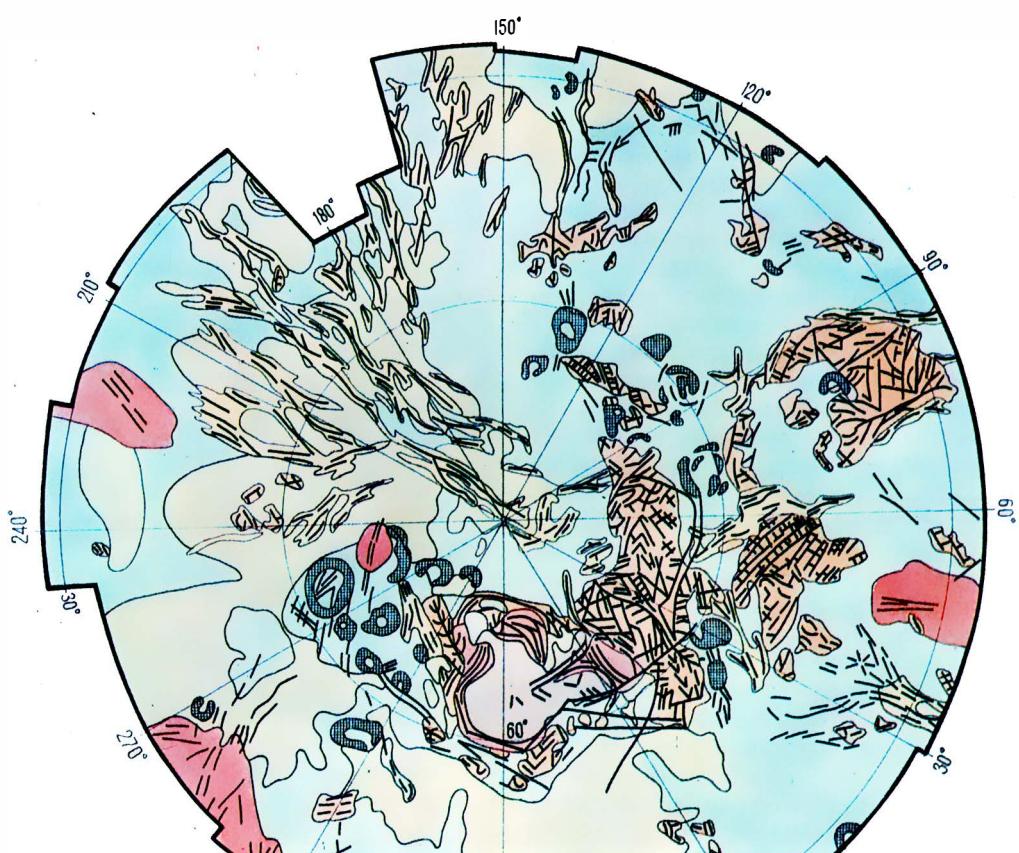
— Простите, что прерываю перечень, но развитие этих направлений в последние годы было весьма плодотворным. Вот уже несколько тысячелетий человек пристально и заинтересованно следит за своими ближайшими космическими соседями. И теперь многое перестало быть романтической тайной. Вопрос, «что там — на Марсе и на Венере», волнует и будоражит мысль. Эксперимент «Вега» дал уникальные результаты. Нельзя ли подробнее на них остановиться? Кстати,



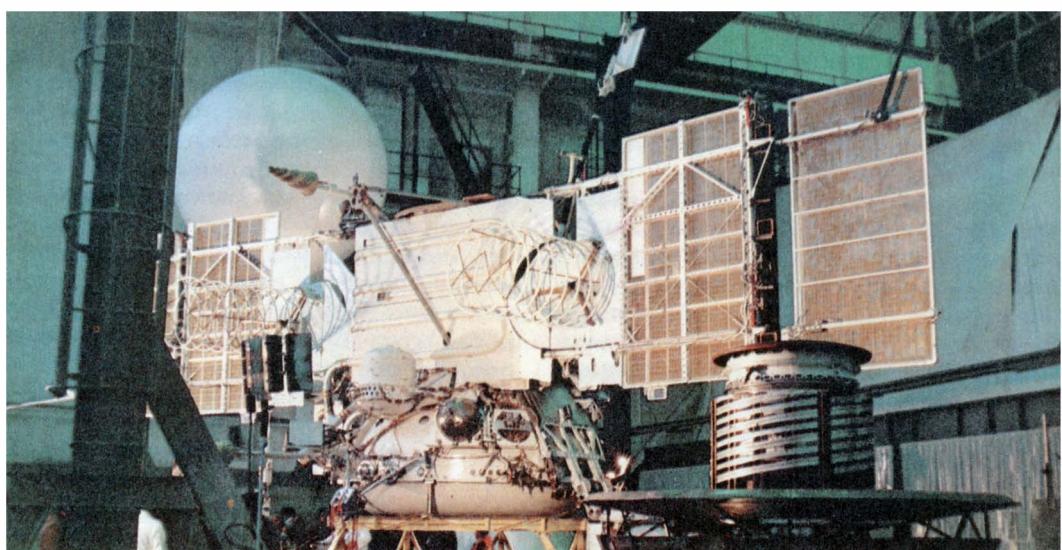
Поверхность Венеры, какой ее увидели «Венера-15» и «Венера-16».

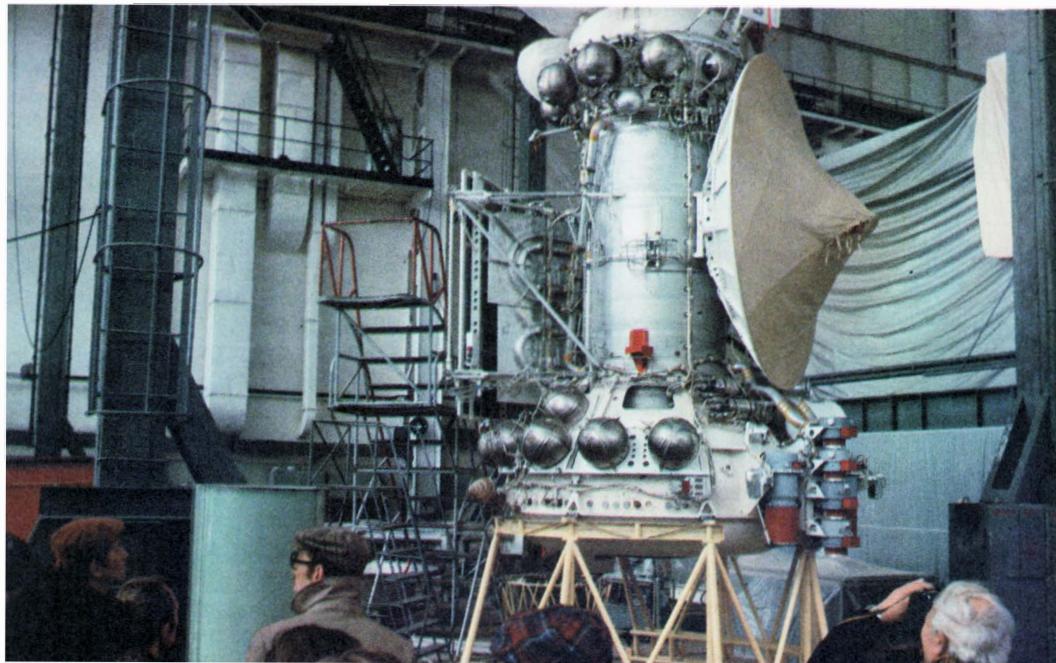
название «Вега» — дань романтике или имеет какой-либо скрытый смысл?

— Интерес закономерен. Венера, как и Марс, не только ближайшая к Земле планета, но и наиболее похожая на нее «родственница» по размерам, средней плотности и количеству тепла, получаемому от Солнца. Планеты удалены от нас на расстояние, которое можно считать незначительным в масштабах Солнечной системы, не говоря уже о галактических. Тем не менее незначительные — по космическим меркам — различия в расположении планет по отношению к Солнцу оказались существенными для формирования на них природных условий, в первую очередь газовой оболочки — атмосферы. Своим существованием мы, земляне, обязаны не только своеобразному химическому составу нашей атмосферы (в ней в основном азот и кислород), но и благоприятной температуре и давлению у земной по-



Первая геолого-морфологическая карта северного полушария Венеры, созданная по снимкам с «Венеры-15» и «Венеры-16».
Пролетный (к комете Галлея) и спускаемый на Венеру космический аппарат «Вега».





Действующий аналог межпланетных станций «Венера-15» и «Венера-16».

верхности. Средняя температура Земли — несколько градусов выше нуля по Цельсию, а на Венере она достигает почти +500 градусов. Венера ближе к Солнцу, процессы на ней шли по-другому, нежели на Земле.

Вы знаете, конечно, что еще с помощью спускаемого аппарата «Венера-13» была решена принципиально новая задача — взята пробы грунта для определения элементарного состава пород. Узнав состав пород, мы смогли искать их аналоги на Земле и представить условия внутренней жизни планеты, ее тектонику. Химический анализ был проведен на борту посадочного аппарата, куда образец грунта доставило грунтозаборное устройство. До этого подобную задачу решить еще никому не удавалось.

Посадочные аппараты станций типа «Венера» начали непосредственные исследования физических свойств и структуры знаменитых венерианских облаков. Оказалось, что толщина их свыше 15 километров, а образованы они жидкими каплями микронного размера. Это позволило сделать важ-

ный вывод о том, что облака Венеры, вероятно, похожи не на привычные нам земные, а на довольно разреженную дымку, типа наших туманов. Дымка окутывает планету, а атмосфера ее столь плотна, что поверхность не видна ни с Земли, ни с орбит искусственных спутников.

Проект «Вега» — один из самых сложных в истории исследований Солнечной системы при помощи космических автоматических аппаратов. Он состоял из трех частей. Первые две из них — изучение атмосферы и поверхности Венеры посредством аэростатных зондов. Впервые в мире аэростаты запустили в атмосферу другой планеты. Третья касалась исследования кометы Галлея. Отсюда и название: первые слоги «Венера» и «Галлея» — «Вега».

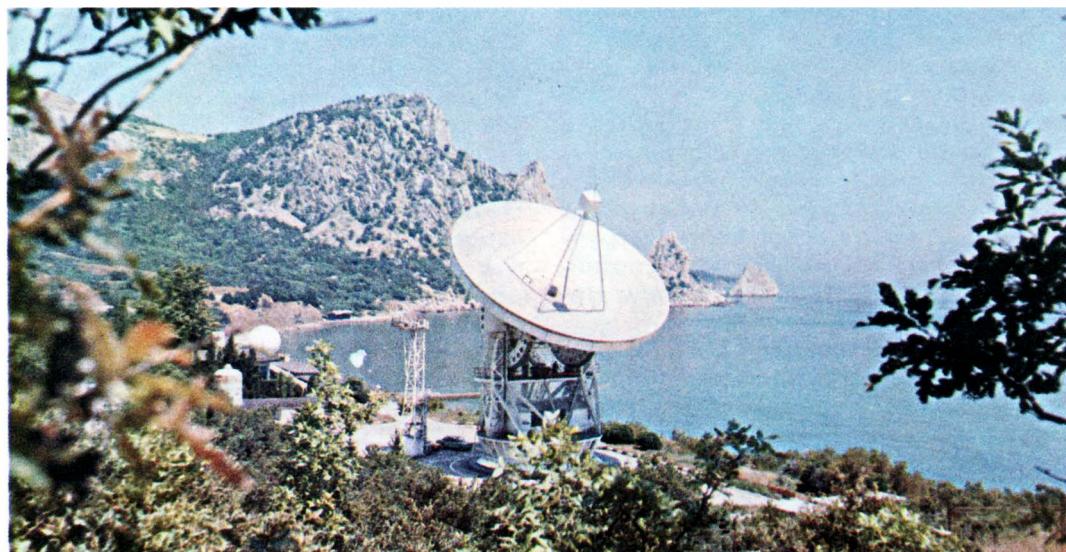
Автоматическая межпланетная станция «Вега-1» стартовала с космодрома Байконур 15 декабря 1984 года. Через 6 дней за ней последовала «Вега-2» курсом на планету Венера. В июне 1985 года они друг за другом прошли вблизи Венеры. Перед проле-

том планеты от них отделились спускаемые аппараты, которые вошли на второй космической скорости в атмосферу Венеры, и каждый из них разделился на две части: посадочный аппарат и аэростатный зонд. Посадочные аппараты проделали серию экспериментов по исследованию атмосферы и поверхности планеты. Аэростатные зонды дрейфовали на высоте около 54 километров, где давление составляет 0,5 земной атмосферы, а температура +40 градусов по Цельсию в течение двух суток. Их перемещение фиксировалось сетью наземных радиотелескопов.

Высота соответствует наиболее плотной части облачного слоя Венеры, в котором, как предполагалось, более отчетливо должно проявиться действие механизмов, поддерживающих удивительно быстрое вращение атмосферы с востока на запад вокруг планеты — так называемую супер-ротацию атмосферы. В верхней части облачного слоя ветры на Венере дуют с ураганной скоростью — 360 километров в час, и за 100 часов атмосфера на этой высоте успевает сделать полный оборот вдоль по широте.

Главная задача аэростатного эксперимента заключалась в том, чтобы

Радиотелескоп в бухте Голубой залив в Крыму.



получить новую информацию о динамике атмосферы Венеры. Ведь зонд, в отличие от спускаемого аппарата, дает возможность проводить измерения в течение длительного времени и над разными участками планеты. Каждый аэростатный зонд проработал 46 часов и за это время пролетел под действием ветра 12 тысяч километров, измеряя вдоль трассы полета температуру, давление, вертикальные порывы ветра, дальность видимости в облаках, среднюю освещенность и следя за наличием световых вспышек. Полет зондов начинался из района середины ночи, а закончили они свою работу на дневной стороне.

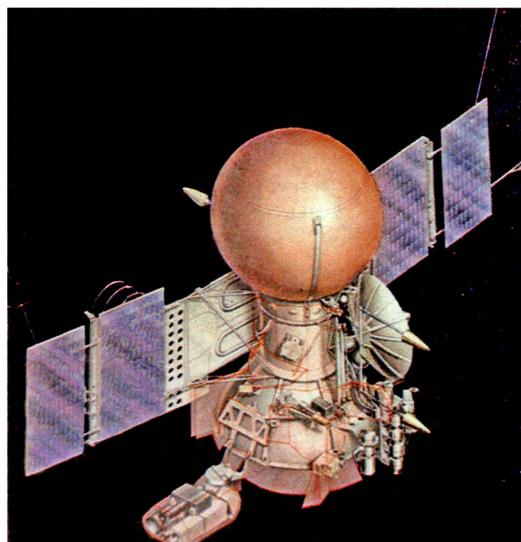
Научная ценность аэростатного эксперимента в атмосфере Венеры, определяемая составом и точностью измерений и объемом принимаемой на Земле информации, была в значительной степени увеличена благодаря широкой международной кооперации при измерениях координат и скорости зонда. В эксперименте использовался метод радиointерферометрии с большой базой, предложенный в свое время советскими радиоастрономами. Он заключается в том, что сигналы одновременно принимаются как минимум тремя радиотелескопами, находящимися на больших расстояниях друг от друга, и регистрируются на магнитную

ленту вместе с метками точного времени. Координаты и скорость аэростатного зонда получаются в результате совместной обработки всех магнитных лент.

Сигналы аэростатных зондов принимали практически все крупнейшие радиотелескопы мира. Благодаря этому было возможно регистрировать телеметрию с зондов и измерять их скорости и координаты с максимальной точностью в течение всего времени их работы. В Советском Союзе сигналы принимались на огромные антенны, диаметром 70 метров, в Евпатории и Уссурийске, на 64-метровую антенну под Москвой и меньшие антенны в Симеизе, Улан-Удэ, Пущине.

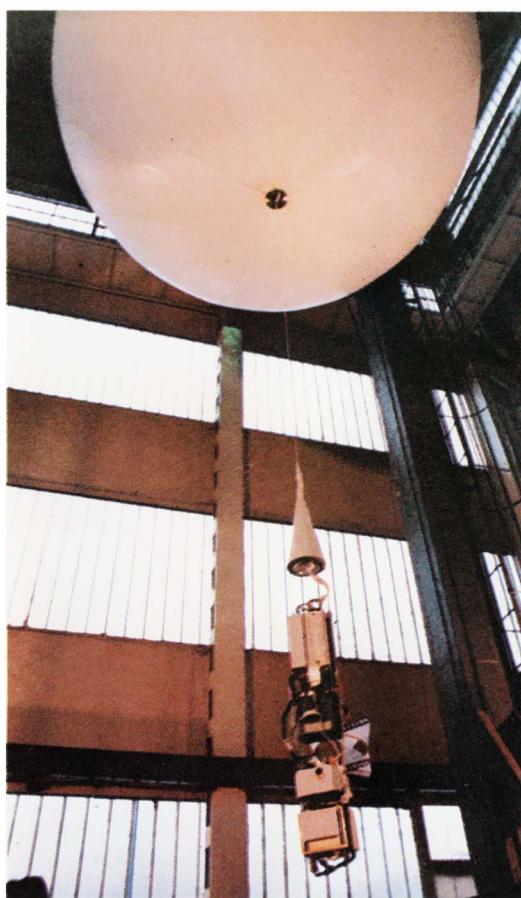
В соответствии с предложением совета «Интеркосмос», по программе которого проводился аэростатный эксперимент проекта «Вега», французский Национальный центр космических исследований (КНЕС) организовал и координировал международную сеть радиотелескопов для радиоинтерферометрических измерений координат и скорости аэростатных зондов и приема телеметрической информации от них. Научное руководство работой международной сети осуществлялось известными учеными — французским академиком Ж. Бламоном и американским радиоастрономом Р. Престоном. Основу этой сети составляли три 64-метровые антенны США в Голдстоне, Мадриде и Канберре. Кроме них, работали радиотелескопы в городах Эйфельсберг (ФРГ), Онсала (Швеция), Пентинктон (Канада), Аресибо (Пуэрто-Рико), Гринбэнк (США), Форт-Дэвис (США), Хайстэк (США), Атибайя (Бразилия), Джордэл Бэнк (Великобритания). Кроме того, французскими учеными в научной кооперации с отдельными учеными США разрабатывалась часть научного комплекса зонда.

Радиотелескопы одновременно с сигналами аэростатного зонда принимали и регистрировали в том же диапазоне опорные сигналы от космических аппаратов «Вега». Это позволило исключить искажения, вносимые межпланетной средой и ионосферой Земли, через которую распространялись



Так выглядит автоматическая межпланетная станция «Вега».

Зонд «Веги».



сигналы. Траектории же самих космических аппаратов «Вега-1» и «Вега-2» определялись с высокой точностью по измерениям их угловых расстояний относительно внегалактических источников радиоизлучения — квазаров.

Точность измерений координат аэростатных зондов составила около 10 километров, точность измерений скорости — около метра в секунду.

В процессе полета экспресс-обработка научной информации проводилась в Евпатории, Мадриде и Голдстоуне практически в реальном масштабе времени. Безотказно функционировал канал связи между Институтом космических исследований АН СССР и французским космическим центром в Тулузе, получавшим информацию от зарубежных радиотелескопов.

Первая оценка телеметрической информации показала наличие аномально активных процессов в облачном слое Венеры, характеризующихся мощными восходящими и нисходящими потоками. Полет аэростатных зондов проходил в различных газовых массах. Вдоль всей траектории дрейфа первого зонда было теплее на 8 градусов. Когда второй зонд пролетал над 5-километровой вершиной в районе Афродиты, он попал в своеобразную воздушную яму, резко снизившись приблизительно на полтора километра. Оба зонда «заметили» наочной стороне изменение фонового уровня освещенности, которое может быть связано с инфракрасным излучением поверхности планеты либо с атмосферными процессами.

Уже сейчас можно сказать: огромный труд по разработке средств для качественно новых исследований в атмосфере Венеры завершился получением уникальной информации, которая не была доступна ранее.

Аэростат был создан коллективом, руководимым членом-корреспондентом АН СССР В. Ковтуненко и Р. Кремневым. К аппаратуре полезной нагрузки зонда предъявлялись значительно более жесткие ограничения по весу, габаритам, энергопотреблению и надежности, чем к аппаратуре основного космического аппарата. Новые комп-

лексы приемной и регистрирующей аппаратуры на всех советских радиотелескопах, обеспечившие уверенный прием телеметрии при необычайно малой мощности сигналов зонда и сверхточные радиоинтерферометрические измерения, а также комплекс математического обеспечения, необходимый для выделения из шумов очень слабых сигналов, обеспечили успех сложнейшего эксперимента.

— Что же еще интересного узнали ученые об атмосфере «утренней звезды»?

— Информация для анализов получена обильная и бесценная. Вот хотя бы один из примеров. На спускаемых аппаратах было установлено несколько приборов для измерения химического состава частиц в облаках Венеры. Ведь частицы участвуют в сложной цепи химических превращений, которую трудно понять, не зная точного состава. Прежние эксперименты на аппаратах «Венера-13», «Венера-15» привели к догадке, что в верхних слоях облаков планеты преобладают частицы, состоящие из водного раствора серной кислоты. Прямые измерения впервые сделаны в ходе эксперимента «Вега» с помощью прибора «Сигма-3» — сочетание миниатюрного химического реактора, разлагающего серную кислоту на двуокись серы и водяной пар, с высокочувствительным газовым хронометром, измеряющим их количество.

Измерения на обоих аппаратах «Вега» показали, что в венерианских облаках на высотах от 63 до 48 километров содержится в среднем около одного миллиграмма серной кислоты на кубический метр атмосферы. Как будто бы подтверждалась догадка, что там серная кислота играет такую же роль, как вода в земных облаках. Но выяснилось, что все значительно сложнее. В ходе другого эксперимента установили, что в облаках присутствуют еще сера, хлор и, по-видимому, фосфор. Причем фосфор был обнаружен впервые. А часть серы находится в свободном виде, образуя частицы, окрашивающие облака в желтоватый цвет. Ультрафиолетовый

спектрометр, который обнаружил эти частицы,— еще один совместный эксперимент советских и французских ученых.

В общем, мы столкнулись с серьезными изменениями в характеристиках облаков, охватывающих большие площади на планете,— ведь расстояние между точками посадки «Веги-1» и «Веги-2» равно около 1500 километров, а результаты получились сходные. Конечно, нельзя полностью исключать, что подобные изменения, в сравнении с прежними данными, связаны с какими-то бурными событиями в жизни планеты. Например, с извержением вулканов. Или мы просто встретились с тем, что на Земле называется погодой. Привычные модели атмосферы Венеры до сих пор не включали этого понятия, но природа всегда сложнее моделей...

— А как насчет третьего направления? Увлекшись «Вегой», мы его оставили «на потом»...

— Третье—это изучение происхождения жизни. И наиболее интересный объект—Марс. Пока основное внимание здесь, очевидно, будет уделено комплексным экспериментам, включающим широкий круг опытов по изучению органической химии поверхности планеты и биологическим исследованиям. Несомненно, что Марс не всегда был таким, как в современную нам эпоху. Сейчас трудно ответить на вопрос, была ли на его поверхности вода лишь на каком-то этапе или на протяжении длительного периода... А для определения, были ли там жизнь, видимо, понадобятся принципиально новые средства, новые способы исследования. Решение загадки имело бы не только крупнейшее научное, но и огромное философское значение.

Много обещает и изучение с помощью автоматических станций окраинных областей Солнечной системы и планет-гигантов Юпитера и Сатурна. Установить, каково у этих планет соотношение между летучей силикатной и железной составляющими частями,— значит сделать шаг к пониманию того, как проходило разделение протопла-

нетного облака на разных расстояниях от Солнца и в каких условиях протекала концентрация вещества планет. Повышенная яркость Юпитера в радиодиапазоне заставляет предполагать повышенное выделение тепла планетами-гигантами. Быть может, они являются своего рода «несостоявшимися» звездами?

Хранят ценнейшие данные о первичном веществе протопланетного облака и малые тела Солнечной системы—астEROиды и кометы. Именно в ходе их исследований может быть найден ключ к пониманию особенностей раннего периода развития Солнечной системы. Наконец, представляется исключительно важным анализ сложных органических соединений вещества комет как возможных протобиологических систем. Поэтому самой интересной была все же третья часть проекта—исследование кометы Галлея. Это небесное тело оставило глубокий след в памяти человечества, на протяжении двух тысячелетий около тридцати раз приблизившись к Солнцу. А начиная со смелой гипотезы, выдвинутой Э. Галлеем, оно было объектом систематических исследований в астрономии. Неумолимой логикой космической эры, кометы также должны были стать объектами прямых исследований. Космическим аппаратам впервые предстояло «увидеть» ядро кометы, неуловимое для наземных телескопов. Встреча «Веги-1» с кометой произошла 6 марта, а «Веги-2»—9 марта 1986 года. Они прошли на расстоянии 8900 и 8 тысяч километров от ее ядра.

Проект был осуществлен при широкой международной кооперации и с участием научных организаций многих стран—СССР, Австрии, НРБ, ВНР, ГДР, ПНР, Франции, ФРГ, ЧССР.

Отмечу, что, кроме «Веги-1» и «Веги-2», к ней направились и другие космические аппараты—«Джотто», снаряженный Европейским космическим агентством, и два маленьких японских аппарата «Суисей» («Комета») и «Сакигаке» («Пионер»).

— Чем объясняется, что комете Галлея было оказано такое внимание?



Миллионы километров преодолели «Вега-1» и «Вега-2», чтобы настичь комету Галлея.

Вот она — таинственная космическая странница → комета Галлея.

Почему вообще вдруг так возрос интерес к кометным исследованиям?

За последние 20 лет СССР и США направили к планетам более 30 межпланетных автоматических станций. Их полеты расширили представления о планетах и их спутниках. Но пришла пора вспомнить и о других членах солнечной семьи, в частности о кометах.

Кометы — это гости, прибывшие с очень далеких окраин Солнечной системы. Предполагается, что около 100 миллиардов комет постоянно «прописано» в кометном облаке, окружающем Солнце на расстоянии в десять тысяч раз большем, чем от Солнца до Земли. Судьба их различна. Большинство остается там миллиарды лет, некоторые покидают Солнечную систему, а некоторые переходят в ее внутреннюю часть и даже попадают на орбиты с относительно небольшим периодом, подобно комете Галлея.

Кометное облако, по-видимому, образовалось вместе с Солнечной системой. В этом случае, исследуя ве-щество комет, мы получим сведения о первичном материале, из которого 4,5 миллиарда лет назад сформировались планеты и спутники.

В свойствах комет многое загадочного. Комета становится хорошо видимой, когда она приближается к Солн-

цу на расстояние, примерно втрое большее, чем радиус земной орбиты. Она вначале выглядит как круглое светлое пятнышко (голова, или кома), потом в сторону от Солнца вытягивается хвост. В самом центре головы находится невидимое тело, которое называется ядром. В ядре сосредоточена почти вся масса кометы. Главной особенностью ядра является то, что оно содержит много «летучего», то есть легко испаряющегося вещества. Это обычно водный лед с вкраплением других молекул. Летучий материал перемешан с тугоплавкими частицами — силикатными, углистыми, металлическими. По мере приближения к Солнцу испарение льда идет все сильней и сильней, потоки газа покидают ядро, увлекая за собой пыль. Как будто бы многое ясно, но до сих пор не было ответа на главный вопрос: какова физическая структура ядра кометы, единое ли это тело, рой из многих тел, связанных тяготением или просто летящих рядом? Ученые отдавали предпочтение первой модели, но не было оснований решительно отвергать и другие.

Поэтому самой важной задачей в проекте «Вега» было исследование физических характеристик ядра кометы. Кометные ядра наблюдались ранее с Земли, но только как звездо-



образные объекты (далеко за орбитой Юпитера, когда активность отсутствует), да и таких наблюдений очень мало. В проекте «Вега» впервые ядро кометы исследовалось как пространственно разреженный объект, определены его строение, размеры, инфракрасная температура, получены оценки его состава и характеристик поверхностного слоя.

Мы не имели и долго еще не будем иметь технической возможности совершить посадку аппарата на ядро кометы. Слишком велики скорости встречи — в случае кометы Галлея это 78 километров в секунду. Нельзя пролетать и на слишком близком расстоянии, так как кометная «пыль» (частицы с размерами от долей микрометра до сотен микрометров) очень опасна для космического аппарата. Расстояние пролета (чуть меньше 10 тысяч километров) было выбрано с учетом существовавших ранее представлений о качественных характеристиках кометной пыли. Как же исследовать ядро с такого расстояния? Использовалось два подхода: во-первых, дистанционные измерения при помощи оптических приборов и, во-вторых, прямые измерения вещества (газа и пыли), покидающего ядро и пересекающего траекторию, по которой движется аппарат.

Оптические приборы были размещены на специальной платформе, которая поворачивалась во время полета и автоматически отслеживала направление на ядро. Эта платформа была разработана совместно чехословацкими и советскими специалистами и изготовлена в ЧССР. Три научных эксперимента выполнялись при помощи приборов, установленных на платформе. Один из них — это телевизионная съемка ядра. Специальный сложный телевизионный комплекс ТВС разработан для этого советскими, венгерскими и французскими специалистами. Различные его узлы изготовлены в СССР, ВНР и Франции.

Другой прибор — это инфракрасный спектрометр ИКС, при помощи которого одновременно проводилось два разных эксперимента — измерялись поток инфракрасного излучения от ядра (тем самым определялась температура его поверхности) и спектр инфракрасного излучения внутренних «околоядерных» частей комы на длинах волн от 2,5 до 12 микрометров с целью определения ее состава. Научное руководство этими исследованиями осуществляли советские и французские специалисты, прибор был изготовлен во Франции.

Третий инструмент на платформе — трехканальный спектрометр ТКС,

который получал спектр излучения внутренней комы на длинах волн от 2 тысяч восьмисот до 18 тысяч ангстрем,— был разработан и изготовлен совместно специалистами СССР, Болгарии и Франции.

Итоги исследований ядра кометы Галлея, проведенных при помощи оптических приборов, можно сформулировать следующим образом. Это монолитное тело, вытянутое, форма неправильная, размеры: 14 километров по большой оси, около 7 километров в поперечнике. Каждые сутки его покидает несколько миллионов тонн водяного пара. Вычисления показывают, что такая «производительность» требует, чтобы испарение шло по всей поверхности. Этим свойством могла бы обладать поверхность ледяного тела. Но вместе с тем приборы «Веги» установили, что она черная (отражательная способность менее 5 процентов) и горячая (примерно 100 тысяч градусов Цельсия). Эта, казалось бы, невероятная, противоречивая картина укладывается в простую модель, которую можно сравнить с мартовским сугробом: конгломератом льда и тугоплавких частиц, отдаленным от внешнего пространства слоем черного пористого вещества с низкой теплопроводностью. Этот слой принимает солнечное излучение, часть его переизлучает в инфракрасном диапазоне, часть передает ледяному конгломерату. Молекулы водяного пара, образующиеся в результате испарения, диффундируют сквозь поры вверх и покидают комету. При этом они увлекают более мелкие частицы пыли. Поверхностный слой в отдельных местах поверхности время от времени взламывается (если слой становится слишком толстым и поры закупориваются), тогда образуется активная область с особо мощным истечением вещества. Толщина пористого слоя невелика — от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров (оценка требует дальнейших уточнений). Слой этот обновляется очень быстро, за время порядка суток. Верхние его частицы отрываются и уносятся газом, а снизу прилипают новые.

Важные данные о составе ядра получены при помощи прямых измерений химического состава пыли, газа и плазмы в коме вдоль траектории полета. Химический состав и концентрация ионов плазмы измерялись спектрометром кометной плазмы ПЛАЗМАГ. Эти измерения показали, что по относительному содержанию в потоке газа, уходящего от кометы, больше всего водяного пара, но есть также много других компонентов — атомных (водород, кислород, углерод) и молекулярных (моноокись и двуокись углерода, гидроксил, циан и др.). Полосы излучения примерно десятка молекулярных компонентов — этих же и других — зарегистрированы во внутренней коме при помощи инфракрасного и трехканального спектрометров. Особый интерес представляет вопрос о том, какие молекулы принадлежат к числу «родительских», входящих непосредственно в состав ядра. По-видимому, среди них главные — вода и углекислота, но многое указывает и на присутствие в ядре других молекул, в том числе и органических.

Вещество ядра, скорее всего, представляет собой так называемый клатрат — обычный водный лед, в кристаллическую решетку которого, как уже говорилось, вкраплены другие молекулы. С клатратом перемешаны частицы метеоритного состава, каменистые и металлические. Химический состав таких твердых частиц, которые входили в состав ядра, но покинули его под давлением газовых потоков, изменился на траектории полета «Веги-1» и «Веги-2» при помощи пылеударного масс-спектрометра ПУМА. В этом хитроумном устройстве (совместная разработка с Институтом имени М. Планка ФРГ) химическому анализу подвергается облачко плазмы, возникающее при ударе пылинок со скоростью около 80 километров в секунду. Всего был измерен химический состав около 2 тысяч индивидуальных частиц. Он оказался очень сложным и неоднородным. Есть частицы с преобладанием металлов, таких, как натрий, магний, кальций, железо, и других, с

примесью силикатов. На спектрах масс чисто видны пики кислорода и водорода, указывающие на присутствие молекул воды. Наконец, есть пылинки, в которых наряду с металлами присутствует значительное количество углерода. Наличие разнородных пылинок указывает на сложную тепловую историю первичного материала Солнечной системы.

— Можно считать, что в результате экспедиции «Вега» ученые впервые увидели кометное ядро, получили большой объем данных о его составе и физических характеристиках и сделали выбор в пользу одной из теоретических моделей!

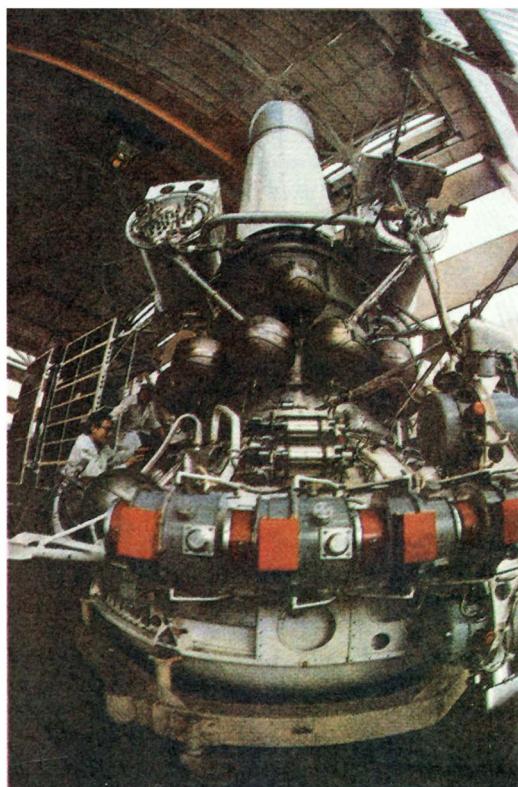
— Да, грубая схема заменена картины реального природного объекта, ранее никогда не наблюдавшегося. Внешне он несколько напоминает спутники Марса Фобос и Деймос, но еще более близким аналогом могут оказаться некоторые малые спутники Сатурна и Урана. Это укладывается в рамки гипотезы, предполагающей, что кометные ядра образовались сравнительно недалеко от Солнца, примерно там, где находятся планеты-гиганты от Юпитера до Нептуна, и были отброшены на большие расстояния при формировании этих планет.

Помимо исследований химического состава пылинок, измерялись количественные характеристики пылевого потока — специальные счетчики определяли количество ударов частиц разной массы (один из счетчиков был создан совместно с учеными из Чикагского университета). Эксперименты с пылевыми счетчиками показали, что около миллиона тонн космической пыли покидает кометное ядро ежесуточно. Весьма неожиданным оказался характер распределения частиц по размерам: было обнаружено аномально большое количество малых частиц, размером порядка сотой доли микрометра.

Газ, испаряющийся с ядра кометы и распространяющийся в межпланетную среду со скоростью около одного километра в секунду, в конечном счете полностью ионизируется солнечным излучением. В результате возни-

кает гигантское плазменное образование размером около одного миллиона километров, создающее препятствие на пути сверхзвукового потока солнечного ветра — плазмы из нагретой солнечной короны. Даже магнитосфера Земли, взаимодействие которой с солнечным ветром изучается уже более четверти века с начала космической эры, имеет в 10—15 раз меньшие размеры. Перед кометой в сверхзвуковом потоке солнечной плазмы образуется своеобразная ударная волна, не похожая по своей структуре на хорошо изученные ударные волны перед Землей и другими планетами. Она была обнаружена и изучена приборами плазменного комплекса аппаратов «Вега», в состав которого входят энергоспектрометр плазмы, магнитометр, анализаторы низкочастотных и

За кометой Галлея одновременно наблюдала астрофизическая орбитальная лаборатория «Астрон», работающая в космосе с марта 1983 года.



высокочастотных плазменных волн и детектор энергичных заряженных частиц. Прямые измерения плазмы и плазменных волн во внутренней части комы с аппаратов «Вега» помогут понять особенности образования плазмы и излучения газа не только в кометах, но и в других астрофизических объектах, в которых взаимодействие плазм играет большую роль. В общем, надо отметить, что научные приборы, вынесенные на космических аппаратах за пределы земной атмосферы, открыли новую эру в астрофизике.

— И очевидно, проложили новые пути в обычной, так сказать, «земной» физике?

— Астрофизические наблюдения позволяют исследовать свойства вещества, находящегося в состояниях, которые немыслимы на Земле.

Дальнейшее развитие внеатмосферной астрономии должно происходить, по-видимому, с помощь запусков специализированных астрономических спутников, работающих в автоматическом или полуавтоматическом режиме. Будут также создаваться постоянно действующие обитаемые обсерватории в космосе, оснащенные средствами анализа и регистрации, в том числе бортовыми электронно-вычислительными машинами. На борту обсерваторий будут установлены мощные телескопы, которые смогут вести самые различные измерения.

Сложной научно-технической задачей станет создание на орбите космической радиообсерватории, оснащенной крупными антенными системами, а также создание сети одновременно работающих выносных радиотелескопов с размерами, недостижимыми в условиях Земли.

Эксплуатация крупных астрономо-

мических и радиоастрономических обсерваторий в космосе потребует активного участия космонавтов в монтаже, наладке и модернизации оборудования.

Все большее значение приобретает направление, связанное с использованием специфических условий космоса для прикладных физических, химических и других исследований. Проведены лишь первые технологические эксперименты, однако уже вырисовываются реальные очертания производства на околоземных орбитах: организация сверхточного литейного производства, получение сверхпрочных и сверхчистых материалов и кристаллов, антибиотиков в особо стерильных условиях, разработка новой химической технологии и многое другое.

В этом случае важную роль играет создание экономичного космического транспорта, обеспечивающего как грузооборот Земля — космос, так и транспортно-монтажные операции и ремонтные работы на орбите. Первые такие «грузовики» — «Прогрессы», «Союзы-Т» и «Союзы ТМ» уже успешно осуществляют связь как с «Салютом-7», так и с «Миром».

Так в самых общих чертах представляются некоторые направления развития современной космологии. Нет сомнений, что мы еще услышим о новых важных результатах, интересных проектах, которые будут выполнены совместными усилиями ученых разных стран. Ведь космос — не только еще не познанное поле для научных исследований, но и пространство, которое предстоит «заселить» человеческому разуму. Это обязывает нас подходить к любой акции в космосе с повышенными мерами ответственности.



КОММЕНТАРИЙ

КОММЕНТАРИЙ

5



«В МЕРЦАНИИ
СВЕТИЛ»



Американские астронавты оставили в первозданной лунной пыли ребристые отпечатки подошв. Наши луннходы прочертили на девственной поверхности самого близкого к Земле космического образования колеи, которые будут видны сотни лет. Буровая установка «Луны-24» вгрызлась в скальный грунт чужого мира, чтобы добыть и дать в руки ученым то темно-бурое, то пепельное, со странным блеском, лунное вещество.

И люди, и автоматы привезли на Землю частицы холодного, мертвого мира, не знаяшего трепетной теплоты и хрупкости жизни.

Мир, который Лукиан, Сирано де Бержерак и Герберт Уэллс населили причудливыми существами, оказался необитаемым. Фантасты много писали о живых морях и наделенных разумом деревьях, скрывающихся за сплошным облачным покровом таинственной «утренней звезды» — Вене-

ры. Первые же измерения температуры, давления, плотности и химического состава венерианской атмосферы показали — земная жизнь в таких условиях существовать не могла бы.

И вот одна за другой последовали новые экспедиции к «утренней звезде», стартовала целая серия советских «Венер», космических зондов. Они решали все более и более сложные задачи.

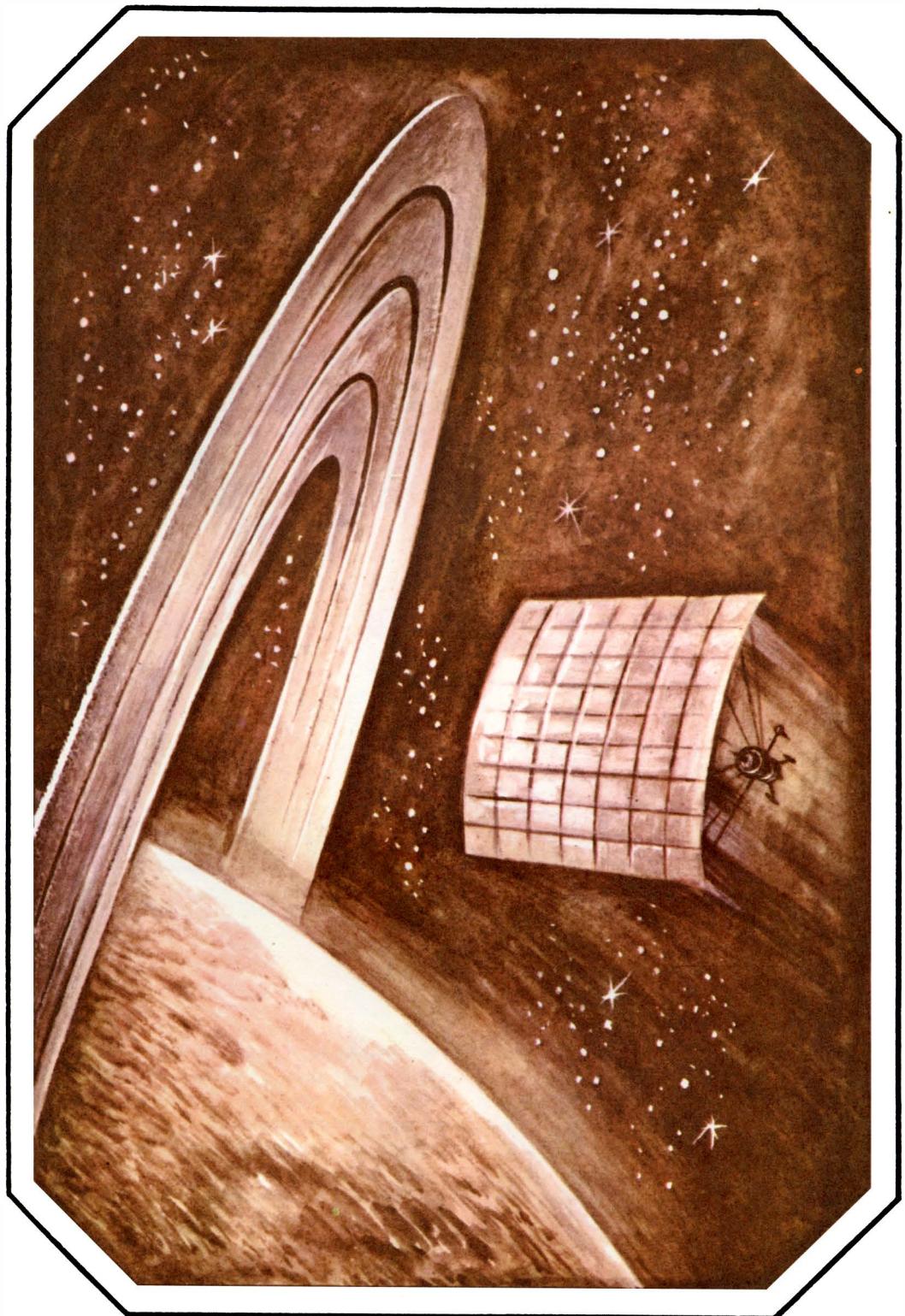
А в июле и сентябре 1976 года среди красных — уже марсианских — пустынь опустились американские спускаемые аппараты-лаборатории «Викинг-1» и «Викинг-2». Марс Алексея Толстого, как и Марс Рэя Бредбери, тоже оказался всего лишь красивым, пленительный вымыслом. Впрочем, так ли это? Марсианский ландшафт, открывшийся умным телеглазам сработанных человеческими руками автоматов, куда более загадчен, чем это рисовалось воображению фантастов. И пусть на нем нет прекрасной, тоскующей о земной любви Аэлиты и духа, тысячелетиями подстерегающего свою жертву в глубине колодца, зато есть надежда встретить в красных песках такие формы жизни, которые мы не можем даже вообразить.

А что же там, на совсем далеких планетах, затерявшихся в недоступных восприятию просторах бескрайнего космоса? Узнаем ли мы когда-нибудь их тайны, постигнем ли неведомую красоту неведомых миров?

Межзвездный полет — событие, конечно, и в наши дни отнюдь не рядовое. С трудом можно вообразить, какие бездны пустоты отделяют нашу маленькую, хрупкую Землю даже от ближайших звезд. Американская космическая станция «Вояджер-2», пролетевшая уже мимо Урана, в августе 1989 года достигнет Нептуна, отдаленного от нас расстоянием в 10 тысяч раз большим, чем Луна. Ближайшая к Солнцу звезда Проксима Центавра, входящая в тройную звездную систему Альфа Центавра, находится еще в 10 тысяч раз дальше. Расстояние до нее почти 40 триллионов километров, а по астрофизическому исчислению —

4,3 световых года. Чтобы достичь ее «Вояджеру-2», например, который покинет Солнечную систему со скоростью 58 тысяч километров в час, понадобится более 80 тысяч лет. Значит, аппарат, способный преодолевать межзвездные расстояния за время, сопоставимое с человеческой жизнью, должен двигаться в несколько тысяч раз быстрее...

Трудно предугадать, сколько десятилетий потребуется человеческой мысли, чтобы решить столь сложную проблему, но вспомним еще раз нашего великого соотечественника, основоположника космонавтики К. Э. Циолковского. Еще в 1921 году он высказал идею зонда, «ведомого» давлением фотонов — мощным потоком световых частиц. Тогда еще и предположить было немыслимо, что через четыре десятилетия появятся лазеры, что прогресс их будет бурным и быстрым. Даже в конце 50-х годов в фантастических романах и новаторских технических проектах предполагалось, что источником фотонов станет солнечный свет. Теперь при наличии мощных лазеров и компьютеров появились пусть пока полуфантастические проекты «световых парусов, наполняемых лазером». Один из них — проект «Старлайт» американских ученых во главе с Р. Форвардом. Это огромный «парус», диаметром 3,6 километра, изготовленный из тончайшей алюминиевой пленки, толщиной всего 16 миллиардных долей метра — в 16 нанометров. Пленка — по предположению — будет отражать 82 процента падающего на нее света, пропускать 4,5 процента и вбирать остальные 13,5 процента. Вес паруса с присоединенным аппаратом составит около тонны. Двигаться он будет за счет давления фотонов, излучаемых лазером мощностью в 65 миллиардов ватт. Сам лазер может находиться либо на околоземной орбите, либо на близкой солнечной орбите. Гигантская линза диаметром в тысячу километров, помещенная между орбитами Сатурна и Урана, будет фокусировать на парус лазерный луч, который сообщит ему ускорение 0,36 метра в



секунду. После трех лет непрерывного ускорения скорость «межзвездного парусника» достигнет 11 процентов скорости света. В это время «парусник», начиненный приборами, окажется на расстоянии 0,17 светового года от Солнца. При таком ускорении он достигнет Проксимы Центавра через 40 лет.

Понятно, что межзвездное путешествие под «световым парусом» не только людей, но и автоматов-роботов пока невозможно. Но оно не противоречит никаким физическим законам, а развитие технологии получения тонких генераций и передачи энергии с помощью лазеров, компьютерной техники вселяет уверенность, что идея

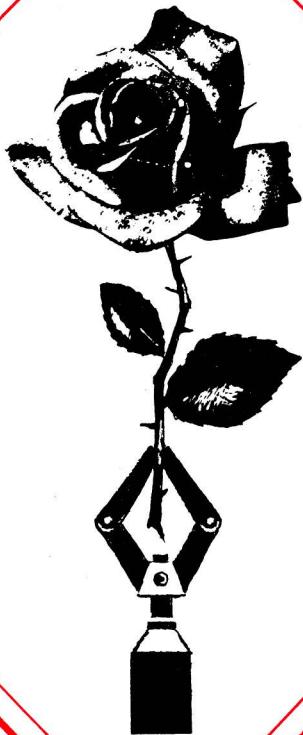
вполне реальна. И хотя многие технические проблемы кажутся пока непреодолимыми, кто знает, может, «световой парусник» через какое-то не такое уж долгое время доставит нас к звездам и привезет обратно за срок, сопоставимый с человеческой жизнью. Недаром полет на Марс уже планируется. Стремительная история космонавтики, первый спутник Земли, первые поселения на околоземной орбите свидетельствуют, что от мечты до ее воплощения не столь уж долгий путь. И именно «звездный мир» близок и дорог сердцу всех нормальных людей, которые не приемлют кощунственные измышления безумных маньяков о «звездных войнах».



ОЧЕРК ОЧЕРК

5

ОТ
КУКЛЫ
К
ЛУНОХОДУ



Как ни тернист путь к звездам, человек упорно, шаг за шагом, осваивает эту совсем новую для себя среду обитания. Там все иное, все не так, как необходимо для хрупкого, взлелеянного ласковой планетой Земля человеческого организма. Но разве это может служить препятствием существу, наделенному высшим творением природы — разумом? Разум стремится познать, разум стремится освоить. «Познать, чтобы приме-

нять», — как сказал Гете. Это стремление неодолимо, нет таких препятствий, которые стали бы преградой на пути познания. Но, открывая и осваивая новые миры, переходя в другую, чуждую обстановку, человек должен приобрести и новые качества, создать для себя то, чего не предусмотрела природа, не только умножить силу и ловкость своих рук, выносливость ног, зоркость глаз, емкость легких, но и научиться летать



Чудо древнего изобретателя — пишущий мальчик, всего лишь занятная игрушка.

и плавать, долго оставаться без воздуха, переносить сверххолод и сверхжару, добывать «из ничего» пищу и воду, видеть невидимое и слышать неслышимое...

Сейчас трудно установить, когда в семью людей пришел первый механический человек. Во всяком случае, не будет ошибкой считать, что процесс его создания начался с той минуты, когда люди впервые осознали, что в их власти и возможностях восполнить свое биологическое несовершенство за счет неодушевленной природы. Первый осколок обсидиана, первая заостренная кость навсегда выделили человека из царства слепой эволюции. А потом постепенно появилась мечта. Мечта о совершенном, об универсальном орудии, таком, которое, обладая всеми нашими достоинствами, не имело бы недостатков, присущих живому телу. На первых порах недостатки должен был устранить более надежный, чем живые

клетки, материал: обожженная глина, камень, позднее — подвластный обработке металл, бронза, золото. Фантазии и легенды о механическом человеке дошли до нас в эпосе шумеров и в Эдде, в древнеиндийских Упанишадах. Люди даже богов снабжают металлическими слугами: в «Илиаде» Гомера изготовленные из золота механические красавцы помогали богу Гефесту в его небесной кузнице.

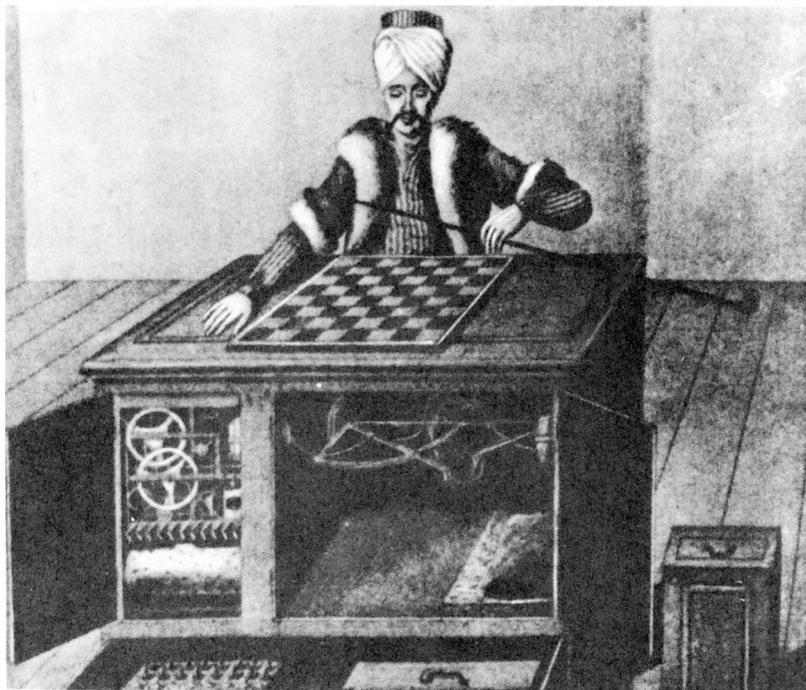
Свидетельства X века утверждают, что профессор Рейнского университета Герберт из Орийака, знаменитый ученый того времени, создал бронзовую голову, которая, отвечая на вопросы, говорила «да» или «нет». Ученого обвинили в сношениях с дьяволом. В XIII веке известный в истории богослов и священнослужитель Фома Аквинский сражался в доме своего учителя Альберта, великого ученого, с механической куклой, исполнявшей роль служанки,— она ходила, открывала двери, садилась в кресло, размerrенно обмахивалась зажатым в руке веером. Три десятилетия потратил Альберт Великий на создание первого «Андроида», как называли тогда это творение, уничтоженное фанатиком за три минуты. Ни чертежей, ни расчетов не сохранилось.

Потом были разные игрушки в виде танцующих кукол, заклинательниц змей и даже машины-шахматиста, в которой, скорчившись, сидел ее создатель. В 1893 году английский изобретатель Джон Мур создал парового человека, мощность которого достигла половины лошадиной силы! Автомат этот мог передвигаться со скоростью 14 километров в час, выпуская отработанный пар через зажатую в зубах сигару.

Забавный эпизод вспоминает советский инженер-конструктор, специализирующийся в робототехнике, В. Лукачев. Осенью 1937 года в зале Всеобщей торговой палаты среди многочисленных экспонатов конкурса рекламы выделялся робот-рыболов. Он сидел на пеньке с удочкой в одной руке, а в другой была зажата большая котлета.

Рыболов обращал на себя внимания

Кукла-шахматист, созданная умельцем XVII века, конечно, даже не прототип играющей в шахматы современной ЭВМ.



ние не только внешностью: туловище в виде большой коробки сардин, ступни ног из коробок поменьше, веселое лицо. Главное были его действия. Посидев немного на пеньке, он вставал, взмахивал удочкой, потом подносил ко рту котлету, энергично двигая нижней челюстью. Но рыболов не только ловил рыбу и ел котлету, он пел! В начале песенки было: «Под солнца улыбку ловлю свою рыбку», под конец: «Лучшего блюда, чем рыбных котлет, на свете не было и нет!» Затем он вновь усаживался на пеньку и невозмутимо продолжал ловить рыбку. Надо сказать, что песня про рыбные котлеты уместна была не только по рекламным соображениям, но также потому, что без нее трудно было догадаться, какое кулинарное изделие в руке рыболова.

В те времена работы были диковинкой. Рыболов получил высшую премию и был тут же «приглашен на работу» в витрину рыбного магазина на улице Горького в Москве.

Несколько дней рыболов в витрине добросовестно трудился, балуясь удочкой, закусывая и возвещая с вит-

рины о качествах рыбных котлет. Но однажды вечером...

Песенка рыболова была записана не на магнитофон, а на граммофонной пластинке. От долгого употребления запись износилась. И вот рыболов, помахивая удочкой и тыча котлетой себе в нос, стал выкрикивать только одно: «...рыбных котлет на свете не было и нет!» Собравшаяся у витрины публика сопровождала критику смехом.

Разбудили дремавшего сторожа, вызвали создателя куклы и рыболова угомонили — выключили. На другой день робот был изгнан с витрины.

А через несколько лет, в 1946 году, создатель непослушного робота встретил Новый год в компании взбунтовавшегося автомата не на страницах фантастического романа, а в Москве, в витрине универмага.

Близился первый послевоенный Новый год. Готовились встретить его особо празднично, в ярком сиянии огней иллюминации, в блеске витрин. Тогда-то в зашторенной до поры витрине большого московского магазина появился робот.

Это был великолепный дед-мороз, в пурпурной шубе, в белой меховой шапке. Он время от времени вставал с пенька, на котором сидел, наливал себе и выпивал бокал шампанского.

За день до празднования Нового года в магазин прибыла комиссия для приема праздничного оформления. Председателю комиссии дед-мороз не понравился: «В центре Москвы будет пьянствовать на виду у всех! Ни в коем случае!»

Менять конструкцию деда было некогда. Пришлось срочно подыскать замену шампанскому. Вместо бутылки дед теперь энергично потрясал связкой елочных украшений, ко рту он подносил не бокал, а детскую дудочку, которую спешно подобрали в отделе игрушек.

Не очень, правда, понятно было, почему почтенный дед встречает Новый год гудением дудки, но, во всяком случае, он был спасен. Занавес витрины поднялся, и дед приступил к работе при громком одобрении многочисленной публики, почти запрудившей узкую Петровку. Однако вредный старик вскоре отплатил своему изобретателю черной неблагодарностью.

Часа за полтора до Нового года на квартире создателя робота зазвонил телефон: дежурный потребовал немедленно приехать в магазин — дед-мороз бегает по витрине и ломает игрушки!

Когда через полчаса конструктор приехал, на полу витрины валялись разбитые елочные украшения, все было в ужасном беспорядке, двое пожарных держали деда-мороза за плечи, не давая ему подняться со своего пенька.

Все прояснилось немедленно. Когда вечером в громадном универмаге погас свет и отключилась вся нагрузка, то напряжение в сети поднялось, и дед начал вскакивать и садиться столь энергично, что при каждом резком движении немного перемещал свой довольно тяжелый, но не закрепленный постамент. Так миллиметр за миллиметром он подъехал к разукрашенной елке и дудкой своей посыпал добрую половину игрушек,

заодно разбросав и попортив те, что были разложены на полу.

Разумеется, всякие забавные игрушки и приспособления похожи на творения современной робототехники так же, как ковер-самолет на космический корабль. Настоящий робот родился с появлением электронно-вычислительной машины. Завоевание научно-технической революции — кибернетические устройства, шагнувшие в окружающий нас мир прямо со страниц фантастических романов и быстро обогнавшие самую пылкую, самую небужданную фантазию, вовсе не похожи ни на танцующих и двигающихся руками кукол, ни на неумолимое и беспощадное чудище Франкенштейна¹, ни на безжалостного Голема², ни на лязгающие металлом человеко-подобные громады с пылающими лампами вместо глаз и скрипучими, нечеловеческими голосами. Современные роботы (кстати, название это учёные и конструкторы взяли из фантастической пьесы «RUR» классика чешской литературы Карела Чапека) — творения нейробионики (еще одно название их, или, вернее, отрасль робототехники) — совсем не обязательно походят на человека. Их форма прежде всего соответствует выполняемым ими задачам. Научно-технический прогресс требует наряду с экономией труда и металла еще и целесообразности с точки зрения промышленной эстетики. Как нелепо требовать, чтобы мясорубка напоминала человеческие челюсти, а посудомойка или стиральная машина — кисти рук, так же глупо было бы посыпать бороздить вязкую лунную пыль, преодолевать большие и малые лунные валуны человекообразное металлическое устройство на двух ногах, которое спотыкалось и увязало бы там, где легко преодолеют препятствия вездеходы лунохода.

Но главное, что отличает робота от механической куклы или от авто-

¹ Франкенштейн — пресонаж одноименного романа М. Шелли, взбунтовавшийся против своего создателя.

² Голем — глиняный истукан, повиновавшийся воле легендарного волшебника.



Первый в мире универсальный робот для сельскохозяйственных нужд умеет очень многое.

мата, — это сообразительность. Да-да, сообразительность без кавычек, чтобы не употребить слово «разум». Конечно, он совсем примитивен на первых порах, способен лишь на самую элементарную деятельность — предпо-

ложим, на то, чтобы взять деталь и положить на нужное место. Но, в отличие от автомата, робот «сообразит», что это именно та самая нужная деталь, и найдет место, где она должна поместиться. А если надо поручить

ему другую задачу — что ж, заданную программу можно изменить, — то вместо деталей он будет скручивать винты или окрашивать кузов машины.

В общем, робота недаром называют умной машиной. Это управляемое устройство с определенной программой, зависимой от потребностей производства или других поставленных задач. Его нутро — сложные электронно-вычислительные механизмы, а наружность диктуется функциями. Потеряв в обаянии, робот выиграл в эффективности.

Кое-что от своих создателей роботы, конечно, унаследовали — иначе и быть не могло. Как от простого к сложному шла эволюция жизни — от вириуса к клетке, от амебы к много-клеточному организму с раздельными функциями, к высшим животным и к венцу творения — человеческому разуму, так и роботы (да простится нам эта параллель) проходят этапы конструкционной и функциональной эволюции и даже революции. От весьма примитивных машин, исполняющих ограниченные функции, машин, которые могут выглядеть как тележка, как крюк-захват, как капсула и которые умеют резать, точить, отрубать, пробивать, прожигать, варить, разгружать, от узко запрограммированных тупых, немых, слепых и глухих подражателей, делающих только то, что велено, ни на йоту не расширяя программу, они «эволюционируют» к более сообразительным и разносторонним помощникам человека.

Инженеры и конструкторы, все более и более совершенствуя союз техники и кибернетики с биологией, все остроумнее используют найденное и отработанное веками природой. Усовершенствованные роботы уже выполняют свое дело быстрее, лучше и надежнее, чем человек. Они умеют запоминать, распознавать, анализировать окружающую обстановку, разбираться в ситуации, сохранять работоспособность даже в незнакомых условиях. Роботы, созданные под руководством члена-корреспондента Академии наук СССР Д. Е. Охоцимского в Институте прикладной математики

АН СССР, анализируют обстановку и соображают, каким образом преодолеть пропасть, перебраться через отвесную скалу, обойти препятствие. Сведения о возможных изменениях труда заложены в памяти, а глазами служат датчики. Так, у робота, созданного в Ленинградском институте авиационного приборостроения под руководством профессора М. Б. Игнатьева и практически представляющего собой машину-«руку», которой он может захватить докрасна раскаленные детали, чтобы погрузить их в ванну с маслом, есть и органы осязания — тактильные датчики, и органы зрения — четыре фотоглаза. О чувствительности этого робота-«руки» можно судить хотя бы по тому, что в обеспечивающую его программу ЭВМ непрерывно поступают сигналы от датчиков. Есть роботы-«руки» в некотором смысле более совершенные, чем рука человека. Искусственная сгибается в пяти-шести суставах, может вытаскивать и перекладывать тяжелые болванки, а может — хрупкие крохотные пробирки. А робот-«нога», созданный тоже в Ленинграде, в Институте авиационного приборостроения, похож на паука, так как имеет шесть членистых ног. Создатели шутливо называют машину «Шама». Все ноги робота усажены датчиками, а в мозг его непрерывно поступает информация об их положении в пространстве и состоянии поверхности. «Шама» ходит, сообразуясь с состоянием грунта, тяжестью груза. «Глаз»-лазер обозревает пространство и сообщает об изменениях на дороге, и «Шама» пройдет там, где не пройдется ни колесное, ни гусеничное устройство.

Робот-«нос» уже сейчас способен воспринимать запахи даже при концентрации их в одну стотысячную долю процента. Автономные кибернетические устройства будут трудиться на дне океанов, в жерле вулканов, на иных планетах Солнечной системы.

Наука стремительно опережает фантазию — так утверждают специалисты. Уже сегодня машины способны понимать речь, воспроизводить или

различать голос человека, общаться с ним в процессе решения задач, обмениваясь информацией в виде рисунков, чертежей, текстов, объединять несколько функций.

В мае 1986 года, после аварии в Чернобыле, Центральный НИИ робототехники и технической кибернетики при Ленинградском политехническом институте получил необычное задание. Необходимо было в кратчайшие сроки разработать и передать на Чернобыльскую АЭС роботы принципиально новой конструкции для механизированной уборки высокоактивных обломков с территории станции и крыш. Те, что имелись, и отечественные, и зарубежные, оказались непригодными для подобных целей. Быстро сделанные и доставленные в Чернобыль радиоуправляемые бульдозеры — «умные», великолепные машины не удовлетворяли главному требованию: нельзя было следить на расстоянии за тем, что именно они делают, как идет их работа. А следить надо было постоянно, все время как бы рядом стоять. Требование невозможно выполнить, поскольку машины не оснащены телекамерой. Ведь они не предназначались для таких условий, да и вообще никогда и нигде таких условий не было. Конечно, существовали и действовали роботы, специально созданные для работы в зоне повышенной радиации, — атомная энергетика, атомная промышленность без них обойтись не могут. На любом таком устройстве имеется гамма-локатор, пеленгующий радиоактивные объекты. Но мысль их создателей — конструкторов и физиков — была в первую очередь направлена на то, чтобы повысить их чувствительность, чтобы они могли уловить, обнаружить самое малое излучение на большом расстоянии. Для работы же в Чернобыле требовались совсем иные качества. Здесь речь шла об умении опознать и выделить сильно излучающие источники при высоком общем радиоактивном фоне. Изыщные устройства — роботы ФРГ и отечественные — просто «зашкаливали». Как говорят инженеры, их надо было «загрузить»...

Первыми детищами ленинградцев для экстремальной чернобыльской ситуации стали роботы-«разведчики». Легкие, весом всего в 38 килограммов, снабженные колесами, похожими на старинные велосипеды, маневренные, они «видели» и «ощущали», они находили то, что надо было найти. А люди следили за их действиями с экрана телевизора на безопасном расстоянии. Два робота из тех первых, проработав сутки, исправно докладывая обстановку, больше не выдержали. Высокий уровень радиации оказался чувствительным для электроники — телевизионная установка вышла из строя. Пришлось усовершенствовать защиту. После «разведчиков» пошли выполнять задания роботы-бульдозеры, сгребавшие радиоактивный ил в прудах-отстойниках, потом роботы-«подборщики» с целым набором приспособлений и рабочих инструментов, автоматически сменяемых по команде оператора. Эти уникальные создания человеческой мысли способны найти и подобрать даже копейку или спичку, а если надо, и огромный валун. Трудно даже перечислить, сколько разнообразных электронных помощников появилось в Чернобыле. Роботы-грузовики, роботы-спасатели, «хвостатые», снабженные кабелем, аккумуляторные, роботы с бензомотором, врачающим электрогенератор, — множество беззатратных трудяг.

«Работа выполнена качественно и в установленные сроки, — сказано в акте от 19 июля 1986 года, подписанном главным инженером АЭС Н. А. Штейнбергом. — Созданные институтом робототехники и технической кибернетики роботы показали высокую эффективность и будут использованы в ходе дальнейших работ по ликвидации последствий аварии и при эксплуатации станции».

— Жизнь ставит все новые задачи, работа продолжается, и стоит подумать о том, что мы имеем огромные резервы, колоссальный потенциал, который в обычных условиях используем далеко не полностью, — считает Е. И. Юревич, директор и главный конструктор ленинградского

института.—Конечно, в сложившейся острой ситуации для нас создали все условия—тридцать ленинградских предприятий срочно и безотказно выполняли все наши требования. А по стране с нами работало около ста предприятий. И все-таки, если бы не люди, не их самоотверженность, патриотизм, энтузиазм, не удалось бы нам в десятки раз повысить так быстро эффективность разработок, обойдя кое в чем некоторые знаменитые зарубежные фирмы. По существу мы сделали то, чего нигде нет,—создали не несколько отдельных роботов, а робототехнический комплекс, где все роботы собраны из одних и тех же унифицированных частей—модулей. Такое решение позволяет прямо на месте эксплуатации компоновать нужные типы роботов. Чтобы выполнить такое задание в обычных условиях,

понадобилось бы не менее двух лет. А сделали все за два месяца. Значит, умеем, можем и должны работать быстрее, качественнее, лучше...

Эволюция, творимая человеком, наделяет и будет наделять роботов все большим и большим могуществом, все большими способностями. Так что же, правы фантасты—и безупречные роботы в конце концов превзойдут людей, образуют поколения и поселения «машинной цивилизации»? Может ли возникнуть соперничество между людьми и роботами? В чем подлинные проблемы и трудности, стоящие перед одной из самых фантастичных и самых многообещающих отраслей науки—перед робототехникой? Очевидно, лучше всего будет получить информацию от известного ученого—академика Анатолия Алексеевича Дородницына.



ИНТЕРВЬЮ

ИНТЕРВЬЮ

3



Академик
А. Дородницын

ЛЮДИ
И
РОБОТЫ



— Роботы уже живут среди нас — реальные механические устройства с компьютерной памятью и почти человеческим интеллектом. Как сложатся наши отношения с новым классом совершенных созданий, способных решать задачи более сложные, чем это доступно нам?

— В наш век научно-технической революции проблема взаимоотношений человека и машины занимает умы и ученых, и школьников, и социоло-

гов, и писателей, и философов — словом, всех людей, которые не хлебом единим сыты. Это естественное влияние бурного технического прогресса, и любопытно здесь вот что.

Быстрый прогресс характерен для самых разных отраслей науки, но только с одним типом машин связан вопрос об их отношении к человеку — вопрос, который можно сформулировать так: за кем же останется приоритет власти?

В самом деле, всем хорошо известно, что создаются турбогенераторы мощностью 500 тысяч киловатт и больше. Человек при максимальном напряжении может развивать мощность только в 1/10 киловатт, значит, машина заменяет физическую силу 5 миллионов людей. Но могущество механизмов такого рода никого не пугает.

Давно прошло время, когда люди боялись паровоза (кстати, он тоже был страшен не из-за скорости передвижения, а в силу некой иллюзии неуправляемости). Никто не сомневался, что любая из машин силовых, если так можно выразиться, будет с неизбежностью подчинена человеку и не сможет без него включиться в деятельность (даже если это самая мощная и страшная военная машина).

Только самая, казалось бы, безобидная вещь — электронно-вычислительная машина, которая тихо стоит в комнате, кажется человеку неуправляемой и потому опасной сама по себе. Дело в том, что вычислительные машины представляют собой новое качество в сравнении со всеми устройствами, которые были прежде изобретены человеком. Они увеличивают не физическую силу человека — они увеличивают возможности его интеллекта.

Пока электронно-вычислительные машины делают первые шаги. Они только считают, производят простейшие логические операции. Они остаются еще совершенно безвольными, выполняя лишь то, что человек им прикажет. И все-таки уже сейчас ясно: в принципе этим машинам человек может поручить любую интеллектуальную работу. Больше того, можно создать и такие машины, у которых будут «собственные чувства».

Простейшие чувства — это физические ощущения. Машина может воспринимать их дифференцированно. Машина, снабженная всевозможными акустическими, оптическими, тепловыми приборами (аналогами наших органов чувств), воспринимает окружающую обстановку и оценивает ее. Но конечно, при условии, что конструктор

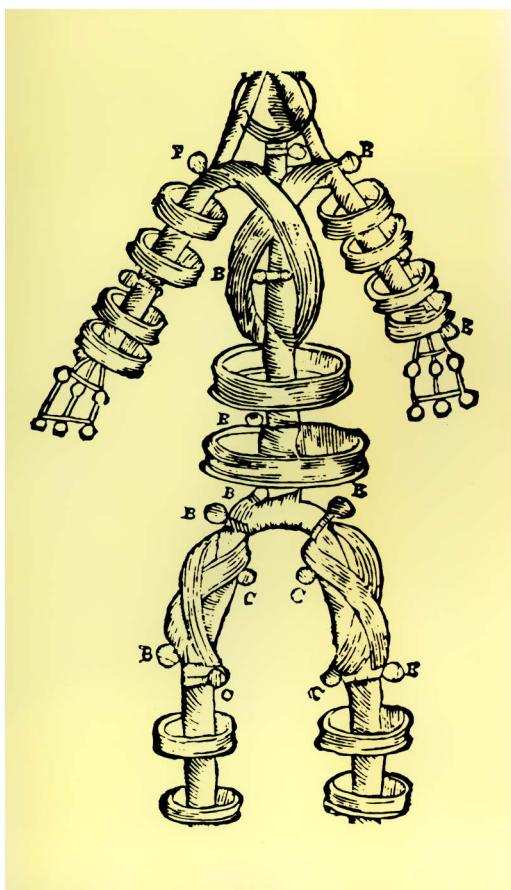
наделит ее такими свойствами — введет в схему машины соответствующие устройства или введет «программу реагирования».

Вопрос восприятия можно уже считать технически решенным. Сейчас многие математики и кибернетики занимаются проблемой распознавания образов машиной. Машина сама должна определить, какие именно образы она восприняла. Есть машины, которые распознают печатный текст, буквы, звуки. Можно сделать так, что эти воспринятые и расшифрованные машиной образы будут связаны в ней с определенными «эмоциями». Я беру слова «чувства» и «эмоции» в кавычки потому, что речь здесь идет о восприятии и реакции, а не о тех ощущениях, которые возникают у человека или животного в процессе этого восприятия.

В зависимости от характера восприятий и их оценки машина предпримет те или иные действия. Можно заложить в нее и волю — задать в программе определенную цель существования машины. Так по всем признакам машина может стать моделью мыслящего существа.

В принципиальной возможности достигнуть этого теперь сомневаются уже немногие. Марксизм утверждает, что мир познаем, что все процессы в нем имеют материальную основу. Психические процессы также имеют материальную основу и также познаемы, а это значит — воспроизводимы. Больше того: поскольку процессы в электронике происходят несопоставимо быстрее процессов биологических, то и искусственный мозг можно создать более быстродействующим, чем мозг человеческий.

Итак, существуют мыслящие автоматы — роботы. В принципе можно создать и машины, противостоящие человеку. Отсюда возникают социологические теории полуфантастического характера о том, что в будущем возможно общество машин, которое поработит человечество. Такие теории находят отражение и в пессимистических романах научных фантастов. Нужно, однако, уметь отличать аб-



Таким представляли в XVII веке механического слугу человека.

структурные возможности от тех, которые определены реальными условиями создания машин, законами прогресса.

В жизни все происходит отнюдь не так примитивно, как в фантастических романах. Только по воле писателей некий великий изобретатель, капитан Немо или Человек-невидимка, создает в одиночку какую-то особую, не имеющую предшественников сверхмашину. В жизни так не бывает. Машинны создаются не отдельным человеком, но человечеством. И не одной маленькой лабораторией, но громадными коллективами.

Скажем, в нашей стране был крупнейший конструктор вычислительных машин академик Сергей Алексеевич

Лебедев. Все мы восхищались его талантом и трудолюбием. Но и он ничего бы не смог сделать, если бы был один, без своего коллектива. А сколько еще крупных институтов заняты разработкой физических и технологических основ машин!

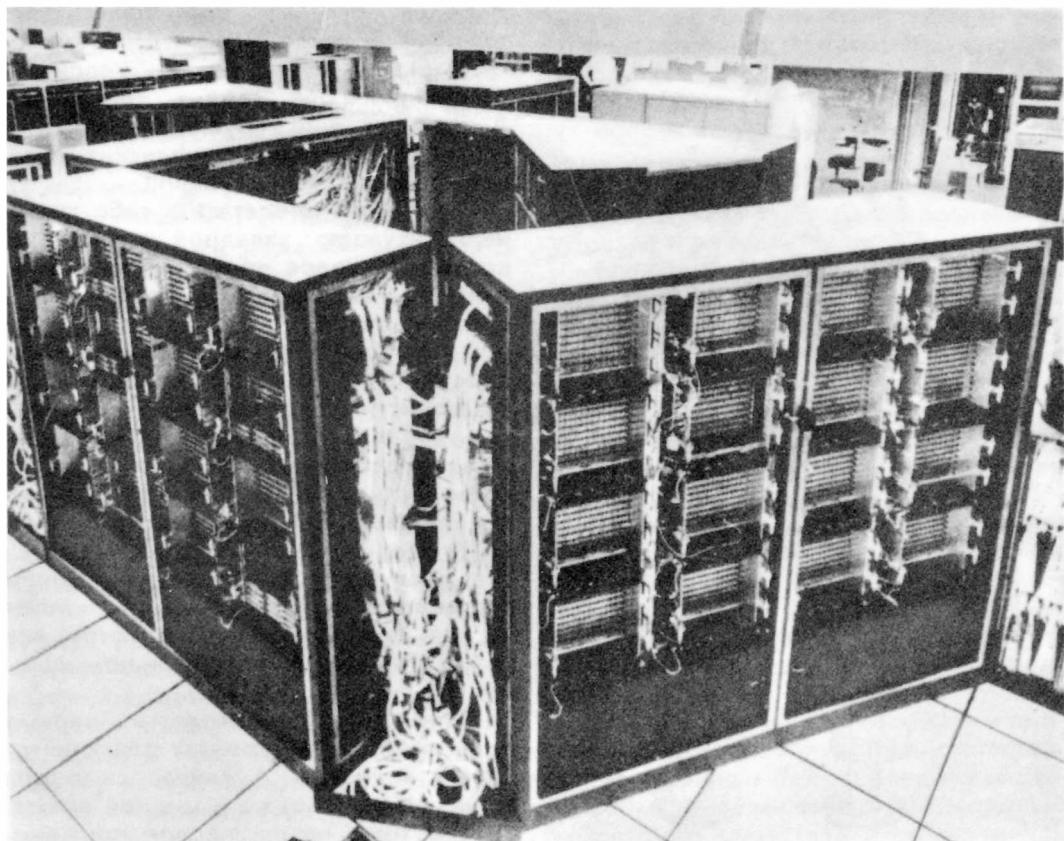
— А если представить себе типичную ситуацию западной антиутопии, когда в заговоре против человечества участвует не отдельный злой гений, а целая корпорация?

— Конечно, пока в мире есть государства, где общество разделено на антагонистические классы, могут найтись и находятся группы людей и даже государств, которые захотят использовать мощь машин во вред человеку. Но и эти машины человечество сумеет обуздать. История показывает, что даже тогда, когда машины создавались для уничтожения человека, они при дальнейшем развитии все равно становились нашими помощниками.

Взять хотя бы самолеты. Впервые их применили на фронтах для уничтожения человека. А сейчас самолеты верно служат людям в мирное время. Ракеты тоже нашли первое применение во время войны, а сейчас работают и в метеорологии, и в топографии, и в связи. Исследование космоса ракетами — работа мирная. Мирным стал даже расщепленный атом. За бомбой пришла электростанция. Так произошло потому, что силами атома управлял не одинокий Немо. Человечество неизменно оказывается умнее и сильнее отдельных личностей и в конце концов превращает в мирное орудие даже то, что создавалось со злым умыслом.

Надеюсь, что электронно-вычислительным машинам не придется менять профессию и превращаться из друзей во врагов. «Мыслящие» роботы, по-видимому, будут созданы уже тогда, когда человечество социально станет намного совершеннее, чем сейчас.

— Но если машины будут иметь собственную волю, не превратятся ли они сами по себе во врагов человека?



— Нет, человек в состоянии надежно обеспечить подчинение машин, дав им с самого начала нужную целевую установку. Я имею в виду один из видов эмоций — привязанность, ее вполне можно воспроизвести в машине. Так, очевидно, и поступят творцы машин, если это будут гуманные люди.

Развитие человека, его свойств — и плохих, и хороших, — все это порождено социальной средой и в значительной мере обусловлено инстинктами самосохранения и индивида, и вида. Инстинкты развились за миллиарды лет истории Земли. С помощью отбора выжили лишь те виды, у которых эта целевая установка была сильной. И от этого инстинкта человечеству не избавиться. Руководствуясь им, оно обязательно обезопасит себя от машин, заложив в них столь же прочную идею, целевую функцию, ориентированную на сохранение хозяев. Че-

ловек создает машины с обратной связью. И обратная связь будет направлена на то, чтобы машина сама находила пути для выполнения главной целевой установки, определенной человеком.

Вот почему меня совсем не пугает эра «мыслящих» машин. Я думаю, что они действительно сильно увеличат возможности человека. Сейчас уже машины делают многое. В капиталистических странах пытаются даже избежать кризисов, используя машины. С их помощью производят анализ и прогноз рыночной конъюнктуры, анализ и прогноз спроса на товары. Это позволяет фирмам в известной мере приспособливаться заранее к ожидаемым изменениям. Конечно, трудно сейчас оценить, что дает такого рода использование машин, так как эффект прогноза конъюнктуры маскируется наркотическими вспрысками в экономику огромных военных заказов. В социа-



А это воплощение современных представлений о помощнике-компьютере: суперкомпьютер Цибер-205 (слева), сигналы на котором передаются с одной точки на другую со скоростью, близкой к предельной во Вселенной,— со скоростью света. Центральная память и процессор суперкомпьютера другой системы — Грей-1 (справа).

листических государствах машины помогут организовать рентабельное хозяйство, дадут возможность оптимально планировать его.

Вероятно, в будущем машины будут обладать эмоциями, а это увеличит их возможности. Ведь эмоции даны человеку природой для быстрейшего достижения цели в трудных условиях — скажем, при нехватке информации и нехватке времени для сознательного анализа ситуации.

Проблема моделирования психики включает моделирование эмоций. В связи с этим интересны попытки моделировать творчество. Скажем, машина может компоновать мелодии. Иногда получаются примитивные буги-вуги, а иногда — совсем неплохой мотив. Вероятно, если заложить в машину вдохновение, она создаст хорошую музыку.

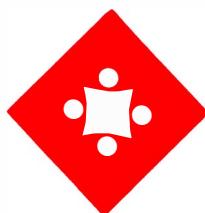
Но мы еще, к сожалению, не знаем, в чем состоит тайна вдохновения. Я не

поэт и не композитор, поэтому не берусь судить, как вдохновение приходит к ним. Мне понятнее сущность вдохновения в научной работе. Ученого интересует какая-то проблема, он много над ней думает, постоянно накапливает связанную с ней информацию, ищет пути ее решения. Этот процесс накопления информации тянется долго — многие месяцы, может быть, годы. Но вот наконец информация достигает необходимой полноты, тогда становится ясным путь решения проблемы.

Естественно, ученого охватывает при этом чувство радости, переходящее, может быть, даже в экстаз, он забывает обо всем постороннем, полностью погружается в работу и в течение немногих дней делает то, на что раньше, казалось, безуспешно затрачивал годы. Мы говорим о таком состоянии: «Пришло вдохновение». Если же расшифровать его без иллюзий, то

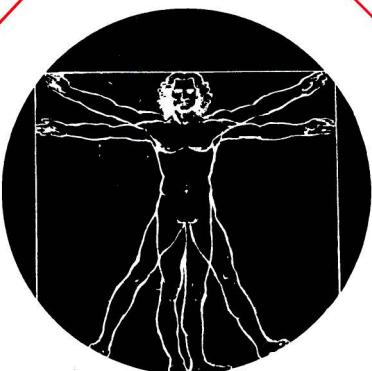
оказывается, что произошел переход количества в качество: накопленная информация достигла полноты, необходимой для решения проблемы. Накопление информации и опыт плюс определенная целевая установка и желание — все это может быть запрограммировано в машине.

Конечно, будущие наши творения мало будут походить на сегодняшние устройства. Они станут отличаться от них больше, чем арифмометр от самой совершенной современной машины. Но пугать это может только людей, недооценивающих разум и волю человека и человечества.



ОЧЕРК ОЧЕРК

6



ЧТО ТАКОЕ «Я»



Итак, на повестке дня отнюдь не захват Земли машинной цивилизацией или «война между людьми и роботами», а гораздо более интересная и увлекательная проблема. К примеру, такая, как четкое научное определение, что понимать под «искусственным интеллектом». Об этом все еще ведутся споры. А поскольку строгого и даже не строгого, а единого определения, что такое интеллект вообще и искусственный в частности, пока нет, пытаться

доказывать или, наоборот, опровергать тезис о возможности его полного воспроизведения пока бессмысленно.

Можно ли, скажем, считать интеллектом то, что компьютеры прекрасно играют в шахматы и другие игры, складывают стихи, сочиняют музыку? Специалист в области искусственного интеллекта старший научный сотрудник ВЦ АН СССР Р. Х. Зарипов рассказывает весьма любопытные вещи о моделировании творческих процессов, в частно-

сти музыкальной композиции. Композиторы, как правило, не делятся своими творческими секретами, употребляя такие неоднозначные понятия, как «озарение», «муки творчества», «порыв вдохновения». Но вот как-то в телевизионной передаче автор очень популярных песен композитор Н. В. Богословский вспоминал, как он сочинял знаменитую песенку «Шаланды, полные кефали» для героя фильма «Два бойца». В студию в Ташкенте в трудном военном 1942 году пригласили коренных одесситов, «и они два дня пели наперебой всевозможные типично одесские песни». Творческий сплав специфических оборотов и интонации стал основой для вполне самостоятельной мелодии «Шаланды».

Р. Х. Зарипов считает это характерным примером своеобразного интуитивного моделирования композитора, который через погружение в ритмы и музыкальные интонации определенного характера как бы формирует модель для имитации музыки нужного стиля. Подобное субъективное моделирование, разумеется, не подходит для машины. Трудно выявить закономерности структуры исследуемого объекта, определить научные параметры творческого процесса, провести его анализ. Тем не менее математическое моделирование, о котором мы много говорили в очерке «Алгебра гармонии», лежащая в его основе простая идея суждения о реальных процессах, недоступных конкретному измерению и эксперименту, по результатам экспериментов на искусственной модели, как раз и пригодилась для исследования интуитивных глубинных процессов мышления.

Закономерности мышления и восприятия, присущие творчеству, изучаются методами моделирования на ЭВМ в рамках проблемы искусственного интеллекта. Понятно, при этом очень важно выявить и описать те общие закономерности, которые человек использует неосознанно, интуитивно. Сочинение мелодии — наиболее неосознанный элемент музыкального творчества. Решение приходит как бы сразу, путем озарения, без каких-либо

определенных правил. Как раз такие проблемы, на которых человек не фиксирует внимание, сознание, особенно сложны при их моделировании. Возникающие принципиальные трудности настолько велики, что некоторые зарубежные исследователи перешли от идеи моделирования традиционной музыки к идеи синтезирования новых нетрадиционных структур, получивших название «авангардистской музыки». Для нее не требуется выявлять скрытные, глубинные закономерности творческого процесса...

Машинная программа, порождающая музыку, строится по такому принципу: датчик случайных чисел — кодированных нот — предлагает одну ноту за другой. Каждая из них как бы пропускается через фильтр, которым служит набор запрограммированных правил композиции, на языке специалистов — база знаний. Если нота удовлетворяет этому набору, она помещается в нотную строку, если нет — отбрасывается, а вместо нее предлагается другая. И так до тех пор, пока не будет получена законченная композиция, которую можно отпечатать на бумаге и воспроизвести на инструменте. Это общий принцип для всех программ, «сочиняющих музыку» на ЭВМ, а также во всех машинных «моделях творчества». Разнятся друг от друга все программы в сего лишь одним — фильтром, набором правил, которые определяют качество результата. Именно оценка машинного результата — главный этап моделирования, хотя и не все придают ему большое значение. При оценке, и только при оценке, можно устанавливать степень сходства машинных и человеческих творений. Оценка результата, во всяком случае, пока единственный критерий совершенства алгоритма, правильности заложенных принципов и достоинств, сведений или знаний, которыми снабжена программа для воспроизведения изучаемого объекта.

Для музыкальной композиции, оказывается, тоже можно определить набор параметров, отражающих ее закономерности. Скажем, диапазон мелодии, тактовый размер, распределение

частот интервалов в мелодии, количество ступеней в октаве и другие. Каждый параметр принимает по нескольку значений определенного числа или числовые структуры: конкретный закон распределения частот интервала, набор аккордов и другие. Под типом композиции имеется в виду качественная ее характеристика — определенный признак или особенность стиля, жанра, эмоциональной направленности, например танцевальная музыка, вальс, напевность. Каждый раз в процессе синтезирования композиции участвуют не все запрограммированные закономерности, а соответствующая их часть, указанная тем или иным набором параметров, что и служит фильтром. Фильтр можно составлять по-разному, и каждому будет соответствовать определенный тип композиции. Число разных возможных композиций зависит от числа и строгости ограничений — фильтров. При слабых ограничениях их может быть бесчисленное множество, при жестких — всего единицы. Можно даже заставить машину воспроизвести заранее известную мелодию, если точно описать ее характеристики в рамках программы. Так, в отделе Р. Х. Зарипова синтезировали машинную мелодию, полностью совпадающую с «Молодежной» И. О. Дунаевского из кинофильма «Волга-Волга», чем удалось подтвердить механизм зарождения массовой песни. Оказалось, что у этого типа мелодии на протяжении веков довольно стабильная структура и относительно небольшое количество основных характерных элементов. Комбинируя эти элементы, можно сочинять разнообразные по стилю, эмоциональной окраске мелодии, обладающие основным для массовых песен качеством — общедоступностью музыкального языка. Так что «бездушная» машина вполне может стать со-перником композиторов-песенников; не исключено, что этим вызваны стихийные протесты некоторых из них против «машинной музыки».

Машинная имитация прежде всего вокальных мелодий позволила вскрыть сущность заимствования и творческой обработки из века в век передавае-

мых народных интонаций или ранее слышанных произведений. Варьирование или трансформация, сопровождающаяся вводом новых, маскирующих элементов, — это практически аналог творческой обработки — универсальной процедуры, лежащей в основе любой творческой деятельности. У человека трансформация происходит неосознанно, он не фиксирует на ней внимания. Подобный процесс мы обычно называем рассуждениями по аналогии, ассоциативным мышлением, навязыванием некоего ритма. Р. Х. Зарипов приводит характерные примеры из разных областей человеческой деятельности, причем во всех случаях трансформация первоначальной ситуации происходит сходным путем: сохраняется некоторый инвариант — носитель образца — и вводятся новые маскирующие элементы. Так, мелодия «Молодежной» — характерный пример механизма преобразования темы народной песни «По Дону гуляет казак молодой» в вариацию и трансформацию новой мелодии. А в литературе особенно наглядно проявляется схема варьирования у талантливых пародистов — они вычленяют наиболее важные параметры и в своих произведениях четко имитируют стиль и манеру пародируемого автора.

В композиторской практике значительно чаще встречаются случаи заимствования не целой мелодии, а ее фрагментов разной протяженности. Машинное варьирование позволяет шаг за шагом проследить весь путь преобразования, выделить все промежуточные этапы. Еще в глубокой древности, задолго до изобретения нотной записи, создавались основные элементы музыки — попевки или интонации, которые переходили из поколения в поколения вместе с песнями, балладами, а много позже стали использоваться и в профессиональной музыке. Машинные эксперименты показали, что заимствование интонации из общемировой интонационной памяти происходит не путем цитирования конкретных музыкальных фрагментов, а варьированием разных сторон мелодии — ритма, лада, регистра,

интервальных отношений. Вернее сказать, заимствуется не интонация, а как бы ее образ, выраженный определенной структурой,— своеобразное обобщенное представление об интонации.

Проблема интонаций — одна из основных в теоретическом музыковедении. Ей посвящено множество работ, носящих, правда, лишь описательный характер. И только с выводом формально определенной интервально-метрической структуры удалось поставить и конструктивно решить интересные задачи, считавшиеся до сих пор невычислительными. Впервые в музыковедении построен частотный словарь интонаций, элементы которого упорядочены по частоте встречаемости интонаций с одинаковой структурой в массиве мелодий. Наиболее распространенные (представляющиеся более благозвучными) интонации расположены в начале частотного словаря, а редко встречающиеся — в конце. Теоретически возможны интонации, которых нет в словаре, составленном на основе песенных мотивов. Там нет даже, к примеру, широко известной интонации знаменитого профессионального произведения: начало «Застольной» из оперы Дж. Верди «Травиата» безошибочно узнает каждый по первым же трем-четырем звукам. Однако эта интонация ни разу не встретилась среди 17 тысяч интонаций при машинном анализе песен советских композиторов.

Построение частотных словарей интонаций, которым занимается Р. Х. Зарипов, имеет не только научное, познавательное значение, но и весьма привлекательно с точки зрения практических приложений. Если другие авторы синтезировали мелодии из отдельных звуков по закономерностям, выявленным при анализе, то способ Р. Х. Зарипова основан на заимствовании из частотного словаря — своеобразного аналога интонационной памяти композитора. Проблема получения благозвучных сочетаний решается автоматически, поскольку мелодия синтезируется из интонаций, естественных для человеческого слуха.

Подобно композитору, алгоритм порождения мелодии из интонаций, «погружаясь» во множество мелодий, может затем передать сочиняемому произведению интонационную окраску. Результатом будет новая композиция, насыщенная желаемыми элементами, хотя, возможно, и отличающаяся по другим параметрам. Аналогично для литературного творчества машина может из некоего словарного запаса выбрать слова с определенными ассоциациями для обеспечения звуковых эффектов. В поиске слов с заданными признаками машина может стать ценным помощником даже поэту. Компьютер уже сегодня становится большим подспорьем для композитора, выполняя рутинную часть его работы. В любом творчестве — писателя, ученого, изобретателя — для воплощения замысла необходим прежде всего отбор в памяти человека конкретных знаний и фактов, которых, кстати сказать, может оказаться и недостаточно. ЭВМ с ее феноменальными вычислительно-логическими способностями становится весьма полезной, а иногда незаменимой в выполнении таких операций, которые до недавнего времени считались прерогативой только человека, наделенного интуицией.

Машинные композиции, другие эксперименты по моделированию творчества показывают, что и алгоритм в состоянии достичь результатов, считавшихся проявлением вдохновения, неосознанных порывов. Невольно возникает дерзкое предположение о том, что большинство элементов творческой деятельности, реализуемых человеком «по интуиции», на самом деле есть неосознаваемые глубинные, но объективно существующие закономерности — строго определенные критерии красоты и вкуса. Компьютерные исследования подтверждают и подвижность границы между знанием и незнанием, между алгоритмически описанным и «чистым» творчеством, совершающим по интуиции и пока еще не поддающимся алгоритмизации.

Вошедший очень быстро во все

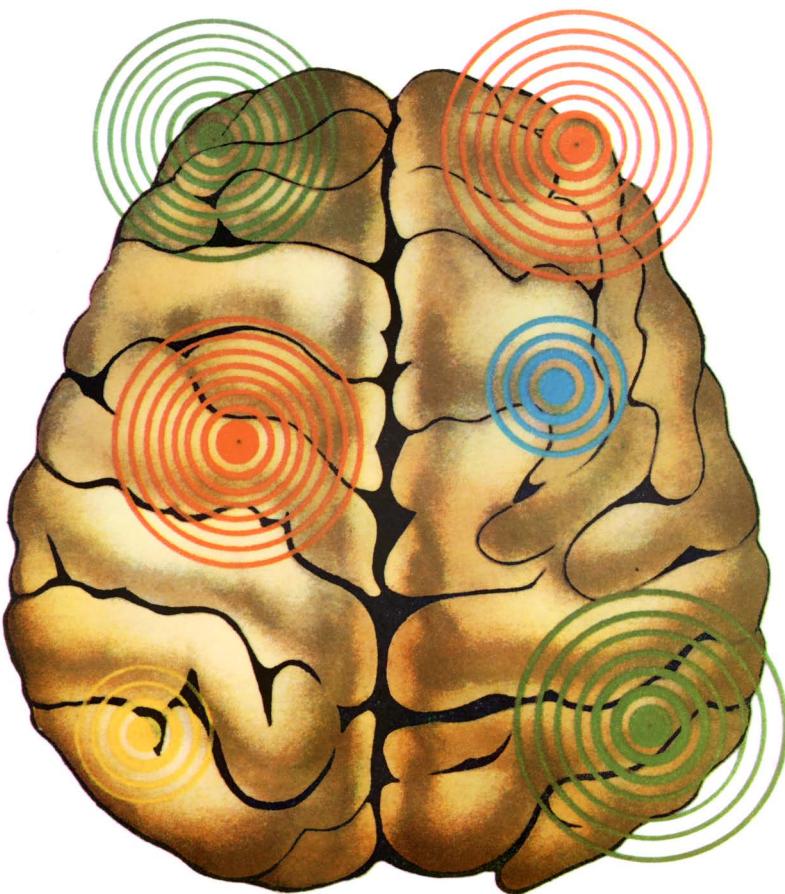




«Запасные части» для человеческого организма — клапаны сердца, протезы кровеносных сосудов — уже выпускает наша промышленность.

языки термин «информатика», от французского «L'informatique», стал все больше отражать некую синтетическую отрасль знания, которая вбирает в себя и разработку новой технологии научных исследований, и проектирование, основанное на использовании ЭВМ, и новые научные дисциплины, связанные с проблемой общения человека с машиной, и, наконец, создание думающих машин. Информатика — емкое понятие, и появление этого термина вполне логично на дан-

ном этапе, когда вычислительная техника и большие системы передачи данных переживают переломный, а вернее, революционный момент развития. До сих пор инженеры и потребители делали главный упор на мощность ЭВМ: такой-то объем памяти, столько-то миллионов операций. Это были наиболее важные критерии оценки. Разумеется, и сейчас супер-ЭВМ необходимы для решения сложных задач в климатологии, медицинской диагностике, в расчетах поведе-



*На первый взгляд оба полушария мозга зеркально симметричны.
На самом деле они резко отличаются по функциям.*

ния «рабочего тела» в ядерных и термоядерных реакторах, в экономике. Так называемые многопроцессорные конвейерные системы — важное и нужное направление развития электронно-вычислительной техники, основа создания супер-ЭВМ. Но не менее важно и другое, не так давно возникшее направление. Это персональные компьютеры. Перспективы их использования весьма широки. Небольшая настольная машина, обладающая быстродействием в миллион опе-

раций в секунду — таким, как БЭСМ-6, но при этом с куда более емкой оперативной памятью, да еще с набором гибких дисков, на которых можно записать фантастические объемы информации — может делать то, что никакие другие машины не в состоянии. Это уже не просто электронно-вычислительные системы. Это системы, которые позволяют, к примеру, по-иному организовать управленческую работу, упразднить горы бумаг, всякой писанины, сбора справок и до-

кументации. Человек, имеющий доступ к компьютерной системе и ее базу данных, получает возможность с помощью персонального компьютера войти в эту систему, в любое из ее хранилищ и вызвать любые данные на свой персональный экран, совершив над ними любые манипуляции, проводить анализ, отдавать соответствующие распоряжения. Новый уровень управления не только дает колossalный выигрыш времени и средств, но предопределяет отсутствие ошибок, более четкий контроль.

Персональные компьютеры позволяют неизмеримо повысить эффективность обучения и самого научного, да и любого творческого труда. Машина высвечивает на экране диктуемый текст, помогает исправлять ошибки, редактировать, добавлять рисунки, схемы, выбирать шрифты. Она же распечатает готовый текст в нужном количестве экземпляров. Это уже незаменимый электронный помощник, который, как рассказал Р. Х. Зарипов, облегчит и ускорит вдохновенные процессы творчества писателя, поэта, композитора. В общем, персональные компьютеры открывают перспективы, постигнуть которые до конца сегодня еще мы не в состоянии.

Как-то академик Г. С. Поспелов сказал: «Машины, как минимум, смогут достичь всего, на что способны люди». Так что же, в конце концов, какой-то груде микросхем и датчиков станет доступно вдохновение любви, восхищение, боль утраты? На язык науки эту мысль перевел американский кибернетик Г. Дрейфус, заявив, что «мышление без физического тела, находящегося в физическом мире, невозможно». Машинная программа готовится человеком и существует в мире символов. Она сама по себе ничего не хочет, не знает усталости, голода, страха и других, более сложных человеческих чувств. А раз у нее нет собственных потребностей, то и цели своего поведения она не в состоянии выбирать, а только следует указаниям человека.

Другими словами, до тех пор, пока, что и как делать машине, решает

программист, о подлинном интеллекте говорить не приходится. А вот когда машина сама сумеет осуществить весь мыслительный процесс, начиная от выбора задачи, тогда другое дело. Но при такой точке зрения нелепо подходить к «машинным чувствам» с человеческими мерками. Машина должна или отражать чувства, присущие живому телу в материальном мире, или идти по каким-то другим путям эволюции, отличным от эволюции человеческого познания.

Некоторые теоретики информатики, специалисты по искусственному интеллекту полагают, что уже к 2000 году машины будут обладать умственными способностями, не только не уступающими среднечеловеческим, но и в чем-то опережающими их. Так скоро вряд ли удастся познать все тайны работы человеческого мозга, все тайны мышления. Что ж, техника пойдет параллельно с познанием. Изучать ведь тоже можно по-разному.

На первых порах важно было выявить закономерности возникновения мыслей в мозгу, статистические вероятности их смены, логических цепочек перехода одной мысли в другую, ассоциаций. Если бы люди пытались с самого начала строить самолеты по принципу летающих птиц, то мы, может, и по сей день не освоили бы воздухоплавание. Во всяком случае, орнитоптеры (самолеты с подвижными крыльями) только-только учатся отрываться от земли. Между тем современные воздушные лайнеры по высоте, скорости, дальности полета во многом превосходят любую птицу. В то же время коэффициент полезного действия птичьего полета — удивительная целесообразность, рожденная живой природой, остается для нас пока недосягаемой. Создавая технику, человек зачастую превосходит природу, изобретая то, без чего она обозначилась, или находя кратчайший путь там, где нельзя повторить расточительность природы, затратившей на отбор высшей целесообразности в миллионолетнем процессе эволюции тысячи и десятки тысяч обреченных на гибель вариантов.

Безусловно, машинный интеллект будет и по виду, и по возможностям отличаться от человеческого, во многом дополнять и обогащать его, а может, во многом и уступать. Можно надеяться, что по аналогии с машинами, самообучающимися в процессе познания мира, вскоре появятся машины, самоусовершенствующиеся и производящие себе подобных в более разумном варианте. Ведь если только повторять себя, то зачем сложные машины?

Вот как в свое время представлял себе содружество интеллектов человека и машины академик Виктор Михайлович Глушков:

«Дав некоторую волю воображению, можно допустить методы передачи информации, отличающиеся от традиционных, при которых мы возимся с программами, сериями команд, операций... Положим, наука откроет пути прямой коммутации «человек и машина», прямой связи естественного интеллекта с искусственным, минуя органы чувств. Ну, скажем, условно так: садитесь в кресло, надеваете, как Дон Кихот, новый «шлем Мамбринна» — и весь процесс мышления, полная модель мозга передается в машину непосредственно с помощью его биотоков. Конечно, биотоков суммарных, которые мы и сегодня умеем выводить на энцефалограмму. Но этого мало. Надо допустить, к примеру, что масса направленных антенн лоцирует каждую клеточку мозга. Обеспечивается практически мгновенный переток информации в обоих направлениях.

С точки зрения качества связи прямая передача лучше всего, и если она окажется осуществимой — говорю и подчеркиваю: «если», потому что это предположение, — тогда можно вспомнить гипотезу о подвижности центра самосознания. Человек, помещенный в такие условия, окажется перед ситуациями поистине удивительными. Он работает, ощущает себя сидящим в кресле и беседующим с машиной напротив. И вдруг... Он как бы видит себя со стороны, появляется чувство, будто в кресле на-

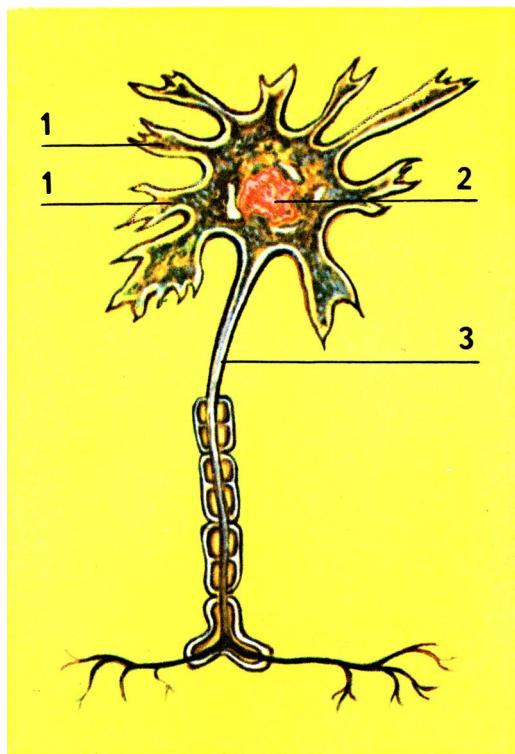
против — абсолютный двойник. Ощущения могут оказаться переменчивыми: то он сознает себя в кресле, то напротив...»

Другими словами, если пофантазировать, то, управляя машиной с искусственным интеллектом, человек может овладеть движением центра самосознания, послать его в машину или вернуть назад, то есть заставить собственное «я» жить в машине либо возвращаться вновь. Притом все это без всякого потрясения для тела, перерыва в течение жизни... Такое не прочесть в волшебных сказках!

Но для этого наука должна выяснить прежде всего, что такое «я». Как определить самосознание и каковы его свойства? Есть ли какой-то особый его центр? И если есть, то где он находится? Может ли он перемещаться? Ответы на эти вопросы ищут не только творцы искусственного интеллекта и специалисты робототехники. Их ищут ученые, философы и нейрофизиологи, биологи и медики. От этого во многом зависит достоверное предвидение будущего и в других отраслях знаний, а также быстрейшее использование научных свершений в практике. Это касается не только избавления от недугов или восстановления утраченных возможностей сознания, но и замены или протезирования утерянных органов и тканей, пересадок сосудов, сердца, улучшения доставшихся по наследству физических и интеллектуальных особенностей. Это важно для совершенствования человека как гармоничной личности.

И здесь тоже научно-техническая революция выдвигает для нашего решения десятки новых не только научных, но и этических проблем.

Среди нас ходят люди, у которых сердечный клапан, пропускающий ток крови из предсердия в желудочки, заменен пластмассовым пузырьком или у которых сосуды или мышечная перегородка в брюшине — из полимеров. Естественно, они остаются сами собой, как и владельцы искусственных глаз, зубов, протезов ног или рук. Ну а владельцы чужого сердца?



Нервная клетка — такая простая и такая сложная:
1 — дендриты, 2 — тело,
3 — аксон.

(Ведь подобные операции уже проводят.) Или искусственной почки? Сколько можно сменить органов, чтобы человек остался все тем же, той личностью, которой был? Где вместилище его «я»? Мозг? Только мозг?

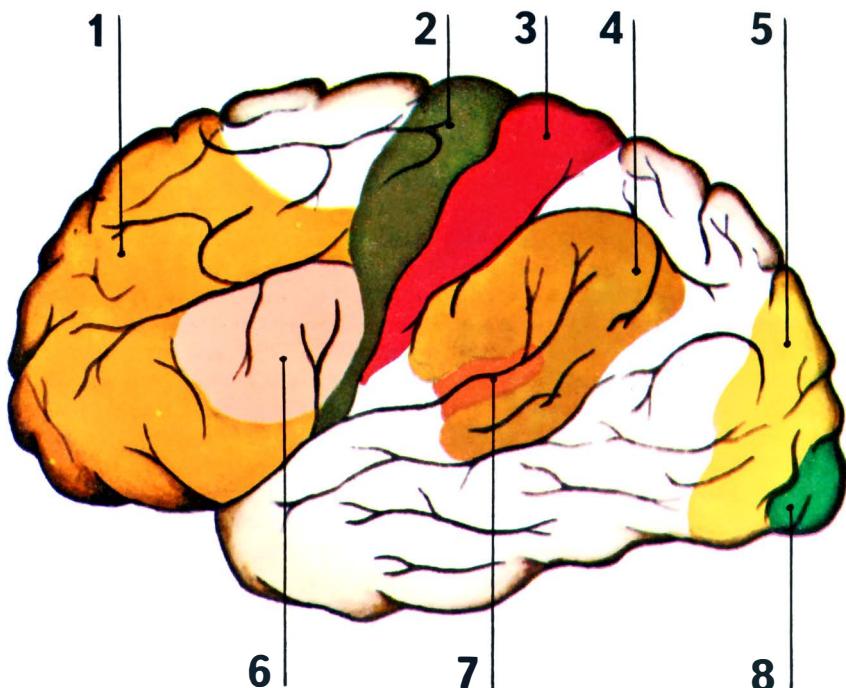
В семидесятых годах американский профессор Роберт Уайт, директор нейрохирургического отделения главной клиники в Кливленде, с группой нейрохирургов в искусственной операции отсекли мозг от тела обезьяны резус и присоединил его сонные артерии к другой обезьяне. Ее кровь омывала чужой мозг и сохраняла ему жизнь в течение пяти часов, хотя питавший его «свой» организм погиб. Один из участников операции, нейрофизиолог Лео Массопуст, утверждал, что деятельность мозга, лишенного тела, стала значительно лучше, так как без органов чувств он мыслит быстрее, хотя это уже другой тип мышления.

В другом эксперименте профессор Уайт сохранял мозг живым в течение нескольких дней, питая его кровью не от живой обезьяны, а от особого аппарата. В своем интервью корреспонденту газеты он заявил следующее: «Если считать, что мы можем пересадить и голову человека на тело другого человека, если считать, что мы можем изолировать мозг и заставить его функционировать без тела, то для меня не существует больше пропасти между наукой и научной фантастикой... Мы могли бы сохранить мозг Эйнштейна и заставить его нормально функционировать...»

Оправдано это? Возникшие философские и этические проблемы остаются пока нерешенными.

Конструкторы умных машин становятся все более изобретательными, предоставляя роботам делать все более совершенных роботов, нейрохирурги и микрохирурги — создатели новых полимеров и других искусственных материалов с заданными свойствами — все более изощренными и совершенными. Машины имитируют биологические системы, людей оснащают «кожей», выдерживающей космический холод и отсутствие давления, аппаратами для дыхания под водой и под землей, пластиковыми деталями, стимуляторами сердцебиения и пищеварения.

Как считает видный американский социолог Тоффлер, «приближается момент высшего симбиоза». Прав ли он, покажет будущее. Во всяком случае, мы верим, что люди постараются извлечь из такого симбиоза максимум пользы и удовольствия, обогатят и приумножат данные им от природы возможности и средства достижения окружающего мира. В самом деле, разве уже сейчас нельзя назвать десятки примеров, когда высшие завоевания человеческих рук и разума творят добрые дела во многих «побочных» областях? Разве мы не знаем о том, как помогает пожарным и рабочим горячих цехов одежда космонавтов, как обрели подвижность больные с парализованными руками и ногами благодаря приспособлению, за-



Именно через нервные клетки любое живое существо, каждый орган, непрерывно отправляет сигналы в мозг и воспринимает его команды: 1 — лобная область, 2 — моторная зона, 3 — соматосенсорная зона, 4 — слуховая зона, 5 — вторичная зрительная зона, 6 — моторный центр речи, 7 — центр восприятия речи, 8 — первичная зрительная зона.

имствованному тоже у космонавтов, когда приборчик, вмонтированный в дужку очков и действующий от поворота глаза, приводит в движение кресло-коляску? А биодатчики! Можно ли в несколько секунд провести анализ уровня холестерина в крови, чтобы определить, грозит ли человеку инфаркт? Это стало уже реальностью. Такой анализ, как и другие чудеса, и не только в медицине, возможен благодаря биодатчикам — абсолютно новому типу измерительной аппаратуры. Уже создаются и даже действуют первые образцы удивительного союза биологии и электроники, сплав «живого» и «неживого», который называют подлинной революцией в технике. Биологические структуры объединяют с электродами и транзисторами, источниками электрических сигналов служат биологические реакции. Активный «живой» слой может состоять из

белков-ферментов, микроорганизмов или антител, и соответствующей, вызываемой ими биохимической реакции. Общим для всех процессов является то, что в результате появляется нечто измеримое: положительно заряженные ионы водорода, молекулы вещества или тепло. Электронная часть замеряет это «нечто». Исследователь следит за электрическим сигналом. Такой способ обеспечивает неслыханную точность. Например, регистрируется изменение температуры в одну тысячную долю градуса или можно обнаружить кусочек сахара, растворившийся в 10 тысячах литров воды.

Человека создал разум. Недаром придуман термин «*хомо сapiens*» — «человек разумный». Так что же нам известно сегодня о главном вместилище разума, самом совершенном творении природы — человеческом

мозге? О мозге не с точки зрения кибернетиков, выделяющих модели, программы, «этажи» сознания, творчества, эстетики, юмора, а с точки зрения нейрофизиологов и физиологов?

Ведь, в общем-то, самое таинственное и волнующее, что есть в природе,— это наше «я». Чудесное зеркало, отражающее внешний и внутренний мир человека, рождающее мысль, преобразующую действительность. Люди неизбежно уходят, навсегда меркнут неповторимые зеркала, составляющие личность. Остается Вселенная, остаются плоды их мыслей и труда.

Проникнуть в тайны сознания наука стремилась с древнейших времен.

«Мы до сих пор не располагаем данными о сознании или способности мыслить»,— заявлял Аристотель почти две с половиной тысячи лет назад.

«Строение темно, функции весьма темны», — говорили исследователи мозга и психики еще в канун нашего века. До Бехтерева...

В самом деле, любые органы человеческого тела—сердце, легкие, почки и сам мозг—объекты, доступные ощущениям. Они имеют определенную форму, структуру и химическое строение, которые сохраняются и после смерти организма, когда их функции прекратились. Можно сделать искусственную почку и сердце. Законсервировать в формалине и анатомически изучать мозг. Только сознание нельзя потрогать. И увидеть его невозможно. Судить о нем мы можем лишь по одному из его проявлений—поведению. Как тонко и точно сказано у Тютчева:

Нам не дано предугадать,
Как слово наше отзовется...

Отчего эти короткие строчки будят в нас целый строй ассоциаций, мыслей, чувств? Что происходит в нашем мозгу, когда мы видим или слышим СЛОВО?

...Две женщины сидят друг подле друга. Одна медленно и четко произносит обычные слова: «стул», «стол»,

«шкаф», «диван». Другая напряженно думает. Одна—исследователь и врач. Ее задача—найти пути исцеления больного мозга, восстановить нарушенное сознание. Задача другой—сообразить, что стул и стол, шкаф и диван имеют конкретное воплощение в общечеловеческой системе понятий—мебель. Задает вопросы академик Наталья Петровна Бехтерева, известная во всем мире как опытнейший и талантливый нейрофизиолог. Главное занятие ее жизни—изучение строения мозга и центральной нервной системы, исследование загадочного мира человеческого сознания, неповторимости восприятия и таинства ответных реакций.

Итак, названия различных видов обстановки—как бы детали одной общей для всех людей системы, объединенной понятием «мебель». Но ведь каждое название может еще восприниматься нами и со смыслом, отраженным нашим собственным опытом или привычками.

Например, слово «диван» может вызвать представление и о скучном учреждении, и об отдыхе, а то и о недавно прочитанной книге. «Стол» может стать частью совсем другого обобщающего понятия, скажем «еда», «занятие», или вызовет у нас приятные воспоминания об играх в настольный теннис, домино, шахматы. Некоторые при слове «стол» вспомнят о сервировке и даже об этикете. Если задуматься, то возможности восприятия, обобщения и отражения в мозгу каждого понятия у разных людей покажутся чуть ли не безграничными, а попытки выявить эти сходства или разницу—безнадежной затеей. Наталья Петровна Бехтерева и ее сотрудники думали иначе. Теперь, после многих лет напряженной работы, они по праву могут гордиться полученными результатами. Уникальными. Авангардными в мировой науке. Бесценными по значимости, по открывающимся перспективам. Сегодня ученые не только разгадывают, но даже могут воспроизвести код, которым зашифровываются и расшифровываются слова в мозгу. Как?

Когда об этом спрашиваешь Наталью Петровну, она отвечает: «Благодаря научно-техническому прогрессу».

Мозг хорошо защищен костями черепа и наружными покровами головы, оболочками и спинномозговой жидкостью. Вступить с ним в прямой контакт можно было только путем трепанации черепа. Операция эта весьма болезненна, и проводят ее под наркозом. А наркоз подавляет важные функции нервной системы. Чувства, сознание исчезают. Поэтому многие годы деятельность бодрствующего мозга во всей ее сложности ускользала от исследователей. Ученые описывали проводящие пути и контакты нервных клеток — синапсы, рефлексы, позы, и считалось, что психические функции к физиологии не относятся.

Первым, кто, обогнав свой век, высказал гениальную идею о непосредственной связи физиологии с психической деятельностью и сознанием, был выдающийся русский ученый и мыслитель, чье имя навеки осталось в истории медицины,— Владимир Михайлович Бехтерев. Наталья Петровна не случайно носит эту же фамилию. И не только потому, что она родная внучка, но и потому, что развивает дальше идеи великого ученого, обогащает и приумножает их.

«Так как мы должны признать, что субъективное в нас совершенно неотделимо от физико-химических процессов, происходящих в мозгу, то оно представляет как бы две стороны одного и того же процесса»,— писал Бехтерев в 1907—1910 годах в книге «Объективная психология».

Современники сочли идею вздорной и даже вредной, уводящей от мира духовного, тонкого в грубые материалистические процессы. И о ней постарались забыть.

С именем Бехтерева связаны выдающиеся свершения в неврологии и анатомии, психиатрии и педагогике. О волшебстве его мгновенных, в первую же встречу с больным, и точных диагнозов, об облегчении, которое ощущали страдающие после первого

же разговора с ним, о могучем искусстве гипнотического внушения, которое действовало даже на парализованных, сложены легенды.

Всемирную славу принес Бехтереву в 1893 году его труд «Проводящие пути спинного и головного мозга», удостоенный премии Академии наук, по сей день служащий настольной книгой для врачей и исследователей, основой обучения студентов всего мира. Об этом труде крупный немецкий ученый профессор Копш, педант и придира, отзывался так: «Знают прекрасно анатомию мозга только двое: бог и Бехтерев». А в начале века появилась первая книга из семитомника «Основы учения о функциях мозга» — уникального энциклопедического труда уже не о строении, а о работе мозга и нервной системы в целом.

В 1908 году ученый возглавил созданное им прогрессивное научное и учебное учреждение — Психоневрологический институт, который ныне носит его имя, на улице Бехтерева в Ленинграде. Здесь были реализованы самые передовые и гуманные идеи и формы лечения и содержания душевнобольных. За это царское правительство преследовало ученого. На него заводят «сыскное дело», его не утверждают на новый срок руководителем им же созданного института.

Только после Великой Октябрьской революции в полную силу развернулся его редчайший талант. Бехтерев вместе с другими известными научными деятелями решительно встал на сторону народного дела, сразу же выразил готовность отдать рабоче-крестьянскому государству свои силы и знания. Он активно участвовал в работе комиссии по здравоохранению и народному образованию, организовал госпиталь при институте, а в 1918 году под его руководством был создан Государственный институт по изучению мозга и психической деятельности, где планировалось воплощение его когда-то осужденных новаторских идей. До последнего дня Бехтерев вел большую работу не только по лечению, но и просвещению населения,

по борьбе с детскими болезнями и беспризорностью.

«Познать человека! Какой высокий девиз!» — говорил Бехтерев и видел в том задачу нового института.

Институт на улице академика Павлова в Ленинграде, созданный дедом и называющийся сейчас Институтом экспериментальной медицины, возглавила Наталья Петровна. Девизу «Познать человека!» стараются следовать здесь все сотрудники. Но познать человека — это прежде всего познать личность. А затем помочь ей.

Цели близки. Зато возможности!.. Об этом во времена Бехтерева и мечтать было нельзя.

Научно-технический прогресс позволил избежать трепанаций и других грубых и небезобидных вмешательств в святая святых природы — человеческий мозг. Наталья Бехтерева использует для этого тончайшие проволочки — электроды. Они дают возможность вступать в прямой контакт с мозгом, не обнажая и не разрушая его. Электроды вживляются прямо в ткань, нащупывая точки, связанные с болезнью.

Впервые она увидела такую методику в Англии, потом в США, у знаменитого Дельгадо. Проволочки были значительно толще. Их делали из разных металлов. Сначала ей показалось такое вторжение в мозг кощунственным. Потом она убедилась на опыте, что это совершенно безвредно для тончайших мыслительных функций, не вызывает никаких побочных явлений или неприятных ощущений. Нейрохирурги давно уже доказали, что мозг вовсе не такое хрупкое и уязвимое образование, как принято думать. Во время операций целые участки нервных тканей замораживают и удаляют без серьезных последствий для больного. Да и пункция — взятие внутримозговой жидкости — хорошо известная хирургическая манипуляция. Менее травматичен электрод, который гораздо тоньше функционной иглы.

Бехтерева работает только с электродами из металла поистине благородного. Она убедилась, что даже платина не годится и лишь золото абсолютно не вступает в реакции с

окружающими тканями. Электроды вживляют в заранее намеченную точку мозга. Клеммы для подсоединения проводов выводят на кожу головы. Стимулируя подачей электричества через электроды точки, связанные с болезнью, или уничтожая крохотное скопление нервных клеток, можно вылечить недуг. Например, предотвратить взрыв эпилептического припадка. Или изнурительное, уродующее, делающее человека беспомощным дрожание рук. Измеряя и описывая исходящее из глубин мозга «живое» электричество, активность «генераторов живого тока» — нервных клеток, нейронов, и их ансамблей, — можно узнать, как работают, как включаются те или иные зоны мозга.

Одна из лабораторий Института экспериментальной медицины связана с Клиникой болезней мозга. В тесном контакте с практическими врачами научные сотрудники новыми методами лечат тяжелобольных, считавшихся еще недавно неизлечимыми. Уже начинаются работы по зрительному и слуховому протезированию. Для этого пучки электродов вводят в затылочную и височную кору.

Идущее от мозга «живое» электричество позволяет изучать структуры, которые обеспечивают психическую деятельность человека.

— Этический аспект этих работ не может вызывать никаких возражений, — говорит Бехтерева. — Применяемые нами психологические тесты не выходят за рамки нормального, повседневного общения с больными, согласуются по времени с лечебно-диагностическими процедурами. Многие больные рады им, так как они вносят разнообразие в монотонную больничную жизнь, отвлекают от физических страданий, вызываемых недугом.

В 1973 году мировая пресса под сенсационными заголовками опубликовала следующее сообщение: «Чрезвычайно важные данные переданы из СССР. Доктор Наталья Бехтерева (как сообщает Академия наук СССР) обнаружила с помощью тонких золотых электродов в мозгу опреде-

литер — корректор ошибок и локализовала это место. Если больного просят запомнить и повторить ряд слов, а он ошибается, то тотчас проявляет электрическую активность некая область — область детектора. Это происходит даже в том случае, если больной не отдает себе достаточно ясного отчета в ошибке и не может ее исправить. Сама Бехтерева считает, что еще не совсем ясно, как работает эта область, однако она, видимо, мобилизует мозг на исправление ошибок».

Открытие «определителя ошибок» имело огромное практическое значение. Выяснилось, например, что болезни мозга могут превращать эти определители в свою противоположность — в источники ошибок. Успокоительные таблетки — транквилизаторы — глушат в мозгу и определители, и память. Воздействуя на определитель, можно влиять на долговременную и краткосрочную память. «Определители ошибок» — это были подступы, начальные ступени к главному, к тому, чем физиологи, нейрокибернетики и математики упорно и неотступно, с энтузиазмом и вдохновением занимаются в лаборатории, оснащенной новейшей вычислительной техникой, — к расшифровке психического кода.

«Шкаф», «стол», «диван» — спокойный, мягкий голос произносит это снова и снова, снова и снова. Третий, пятый, семидесятый больной. Бехтерева хочет услышать слово «мебель». Крутятся магнитофонные ленты. Голос больной и голос исследователя оставляют след на магнитной дорожке. А рядом другой прибор на таких же лентах фиксирует частоту, форму, интенсивность электрических сигналов, идущих из глубин мозга. На ленте то частые, то редкие гребни — «щеточки», как их здесь прозвали. Электронно-вычислительная машина будет подсчитывать каждый зубец, сравнивать гребни и целые «щеточки» между собой, ловить узор, чтобы исследователь смог сделать вывод о «поведении» слова в мозгу. Слово произнесено. Слово услышано. Мозг сравни-

вает его с тем или иным понятием, со словами из хранящихся в памяти смысловых наборов. «Лето, весна, зима, осень», — мягко, но настойчиво звучит голос Бехтеревой. Наконец получен ответ: «Времена года», — и пациентка улыбается, ловя ответную улыбку.

Наверное, пытливость, упорство и жизнестойкость у Бехтеревой от деда, а может, и от отца, инженера и изобретателя, умельца с «золотыми руками». Дочь была любимицей. Не боялась черной работы, не страшилась невзгод. С раннего детства увлекалась не куклами, а математикой и занималась по собственной программе. Единственная уступка домашним — училась музыке и прекрасно пела. По-настоящему характер и жизнестойкость проявились, когда осталась с сестрой и братом без родителей, незаконно репрессированных.

С двенадцати лет Наташа воспитывалась в детском доме. Годы ее жизни совпали с трудным в истории родины периодом. Война. Она совсем еще девочка, училась на курсах медсестер, а потом поступила на первый курс мединститута. Война заставила стать врачом. Ей казалось — это пока. Она еще будет математиком. Но потом — аспирантура. Изучение центральной нервной системы. Мозг. Нет, Наталья Бехтерева никогда не была белоручкой и неженкой. Мужской характер? Это обидно.

Вы слышали, чтобы кто-нибудь сказал «умный академик»? Нелепо, правда? А про меня позволяют себе сказать — «умная женщина». Умная женщина. И все тут. Попробуй пробейся. Но ничего. Пробьемся.

Проницательность тоже от деда? Кажется, насквозь видят людей.

Перечень ее работ поражает не столько количеством, сколько неожиданностью тем, новизной трактовки, нетрадиционным подходом. Крупнейшие мировые светила, исследующие физиологию мозга, психику, — Дельгадо, Уолтер, Прибрам приезжают в Институт экспериментальной медицины, чтобы познакомиться с результатами исследований академика

Бехтеревой. Ежегодно здесь проводят не менее двух международных конференций. В объединении «Интермозг» ученые социалистических стран активно сотрудничают, познавая «вторую Вселенную» — человеческий мозг.

Сейчас специалисты уже могут судить, как сочетается определенный рисунок «щеточки» на приборе с определенным словом, то есть какими сигналами отвечает мозг на его произношение. Они уже знают, что каждому слову, которое держит в уме или произносит человек, соответствуют совершенно определенные биоэлектрические перестройки — они назвали их паттернами, от латинского «рисунок» или английского — «след». ЭВМ выделяет паттерны — коды слов и паттерны — коды слогов. Оказывается, у каждого человека есть свой электрический паттерн — код для каждого слова, такой же индивидуальный, как почерк при его написании, как модуляции голоса, манера произносить слова. Это отражение личного опыта каждого человека, накопившего своеобразные, присущие только ему признаки понятий слов. Нередко эти признаки имеют различные входы в мозг и различные в нем представления. Но в то же время у всех психически здоровых людей есть и нечто общее между шифровкой слов и мышлением: «шкаф», «стол», «диван» — «мебель».

Код каждого конкретного слова может быть связан с определенным участком мозга. Со строго определенным своеобразным узором — паттерном этого участка. Но это еще не полный «портрет» слова. Его смысл, как совокупность индивидуального и общечеловеческого опыта, активизирует те области коры и подкорки, где записаны и другие грани понятия, выражаемого словом.

Многочисленные исследования показали, что слова кодируются в мозгу двояко — акустическим шифром, как сложные звуковые сигналы, и по смысловому, «специально человеческому» своему значению.

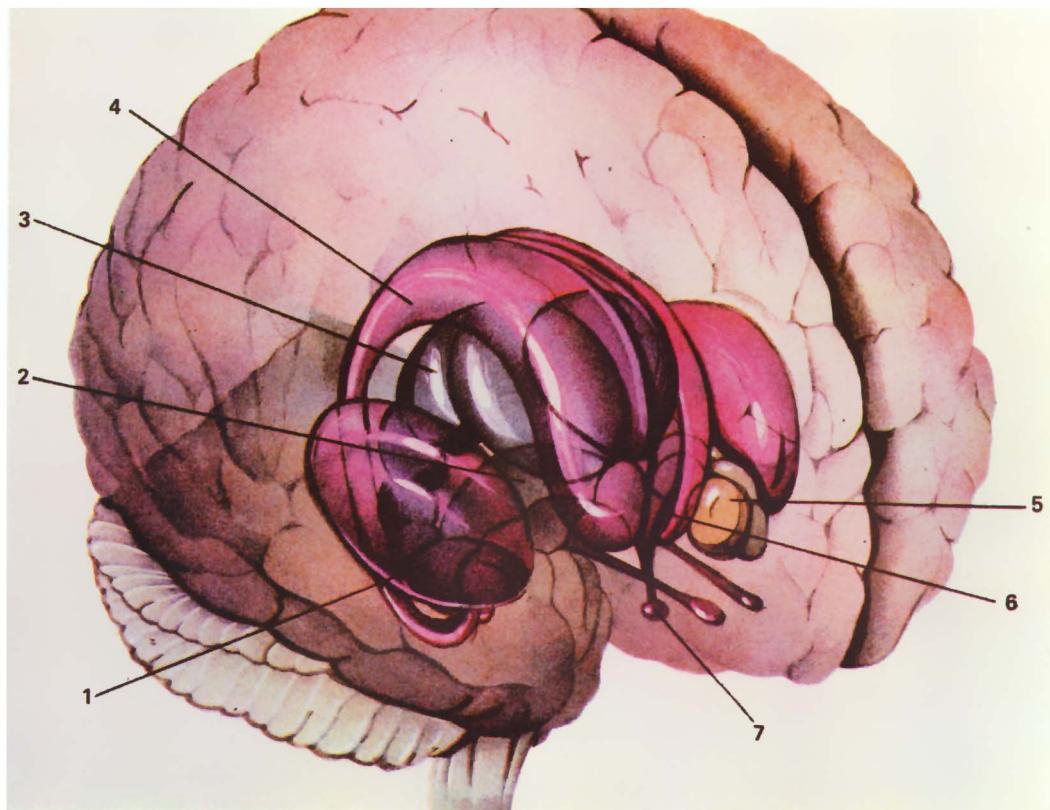
Слово произнесено. Или слово

услышано. Динамика электрических разрядов нервных клеток срочно перестраивается. Меняется частота и группировка разрядов. Меняется характер взаимодействия ансамблей нервных клеток. Но это еще только азбука — самая начальная ступень работы мозга. Чтобы понять смысл фразы, почувствовать красоту поэзии, недостаточно знать азбуку.

После разгадки шифра слов можно переходить на следующую ступень: попытаться разгадать код умозаключений, хотя бы самых простейших из способов принятия решения. Имея в распоряжении паттерны — узоры, служащие эталонами слов, можно по-пробовать найти в рисунке биоэлектрической активности такие же узоры, паттерны — коды того же слова. Чтобы представить сложность работы, скажем, что индивидуальность человека заставляет ученых в каждом отдельном случае для каждого исследуемого лица накапливать свой, только ему принадлежащий запас эталонов.

Наталья Петровна считает, что физически наблюдаемый след простейшей психической деятельности можно сравнить с постепенно раскрывающимся веером. После акустического кодирования идет отбор и фильтрация информации. Потом активизируется смысловая долгосрочная память, код становится не звуковым, а смысловым, затем один за другим как бы раскрываются дольки веера — самостоятельные оперативные единицы психической деятельности, имеющие непосредственное отношение к входному сигналу и требуемому ответу.

Вот когда подтвердилась гениальная догадка великого ума. Бехтерев в свое время утверждал, что смысл слов можно изучать «изменением нервного вещества». Значит ли это, что когда-нибудь станет возможно и мысли, и думы изучить таким же способом? Трудно пока ответить точно. Нужны годы и годы исследований, много сил человеческих и огромные мощности ЭВМ. И все-таки этический аспект волнует: не окажется ли такая власть над человеческим мозгом опас-



Память, чувства, сон, бодрствование, инстинктивное поведение регулирует «эмоциональный мозг», древнейшее образование, расположенное на внутренней поверхности больших полушарий. 1—7 структуры лимбической системы мозга.

ной для личности человека? Наталья Петровна отвечает на это так:

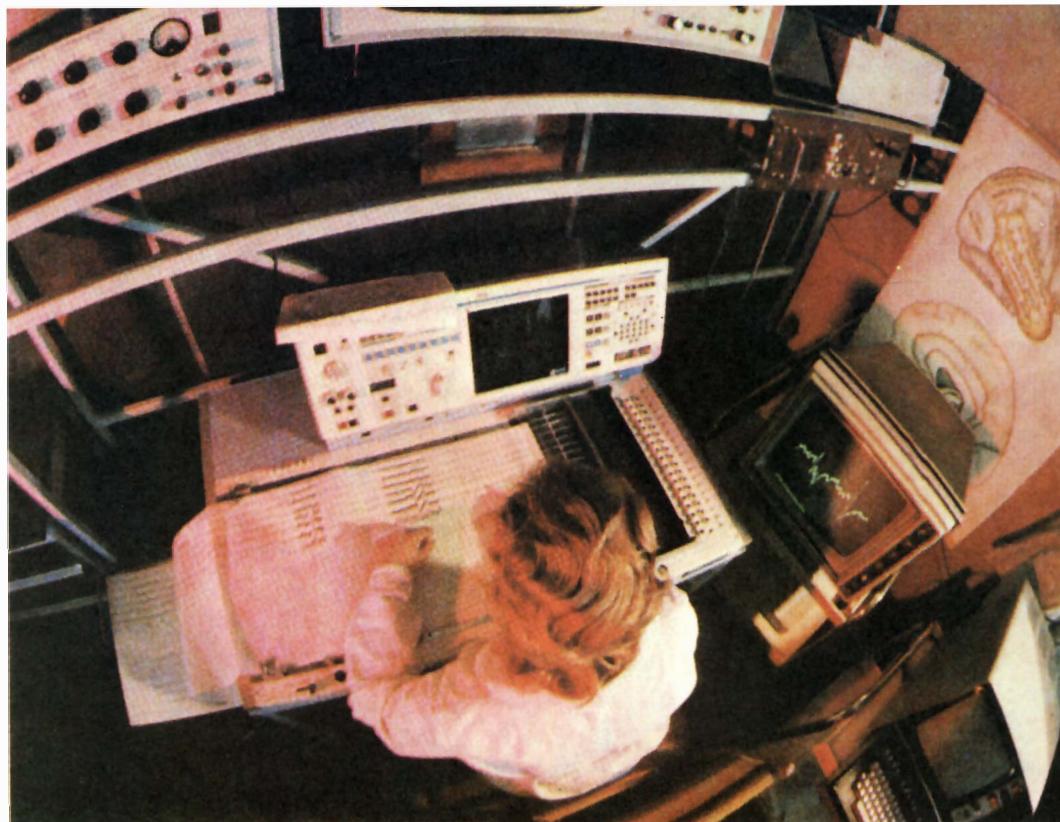
— Каждая следующая ступень в изучении мозга и психической деятельности чрезвычайно важна и для развития естественных наук, и как необходимейшая основа лечения и победы над нервными и психическими заболеваниями. Мы стремимся получить ключи к управлению возможностями мозга. Не исключено, что мы их получим в самом ближайшем будущем. Эта реальная власть над мозгом должна быть использована только на благо. Ведь знание само по себе никогда не может быть опасным. Опасность зависит от рук, в какие оно попадает.

Ученые всего мира, решающие общими усилиями проблемы мозга чело-

века, вкладывающие в эти исследования свой труд и талант, должны сознавать всю ответственность, лежащую на них. Они должны сделать все, что в их силах, чтобы их труд был использован всегда только в самых гуманных целях.

Бехтерев в свое время утверждал, что сознание есть там, где есть память и основанный на ней личный выбор. В нем-то и видел он проявление индивидуальности. В предельном и наиболее ярком выражении это выбор Джордано Бруно между костром и отречением.

Тогда это была только догадка гения. Ныне Наталья Петровна Бехтерева и ее сотрудники могут показать любому, где, в каких ансамблях нервных клеток и каким образом происходит



При длительных и сильных переживаниях наибольшие изменения происходят в первых образованиях «эмоционального мозга».

личный выбор, как именно мозг фиксирует новую информацию и дает ответный сигнал, свидетельствующий о сознании.

Неоднократно побывав в институте, в лаборатории Бехтеревой, видный американский психолог К. Прибрам сказал: «Впервые за много лет я почувствовал, что идеи, которые высказывал великий русский ученый Бехтерев, реализуются: мы изучаем глубинные механизмы поведения человека. Куда мы двинемся? Думаю, к выяснению, наконец, того, что именно делает человека человеком».

Мозг, только мозг делает человека человеком, образует нашу личность. Нашу способность соображать и сопоставлять, конструировать будущее, любить или ненавидеть, быть отчаянно храбрым или робким...

Мозг — самое удивительное образование во Вселенной. И не случайно все большее число виднейших ученых мира объявляют о своем переходе в нейронауку, науку, изучающую мозг и нервную систему. Осторожно, шаг за шагом, словно первооткрыватели загадочной планеты, они нащупывают все новые и новые свойства этого уникального органа.

Разум человеческий расщепил атом, разгадал тайны наследственности, совершил рывок с родной Земли в космос. Но ему еще только предстоит проникнуть в тайны памяти и сознания, познать самого себя. Неизвестного и неожиданного в человеке куда больше, чем определенного. Рывок в познании мозга станет, вне сомнения, самым значительным в истории человечества.



Как слово наше отзовется?

Явление всегда шире теории — даже теории, подкрепленной экспериментом. Тем более такое явление, как мозг — сложнейшее и совершеннейшее из всего, что произвела природа. Возможно, и не будет найдено универсальное и единственное решение загадки нашего «я». Но хочется думать, что сейчас мы очень близки к постижению ее первых ступеней. Что

будет дальше, пока «нам не дано предугадать».

А пока мозг, разум человеческий неутомимо движется по ступеням познания. Вселенная. Солнечная система. Земля. Жизнь. Человек. Общество... Отдельные научные дисциплины и целые комплексы наук посвящены кропотливому изучению окружающего нас бесконечно многообразного мира,

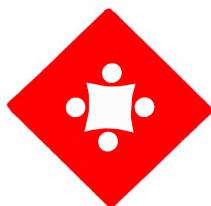
нас самих и присущего нам удивительного дара — познавать, проникая в неизведомое.

Древнейшей науке философии по праву отводится первое место в нескончаемом процессе познания. Недаром в точном переводе с греческого слова «философия» означает «любовь к мудрости». Это наука об общих принципах бытия и познания, об отношении человека к миру. Определяя всеобщие законы развития природы и общества, философия представляет собой обобщенную систему взглядов на мироздание и место в нем человека. И одна из ее важнейших задач состоит в разработке общих методологических принципов

исследований, приложимых к самым разным сферам научных дисциплин.

Таким методологическим принципом является системность, системный подход, с позиций которого окружающий мир рассматривается не как набор отдельных, изолированных друг от друга компонентов, явлений, процессов, а как совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих объектов, системных образований.

О том, что такое системы, чем ценен системный подход, мы узнаем из рассказа известного философа, академика В. Г. Афанасьева, чьи новаторские труды по управлению обществом и проблемам системности получили широкое признание.



ИНТЕРВЬЮ

4



Академик
В. Афанасьев.

ЧЕЛОВЕК
В МИРЕ
СИСТЕМ



— Термины «система», «системность» быстро стали популярными не только в науке, но и во многих областях практической деятельности. Проблема системности в обществе разрабатывается вами, Виктор Григорьевич, уже более двух десятков лет. Хотелось бы услышать из первых рук, что подразумевается под этими терминами и почему системный подход стал столь важен для многих дел.

— Распространение системного подхода в самых различных областях человеческой деятельности, разумеется, не случайно. Успехи современной науки, техники убедительно свидетельствуют, что окружающий нас мир, как материальный, так и духовный, состоит не из отдельных, изолированных друг от друга компонентов — предметов, явлений, процессов, а представляет совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих объек-

тов, то есть определенного рода систем, целостных образований. Поэтому закономерно возникает задача — исследовать эти совокупности, эти системы как сами по себе, так и в их связях и взаимоотношениях с другими системами. Научное познание окружающего нас мира ныне невозможно без раскрытия сущности систем и их многообразных проявлений, классификации их, без четкого у становления их сходства и различия, без вскрытия внутренней диалектики функционирования и развития, их взаимодействия с внешней средой.

Понятно, что системный подход становится все более важным в разных областях, поскольку исследование целостных систем необходимо как для изучения форм движения материи, для классификации наук, для выяснения возможностей применения математических и физико-химических методов при познании различных сторон действительности, в том числе социальных ее сторон, так и для теории и практики моделирования, для создания и использования систем управления и многое другое.

Однако следует помнить, что то огромное методологическое и практическое значение, которое приобрела ныне проблема системности, она имеет не сама по себе, не как некая особая абсолютная «философия системности, целостности», о чем говорят некоторые представители западной философской и социологической мысли, а как одна из многочисленных проблем подлинно научного диалектико-материалистического мировоззрения, как важная грань марксистской диалектики.

Что касается ценности системного подхода, то наибольшее значение он имеет прежде всего при постановке проблем управления. Думаю, что не ошибусь, если скажу, что наличие множественных органичных связей между компонентами системы, между системой и внешней средой, другими системами, как по горизонтали, так и по вертикали, многообразная, весьма сложная и многоплановая стыковка различных сфер деятельности и

различных объектов не дают возможности правильно поставить проблему, ограничиваясь лишь традиционными методами и средствами. При вычное наблюдение, эксперимент в его естественнонаучном виде, и другие средства в данном случае работают слабо или вообще не работают. Только системный подход позволяет охватить во взаимообусловленности разнородные части проблемы, подвести, как говорится, к одному знаменателю и тем самым сложнейшую группу различных проблем представить как единую и всеохватывающую.

— Но она ведь не становится от этого менее сложной, чем каждая из ее составляющих?

— Разумеется, нет. Она остается весьма и весьма сложной, даже зачастую более сложной, чем совокупность отдельных, частных проблем, но зато становится единой. В том-то и ценность подхода, что он позволяет отыскать **единое общее качество**, ту самую основу, на которой строится многогранное здание системы, включающей в себя и приобретающей множество объектов, процессов, явлений на первый, внесистемный взгляд слабо связанных друг с другом.

— А как это выглядит в конкретных областях?

— Как я уже говорил, системный подход чрезвычайно важен в решении вопросов управления. В частности, в создании автоматизированных систем управления, что требует пересмотра не только чисто технических вопросов, определяющих существо управления. Это ведь и новые возможности, появляющиеся с введением АСУ, и изменения организационной структуры и функциональных обязанностей управленического аппарата, состава и форм документов, новые методы стимулирования и многое другое. Без комплексного решения перечисленного круга вопросов эффект АСУ резко снижается и даже может бытьведен к нулю.

Или возьмем применение математических методов в исследовании социальных проблем. Здесь системный подход открывает большие возмож-

ности для развития самой математики, требуя от нее языка, способного выразить сложность и многообразие общественных явлений, а также для развития обеспечивающей научный анализ техники — бурный прогресс электронно-вычислительных машин происходит на наших глазах.

— А как отличают систему от, если можно так назвать, «не системы»?

— Непростой вопрос, но попробую объяснить. Дело в том, что в литературе бытует чуть не 40 определений понятий «система», разнящихся друг от друга. Но обычно под системой понимается комплекс компонентов, взаимодействующих тем или иным образом. Думаю, однако, что большинство подобных определений слишком широки, включают в себя смесь различных конгломератов, свойства которых сводятся к простой сумме свойств составляющих. Согласно подобным определениям, несколько молекул газа тоже система, поскольку присутствие хотя бы двух соударяющихся молекул уже означает их механическое взаимодействие. На самом же деле это еще отнюдь не целостная, а простая суммарная система, так как в результате взаимодействия в ней не возникает качественно новых (интегративных, целостных) свойств. Однако, когда взаимодействует огромная масса молекул, скажем 10^{24} частиц, когда достаточно полно проявляется действие статистических закономерностей, скопление молекул становится термодинамической целостной системой. Она отчетливо проявляет новые интегративные свойства (температуру, давление), которыми отдельные молекулы не обладают. То же самое можно сказать и об ядре атома, самом атоме, молекуле, живой клетке, организме, обществе... Каждая из этих целостных систем обладает новым качеством, несводимым к свойствам или сумме свойств образующих ее частей. Для каждой из них характерны определенные черты, которые не присущи составляющим ее компонентам. Ну, например, молекула воды. Она состоит из атомов водорода и кислорода, однако обладает не толь-

ко отличными от них, но и некоторыми противоположными свойствами.

— Значит, это целостная система. И человеческий организм можно считать системой?

— Безусловно. Живой организм — это целостная система, несводимая к механической сумме образующих его частей. Вспомните Энгельса: «Ни механическое соединение костей, крови, хрящей, мускулов, тканей и т. д., ни химическое соединение элементов не составляют еще животного... Организм есть, несомненно, высшее единство, связывающее в себе в одно целое механику, физику и химию, так что эту троицу нельзя больше разделять».

Таким образом, главное в определении «система» или «не система» — это новое **качество** и то, как это новое качество в системе возникает и как проявляется. Исходя из высказываний классиков марксизма, следует определять целое, систему как совокупность объектов, взаимодействие которых обусловливает **наличие новых качеств, не свойственных образующим ее частям**. В этом прежде всего и заключается отличие целостной системы от простой смеси, от суммарной совокупности частей, например кучи зерна, камней, скопления минералов в земных недрах, которые представляют собой всего лишь соединение соответствующих свойств составляющих частей.

Конечно, интегративные качества системы не всегда очевидны, а тем более могут быть измерены, но они есть, и дело исследователя — отыскать и описать эти качества, используя различные научные методы.

В целостной системе, особенно в системе социального порядка, связь между компонентами настолько тесна и органична, что изменение одних из них, тем более существенных, с необходимостью вызывает то или иное изменение других, а нередко и системы в целом. Столь тесное взаимодействие и взаимозависимость компонентов обусловливает тот факт, что в различного рода процессах, во взаимоотношениях с внешней средой целост-

ная система всегда выступает как нечто единое. Связь между компонентами системы значительно устойчивее, чем связь самой системы или ее частей с другими материальными образованиями.

Целостная система активно воздействует на компоненты, из которых она образована, и преобразует их в соответствии с собственной природой. В результате исходные компоненты нередко теряют некоторые прежние свойства, присущие им до вхождения в систему, а другие их свойства приобретают новый характер. Причем подобные перемены не являются результатом вмешательства каких-то внешних сил, не говоря уже о сверхъестественных, потусторонних силах, а возникают вследствие внутреннего взаимодействия самих компонентов целостной системы. Атомное ядро, например, образовано из протонов и нейтронов. В свободном состоянии протоны и нейтроны представляют собой нечто иное, чем в роли компонентов системы. Свободный нейtron неустойчив и живет относительно недолго, а в атомном ядре он становится устойчивым. Изменяется и масса, которая у атомного ядра отнюдь не равна сумме масс образующих его частиц. Она несколько меньше.

Еще более разительна взаимосвязь компонентов (клеток, органов, тканей) друг с другом и с системой в живом организме. Здесь, писал В. И. Ленин, отдельные части (члены) целого (тела) «лишь в своей связи суть то, что они суть. Рука, отделенная от тела, лишь по названию рука...».

При образовании целостной системы не только возникает новое качество, не только изменяются свойства исходных частей, но при известных условиях могут образоваться новые части, которые до того отсутствовали. К примеру, электроны и позитроны возникают в ядре при переходе ядерных частиц из одного состояния в другое, вызванное особым характером внутриядерных взаимодействий, изменением внутренней энергии ядра. Возникновение новых компонентов в результате взаимодействия исходных

отчетливо проявляется в живых организмах и в человеческом обществе, которые представляют собой специфические, наиболее сложно организованные типы целостных образований.

Здесь важно обратить внимание на некоторую тонкость. Вероятно, уже ясно, что компоненты, части являются непременной принадлежностью системы. Именно из них образуется целое, и без них оно невозможно. И эти компоненты — отнюдь не набор случайных составляющих. Они становятся органичной частью именно этой системы и в этом смысле совместимы, как бы ни были сами по себе разнокачественны и даже противоречивы. Противоречие, единство, сцепление, взаимодействие компонентов утверждают систему в рамках данного качества, обеспечивают функционирование и развитие именно этой конкретной системы. Здесь мы имеем дело со структурой, внутренней организацией системы. Речь, таким образом, идет о системно-структурном аспекте целостности. Если говорить о человеческом обществе, то подобная система целесообразна, то есть стремится к достижению определенной цели. Люди объединяются в различного рода организации, социальные группы, классы. Они образуют конкретно-историческое общество и иного рода системы, которым также присущи определенные общие цели. Цель требует средств, действий по ее достижению. Действия компонентов системы с применением определенных средств для достижения цели есть не что иное, как функция системы. Функции компонентов — это производные функции системы. Наличие в общесистемной цели подцелей, то есть целей компонентов, которые реализуются путем выполнения специфических функций частей системы, — таков еще один аспект системности, который называется системно-функциональным.

Каждая система, образованная своими компонентами, всегда есть компонент другой, более высокого уровня системы. Иначе говоря, никакая система не изолирована пол-



ностью, она множеством нитей связана с самыми различными системами, а также несистемными образованиями. Любая система действует и развивается во внешней (по отношению к ней самой) среде и переплетена множеством коммуникаций. Она постоянно испытывает внутренние и внешние воздействия, не всегда благоприятные. Между тем система развивается и живет иногда весьма и весьма длительное время. Значит, наряду со специфическим подбором компонентов, специфической внутренней организацией есть еще и системосохраняющие факторы. Мы их называем интегративными. Это еще один признак системности, целостно-управленческий, поскольку важнейшим фактором системности является именно управление.

Но управление в живых организмах, и в особенности в обществе, немыслимо без информации, без сведений, которые характеризуют состояние целостности системы в каждый данный момент. Информация — способ связи компонентов друг с другом, каждый из них — со всей системой, а системы с внешней средой. Таков аспект информационный.

— Объяснение исчерпывающее. Теперь и непосвященным легко определить, что является системой, а что нет. Но все же невольно возникает вопрос: а какова природа систем? Существуют ли они в действительности, и объективный мир представляет собой некую совокупность систем, или же это всего лишь игра человеческого разума, умозрительное образование, удобная форма комплексного познания?

— Вопрос закономерный. Кстати, ответы на него давались и даются видными философами весьма и весьма различные. Начиная с Гегеля и по сей день продолжается столкновение мнений. С позиций научного мировоззрения нельзя согласиться с распространенной точкой зрения, согласно которой система является лишь абстракцией, что она не может быть выделена или выделена из вещи каким-либо иным путем, кроме мысленного

абстрагирования. В какой-то степени подобное суждение не лишено смысла. Действительно, любая вещь, процесс, предмет являются собой множество систем. Казавшийся не так давно неделимым, бессистемным атом по мере прогресса науки стал не только сложной системой, но совокупностью нескольких подсистем: ядра — самостоятельной системы, оболочек и т. д. Другими словами, неисчерпаемость материи не позволяет исчерпать все системы, в качестве которых может выступить та или иная вещь. Но в то же время нельзя рассматривать любую данную вещь как нечто податливое, неуловимое.

Если бы каждая вещь в этом мире была податливой и неуловимой, то мы жили бы в какой-то смазанной, расплывчатой неопределенности. К счастью, от нас, от человеческого разума, от способности его абстрагироваться, конструировать связи вещей или игнорировать существующие в объективном мире связи, не зависят объективные взаимодействия вещей и предметов в мире. Мы, конечно, можем заметить и выделить одну связь, а другую навяжем объективной действительности. Но от этого сама действительность, те реальные отношения между вещами и процессами, существующие независимо от силы нашего абстрагирования, системности или бессистемности нашего мышления, ничуть не пострадают и не исчезнут. Реальную, объективную связь вещей можно заметить или не заметить, учесть или не учесть в познании и в практике, но она существует, хотя далеко не всегда сигнализирует человеку о своем существовании. Эта немота, способность вещей заявить человеку о своей структуре, системности, о единстве, целостности составляющих их компонентов, отнюдь не означает, что данная вещь не является системой.

Все дело в том, что каждой вещи присуща своя качественная определенность. И именно потому, что она система, она обладает совокупностью образующих ее компонентов (тоже систем), связанных четкими взаимодействиями, специфическими для них

Системный подход породил и научный метод — системный анализ, применяемый к самым различным явлениям.



противоречиями и различиями в рамках системного единства.

Таким образом понятие «система» является лишь отражением объективно существующих систем с присущими им свойствами и особенностями. Системность — качество объективного мира, и оно ничуть не зависит от того, что человек думает о нем. Ведь и атом, и живой организм, и общество являются системами отнюдь не потому, что человек сконструировал их для решения проблемной ситуации. Физики, химики, биологи, социологи и философы не конструируют системы, а изучают реально существующие, отражая их структуру и функции в соответствующих, придуманных разумом понятиях, категориях, теориях.

— Виктор Григорьевич, вы вначале упомянули, что взгляды ученых на системы, их признаки и назначение чрезвычайно разнообразны, иногда несходны друг с другом. Чем вызвано отсутствие единства взглядов и кто тут прав?

— Прав или не прав — пожалуй, не тот аспект, которым следует руководствоваться. Все дело в том, что сами системы чрезвычайно разнообразны, и это, естественно, не может не отразиться на суждениях о них. Кроме того, в самих системах множество аспектов, и нельзя серьезно упрекнуть ученого, который увидел только тот или иной из них.

Попробуем немного разобраться в классификации многообразных систем, и тогда, может быть, станет

понятнее, почему возникло такое множество взглядов на них.

Прежде всего не все системы целостны. Есть среди них и суммативные, главный признак которых в том, что при включении или выключении компонентов ни сама система, ни ее части не претерпевают сколь-нибудь заметных качественных изменений. Система лишь увеличивается или уменьшается в размерах. Каждый ее компонент автономен, его изменение зависит лишь от него самого, поскольку связи в этом случае чисто внешние и крайне неустойчивые. Конгломераты, смеси, случайные скопления неживых предметов, животных и даже людей могут быть системами, но отнюдь не целостными, то есть не обладающими новым, коллективным качеством. Отличие весьма существенное, но при этом необходимо иметь в виду, что абсолютной границы между целостной и суммативной системами нет. В процессе эволюции материального мира, в результате действия интегративных сил, таких, к примеру, как притяжение в физических и химических взаимодействиях, суммативные системы могут приобрести характер целостности, и наоборот: энтропия, силы дезорганизации влияют так, что целостная система может распасться. Идеи о наличии суммативных и целостных систем весьма давние, идущие еще от Аристотеля.

Что касается целостных систем, то их разнообразие трудно даже перечислить. Отмечу лишь четыре основных класса, различающихся сущностью, характером и происхождением.

Первый класс систем — это такие, которые самостоятельно существуют в живой и неживой природе и в обществе. Ядро атома, атом, молекула, живая клетка, организм, человеческое общество — это как раз те системы, которые человек не создавал, не конструировал. Они возникли и развивались независимо от его целей и воли, и с их существованием нельзя не считаться. Человек познает их, отражает в своем сознании.

Второй класс — системы, если можно так назвать, идеальные, с той или

иной степенью полноты и точности отражающие реальные системы. Их даже иногда называют абстрактными. Эти абстракции объективны по реально существующему источнику, происхождению. Они объективны и в том смысле, что мозг, где формируются мысли и идеи, является материальным телом, высшим продуктом природы.

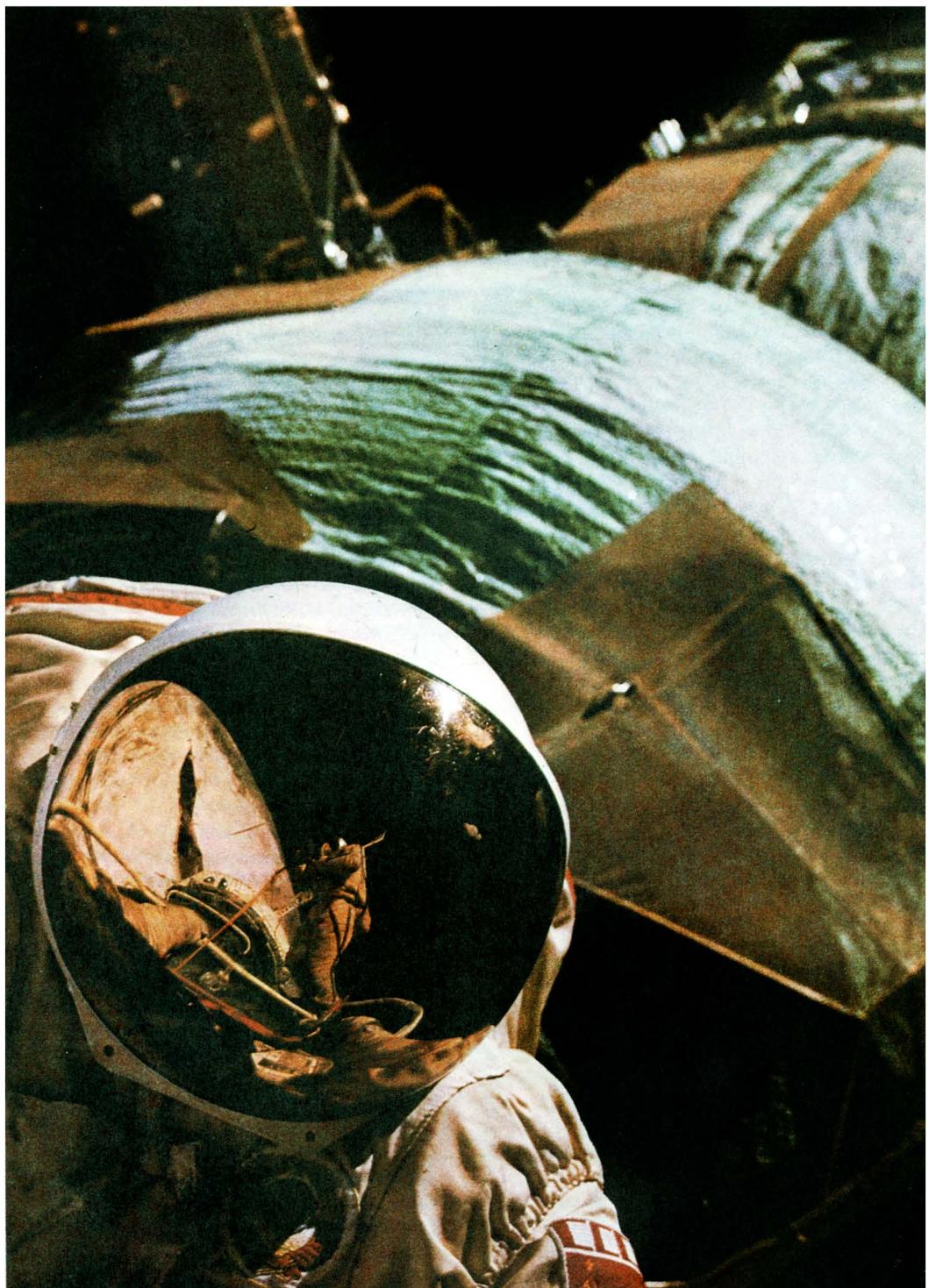
Третий класс — это системы, и их превеликое множество, которые спроектированы, сконструированы и созданы человеком в нужных для него делах и в нужных целях. Мы называем их искусственными системами. Их диапазон чрезвычайно широк — от простого механизма до безлюдных производств и сложнейших организаций. Характерно, что искусственные системы проектируются и конструируются не произвольно, не так, как кому-либо заблагорассудится, а из материалов природы (в том числе созданных человеком) и в строгом соответствии с законами природы.

Четвертый класс — смешанные системы, в которых органически слиты элементы, являющиеся продуктом естественным или общественным, и элементы, придуманные человеком. Наглядный пример — система «человек — ЭВМ».

Безусловно, подобная классификация весьма обща и отнюдь не бесспорна, но все же она вносит некоторый порядок в бесчисленное разнообразие. Имеются и иные классификации.

Надо заметить, что системы в различных классах также вырываются в широчайших границах от простейших до высокой степени, причем наивысшая сложность отличает системы социальные, которым присуще множество самых разнородных компонентов и необычайное богатство видов и способов связей между ними и между системой и окружающей ее средой.

— Но если в мире такое множество разнообразнейших систем и они органично связаны со средой, то возможно ли четко определить границы, где система, а где среда, ее окружающая? Вероятно, вам подобный вопрос



Человек и Вселенная — тесно взаимосвязанные системы.

покажется примитивным, но, в самом деле, если человек — система, а это несомненно, то его среда — биосфера, а биосфера, в свою очередь, ведь тоже, наверное, система. Хотелось бы узнать, по каким критериям разграничивают целостную систему и среду...

— Определение границы между целым и средой, внутренним и внешним вовсе не примитивно и очень не просто. Даже живые организмы, которые, как правило, резко очерчены в пространстве, не всегда легко ограничить от окружающей среды. Нелегко, к примеру, сказать, принадлежит ли организму или среде остаточный воздух в легких, обlinявшие перья птицы или раковина улитки. Когда, при каких условиях они входят в состав целостной системы, а когда не входят... Определение границ усложняется еще и тем, что система зачастую связана с другими предметами и явлениями посредством различного рода полей, иногда распространяющихся на большие расстояния. Да и связь между целым и средой порой бывает настолько тесной, что сразу и не скажешь, принадлежит тот или иной объект к данной системе или к среде.

Если объект воздействует на систему, если система не может существовать без этого объекта, то не следует ли отнести его к ней? С другой же стороны, если объект, будучи в составе системы, входит в нее недостаточно органично, то, может, стоит вывести его из системы и счесть принадлежностью среды? Некоторые философы, например американские А. Фейджин и Р. Холл, отрицают наличие какого-либо разграничитывающего критерия и считают, что все существенно зависит от точки зрения. На наш взгляд, критерий существует. И заключается он в участии или неучастии того или иного объекта в созидании целостных свойств, в характере и степени этого участия.

К целостной системе относятся только те объекты, которые принимают **прямое, непосредственное участие в созидании свойств целого**. Взаимодействие этих объектов и создает це-

лое со всеми его качественными особенностями. Руководствуясь таким критерием, мы можем считать, что ни остаточный воздух в легких, ни линяющие перья птицы не являются компонентами живого: в созидании и поддержании жизни, в сохранении целостности организма они участия не принимают. Эти отходы жизнедеятельности — компоненты внешней по отношению к организму среды, причем той ее части, которая не оказывает на живое сколько-нибудь существенного влияния. Иное дело раковина улитки. Она органическая часть целого, поскольку играет важную роль в сохранности самого организма.

Те внешние по отношению к системе объекты, которые участвуют в формировании свойств опосредованно через отдельные компоненты или систему в целом, относятся к среде. Таковы окружающие живой организм объекты живой и неживой природы, служащие материалом для поддержания жизни и сохранения целостности организма. Они становятся компонентами живого, формируют его качества, но не сами по себе, в своем естественном виде, а только через живой организм. Вода, воздух, продукты питания — элементы внешней среды, они поддерживают жизнь посредством множества биохимических реакций, проходящих ежесекундно в самом организме.

Очевидно, что характер и степень участия того или иного объекта в формировании целостных свойств системы установить не всегда легко и просто. Однако в процессе познания системы и окружающих ее условий человек приходит ко все более точному разграничению целого и среды и включает или не включает в понятие целого те или иные объекты в соответствии с действительным положением вещей.

Отношение к среде, взаимодействие со средой — важный показатель прочности, устойчивости целостной системы, поскольку понятие «целостность» предполагает относительную замкнутость, ограниченность от внешних условий. В то же время гибкость по отношению к среде служит свиде-

тельством пластичности системы, без которой ее сохранность при постоянно меняющихся внешних факторах немыслима. Пластичность подразумевает подвижность, способность к перестройке, перегруппировке частей целого в зависимости от изменения внешних условий. Чем пластичнее целое, тем выше его приспособляемость, тем быстрее и эффективнее оно преодолевает любые перемены, отводит от себя опасность, сохраняет систему неприкосновенной.

Понятно, что пластичность в наиболее яркой форме присуща лишь живому и социальному целому, причем степень пластичности, мобильность одной и той же системы на разных стадиях ее развития неодинаковы. Живой организм, например, менее устойчив, более пластичен в начальной стадии развития, чем во взрослом состоянии.

Различные системы по-своему взаимодействуют со средой, требуют различных условий для своего существования. Одни относительно замкнуты и мало подвержены внешним воздействиям, другие — например, многие физические и химические системы — обмениваются со средой только энергией, третьи — к ним относятся живые организмы и общество — материей, энергией и информацией.

Чем сложнее, чем организованнее целое, тем более точно очерчен круг внешних факторов, необходимых для его функционирования, тем разнообразнее взаимодействие со средой и чувствительность к окружающим условиям. Но одновременно (с повышением уровня организации) возрастает и автономность целого, независимость его.

Неживая целостная система, взаимодействуя с внешними факторами, разрушается, поглощается, ассимилируется средой. Живая — приспосабливается к ней и приспосабливает среду, сохраняя свою целостность в условиях самых разнообразных изменений. Человек, будучи в сущности своей социальным целым, не только сохраняет свою целостность и целостность тех общественных систем, кото-

рые он образует, но и изменяет среду, переделывает ее в соответствии со своими интересами и потребностями.

По разному взаимодействуют со средой не только различные системные образования, но и одна и та же система на различных ступенях своего развития. Неодинаково реагируют на внешние воздействия различные части одной и той же системы. Одни из них более чувствительны, как, например, рецепторные органы животного и растений, другие менее, а третьи вообще инертны и испытывают колебания среды лишь через сложную цепь опосредованных сигналов. Знаменитый физиолог академик И. П. Павлов в свое время очень точно охарактеризовал роль среды для живых организмов, подчеркивая, что грандиозная сложность как высших, так и низших организмов остается существовать как целое только до тех пор, пока все ее составляющее тонко и точно связано, уравновешено между собой и окружающими условиями...

— Очень точно. И в этой связи любопытно, что сейчас весьма популярна медицинская теория, называющая причиной большинства заболеваний человека именно расбалансировку механизмов приспособления к окружающим условиям, подтверждающая как раз то, что вы проанализировали с системных позиций...

— Роль внешней среды в развитии не только каждого живого организма, но и популяции в процессе эволюции трудно переоценить. Это ведь не только фактор дифференциации, но и фактор объединения компонентов системы, их стандартизации, унификации. Относительно одинаковые условия требуют и относительно устойчивого строения, взаимодействия компонентов, реагирования.

Обязательно нужно учитывать, что воздействие среды способствует сохранению и развитию системы лишь в определенных пределах, выход из которых приводит к серьезному нарушению структуры целого и даже к его разрушению. С этой точки зрения медицинская теория гомеостаза — по-

стоянства внутренней среды организма — весьма справедливо судит о последствиях дисбаланса.

Надо не упускать из внимания и то, что прогрессивное развитие той или иной целостной системы, повышение ее организации, как правило, связаны с постоянным притоком материи и энергии из внешнего мира. Таким образом, способность к поступательному развитию, присущая всей материи, любой целостной системе, превращается в действительность только там и тогда, где и когда для этого имеются благоприятные условия, то есть приток материи и энергии, необходимый для перехода в более организованное состояние. Поэтому чрезвычайно важно в познании учитывать зависимость свойств системы как от внутренних факторов — состава и структуры, так и от процессов, происходящих в окружающих ее условиях, — того необходимого фона, без которого развитие целого невозмож но. Это относится и к живым, и к не живым образованиям. Признание значения и учет внешнего фона при изменении целостных систем отличает современную науку. В физике, например, об этом свидетельствует присутствие в физических представлениях различного рода полей, которые выступают в качестве неотъемлемой черты определения характеристик как всех элементарных частиц, так и целостных системных образований — от атомного ядра до скопления галактик. Как полагают некоторые ученые-физики, частицы и поля связаны настолько тесно, что они, по-видимому, являются лишь разными сторонами более глубокой целостной сущности, характер и структуру которой еще предстоит раскрыть.

И все же значение внешней среды, как оно ни велико в функционировании целостных систем, не следует абсолютизировать. Специфика целого, его сущность определяется прежде всего внутренней природой образующих его компонентов, характером их внутреннего взаимодействия. Без них целое никогда не было бы тем, чем оно является. Внешние воздействия

всегда преломляются через внутренние особенности целого.

— До сих пор мы говорили в основном о системах, так сказать, естественнонаучных, но хотелось бы выяснить и более сложные взаимоотношения, в частности особенности развития социальных систем в их взаимодействии с окружающей средой. Я имею в виду человеческое общество, тем более в наш век научно-технического прогресса, урбанизации.

— Будучи частью природы, объективно существующей действительности, высшей, наделенной разумом формой материи, человеческое общество является собой сложную целостную систему, которая всегда и в каждый момент времени находится в активном динамическом взаимодействии с природной средой. Только взаимодействуя с природой, общество может существовать. Ведь у природы оно черпает в конечном счете необходимые ему для жизни и развития средства. Ассимилирует вещество и энергию, преобразует их в соответствии с собственной сущностью, превращает природное в социальное. Перефразируя известное высказывание знаменитого нашего соотечественника физиолога и микробиолога И. М. Сеченова, можно сказать: общество без внешней среды, поддерживающей его существование, невозможно.

Природная среда — необходимое условие не только существования, но и развития, активности социальной системы, хотя в этом она несравненно превосходит системные образования живой природы.

Исторически природа предшествовала человеку, породила его. Она была и остается основой и первоисточником его существования. Но природа — и объект активного воздействия человека, преобразования путем производственной деятельности. Средством воздействия человека, общества на природу служит техника. Человек как биологическое существо — неотъемлемая часть природы, как существо общественное — часть общества, часть социальной системы.

Природа тоже воздействует на общество, но ее воздействие стихийно по своей сущности. Природа, географическая среда оказывает на развитие двоякое воздействие. Благоприятные условия (наличие полезных ископаемых, лесов, рек, здоровый климат) способствуют успешному развитию, и наоборот. Здесь следует подчеркнуть, что одна и та же среда по-разному воздействует на конкретную социальную систему. Дело в том, что состояние среды в разные периоды времени бывает неодинаковым: то более, то менее благоприятным. Изменения эти — разумеется, естественные, — как правило, постепенны и зачастую едва заметны. Однако мы все хорошо знаем, как каприсны и изменчивы, скажем, погодные условия в разные годы и месяцы в одних и тех же географических пунктах, в тех же регионах Земли, поэтому общество вынуждено быстро реагировать на эти изменения, используя благоприятные из них и нейтрализуя неблагоприятные. Вспомним необычные морозы, которые охватили Европу в 1978—1979 годах, причинив множество неприятностей и убытков, в том числе нашей стране. А засухи, уничтожившие значительную часть животного мира в африканских странах, или катастрофические землетрясения, как это случилось в 1985 году в Мексике! Поистине бедствия для общества, потребовавшие огромных усилий и дополнительных резервов, чтобы сохранить нормальную жизнь людей.

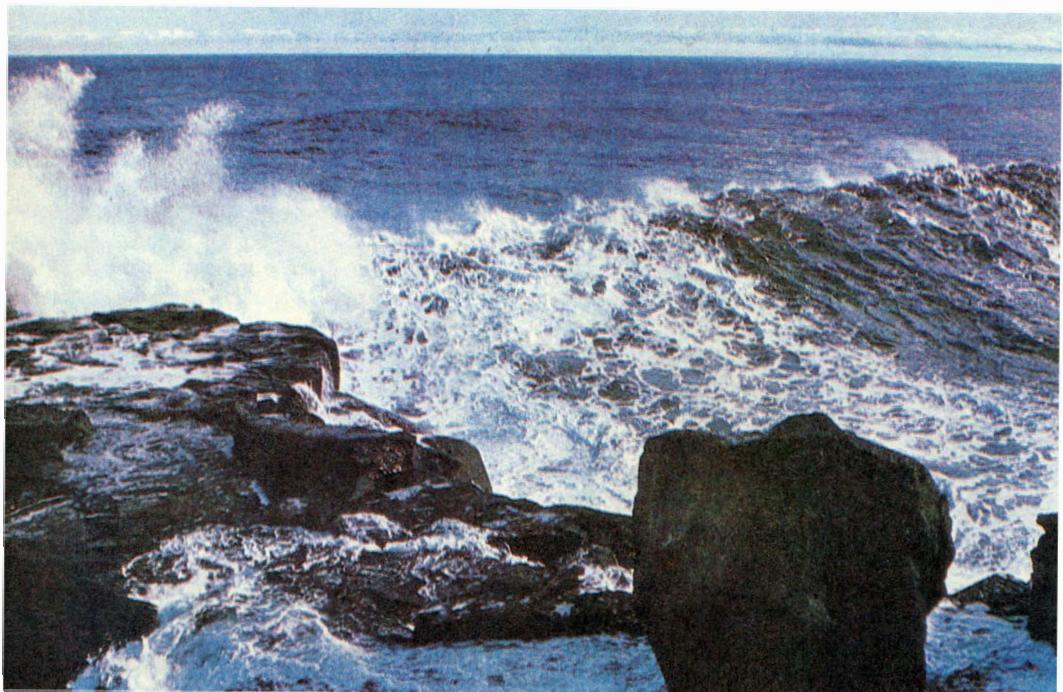
— Следует ли из этого, что границы социальной системы — общества — и природной среды нечетки и иногда эти системы можно считать едиными?

— Границы, вне сомнений, некоторым образом размыты. Ведь многие элементы среды в их непосредственном, так сказать, первозданном виде обретают социальное качество, вовлекаясь в орбиту человеческой деятельности. Вот и возникает соблазн включить какие-то элементы природной среды — скажем, богатства подземных кладовых или источники пресной воды — в общественную систему в качестве компонентов вещественного

порядка. Думается, подобному соблазну поддаваться не стоит. Ведь это приведет к смешению внутреннего и внешнего, к отрицанию различий между социальной общественной формой существования материи и другими ее формами, между качественной спецификой общества и природы.

Общество не растворяется в природной среде, а сохраняет относительно постоянными свои системные характеристики. Но поскольку общество и природная среда органично взаимосвязаны, причем в результате их взаимосвязи возникает качество, не присущее ни природе, ни обществу в отдельности, а именно — «очеловеченная природа», есть основания говорить о метасистеме, которая получила название «ноосфера». Определение дано великим ученым и мыслителем В. И. Вернадским, который указывал, что биосфера переходит в новое эволюционное состояние — в ноосферу, перерабатывается научной мыслью социального человечества. Именно Вернадский впервые обобщил эволюцию планеты Земля как единого космического, геологического, биогенного и антропогенного процесса, показав огромную преобразующую роль человеческой мысли, науки, ее все возрастающее воздействие, приобретающее поистине геологические масштабы. Отмечая все большую независимость власти разума от различных природных факторов, он призывал всемерно беречь сложившееся в природе, в биосфере равновесие.

Характерно, что в самом названии «ноосфера» (от греческого *noos* — «разум» и — «сфера») заключена необходимость разумного научного подхода к организации взаимосвязей общества и природы, несовместимого с чисто потребительским, а тем более хищническим подходом к ней. Ноосфера — это такое единство природы и общества, в основе которого лежит общество, поскольку разумная человеческая деятельность является доминирующим фактором. Характерно, что многие вещественные компоненты об-



Тонко отрегулированы между собой все системы природы.

щества являются теми или иными компонентами среды, преобразованными человеком и в процессе общественного производства обретшими социальное качество.

Природная часть ноосфера включает в себя не всю природу, а лишь те ее составляющие, которые освоены обществом, в той или иной мере испытывают его воздействие, так или иначе ассимилируются, нейтрализуются или отвергаются им.

К числу факторов ноосферы относятся сокровища недр, почва, вода (неживая земная природа), растения и животные, а также космические факторы — пока в основном околосолнечное пространство, в которое уже проник человек и которое ему служит. За последние годы космические компоненты ноосферы интенсивно расширяются — успешно исследуется пространство около других планет Солнечной системы.

Воздействие общества на природную среду огромно и принимает все большие масштабы. Но оно не без-

гранично и далеко не безопасно для самого общества. Каждая из так называемых «побед» над природой, давая те последствия, на которые мы рассчитывали, имеет еще и совсем другие, непредвиденные последствия, которые зачастую уничтожают значение первых. Примеров тому не счесть. Скажем, бездумное землепользование, когда после первых больших урожаев происходит эрозия и разрушение почв, бесконтрольное применение ядохимикатов против вредителей, когда отравляются полезные насекомые, птицы, животные и даже человек.

В природе все взаимосвязано и тонко отрегулировано, поэтому воздействие на какой-то ее отдельный компонент приводит порой к цепной реакции, разрушению сложившегося экологического порядка.

— Сейчас мы это, к сожалению, наблюдаем чаще, чем хотелось бы. Стремительный рост производства, огромные города, массовые загрязнения водных источников и воздуха —

все это вносит диссонанс в экологическую обстановку. Поэтому все больше внимания стали обращать на взаимоотношения природы и общества, на улучшение экологического климата, если можно так назвать. XXVII съезд КПСС уделил этой проблеме особое внимание, это даже вошло в новую Программу КПСС.

— Разумеется, это предмет первой заботы в нашей стране, поскольку проблема стоит весьма остро не только в экономическом и социальном, но и в нравственном смысле. Ведь речь идет о природе — колыбели человечества и общества, колыбели вечной, из которой вырваться не дано, какой бы высокой ступени развития общество ни достигло. Не дано и не надо, потому что человек родился в этой колыбели, необычайно прекрасной, бескорыстной и богатой. Об этом полезно помнить и сейчас, когда гигантские заводы производят продукты, о которых природа и знать не знает, когда могучие электростанции затмевают порой яркость небесных светил, а космические аппараты приближают нам далекие миры. Человек поворачивает вспять реки, создает рукотворные моря, вгрызается стальными бурами в глубокие недра земли, извлекает гигантскую энергию из атомного ядра, распахивает массивы в десятки миллионов квадратных километров. В своей неутомимой деятельности он стремится охватить не какие-то отдельные участки, а всю биосферу, всю среду своего обитания.

Природа безмолвна. Но она небезразлична к этому бурному натиску и реагирует на него своими собственными средствами. Она разрушается, внося диссонанс в функционирование и развитие общества. Она грозит лишить общество тех вещей, без которых социальная жизнь невозможна,— воды, сырья, энергии, пищи.

В свою очередь, общество накопило чудовищные разрушительные ядерные силы, способные взорвать всю планету, уничтожить биосферу. Поэтому сегодня надо принимать экстренные меры, и не только усилиями од-

ной или нескольких стран, но усилиями всего человеческого общества, чтобы прежде всего предотвратить опасность ядерной войны и сделать все возможное для защиты и сохранности единственного места своего обитания — биосфера планеты Земля.

— Западные средства массовой информации часто пишут, что в конфликте природы и общества виновато не общество, а объективное развитие науки и техники, которым тесно в рамках существующих природных условий, которым все больше и больше нужно от природы. В общем, «демон» научно-технического прогресса, облегчая и улучшая жизнь людей, неизбежно вступает в конфликт с природой и разрушает ее. Прогресс не остановить, поэтому деградация природы неизбежна. Так ли это?

— Прогресс научно-технический, конечно, не остановить. Но нельзя, ни в коем случае нельзя забывать, что технику делает общество, человек. От того, какова эта техника, кто ее делает и в каких целях применяет, в решающей степени зависит судьба природы, а значит, и человечества. Разумеется, трудно говорить о гармонии общества и природы в условиях частнособственнического предпринимательства, где кое-кому хочется выжать из принадлежащего ему куска земли все, что возможно и невозможно. Неважно, что при этом калечится и опустошается не только его земля, но и земля соседей...

Сейчас, например, на западе Европы многие высказывают сожаления о том, что сказочный Рейн превратился в грязный, зловонный поток. Кто виноват в этом? Отнюдь не жители прирейнских сел и городов, а монополии, чьи предприятия бесконтрольно и безнаказанно отравляли воды Рейна отходами своих предприятий.

Социалистический строй представляет большие возможности для гармоничного взаимодействия с природой, для ее сохранения без ущерба для научно-технического прогресса. К сожалению, эти возможности до сих пор реализовались крайне ограниченно, а то и вовсе не реализовались.

Мы долгие годы были беспечны и расточительны, а лозунг «любой ценой» давал простор антинаучным и антиэкономичным манипуляциям с дарами природы. И по сей день многие проблемы, острые экологические проблемы, зачастую трактуются как чисто технические: утилизация отходов, сбережение ресурсов, очистка сточных вод и так далее. Между тем при огромном влиянии современного развития техники на природу жизненно важно со всей тщательностью научно выверять, где и как применять технические новшества, чтобы получить максимум пользы для народного хозяйства, а значит, и для сложившихся тысячелетиями природных условий, экологического баланса. Пренебрежение этим важнейшим правилом уже привело ко многим потерям и бедам. Достаточно вспомнить трагедию Чернобыля, экологический кризис Приаралья, уничтожение рыбных богатств Волги, Дона, Урала, преступление на Кара-Богазе. А сколько невосполнимых потерь понесла страна из-за односторонней ориентации огромных территорий Сибири на

гидроэнергетику, монокультурного хлопкового крена в Средней Азии, гипертрофированного развития Москвы?

Задача сегодня состоит в том, чтобы ни один технический проект не осуществлялся без всесторонней объективной научной экспертизы, без четкого ответа на вопрос: «А что будет, если...»

Законодательно закрепляя в новой Конституции (статья 18) разумное и гармоничное взаимодействие с природой, мы должны во всем проявлять мудрую заботу не только о настоящем, но и о будущих поколениях людей, ведь социализм — общество, устремленное в будущее. Природа в новом обществе должна быть такой же прекрасной, как и само общество. Общество, техника и природа призваны жить в мире и полном согласия, и обеспечить такое согласие обязан человек, его разум и здравый смысл.

Экологическая культура — не просто модный термин, но жизненная необходимость для дальнейшего нашего существования.



ОЧЕРК ОЧЕРК

7



КАК ЧИТАЮТ КНИГУ ЖИЗНИ



Обгоняя друг друга, совершенствуются науки и порожденная ими техника. Жить в мире, в гармонии и добром согласии с природой — такую задачу поставили перед собой представители разных направлений науки о живом — биологи.

На наших глазах совершается стремительный качественный скачок в постижении тайн живого. Биологические дисциплины, обув волшебные семимильные сапоги — вооружившись ин-

струментами и точными методами физики и химии, — быстро догоняют и обгоняют точные науки в познании творца живого — природы.

Пожалуй, не будет преувеличением считать самой модной сейчас наукой биоорганическую химию. Проще говоря, химию жизни, живого. Вдумайтесь: химия — наука о составе и строении вещества, а тут — сама жизнь. Хотя термин и возник на наших глазах и мы даже можем себя

считать не просто свидетелями — участниками рождения этой новой отрасли биохимии, все равно поразительно. Сенсационные открытия последнего времени: прочитаны структуры многих белков — «кирпичиков» живой клетки, и не просто прочитаны, а воспроизведены «в пробирке» и переданы для промышленного производства, выделены и изучены десятки сотен вирусов, расшифровано и доступно для манипуляции вещество наследственности, — еще лет двадцать назад все это считалось чудесами. Сегодня в Москве, в Институте биоорганической химии Академии наук СССР, каждый день занимаются такими делами как рутинной работой: из живых «кусочков» складывают «буквы», затем «слова», из «слов» — «фразы», чтобы научиться бегло читать Книгу жизни.

Биоорганическая химия не смогла бы развиваться без помощи и теснейшей взаимной связи с молекулярной биологией, биофизикой, просто биологией, даже медициной и фармакологией, классической физикой и химией — словом, всем тем комплексом наук, что ныне объединились для единых целей. Сотни институтов, центров, лабораторий во всех странах мира заняты ныне этой самой увлекательной и перспективной отраслью знаний, дающей быстрый и непосредственный выход в практические дела.

В СССР координирует работу разветвленной сети научно-исследовательских учреждений биохимического и биофизического профиля специальное отделение президиума Академии наук СССР, а в 1986 году создано объединение «Биоген», основателем которого был академик Ю. А. Овчинников, умерший в 1988 году.

Об Овчинникове рассказывать трудно. Вся его биография умещается на одной странице. И здесь дело не в раннем уходе из жизни. Овчинников был натуралистом противоречивой, неоднозначной. Одаренный ученый и жестокий, порой до беспощадности, руководитель. Трезво мыслящий исследователь и нетерпимый к другому, чем у него, мнению человек...

На первый взгляд все укладывается в привычную схему: родился — учился — работал. Сначала Москва. Потом война, эвакуация с матерью и младшим братом и сестрой в сибирское село. С четвертого класса — Красноярск, центр Восточной Сибири. Там и окончил среднюю школу с золотой медалью, и за тысячи километров — в Москву, совсем один. Сразу же, с первого захода поступил в Московский государственный университет, на химический факультет.

На третьем курсе надо было уже думать о специализации. Неожиданно для всех душа общества, заводила всех университетских «капустников», веселый, обаятельный парень Юра Овчинников попросился к преподавателю Юрию Александровичу Арбузову. Уже немолодой, малообщительный, «застегнутый на все пуговицы», как говорили за глаза студенты, Арбузов беспощадно ставил двойки даже после праздников и никогда не искал популярности. У него не было ни одного дипломника, ни одного аспиранта.

— Вы совершаете ошибку, — сухо ответил Арбузов, когда Овчинников попросил разрешения работать в его лаборатории. — У меня никто не работает. Я вас измучаю...

«Но я влюбился в него сразу и на всегда, — вспоминал Юрий Анатольевич. — За внешним обликом сухаря и педанта скрывалось огромное душевное богатство, неисчерпаемый кладезь знаний. Этот человек удивительно серьезно, прямо-таки истово относился к своему делу. В его лаборатории, 18-метровой комнатушке, мы просиживали иногда за полночь, не жалея ни сил, ни времени, чтобы добиться нужного эффекта. Арбузов требовал кристальной, абсолютной чистоты в эксперименте и нередко затрачивал вдвое больше времени, чтобы получить отрицательный результат и тем самым еще раз подтвердить положительный. На примере из обычной жизни это выглядело бы так. Точно знаешь, что в ящике десять яблок, берешь оттуда четыре, и, само собой разумеется, остается

шесть. Вот этого «само собой разумеется» Арбузов не признавал и требовал опытным путем доказать, сколько и чего именно осталось».

Арбузов был тем, кого называют «чистым химиком». Его интересовала только сама реакция, ее ход, ее особенности. Ему принадлежит честь открытия новой реакции по синтезу так называемых гетероциклических соединений (из природных к ним относятся хлорофилл, гемин крови), они нужны для получения лекарств. Однако Арбузов этим не занимался. Только чистая органическая химия — и ничего больше. Синтез лекарственных природных веществ он поручил Овчинникову, дал ему такую тему дипломной работы.

В тесной лаборатории то приятно пахло резедой, то некуда было спастись от резкого запаха чеснока, хотя ничего подобного никто туда не приносил. Щипало глаза, резало в носу и горле — исходные вещества попадались то слезоточивые, то вообще ядовитые. Овчинников из «неживых» химических материалов получал природные соединения — производные пирролидинов.

Давно был забыт театр. Чемпион МГУ по борьбе 18 часов в сутки проводил, склонившись над колбами или над раковиной, лаборанта не было, и химическую посуду отмывали сами. На тренировки по плаванию тоже ходить стало некогда. Арбузов никогда не упрекал, ничего не говорил, но всем своим поведением показывал: для ученого может существовать только «одна, но пламенная страсть». Если заниматься наукой, то всерьез, без остатка, без оглядки. И это даст счастье.

«Я испытал удивительное чувство — меня сердило и раздражало, что наступает вечер и надо отрываться от работы. А утром едва успевашь дождаться, пока доберешься до своих колб и сможешь увидеть нечто не доступное пока никому, кроме тебя», — вспоминал это время Овчинников.

И вот наступила пора аспирантуры. Кстати, места аспиранта для Овчинникова тоже добился Арбузов. Ни-

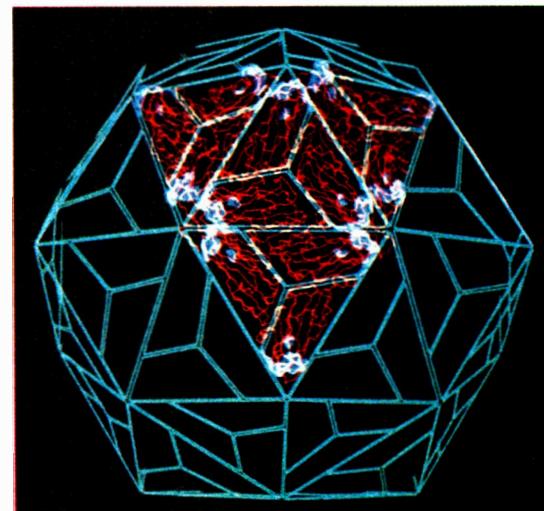
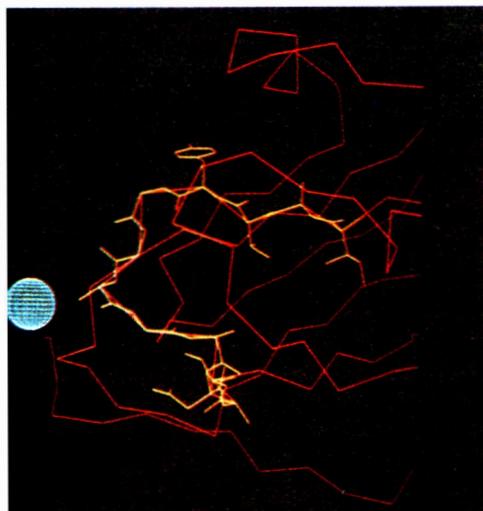
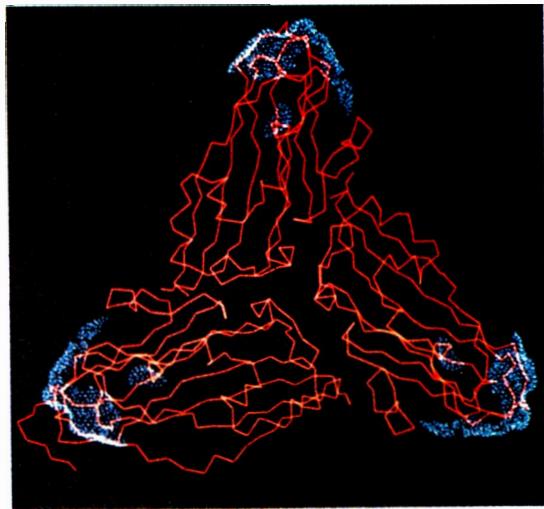
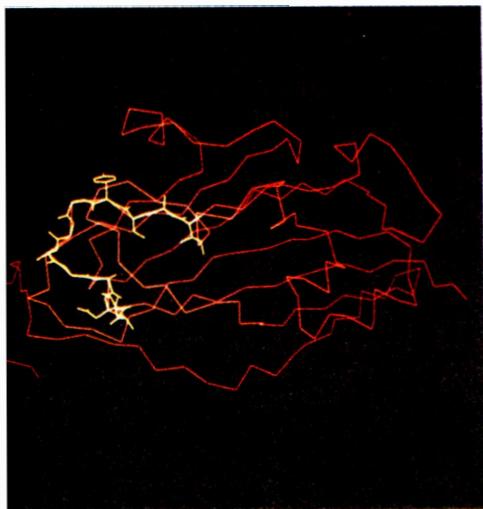
когда ни у кого не просивший об одолжении, он ходил ради своего ученика к академику Несмиянову. Им даже дали лаборантку. Стало легче со временем. Пришли два дипломника — сколачивался коллектив. Само собой разумелось, что тема в аспирантуре будет продолжаться та же. Но тут вдруг Арбузов принял неожиданное решение.

Пригласив Овчинникова к себе домой, он заявил:

— Все, что мог вам дать, я дал. Вы знаете, я немного старомоден. Эксперимент знаю хорошо. Проблематику — недостаточно. Вас все затягивает в медицину. Это правильно. У химии сейчас два пути. Она должна идти либо в практику — в промышленность, либо в биологию. Химики, работающие сами на себя, подобны калейдоскопу, создающему бесконечное разнообразие фигур без значения и выхода. Вы пойдете работать в новый Институт химии природных соединений, к Шемякину.

Так в жизни Юрия Овчинникова появился второй учитель — Михаил Михайлович Шемякин, будущий академик и директор института. Арбузов остался в университете. Он не мог, да и не собирался перестраиваться. Он просто выпустил своего птенца в полет.

Разница между работой в учебной лаборатории, пусть даже университетской, и в современном научно-исследовательском институте примерно такая же, как если вначале плавать на катере, а потом встать за штурвал океанского лайнера. Первоклассные ученые, владеющие методикой и новейшей техникой, занимались стереохимией — пространственным строением молекул, так как от расположения их деталей в пространстве зависели способы их синтезирования. Работа была захватывающе интересной, хотя учиться пришлось серьезно и почти заново. Биоорганическая химия еще только поднималась. Тем не менее за короткий срок с коллективом химиков удалось полностью синтезировать антибиотик тетрациклин, ныне всем известный важнейший лекарст-



Причудливы формы, определяющие жизненное назначение «коротких» белков — пептидов.

венный препарат. Казалось, все решено. Работа эта получилась, тема увлекательнейшая. Ведь антибиотики так загадочно, так фантастично устроены!

Но вышло все иначе. Шемякин вызвал и сказал:

— Тетрациклин бросить. Заниматься будете пептидами — маленьими белками-связками.

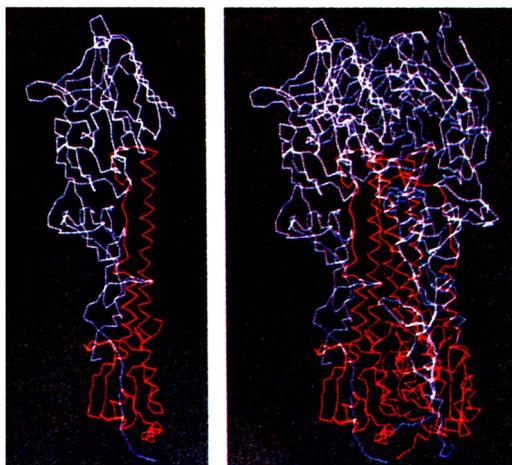
Никакие доводы, никакие мольбы, ссылки на научную увлеченность не помогли. Надо было знать Шемякина.

Это был человек необычайно талантливый, но бурных, неуемых страстей — и в науке, и в жизни. В нем постоянно бушевало пламя, и он, как никто, умел зажигать других. Он не признавал ни компромиссов, ни полутона и, если надо, готов был сломать чужую волю, но заставить сделать по-своему — у него было на это высокое право и высокая ответственность, он умел смотреть вперед. Может, это самое важное для руководителя научного коллектива.

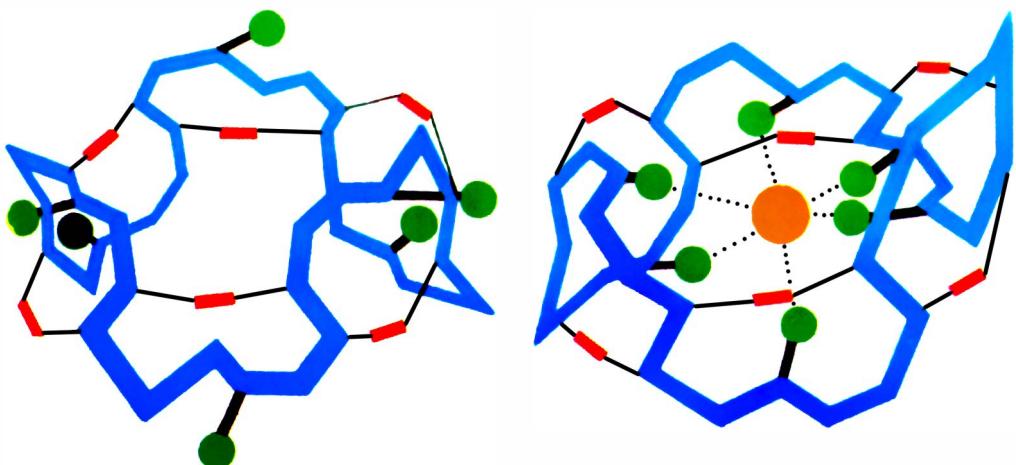
В тот раз, как и всегда, он был неумолим.

— Ну что белки, это же скучно — простая цепь, — пытался сопротивляться Овчинников.

— Белки — это сама жизнь. С ними не может сравниться никакой другой класс веществ. Они могут практически все, причем легко и просто. Все жизненно важные процессы организма проходят с непосредственным участием белков и контролируются ими. Ферменты — химические стимуляторы; защитные белки — антитела и интерфероны; структурные белки — строительный материал для мышц и костных тканей, биологические «гонцы» — гормоны, передающие сигналы управления и регулирования; тран-



Сложная молекула гемоглутанина — вещества, входящего в кровь.

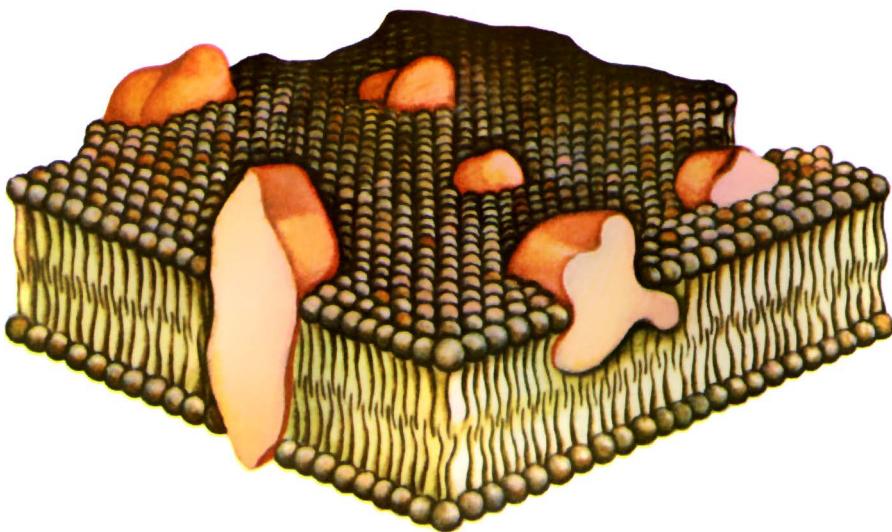


Много сил отдано на то, чтобы «прочесть» структуру белка валиомицина.

спортивные белки — например, переносчик кислорода гемоглобин. Да что там говорить! А яды — змеиный, пчелиный... Или антибиотики... Вспомните только, в каких ничтожных концентрациях действуют эти песчинки жизни — всего один грамм гормона ангиотензина способен изменить кровяное давление у десяти миллионов людей! Изучение белков сейчас самая интересная и важная тема.

Овчинников занялся дипептидами. Название им дал Шемякин.

Это были новые, неизвестные до тех пор соединения необычайно сложной структуры, не идущей ни в какое сравнение со сложностью атома или молекулы. Дело в том, что каждый извив их цепочки, каждое ее усложнение играло определенную роль в выполнении многообразных жизненных функций. Например, уже упомянутый регулятор кровяного давления ангиотензин построен из восьми аминокислот. А всего лишь из трех аминокислот можно построить более



Примерно такой представляют ученые изумительное творение природы — клеточную мембрану.

8 тысяч различных трипептидов. Цепочка же из шести аминокислот может иметь более 64 миллионов вариантов, причем каждый со строго определенным значением — своей жизненной функцией. Изучение строения белково-пептидных веществ, их роли и превращений в живом организме имеет не только фундаментальное значение для биологии, но и важно для решения практических задач медицины, сельского хозяйства, многих отраслей промышленности.

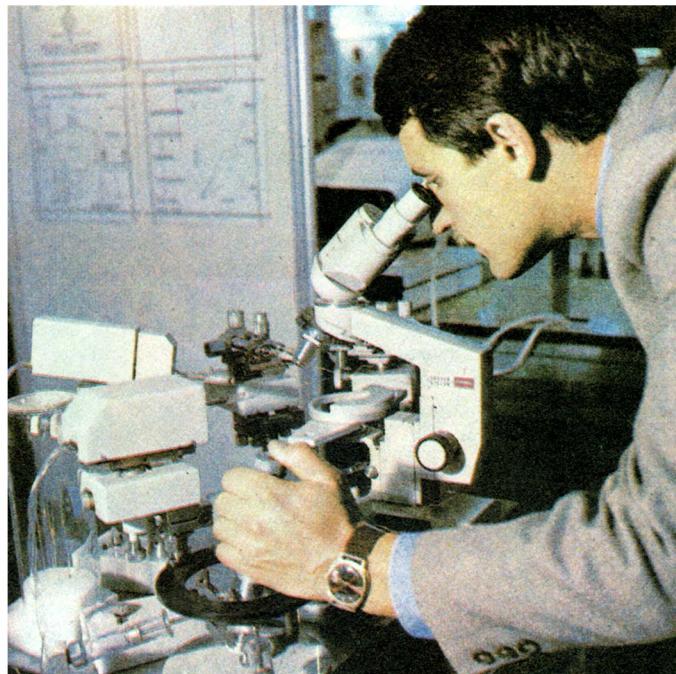
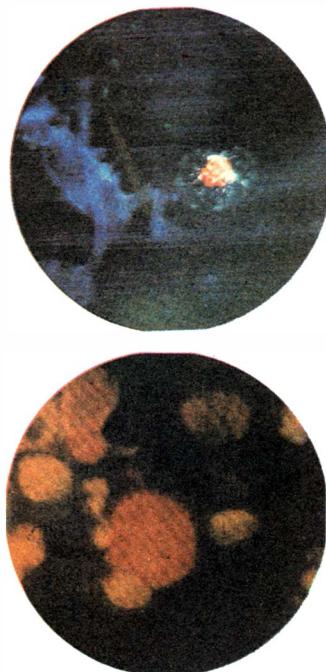
Чтобы получить хоть мало-мальское представление о безмерной сложности шифра, которым записана Книга жизни, нужно вспомнить, что пептиды и белки имеют несколько, как их называют биологи, «уровней структурной организации», а говоря проще — способов закручивания. Первичная — это последовательное чередование аминокислотных остатков, то есть сама цепочка — «буквы». Вторичная — закручивание отдельных участков этой цепочки в пространстве (например, спираль) — «слова». Третич-

ная — свертывание всей цепи в целом в компактную систему (например, в клубок-глобулу). И четвертичная — упаковка нескольких клубков в сложную систему, функционирующую как единое целое, — их можно бы назвать «фразой» или «текстом». Именно эта «закрутка» и делает живое живым, позволяет ему выполнять жизненные функции.

Сейчас уже установлено, что «текст» зависит от первичной структуры, то есть определенному типу первичной цепочки — «слову» — соответствует строго определенный тип вторичной, третичной и высших форм — «текста» или «предложения». Различный «смысл фраз» разделяет белки разного биологического назначения.

Как же удается определять и воспроизводить столь сложную структуру? Как научились читать Книгу жизни?

Лаборатории Института биоорганической химии похожи на фантастическое сочетание ультрасовременной



Пересадить ядро из клетки в клетку, не повредив живому, позволяет уникальный комплект микроманипуляторов для операций на клетке, созданный в Пущине.

кухни лилипутов и электронной техники великанов. Чтобы выделить белок, надо по строгим рецептам составить раствор, разболтать и раскрутить его на центробежной машине, высадить на специальную бумагу, высушить, выпарить. А если мы вспомним, что все это происходит с крохотными долями вещества, то станет понятным, сколь миниатюрными мензурками, воронками и капиллярными пипетками орудуют биоорганики. Делается все очень тщательно и медленно — от чистоты и скрупулезности этой работы зависит успех структурного анализа.

Следующий этап — расщепление длинной цепи пептида или белка специальными методами в определенных местах. Чаще всего для этого используют в качестве «ножниц» те же белки — ферменты, которые разрезают пептидную цепь по некоторым ее связям. Короткие кусочки цепи разделяют далее с помощью электрофареза или хроматографии, основанной на способности аминокислот по-разному поглощаться на твердом но-

сителе. Но знание структуры каждого звена еще не говорит о том, в каком порядке звенья связаны между собой. Тогда вступают в действие более сложные механизмы из «арсенала великанов» — физические приборы, масс-спектрометры, соединенные с ЭВМ, установки рентгеновские и установки для ядерного магнитного резонанса. Иногда же бывает необходим весь комплекс физических методов.

«Мы работали не только хорошо. Мы были просто в каком-то остервенении, — рассказывал о начале этих исследований Овчинников. — Нами владело чувство захватывающего восторга, иначе, пожалуй, и не назовешь. Впереди — нетоптанное поле, целина. Ничего в этой области нигде в мире не было сделано — начинай, пробуй, что хочешь, иди в любом направлении...»

Меньше чем за год были получены результаты мирового уровня. Они опровергли бытовавшие тогда представления. Сейчас изучение депептидов — крупнейшая отрасль науки, которой занимаются в десятках ин-

ститутов разных стран. Она уже дала огромной важности выходы в биологию и медицину, так как по принципу депептидов построены многие биологически активные вещества и важнейшие антибиотики. Когда Овчинникову в 1961 году пришлось докладывать на Международном биохимическом конгрессе в Лондоне результаты работ советских ученых, председательствующий — известный ученый Леонидас Зервас — назвал этот день «русским» днем.

Пептиды дали толчок к развитию совсем новой области науки — изучению биологических мембран, своеобразных «часовых» живой клетки.

Мембранны пропускают с недоступной человеческой технике строгостью и точностью только те вещества, которые необходимы для жизнедеятельности клетки. Овчинникову и его группе удалось приоткрыть завесу над этой тайной — выяснить конкретный молекулярный механизм переноса ионов металлов через клеточные мембранны. О значении открытия можно судить хотя бы по тому, что перенос, скажем, ионов калия и натрия определяет процесс дыхания, передачу нервного возбуждения, регулирует сокращение мышцы сердца, действие некоторых смертельных ядов связано с нарушением переноса ионов калия. Так, валиномицин — 36-членный кольцеобразный депептид — обладает уникальной способностью ускорять в десятки раз прохождение ионов калия через мембранны. А все его поразительные биологические свойства определяет особое пространственное строение — он может принимать форму браслета. Выяснилось, что именно такой «брраслет» позволяет избирательно связывать ионы калия, оставаясь безразличным ко всем другим ионам. Дальнейшие исследования в этом направлении позволили приоткрыть завесу над тайной тайных — выяснить молекулярный механизм транспорта ионов металлов через клеточные мембранны.

Позднее было обнаружено и единственное из известных природных соединений, которое способно изби-

рательно связывать натрий. Это вещество — антаманид. Его молекула ухитряется сложиться так, что пептидная цепь как бы образует бороздку теннисного мяча. Антаманид в ничтожно малых концентрациях может, скажем, полностью нейтрализовать смертельный яд фаллоидин, встречающийся в грибах (бледных поганках), так как действие этого яда связано с нарушением переноса ионов натрия через биологические мембранны.

Ю. А. Овчинников вскоре стал председателем научного совета Академии наук СССР по комплексной проблеме «Биологические мембранны и использование принципов их функционирования в практике».

В 1970 году на симпозиуме в Риге, который стал полным триумфом новой науки — биоорганической химии, произошло несчастье. Внезапно умер от инфаркта академик Шемякин. Он был не просто учитель или руководитель. Он был духовный отец.

Когда уходит большой ученый, коллективу, созданному им, нередко грозит распад. Но в институте удалось сохранить тот же настрой. Как только оправились от шока, работа была продолжена с прежним энтузиазмом, хотя, правда, пришлось поначалу трудно, трудней некуда. Директором Института биоорганической химии имени М. М. Шемякина стал Овчинников. Он уже приобрел к тому времени опыт руководителя большого коллектива.

«Я ведь тогда думал, административная работа — как наука: все ясно, никаких компромиссов, только вперед. Оказалось куда сложней, но и в чем-то интересней — узнавать людей, помогать им, определять научную политику... Где-то надо было и рисковать принимать ответственные не только для себя — для больших коллективов решения. В частности, от пептидов перешли к белкам. За полтора года был сделан «полный портрет» белка — фермента трансаминазы. Это был первый белок, один из самых сложных, полностью полученный в Советском Союзе», — вспоминал об этом



времени Ю. Овчинников. Теперь работа по расшифровке белков уже стала почти рутинной. «Прочитано» столько «текстов», что пришлось создать банк белков. И главное — не просто «прочитать», но суметь воссоздать абсолютно аналогичный природному «кирпичик» жизни. Собственно, подобное воссоздание и разработка промышленных технологий массового изготовления молекул живого — таких, как интерферон, гормоны роста, гормоны щитовидной железы, — и стало основой принципиально новой отрасли промышленности — биотехнологии, полностью соответствующей законам и методам природы.

Как вице-президент Академии наук СССР, академик Овчинников был инициатором создания межотраслевого научно-технического объединения «Биоген», цель которого — быстрейшее освоение и внедрение биотехнологии.

Сегодня биотехнология — производство свойственных природе веществ с помощью близких к природным процессов — занимает все более прочные

Книгу жизни учатся читать по «букварю». Аминокислотный анализатор точно подсчитывает число «букв» и «слов» в белке.

позиции, особенно в медицинской и сельскохозяйственной промышленности. Медики уже используют целый набор естественных для организма лекарств и диагностических средств, полученных генноинженерными методами, например, производство новых поколений антибиотиков широкого спектра действия стало в нашей стране первой полностью биотехнологической отраслью промышленности, иммунологи создают эффективные синтетические вакцины. Но для биотехнологического производства необходим тесный союз академических институтов с заводами. Объединение «Биоген» стало первой попыткой найти действенный рычаг ускоренного освоения ценных плодов научной мысли практикой.

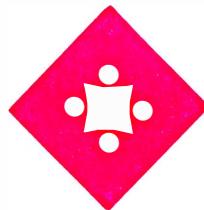
Можно научиться читать великую Книгу жизни. Трудно, но можно. Куда сложнее разобраться в тонкостях че-

ловеческих отношений. Это уже нечто иное, чем просто наука и просто искусство. Иногда это требует от человека полной и абсолютной отдачи...

Но вернемся к белкам. К их повелителю и командиру — хранителю наследственной информации ДНК, по чьим рецептам строятся белки. Нити ДНК настолько тонки, так туга скручены, так экономно размещены, что, если бы собрать вместе все гены всех клеток взрослого человека и размотать в одну нить, она смогла бы протянуться от Земли до Солнца и обратно.

А теперь представьте себе, что человек с его громадными и грубыми, в сравнении с этой тонкостью, пальцами, с его несовершенными глазами, для которых волос служит эта-

лоном тонкости, вторгается в эту святую святых природы. И не просто вторгается, а, стремясь превзойти в изощренности природу, хочет по своей воле и желанию «пересадить» любой кусочек гена — кусочек, даже не целый ген, не хромосому — в другое место, опять же выбранное им специально и осмысленно. Невероятно! Чудеснее всех чудес! Чудо получило название «генетическая инженерия». Наступит пора, когда биологи смогут конструировать живые существа, как конструкторы — машины, меняя в ДНК одни «буквы» — детали наследственности — на другие. Вдумайтесь: сотни лет человечество стремится найти новые формы жизни на других планетах. И наконец настанет такой день, когда можно будет создать их на Земле...



ОЧЕРК ОЧЕРК

8



«ВОДОРОДНЫЙ ЦВЕТОК»



Когда человек в своем соревновании с природой не ведет борьбу, а разумно использует то, чего добилась эволюция миллионами лет отбора, он приобретает могущество, которое кажется невероятным. Многие исследователи считают, что в овладении секретом логики эволюции — ключ к ускорению прогресса наук о живом и биотехнологии.

Вероятно, именно скачки в человеческом познании и умении и есть

суть того, что мы понимаем под термином «научно-техническая революция», когда как бы вдруг меняются восприятия, безгранично раздвигаются данные природой возможности — и перед человеком открываются новые, неожиданные горизонты.

Что и говорить, биологические науки развиваются стремительно. Многие привычные представления отбрасываются как устаревшие, и за срок меньший, чем жизнь одного поколе-

ния. Их сменяют поистине ошеломляющие новинки. Люди столетиями совершенствовали технику и технологию, используя то, что придумывали сами. Они создали для своих удобств «вторую природу» — искусственный мир стали и пластмасс, машин и электроники. Но все равно, даже на самом высоком уровне научно-технического прогресса, они нуждаются, как и их первобытные, не знавшие огня предки, в пище, созданной природой. Нет, да и вряд ли найдется синтетический продукт, который мог бы выдержать конкуренцию с натуральным зерном, молоком, мясом, фруктами. Усилия современного человека направлены на то, чтобы как-то заставить природу подчиниться ритму, по которому работает, скажем, завод или фабрика. Например, в промышленно развитых странах скот находится круглый год в стойле, не зная, что такое естественное пастбище, трава на лугу. Зачем это надо? Да чтобы не зависеть от урожая трав, от количества витаминов в них, чтобы можно было ускорить рост и прибавку в весе животных, давая им постоянно строго отмеренное количество пищи. На птицефабриках вместо наседок высаживают цыплят электрические «мамы». Селекция создает высокоурожайные, не боящиеся засух и холода сорта злаков...

И все же, несмотря на все технические ухищрения, мы продолжаем зависеть от кипризов погоды и климата, от естественных сроков созревания, от стихийных бедствий и сотен других навязанных природой условий. И как ни старайся, неизбежно когда-нибудь настанет момент предела. Урожай достигнет максимума, отмеренного природой, и ни удобрения, ни микроорганизмы, ни искусственное орошение не дадут уже больше заметного эффекта. Так что же, смириться с этим? Притормозить прогресс?

А если попробовать начать все с новому? На основах, подсказанных современной биологией? Разве нужна какая-то особая фантазия, чтобы представить себе, как не на поле, а на за-

воде из нескольких клеток пшеницы с направленными наследственными свойствами выращивают килограмм зерна, уже очищенного от оболочки, удобного для обработки? Ведь выращивают же из отдельных клеток ткани целые растения, корнеплоды, например картофель, морковь, в некоторых научных учреждениях, в том числе в Институте физиологии растений АН СССР в Москве под руководством члена-корреспондента АН СССР Раисы Григорьевны Бутенко. По научным рецептам производят для нужд медицины биомассу женьшена.

Разве нельзя, наконец, помыслить о том, что в один прекрасный день будут созданы биологические машины не из пластика и металла, а из компонентов живого? Если люди овладеют секретом, с помощью которого природа, далеко превосходящая человека в своих творениях, создает все живые организмы, почему бы не перенять ее мастерство и не только научиться ей подражать, но пойти дальше, сознательно усовершенствовать то, что необходимо?

В «Основных направлениях» развития СССР до 2000 года прямо говорит: «Перейти на индустриальные интенсивные технологии в растениеводстве и животноводстве, широко использовать методы биотехнологии и генной инженерии». Так почему бы не создать новую промышленность, основанную на биотехническом производстве, на биологической технологии? Не так до этого далеко, как может показаться. И одним из свидетельств могут служить «побочные профессии» главного жизнетворящего процесса на Земле — фотосинтеза. Процесса, превращающего, образно говоря, солнечный свет, воду и углекислоту в живую ткань и жизненную энергию. И не просто превращающего, но и запасающего ее впрок. Мы вспоминали о Солнце в связи с дефицитом ископаемого топлива — угля, нефти, тоже производных его энергии, накопленных за тысячулетия в кладовых природы.

В том-то и дело, что уникальная находка природы, создавшей зеленое растение, стала началом длинной цепи

событий на Земле: растение не только само живет запасенной энергией, ее потребляет все живое — от бактерий до человека, а отходами реакции фотосинтеза — кислородом — мы дышим. В общем, зеленые растения сделали нашу планету тем, что она есть. Укутали ее живительной кислородной атмосферной шубой, защитив от губительных космических бурь, заполнили подземные кладовые горючими ископаемыми, дали еду и одежду ее обитателям.

Ученые подсчитали, что «зеленые фабрики» Земли, преобразуя солнечный свет в процессе фотосинтеза, ежегодно усваивают 150 миллиардов тонн углекислого газа, одновременно выделяя в окружающую среду 120 миллиардов тонн кислорода, и вырабатывают около 450 миллиардов тонн органических веществ.

Не так, однако, просто сотворить жизнь из солнечного света. Но возможно. Вот как выразил эту мысль ученый. «Лист, в котором мы признали уже единственную лабораторию, где заготовляется органическое вещество на оба царства природы, — писал К. А. Тимирязев, — тот же лист и в том же самом процессе усвоения углерода запасает энергию солнечного луча, становится таким образом источником силы, проводником тепла и света для всего органического мира».

Могучий процесс животворения — фотосинтез — издавна привлекал внимание ученых. Наверное, нет таких разделов биологии, которые не имели бы в той или иной степени отношения к этой проблеме. Со всех точек зрения заманчиво воспроизвести это таинство природы, научиться ускорять или замедлять его по своему желанию; в тот миг, когда в пробирке из света, воды и углекислого газа удастся создать «кусочки сахара», людям никогда не придется больше опасаться голода, холода, энергетического кризиса...

Но процесс, идущий в зеленом листе, и загадочен, и странен. Он одновременно и прост, и невероятно сложен. Казалось бы, что проще рос-

та травы? Есть даже поговорка: «Растет, как трава», то есть без всякого ухода и внимания. А между тем «сфинкс» фотосинтеза продолжает поражать, и для науки нет более заманчивой задачи, чем воспроизвести его.

Фотосинтез — значит «соединение с помощью света». Формула процесса по этапам почти вся воспроизведена в пробирках. Установлено или, по крайней мере, предполагается почти все, что происходит при этом с точки зрения химии и физики, молекулярной биологии и биохимии, биофизики и даже квантовой механики. Формула, казалось бы, проста, как кулинарный рецепт, и все стадии отрабатываются в науке десятки лет, но... «готовый пирог» по ней пока получается только у природы. Почему? Да потому, что простота эта кажущаяся. А природа устроила все куда хитрее. Например, такой вопрос, как строение хлоропластов. Это так называемые органеллы живой клетки, загадочные образования, в которых, собственно, и идет с молниеносной быстротой процесс фотосинтеза. Хлороплазты в клетке похожи на модные сейчас мозаичные картины: огромный глаз составлен из точно таких же маленьких глазков. В хлороплазтах есть все, что есть у клетки, даже ДНК. Зачем она им? Зачем каждой детальке повторять сложность целого? Важно ли это с точки зрения фотосинтеза или это просто какой-то пережиток эволюции? Пока не ясно, несмотря даже на нынешнюю изощренную технику приготовления тканевых срезов, несмотря на электронные микроскопы, разглядывающие объекты диаметром в миллионную долю миллиметра, на рентгеноструктурный анализ.

Или возьмем заполняющий хлороплазты хлорофилл — редкостное вещество ярко-зеленого цвета, с которого все и начинается. Когда на хлорофилл падает фотон — порция света, — он преображается, заряжаясь энергией. Как это происходит? По современным данным, хлорофилл включается в работу не отдельной молекулой, а целым агрегатом из сотен молекул —

фотосинтетической единицей. Световая энергия, поглощенная любой из молекул, передается в особое соединение, состоящее из хлорофилла и других красящих веществ, белков, жироподобных образований — липидов — и особым образом связанный воды. Это соединение получило название «реакционный центр». В сравнении со всей массой хлорофилла, содержащегося в зеленом растении, в «реакционный центр» входит очень немного. Получается, что основной хлорофилл лишь собирает энергию солнечного света, а за ее превращение в энергию химических связей отвечают лишь немногие молекулы — «специалисты». Если организм почему-либо теряет способность создавать «реакционные центры», он не в состоянии и вести фотосинтез.

Под руководством академика А. А. Красновского в Институте биохимии имени Баха АН СССР и других институтах, исследуя «реакционные центры» фотобактерий, выяснили любопытнейшие вещи. Оказывается, они представляют собой особого рода молекулярные генераторы, преобразующие солнечную энергию в химическую, а на промежуточных этапах — в электрическую. Сейчас основные принципы изучены настолько, что можно говорить о развертывании работ по химическому моделированию природной системы с перспективой ее практического использования для получения электроэнергии.

Хлорофилл и другие пигменты клетки способны передавать друг другу полученную от света энергию, как бы подзаряжая один другого. В этом процессе участвует «странствующий» электрон. При поглощении порции света — фотона — молекула хлорофилла выделяет его, а другие молекулы то присоединяют, приходя в возбужденное, заряженное состояние, то отдают. Лишенные «своего» электрона или с добавочным «чужим» электроном молекулы становятся бурно активными и вступают в различные реакции даже с инертными веществами, прежде всего с водой. Возбудив всю цепочку веществ и заставив ее всту-

пить во взаимодействие друг с другом, электрон, отнятый у хлорофилла, в конце концов вновь к нему возвращается. Правда, эта успешно восстанавливаемая в опытах цепь получена на заменителях хлорофилла. Сам он работать и выполнять все свои жизненные функции в пробирке пока отказывается.

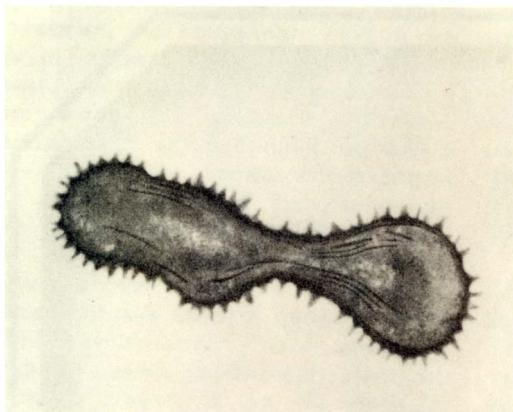
В общем, сложностей и неясностей еще достаточно, но мы не зря потратили время на беглое знакомство с некоторыми из них. Энтузиазм тут полностью оправдан, поскольку процесс познания сопровождается процессом освоения. Они идут одновременно и помогают друг другу. Помните, как у Гёте: «Узнавать, чтобы применять? И в познании секретов работы мозга, и в тайне фотосинтеза вовсе не обязательно дожидаться, пока абсолютно все станет ясно. Можно использовать то, что есть.

Так, по подсчетам ученых максимальное использование солнечной энергии, достигающей земной поверхности, не превышает 15 процентов. В действительности же растения суши и океана запасают при фотосинтезе энергию порядка 3×10^{21} джоулей в год, всего-навсего одну десятую долю процента солнечной радиации у поверхности Земли. Но и такая, казалось бы, крохотная часть в 10 раз превышает все годовые энергетические затраты человечества!

Сейчас даже самые продуктивные культурные растения в среднем в год потребляют 1—2 процента энергии солнечного излучения. Можно ли научить их более эффективно утилизовать солнечный свет? То, что сегодня известно о механизме фотосинтеза и путях его регулирования, позволяет ответить на этот вопрос положительно. Открываются громадные резервы повышения использования солнечных лучей растениями и растительными сообществами. А ведь именно это главная задача физиологии растений и агротехники.

Каждый даже маленький шаг в достижении таинства фотосинтеза — это шаг к изобилию и экологической гармонии. Но сделать решительный ры-





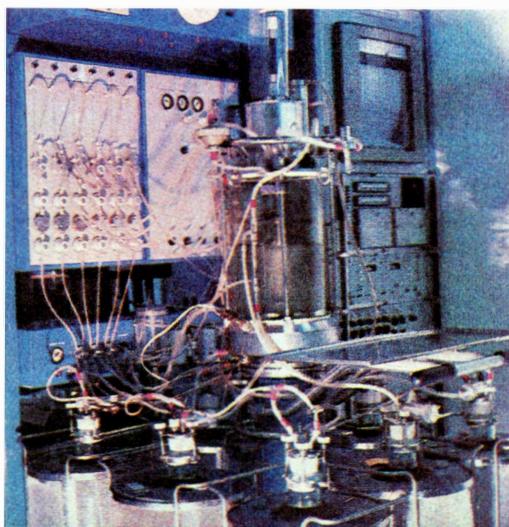
Эти крохотные создания (увеличение в 30 тысяч раз) — отличные работники. Они окисляют метан в угольных шахтах, производят из несъедобных веществ кормовой белок.

вок вне углубленного изучения хода и логики эволюции едва ли возможно. Природа имела достаточно времени для проб, ошибок и их исправлений. По масштабам перебора всех мыслимых вариантов с ней не может тягаться ни один исследователь. А уж со сложной органикой, химически чувствительной к солнечному лучу, она поиграла весьма основательно. Фотосинтез — конечный результат миллионочеловеческого отбора. Как же обходилось живое до этого?

Основы современной теории происхождения жизни были заложены 3 мая 1924 года. В этот день на собрании Русского ботанического общества совсем молодой ученый А. И. Опарин, будущий академик, предложил неожиданную и дерзкую концепцию. Его доклад «О возникновении жизни» стал поворотным моментом в выработке ответа на вопрос: откуда мы? Опарин считал, что жизнь возникла в результате химической эволюции на первичной Земле. Упрощенно говоря, океан был огромной химической лабораторией, где атомы различных элементов вначале сочетались в простые соединения, затем — во все более сложные, пред- и биоорганические, а далее в сложнейшие огромные молекулы и, наконец, в организованные, самовоспроизводящиеся системы. Самой важной предпосылкой

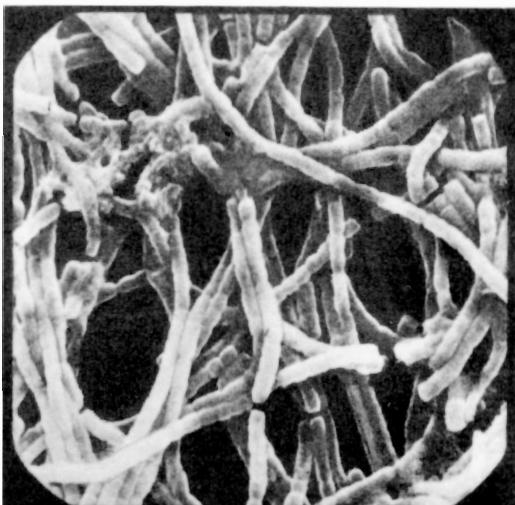
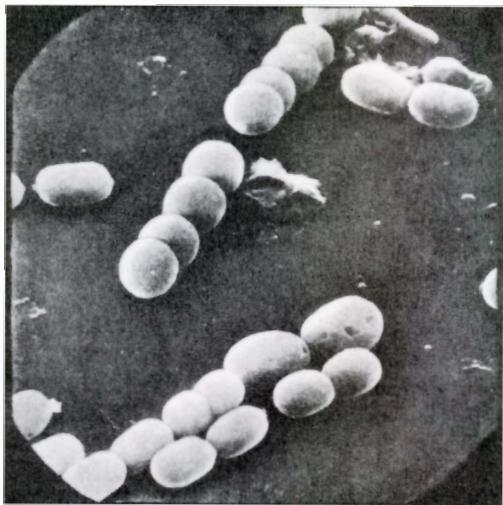
возникновения и развития жизни явилась, кроме наличия воды, простых соединений углерода и азота, относительно постоянная и оптимальная радиация, получаемая планетой от своего главного светила. Нам немыслимо повезло, что расстояние до светила 150 миллиардов километров. Окжись Земля чуть ближе, жаркие лучи испепелили бы ее поверхность, а чуть дальше — она осталась бы навеки скованной льдами. Так что жизнь не есть нечто присущее только Земле, но носит вселенский характер, лишь бы повезло с подходящими условиями. Это подтверждается и полученными за последние двадцать лет данными о наличии органических соединений во Вселенной, которые найдены в посланцах космоса — метеоритах, и с помощью радиоастрономии в межзвездных скоплениях.

В общем, на первичной, еще бескислородной Земле более трех миллиардов лет назад сложные биомолекулы постепенно формировались в обособленные системы, затем в первичные клетки и, наконец, в фототрофные микроорганизмы, способные самостоятельно использовать свет для построения нужных им веществ. Все начальные звенья эволюционного развития — от химии межзвездных облачков до химии первичной Земли — ныне уже удалось воспроизвести в



В аппарате, названном АНКУМ 2М, непрерывно рождаются и вырастают поколения живых производителей ценных веществ.

лаборатории и основательно изучить. Интересные результаты получены, например, ленинградскими учеными, последователями школы академика А. Н. Теренина, и в Институте биохимии имени Баха. Все ступени проверены, кроме создания первичной обособленной клетки. Это важнейшее звено биологической эволюции, подлинное начало жизни, ее основа, до сих пор не дается исследователям. По аналогии ученые создают модельные системы первичных клеток. Насколько они соответствуют своим прародителям



Цианобактерии — древнейшие обитатели и участники в создании жизни на нашей планете. Для поддержания существования им нужны лишь свет и вода.

кам, конечно, судить пока очень трудно. Однако в древнейших докембрийских отложениях обнаружены структуры, удивительно похожие на синезеленые водоросли, или, как их сейчас называют, на цианобактерии, и на другие микроорганизмы, не нуждающиеся в молекулярном кислороде для своих обменных процессов. Некоторые из них и поныне обитают в горячих источниках Камчатки, илистых отложениях болот, во льдах Антарктиды.

Данные, которыми располагает наука сегодня, позволяют считать, что среди первичных микроорганизмов могли быть фототрофы, то есть обладающие способностью прямо использовать солнечную радиацию. Являются ли ныне существующие цианобактерии, галобактерии, метанообразующие и другие представителями первейших обитателей нашей планеты или это всего лишь результат вторичного приспособления и дегенерации

микроорганизмов, как думают некоторые ученые, пока доподлинно неизвестно. Вопрос дискуссионный. Но во всяком случае те виды, что, может статься, природа сочла «дорогой в никуда», очень даже пригодятся, если попробовать использовать их уникальные способности. Производство биогаза и очистка воздуха хотя бы от выхлопных газов автомобилей, утилизация промышленных и бытовых отходов — да мало ли найдется полезных и нужных дел, которые не сделаешь без крохотных тружеников! В частности, можно подумать об использовании для производства энергии и понапрасну пропадающую, неактивную для фотосинтеза с помощью хлорофилла инфракрасную часть солнечной радиации.

Солнце — главное для поддержания жизни. Но лучи живительные могут стать лучами губящими, смертельно опасными. Не случайно наука уделяет так много внимания повреждающему действию ультрафиолетовой и видимой части спектра и, конечно же, тщательному исследованию выработанных природой защитных механизмов. Специалисты многих институтов в разных городах страны изучают эти механизмы на различных объектах, начиная от главных молекул ДНК и РНК, где записана вся наследственная информация, и кончая бактериями, раками, рыбами, черепахами и высшими животными. Химическая защита, облюбованная природой, — каротиноиды в растениях и меланин у микроорганизмов и высших животных образуются в случае опасности. То же самое у хламидомонад, у черепах, в коже человека, в тканях глаза.

Появление кислорода в атмосфере тоже сыграло двоякую роль. Переизбыток живительного газа усиливает повреждающее действие света и делает его более активным. Поэтому большое значение придается условиям образования так называемого возбужденного кислорода, свойства которого активно исследуют в МГУ имени Ломоносова.

Одновременно с усложнением живых существ совершенствовалась и их

самозащита. И здесь принципиально важно не только с научной точки зрения, но и из практических соображений понять стержневое русло эволюционного процесса.

Возьмем другую глобальную проблему фотобиологии — фотонформацию. Благодаря успехам молекулярной биологии впервые в истории человечества можно попытаться обрисовать все события, которые происходят при акте восприятия зрительного образа, — от поглощения кванта света «фотоантенной» глаза, возникновения физиологического процесса в зрительной клетке и передаче сигнала на клетку сетчатки до создания образа в мозгу. Мощь природного фотоуможения потрясающа. Один-единственный квант света приводит в действие миллион молекул. Так работает каскад природных катализаторов — ферментов. Постижение механизма зрения приоткрывает тайны восприятия цвета, вкуса, запахов... Поразительно, но механизм действия гормонов — «гонцов» желез внутренней секреции, регуляторов обмена веществ в клетках — оказался очень похожим на восприятие кванта света глазом. Такой же эстафетный каскад, многократно усиливающий слабенький сигнал.

Над расшифровкой эволюции молекулярно-химического механизма зрения работают ученые в Институте химической физики. Как же эволюционировала система, чтобы в конце концов оказаться чудом природы — зрением? Здесь надо напомнить об удивительном веществе — белке родопсине. Уже говорилось, что некоторые бактерии способны преобразовывать солнечные лучи без хлорофилла. Этой способностью они обязаны белку родопсину, а правильнее — бактериородопсину, который, кроме названия, ничем не похож на родопсин зрительной системы животных и человека. Бактериородопсин, скорее всего, тупиковая ветвь эволюции на пути к фотосинтезу. А зрительный родопсин — вершина эволюционного отбора. Правда, есть у совершенно разных белков и кое-что общее. Это



Модель знаменитого бактериородопсина — белка, с помощью которого микроорганизмы перерабатывают свет в нужные для жизни вещества. У высших форм жизни — растений природа определила на эту роль зеленый хлорофилл.

защитное вещество ретиналь, производное знакомого нам витамина «А». Бактериородопсину он нужен, чтобы

лучше поглощать свет видимой области спектра и закрепить процесс накопления энергии, а зритальному

родопсину — чтобы, поглотив свет, на-
дежнее включать систему накопления
информации. Способность видеть
формировалась долго, постепенно и
стала далеко не сразу столь изощ-
ренной и отлаженной, как ныне. Но
и у великой умницы природы не все-
гда все получается так идеально, как
надо бы. Кое-какие погрешности, осо-
бенно в защите от световых повреж-
дений, ученым удалось выявить. А это,
как известно, первый шаг к исправ-
лению недоработок. Возможно, за по-
следующие миллионы лет эволюция
и сама справилась бы с ними. Но сред-
ствами современной науки это удастся
сделать куда быстрее.

Если подвести некоторые итоги, то уже сейчас становится ясно, что исследование процессов преобразования солнечной энергии в живом ве-
ществе открывает перед техникой со-
вершенно новые направления. Здесь
и новые фотоэлементы с высоким ко-
эффициентом полезного действия, и
генераторы электроэнергии, и быстро-
действующие компьютеры, способные
к воссозданию зрительных образов, и
принципиально новые фотоматериалы
на основе ферментативного каскада, и
новые методы фототерапии тяжелых
болезней. Однако главное — это про-
никновение в сокровенную мастер-
скую природы. Познание логики эво-
люционного процесса, сохранившего
одни ветви и безжалостно отбросив-
шего другие.

Многое, что к сегодняшнему дню
удалось узнать о механизме фотосин-
теза, о тайнах химического и биологи-
ческого катализа, используют для со-
зания реальных моделей и установок.
Правда, для этого приходится не про-
сто повторить в самых тонких проявле-
ниях, но и существенно улучшить при-
родный процесс жизнетворения, за-
ставить его работать по принципу
промышленного предприятия — про-
изводить в нужном количестве те про-
дукты, которые заказал человек: не
листья и стебли или плоды и клубни,
а, например, газ водород.

Почему мы остановились именно
на водороде? Да потому, что это
самое лучшее, можно сказать, идеаль-

ное топливо, отличающееся от любых
других его видов особой чистотой.

Давайте задумаемся, каким мы хо-
тели бы видеть идеальный источник
энергии. Наверное, прежде всего же-
лательно, чтобы он был неисчерпаем.
Второе требование — относительная
дешевизна. Простыми и экономичны-
ми должны быть способы добычи,
транспортировки и использования.
И наконец, главное — идеальное го-
рючее должно быть абсолютно без-
вредным для нас и окружающей
среды.

Может показаться, что требования
эти непомерны и наше идеальное го-
рючее не более чем мечта или, как
мы уже говорили, — само Солнце.
А между тем оно клокочет в недрах
звезд, и ему мы обязаны счастьем
жить. Это горючее — именно водород,
стоящий под номером один в списке
элементов Вселенной.

Каждую секунду Солнце излучает
в космическое пространство энергию,
сопоставимую с убылью примерно
4 миллионов тонн массы. Такую
мощь трудно себе представить. Даже
при самом сокрушительном термо-
ядерном взрыве в энергию превраща-
ется всего около килограмма вещества.
Солнце наполовину состоит из во-
дорода. Его в 5 раз больше, чем ге-
лия, и в 10 тысяч раз — чем всех ме-
таллов, вместе взятых. Он расходуется
не только как горючее, но и как сырье
для производства новых химических
элементов. Все элементы Вселенной
несут в себе водородные ядра — про-
тоны. Таким образом, это не просто
горючий газ, а удивительный мост
между микро- и макромиром, соеди-
няющий мир элементарных частиц с
миром элементов. В земной коре из
каждых 100 атомов — 17 водородных,
хотя в свободном состоянии этот лег-
чайший из газов практически не
встречается. Но он вездесущ, посколь-
ку входит в состав воды, минералов,
угля, нефти, живых существ. Можно
сказать, что мы живем в водородной
Вселенной. Без этого вездесущего га-
за погасло бы Солнце, испарились
океаны, исчезла всяческая жизнь. Во-
дород не просто входит в состав бел-

ков. Особые водородные связи ответственны за самые тонкие процессы жизни: передачу наследственных признаков генетическим аппаратом, сокращение наших мышц, усвоение пищи. Без водорода мироздание погрузилось бы в вечную тьму и холод, ведь в бесчисленных солнцах Вселенной пылает все тот же вездесущий водородный костер. Наверное, недаром природа избрала на роль универсального горючего и строительного материала именно это простейшее из веществ.

Посмотрим, насколько водород соответствует нашим понятиям об идеальном горючем. Запасы его, как мы знаем, практически безграничны. Это самый распространенный элемент Вселенной. На Земле его можно получать из обычной воды. Из всех известных видов топлива водород — самое энергоемкое. По энергоемкости на единицу веса он в 2,5 раза превосходит природный газ, в 3,3 — углеводороды нефти, в 6,6 — метанол, в 8,3 — природный продукт фотосинтеза целлюлозу.

Наконец, водород — топливо, абсолютно не загрязняющее окружающую среду. Практически единственным продуктом его сгорания является вода. Получается замкнутый, почти идеальный топливный цикл.

По мнению академика В. В. Струминского и других ученых, водород может быть широко использован в качестве горючего на всех видах транспорта, а также для отопления городов, производства электричества, в черной металлургии, химической промышленности. Разумеется, существуют и серьезные трудности. Например, применение жидкого водорода на транспорте потребует увеличения топливных баков почти в три раза. Более того, чтобы сохранить этот быстро испаряющийся газ, который легко взрывается при соединении с кислородом, потребуется сверхэффективная изоляция. Но эти чисто технологические задачи вполне разрешимы. Так, экранно-вакуумная изоляция уже производится серийно в ряде стран и отлично обеспечивает долгую сохран-

ность жидкого водорода в топливных баках для грузовых машин и автобусов.

Еще в 1968 году в Институте теоретической и прикладной механики Сибирского отделения Академии наук СССР под руководством В. В. Струминского провели сравнительные испытания автомобильного двигателя на бензине и на водороде. Аналогичные испытания в 1969 году организовал доктор Роджер Дж. Шоппел из Оклахомского университета в США. Обе группы исследователей пришли к заключению, что обычные двигатели прекрасно работают на водороде, причем их КПД возрастает, а нагрев заметно уменьшается. Исследования по применению водорода в качестве топлива ведутся интенсивно в разных направлениях.

Но вопрос еще и в том, как его проще добыть, как организовать наиболее эффективное и экономичное производство. Сейчас водород извлекают главным образом химическим путем из углеводородных топлив. Разработанный же промышленный способ получения водорода из воды — электролиз, то есть разложение ее электрическим током на водород и кислород, — хоть и прост, но чрезвычайно дорог и малоэффективен. Тем не менее заметим, что стбйт электролизный водород всего в два раза дороже бензина. И здесь одним из многообещающих способов производства водорода становятся... растения и Солнце. Идея заключается в том, чтобы использовать для получения водорода естественный процесс фотосинтеза, взрастить «водородный цветок».

Многие похожие на фантастику проекты покоятся между тем на прочной научной основе. Более того, некоторые уже начали осуществляться. Реальные пути технологического воплощения различных проектов и новых разработок обсуждались на международном симпозиуме «Биоконверсия солнечной энергии» в 1983 году в Пущино.

Не вдаваясь в сложности фотохемио-ферментативно-электронных реакций, один из путей сильно упро-

щенного фотосинтетического процесса получения водорода можно представить так.

Чтобы заставить листья, траву или хлореллу выполнять новую для них работу — извлекать из воды, кроме кислорода, еще и молекулярный водород, надо решительно вмешаться в технологический процесс сложнейшего природного светохимокомбината. Получить из стеблей и листьев «рабочую массу», то есть выделить и накопить хлоропласти. Это ученые уже умеют и даже обгоняют природу в придании хлоропластам долгожительства. Продляют естественные возможности оставаться свежими. Правда, не очень надолго, но, во всяком случае, намного больше, чем отпустила природа. Ведь при промышленном производстве важно, чтобы исходное сырье подольше сохранилось, не требовало замены.

Управляемый человеком промышленный фотосинтез, в отличие от происходящего в природе, будет приостанавливаться на нужной стадии, для получения водорода, на той, когда в хлоропластах образуются очень сильные органические восстановители и окислители, способные разлагать воду, отнимая у ее молекулы «странствующий» электрон. При этом появляются соединения, на которые можно воздействовать биологическими катализаторами — ферментами. С помощью ферментов можно выделять и отбирать водород, а также, как побочный продукт, кислород. Если даже кислород просто оставить в покое, дать ему свободно выделяться в атмосферу, то тоже ничего плохого не случится. Между прочим, производство водорода не чуждо и природе: некоторые виды микроорганизмов — бактерии, зеленые и пурпурные микроводоросли — под действием света активно его вырабатывают.

Есть и другие возможности получения водорода и иных горючих газов. Ученые справедливо утверждают, что весь круговорот жизни на нашей родной планете во многом зависит от неутомимой деятельности ее самых крохотных обитателей — микроорга-

низмов. Разлагая мертвые тела животных и растений, микроорганизмы по-путно возвращают в атмосферу 90 процентов всей двуокиси углерода! Подсчитано, что если бы этот процесс прекратился, то через сто лет количество углерода в воздухе упало бы до нуля. Это значит — стал бы невозможен рост растений. А без растений тут же прекратится и поступление кислорода. Такова нерасторжимая взаимосвязь событий в природе...

Из бесчисленного множества видов и форм микроорганизмов наиболее древними некоторые считают так называемые метанобразующие бактерии. В отличие от многих своих сородичей, они не нуждаются в кислороде, питаются водородом и углекислотой. Между тем специалисты сходятся во мнении, что Земля в ее ранней юности — в первый миллиард лет существования — была окружена атмосферой, состоявшей главным образом из углекислого газа и водорода, а свободный кислород практически отсутствовал.

Право метанобразующих на звание предшественников живого подтверждает и образ жизни их нынешних сородичей. Они обитают в иллистых отложениях на дне морей и океанов, во мраке болот, в горячих минеральных источниках, в рубце жвачных животных и в других столь же недоступных для дышащих кислородом существах местах. Эта группа бактерий — одна из наиболее загадочных и мало изученных — чрезвычайно разнообразна по внешнему виду и сильно различается строением наследственного аппарата. Тем не менее физиологические процессы у всех видов группы сходны.

Но метанобразующие бактерии привлекают ныне пристальное внимание ученых не только своим физиологическим и биохимическим своеобразием. Они оказались чрезвычайно интересными с практической точки зрения. Прежде всего их главная особенность — производить в процессе обмена веществ метан. А этот горючий газ и самостоятельно, и в смеси с другими углеводородами тоже слу-

жит перспективным топливом, местонахождение, объем и возобновимость запасов которого представляют наущный интерес для народного хозяйства.

Так путем микробиологии перекрестились с поисками геологов, энергетиков, экологов...

Начнем с земных глубин. Что делали, делают и могут сделать метанобразующие в недрах нашей планеты? В поисках ответов на эти кардинальные вопросы сотрудники Института биохимии и физиологии микробов Научного центра биологических исследований АН СССР в Пущино, как и микробиологи других институтов, предприняли не одну экспедицию, брали пробы донных отложений из болотных глубин и из огненного жерла камчатских вулканов, из толщи нефтяных скважин и пластовых вод брошенных рудников.

Подходы к геохимической и экологической деятельности анаэробных, то есть бескислородных, микробов очень не просты,— рассказывает член-корреспондент АН СССР, директор Института микробиологии М. В. Иванов.— Даже элементарное определение численности тех или иных микроорганизмов, участвующих в образовании важнейших полезных ископаемых, невозможно в лаборатории. Поэтому мы изучаем эффективность их деятельности в природной среде.

На основе фундаментальной теории биологического образования метана, созданной академиком В. Л. Омелянским и членом-корреспондентом АН СССР С. И. Кузнецовым, советским и зарубежным микробиологам удалось выявить важные факты. Прежде всего они установили ведущие природные реакции образования метана из водорода и углекислоты. Не вдаваясь в подробности, скажем только, что их две: реакция разложения уксусной кислоты и синтеза водорода. Отметим также, что, если использовать обе эти реакции для образования метана химическим путем на промышленных предприятиях, необходимо подогревать сырье до 500—600 гра-

дусов Цельсия. Микробы же работают при обычной комнатной температуре и даже ниже— до нуля градусов.

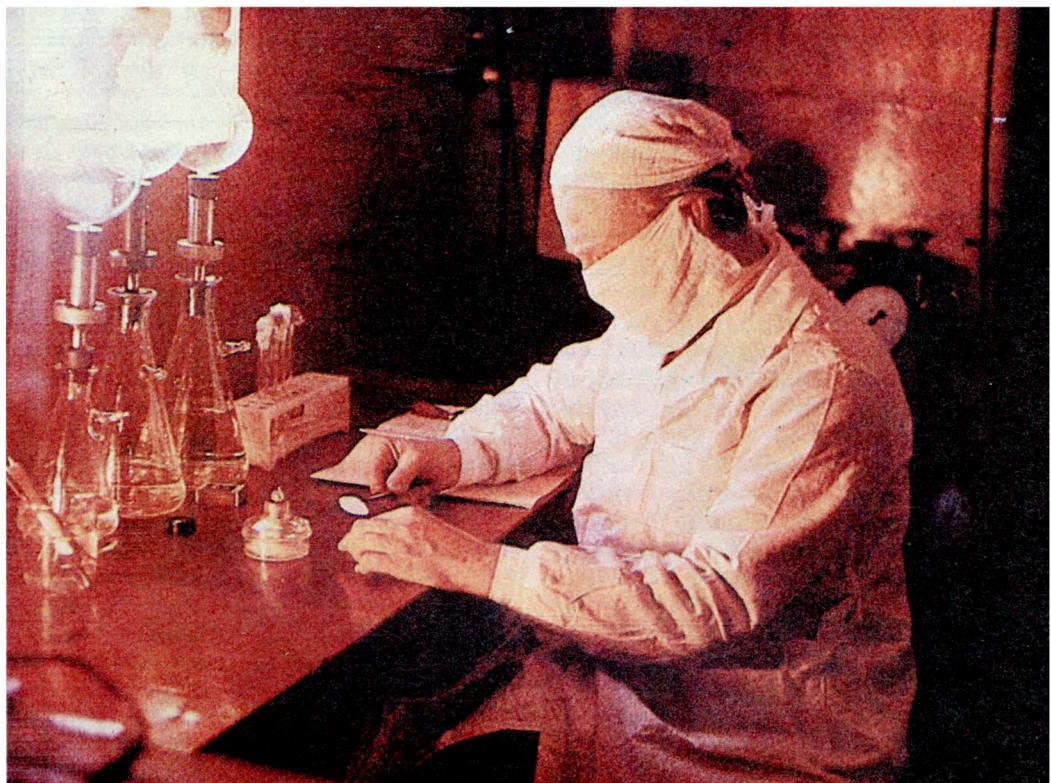
Выявив реакции, удалось подсчитать и «производительность труда» бактерий. Другими словами, стало возможно количественно определить, за какое же время в природных экологических системах происходит образование залежей метана, в том числе и промышленных.

Такая оценка процессов, происходящих в недрах Земли от древности до наших дней, позволяет пролить некоторый свет на тайны создания природных месторождений вообще. Оказывается, в водоемах, в молодых геологических породах, в донных отложениях образовались с помощью микробов, а также могут и сейчас, на наших глазах, образовываться новые промышленные отложения метана. С. И. Кузнецов доказал также, что биологические процессы образования метана постоянно происходят и в нефтяных залежах.

Геохимики Э. М. Галимов, В. С. Лебедев и другие, анализируя известные газовые месторождения, установили, что многие из них созданы микробами.

Не менее важно и другое открытие советских ученых. Всегда считалось, что поиски промышленных залежей метана в донных отложениях озер, морей и океанов бесперспективны. Метан— летучий газ. И никаких его скоплений, тем более промышленных, на небольших глубинах ждать нельзя. Но вот при эксплуатации магистральных газопроводов заметили, что пропускная способность самых высококачественных труб быстро падает. Пришлось остановить поток и вскрыть трубы. Удивлению не было границ, когда внутри обнаружили... снег. При плюсовой-то температуре!

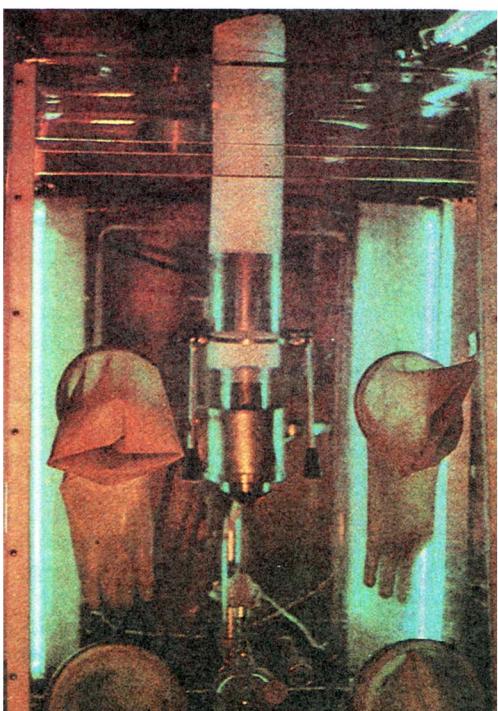
Тщательные научные исследования установили неожиданный факт: оказывается, метан при давлении выше 35 атмосфер и температуре чуть ниже плюс 4 градусов Цельсия может выпадать в виде кристаллов, входя в соединение с водой. В реестр Коми-

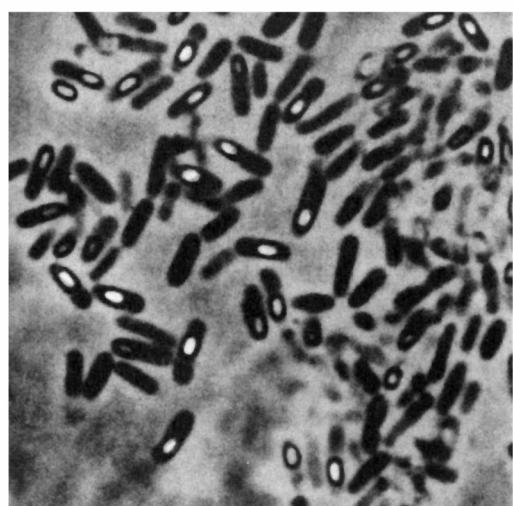


Невидимые жители планеты вездесущи. В Антарктиде, на станции «Восток», брали пробы керна — многовековых глубинных льдов, которые для ультрастерильности помещали в боксы с ультрафиолетовыми лампами (внизу).

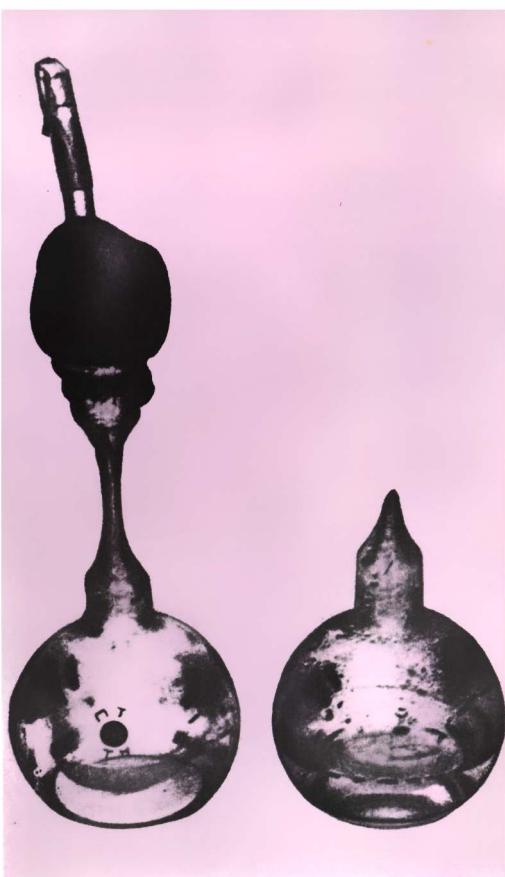
тета по делам изобретений и открытий было внесено новое, неизвестное ранее явление природы, а геохимикам и геологам пришлось менять свои представления о летучести метана. Раз газ может стать твердым веществом, причем вовсе не в каких-то особенных, экзотических условиях, значит, целесообразны поисковые работы в местах, где природа все сама обеспечила, например в морях, где на дне много органических остатков, температура и давление подходящие и было где поработать метанобразующим организмам.

А теперь можно, опираясь на твердую научную почву, помечтать и о перспективах. Специалисты уже умеют





Выбуленные в стерильных условиях пробы (вверху) тут же запаивали в стерильные колбы с питательной средой (внизу справа) и отправляли в Москву для исследования в хорошо оснащенных лабораториях. Велико было изумление микробиологов, когда они выделили из антарктического керна вполне жизнеспособные спорообразующие бактерии (слева).



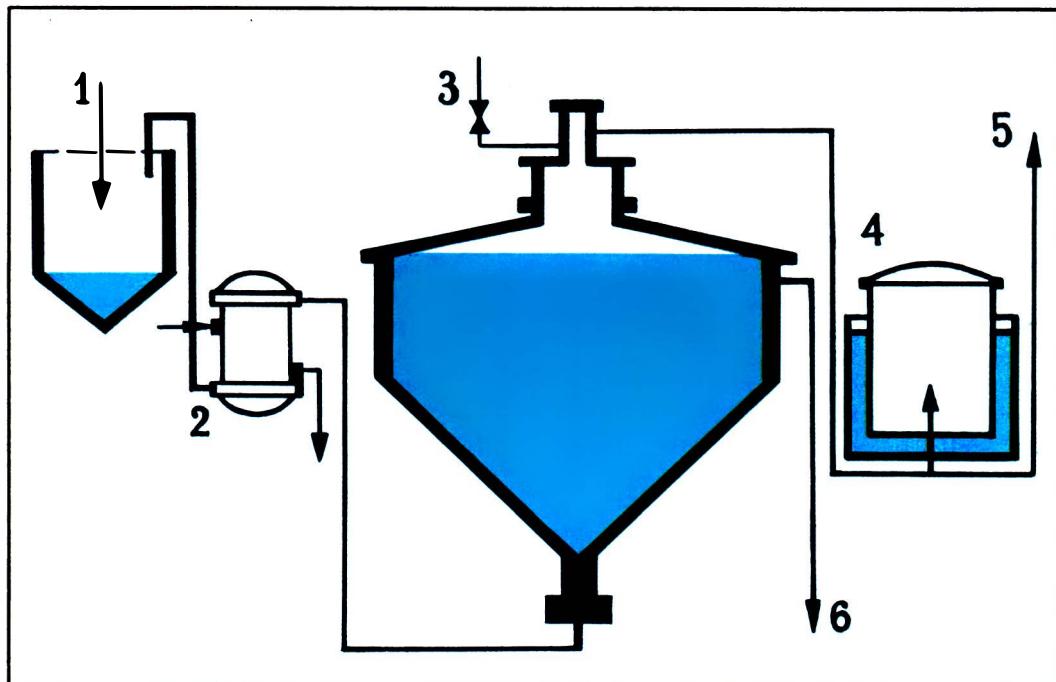


На каждом из этих метантенках на Курьяновской станции аэрации в Москве производят 12 тысяч кубометров метана в сутки. Микроорганизмы без устали перерабатывают жидкие отходы города в ценный биогаз.

резко повышать «производительность труда» бактерий, микроорганизмов. А если целенаправленно помочь им в создании новых промышленных месторождений? Проблема не столь фантастична, как может показаться на первый взгляд. Вспомним, когда была открыта плесень — пенициллиум нотатум,— она давала всего 20 единиц пенициллина на миллиметр. Благодаря «одомашниванию» этих микроорганизмов удалось повысить продуктивность в тысячу раз, а генетическая инженерия позволила увеличить эту цифру более чем на порядок.

Воздействие на процессы биологического метанобразования уже рассматриваются практиками. Цели очень заманчивы: увеличить отдачу нефтяных месторождений. Интенсивное образование метана в пластовой жидкости позволит снизить ее вязкость, даст возможность выкачивать на поверхность гораздо большее количество нефти.

Всего этого было бы вполне достаточно, чтобы беречь и изучать крошечных тружеников. Но оказалось, что их способности и возможности превосходят любое воображение. За миллиарды лет существования жизнь заставила их научиться куда лучше приспособливаться к меняющимся условиям, чем всех иных обитателей планеты. И теперь, когда перед человечеством не менее остро, чем энергетическая и сырьевая, встала проблема защиты окружающей среды, придется тоже обратиться за помощью к микроорганизмам. Они ныне используются во всех главных способах очистки сточных вод — в обработке активным илом, фильтровании и брожении. Правда, все эти процессы идут в присутствии кислорода и имеют существенные недостатки. Куда более привлекателен способ метанового брожения, сходный с медленной очисткой, происходящей естественным путем в реках. Первое время из-за



Один из способов получения биогаза: 1 — жидкые отходы сначала попадают в бункер, 2 — затем их подогревают в теплообменнике, 3 — в метантенках массу сбраживают микроорганизмы, 4 — готовый газ собирают в газольдере, 5 — отсюда он идет потребителю, 6 — остатки производства — прекрасное удобрение для сельского хозяйства.

дороговизны он применялся лишь для разложения избыточного микробного белка, а теперь установки для переработки отходов животноводства появились на фермах совхозов и колхозов, о чем уже упоминалось.

В Институте микробиологии и других научных учреждениях аналогичного профиля изучают также роль микроорганизмов в формировании состава атмосферы. В частности, в лаборатории члена-корреспондента АН СССР С. И. Кузнецова было доказано, что окисление бактериями металлов, например марганца, представляет собой способ защиты от кислорода.

Кроме кислорода и водорода, в атмосферу Земли входит азот и его окислы, инертные и углекислые газы. Так вот выяснилось, что из всех живых существ на Земле только микроорганизмы способны вовлекать в свой обмен метан, водород, молекулярный азот, закись азота, угарный газ и образовывать соединения, которые уже в

состоянии усваивать растения и животные.

Это натолкнуло ученых на мысль, что в судьбе многих микрокомпонентов атмосферы могут принимать деятельное участие особые группы бактерий. По всей видимости, уже появились и размножились микроорганизмы, способные перерабатывать газы, выброшенные в атмосферу промышленными предприятиями и автотранспортом. В частности, к ним могут относиться метанокисляющие и живущие с ними в содружестве водородные бактерии. Подтвердилось, что даже такой сугубо технический продукт, как окись углерода, может быть удален группой карбоксидобактерий, изученных в лаборатории члена-корреспондента АН СССР Г. А. Заварзина. Это выходит далеко за рамки чисто микробиологических проблем... Академик Е. Н. Мишустин считает, что уже не кажется неразрешимой проблема удаления из воды и почвы азо-

та, попадающего туда с избытками удобрений, да и непосредственное усвоение азота растениями тоже может осуществляться с помощью специально культивированных бактерий...

Советские микробиологи уже используют уникальные способности крохотных тружеников для покрытия дефицита питательных белков в корнях сельскохозяйственных животных. В нашей стране действуют восемь заводов, где из «несъедобных» нефтепродуктов получают ценный белково-витаминный концентрат паприн. Стоит заметить, что один такой завод занимает площадь в 60 гектаров непригодной для земледелия территории, а чтобы получить такое же количество белка, к примеру из сои, требу-

ется около 200 тысяч гектаров, из гороха — еще больше.

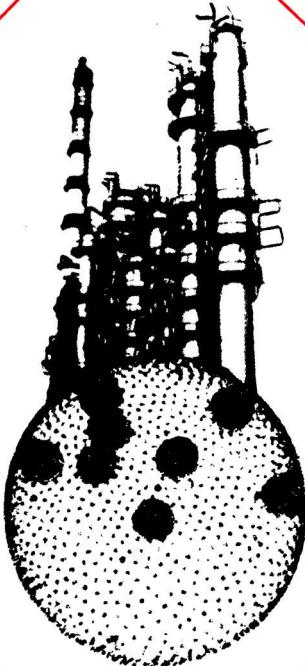
Весьма подвижные крошечные зверьки, как назвал их изобретатель микроскопа Антони Ван Левенгук, ежегодно пожирают и перерабатывают такое количество органического вещества, которое соответствует суммарной продуктивности всех животных и растений нашей планеты. И хотим мы этого или нет — они все еще пре-восходят по размаху и изобретательности в своей деятельности даже самого человека. Поэтому микробиология — наука, указывающая путь к «приручению» самого древнего и таинственного и самого многочисленного «населения» нашей планеты,— становится важнейшим нашим помощником.



КОММЕНТАРИЙ

КОММЕНТАРИЙ

6

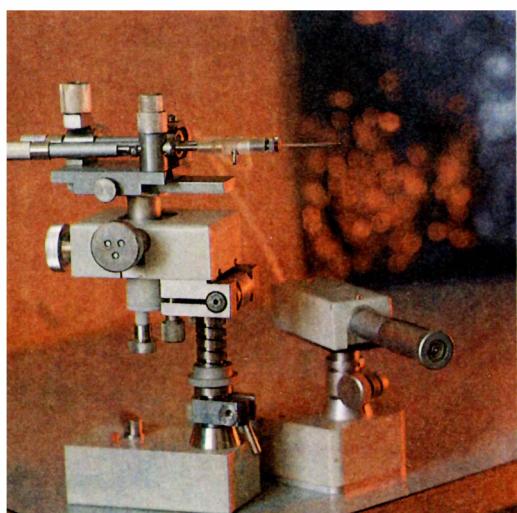
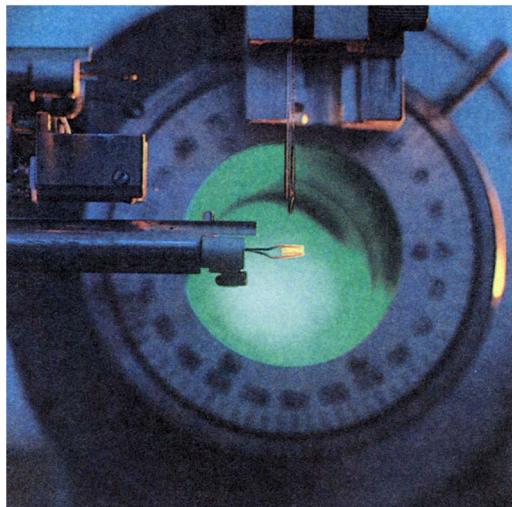
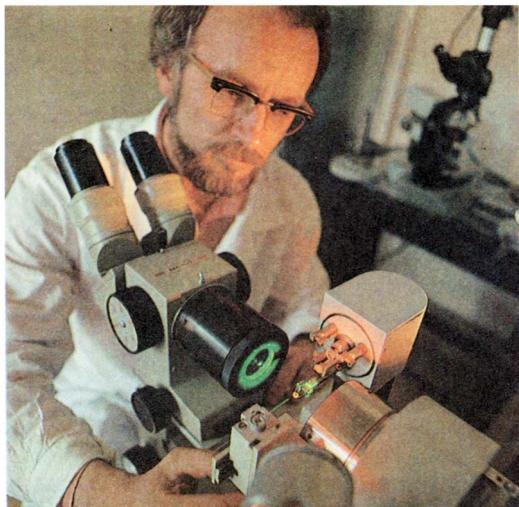


ЖИВЫЕ ЛЕКАРСТВА



С точки зрения человека, микрорганизм — это расточитель, который молниеносно вырабатывает гораздо больше, чем ему надо, различных веществ, представляющих для нас огромную ценность. Почти немыслимо искусственно добиться в лаборатории той легкости и быстроты, с какой природа образует сложнейшие молекулы из аминокислот. Люди синтезируют их с огромным трудом, шаг за шагом, по одной. Природа же проделывает

все это мгновенно. Хотя клетка микрорганизма устроена проще, чем клетка млекопитающего, она все же чрезвычайно сложна и способна вырабатывать свыше тысячи ферментов — ускорителей и катализаторов химических реакций. Она может одновременно «жонглировать» сотнями реакций, причем в каждый данный момент большая часть ферментных механизмов клетки остается в резерве. Вырабатываются лишь те, что нужны сию



минуту. Подобная гибкость позволяет микроорганизмам реагировать на перемены в питательной среде с поразительной скоростью — в тысячные доли секунды. Благодаря этому они способны существовать на самом разнообразном органическом материале — важное преимущество с экономической точки зрения.

Самое замечательное, что обычные вещества, будь то сахара, белки, спирты, на которые действует фермент, меняют во время реакции свои свойства, фермент же выходит совершенно нетронутым. Производительность ферментов или энзимов колос-

Непростое дело — изучить и выделить живой катализатор — фермент, да еще придать ему способность многократно участвовать в промышленном производстве, сделать его стойким. Много энергии, выдумки и сил вложили ученые и специалисты Всесоюзного НИИ антибиотиков в первый в стране полностью биотехнологический процесс производства «живых» лекарств, за что в 1984 году удостоены Государственной премии СССР.

сальна: одна молекула способна, например, разложить пять миллионов молекул сахара или спирта за одну минуту при комнатной температуре. Никакой созданный человеком химический завод не даст такого эффекта. При заводских процессах, где используются неорганические катализаторы — металлы, соли металлов, — приходится ускорять ход реакций, подогревая вещества до высоких температур и сжимая их большими давлениями. На это тратят много топлива и электрической энергии.

Уместен вопрос: что требуется, чтобы создать химический завод, копирующий живую клетку? Или сузим проблему: нельзя ли заменить промышленные катализаторы биологическими, металл — живым ферментом, белком?

Биолог, по всей видимости, ответил бы на этот вопрос предложением тщательно изучить процессы, происход-

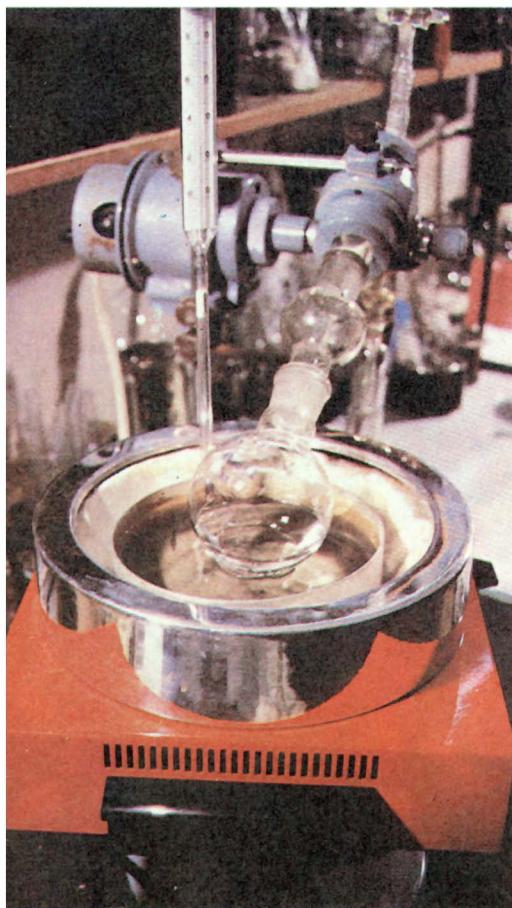


дящие в живой клетке, и установить точные функции каждого из ферментов, научиться его выделять и накапливать в объемах, необходимых производству. Химик сказал бы несколько иначе. Нельзя заменить промышленные химические катализаторы биологическими до тех пор, пока не будет устранен главный недостаток живых ферментов — их нетехнологичность. Что значит «нетехнологичность»? А то, что извлеченный из клетки белок быстро разрушается, теряет всю свою активность в короткие сроки. Кроме того, очень трудно, практически невозможно отделить ферменты от начальных и конечных продуктов реакции для повторного использования. Готовить же всякий раз новые порции неоправданно дорого.

Но ведь работают же они в живой клетке!

Как приблизить условия в промышленном процессе к условиям работы

в живой клетке, чтобы «посаженный» в реактор фермент «не заметил», где он находится? Когда химики МГУ под руководством академика И. В. Березина поставили перед собой такую совершенно конкретную задачу, наметилась и в конце концов была найдена именно та ступень, которая давала возможность перейти, образно говоря, от металла к белку. С достижением этой ступени уже появился всеобщий интерес к проблеме. А подойти к ней поначалу помогли биологии. Они давно уже выяснили, что в живой клетке многие ферменты закреплены в определенном месте на мембранных. Мембранны выполняют очень ответственные и разнообразные функции, без них не обходится ни один из внутриклеточных процессов. В хлоропластах растений, например, именно на мембранных протекают реакции, которые составляют фотосинтез. Так вот на этих мембранных, как на под-



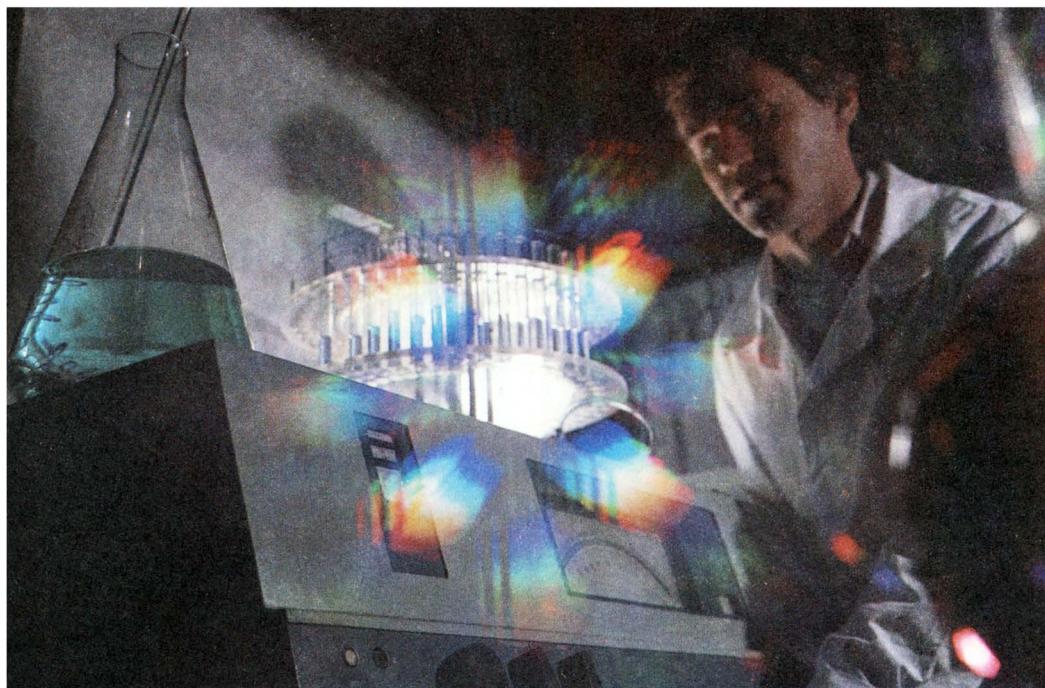
В подготовке «живых» лекарств незаменим этот прибор — роторный испаритель, способный ультраточно разделить жидкую смесь разных компонентов.

ложках, более или менее жестко прикреплены многие ферменты. Именно в таком состоянии они продуктивно работают, выполняя все свои сложные обязанности. Хотя эта хитрость природы была известна давно, химики особого к ней интереса не проявляли. Важное технологическое значение этого осознали позже. Оказалось, чтобы фермент заработал в искусственных условиях, достаточно пристегнуть его к основе: закрепить на твердой подложке — носителе. Скажем, на полимере, целлюлозе, стекле, кварце, металлах.

Стало совершенно ясно, что, если

хочешь использовать ферменты в промышленности, надо найти сначала подходящий носитель, а потом либо прикрепить к нему молекулу белка химическими связями, либо включить ее в полимерную рубашку — матрицу. Фермент начнет исправно выполнять свои обязанности, не смешиваясь с текущими мимо него растворами исходных веществ, потому что уйти со своего «рабочего места» он не сможет — привязан. Благодаря «врожденному усердию» фермента исходные вещества превратятся на выходе в готовые продукты. Можно уже не заботиться и об отделении их от катализатора, фермент остался на рабочем месте, чтобы вновь заняться своим прямым делом — ускорением реакции, а продукты отправятся по назначению. Но самое замечательное, что в процессе закрепления, или — на научном языке — иммобилизации, фермент улучшает данные ему природой особенности, становится устойчивее, прочнее. Давно получены иммобилизованные ферменты, работающие многие месяцы и даже годы и практически не уступающие в долговечности лучшим химическим катализаторам.

Но ведь это живые образования! Где взять большое количество дешевых ферментов, что сделать, чтобы их добыча была экономически оправдана? Как подготовить их для технологических целей? Оказывается, и эта достаточно сложная проблема нашла обнадеживающее решение. Выяснилось, что ферменты можно в изобилии извлекать из микроорганизмов. Причем для решения каждой конкретной задачи подбираются свои микроорганизмы, со своим набором ферментов. Скажем, для осахаривания крахмала в пищевой промышленности хороши некоторые виды плесневых грибов. Для синтеза аминокислот, основных «кирпичиков» белка, — кишечная палочка, замечательное «лабораторное животное» современной генетики Ешерихия Коли. Она легко доступна и довольствуется несложными питательными средствами. К тому же ее генный аппарат хорошо изу-



Из сверкающего спектра полной радуги ученый отберет лишь нужные спектры выделяемых соединений.

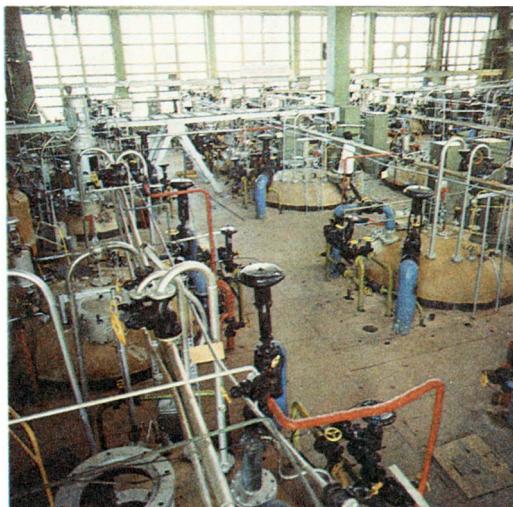
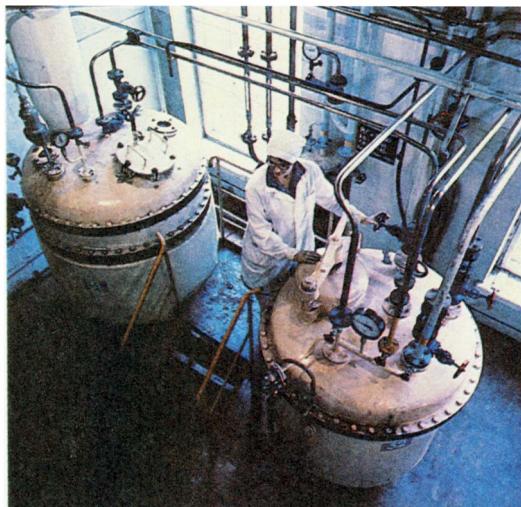
чен — можно создавать и выращивать высокопродуктивные штаммы.

Приемами генетической инженерии и селекции можно заставить клетки синтезировать до 20 процентов своего веса в виде фермента. А если закрепить их в ячейках полимерной губки, то получится превосходная фабрика важнейших в питании и остродефицитных аминокислот.

Чаще, однако, требуется клетку разрушить, извлечь из нее ферменты и привязать их к носителю. Но чтобы изготовление иммобилизованных ферментов стало рентабельным, пришлось в первую очередь научиться хорошо их очищать и разработать методику введения в полимерный раствор — гель — одевать в полимерную «рубашку». Получение чистых ферментов стало уже настоящей отраслью промышленности. А области их применения трудно даже перечислить. Большинство биотехнологических производств, начиная с получения



Необходимый многим витамин B-12 промышленность производит теперь в нужных количествах.



Рижский завод медицинских препаратов в содружестве с учеными освоил процессы производства, заимствованные у природы, — биосинтез и биотрансформацию.

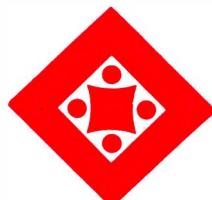
антибиотиков, немыслимо без использования ферментов.

Ферменты необходимы и в диагностике — в частности, инфаркта миокарда, стенокардии, коронарной недостаточности. При выявлении заболеваний печени: при инфекционном гепатите содержание в крови фермента трансаминазы повышается, а при желтухе, вызванной желчными камнями, остается на прежнем уровне. Регистрация ферментов стала обычным методом клинической биохимии.

Пользуясь датчиком с «привязанным» к носителю ферментом, можно в токе крови определять нужные для

диагностики вещества. Введя датчик в небольшой кровеносный сосуд, можно тут же начать отсчитывать концентрацию глюкозы, например, в протекающей крови и записывать ее колебания. Ферменты оказались и великолепными лекарствами, не дающими побочных эффектов. Это ли не мечта медиков?

О том, как реализуется эта мечта на практике, я попросила рассказать академика Евгения Ивановича Чазова — виднейшего кардиолога, министра здравоохранения СССР, основателя Всесоюзного кардиологического научного центра АМН СССР.



ИНТЕРВЬЮ



Академик
Е. Чазов.

СТРАЖА ЗДОРОВЬЯ



— Природные биокатализаторы — ферменты — участвуют во всех биохимических процессах, определяющих жизнедеятельность организма. Многие специалисты предсказывают, что в недалеком будущем наступит эра ферментных препаратов в клинике, в лечении больных, подобно тому как ранее медицина прошла через эру антибиотиков и гормональных средств. Как обстоит дело в такой передовой и жизненно важной облас-

ти медицины, как кардиология? Что конкретно обещают ей ферментные лекарства?

— Для практической медицины использование подобных препаратов, вырабатываемых самим организмом, открывает самые заманчивые перспективы.

Однако успех пришел не сразу. Дело в том, что в русле крови активность обычных ферментных препаратов довольно быстро падает, из-за

этого необходимо часто вводить их больному. Сложно было также создать нужную для лечения концентрацию фермента именно в пораженном недугом органе, поэтому приходилось прибегать к очень высоким дозам лекарства, что не всегда допустимо.

По нашему предложению несколько лет назад во Всесоюзном кардиологическом научном центре АМН СССР группа ученых под руководством академика АМН СССР В. Н. Смирнова и кандидата химических наук В. П. Торчилина начала работы по направленному синтезу иммобилизованных ферментов для нужд практической кардиологии и других областей медицины. Выяснилось, что они помогут эффективно исцелять тяжелые недуги, такие, как тромбозы, инфаркты миокарда и легких, пневмонии, абсцессы легких, заболевания печени.

Как я уже упоминал, в то время мы могли вводить ферментный препарат только путем непрерывного вливания его раствора в русло сосуда. При взаимодействии с кровью он быстро терял нужные свойства — часто еще до того, как попал туда, где нужен. А сейчас мы имеем возможность с помощью катетера точно направлять микрочастицы «живого» лекарства по сосудам в пораженный орган.

Кроме того, удалось получить такие носители фермента, которые после однократного введения медленно распадаются в организме, выделяя лекарственное средство в течение заданного времени. Мы умеем синтезировать препараты в разных формах: одни после однократного введения будут действовать, скажем, в течение суток, другие — до месяца.

В качестве примера сошлюсь на проведенные в нашем центре исследования по лечению тромбозов иммобилизованными ферментами. Ранее в этих целях использовались обычные так называемые фибринолитические ферменты, способные разрушать образующиеся в сосудах сгустки крови — тромбы. Однако эффект заметно снижало то, что при классическом,

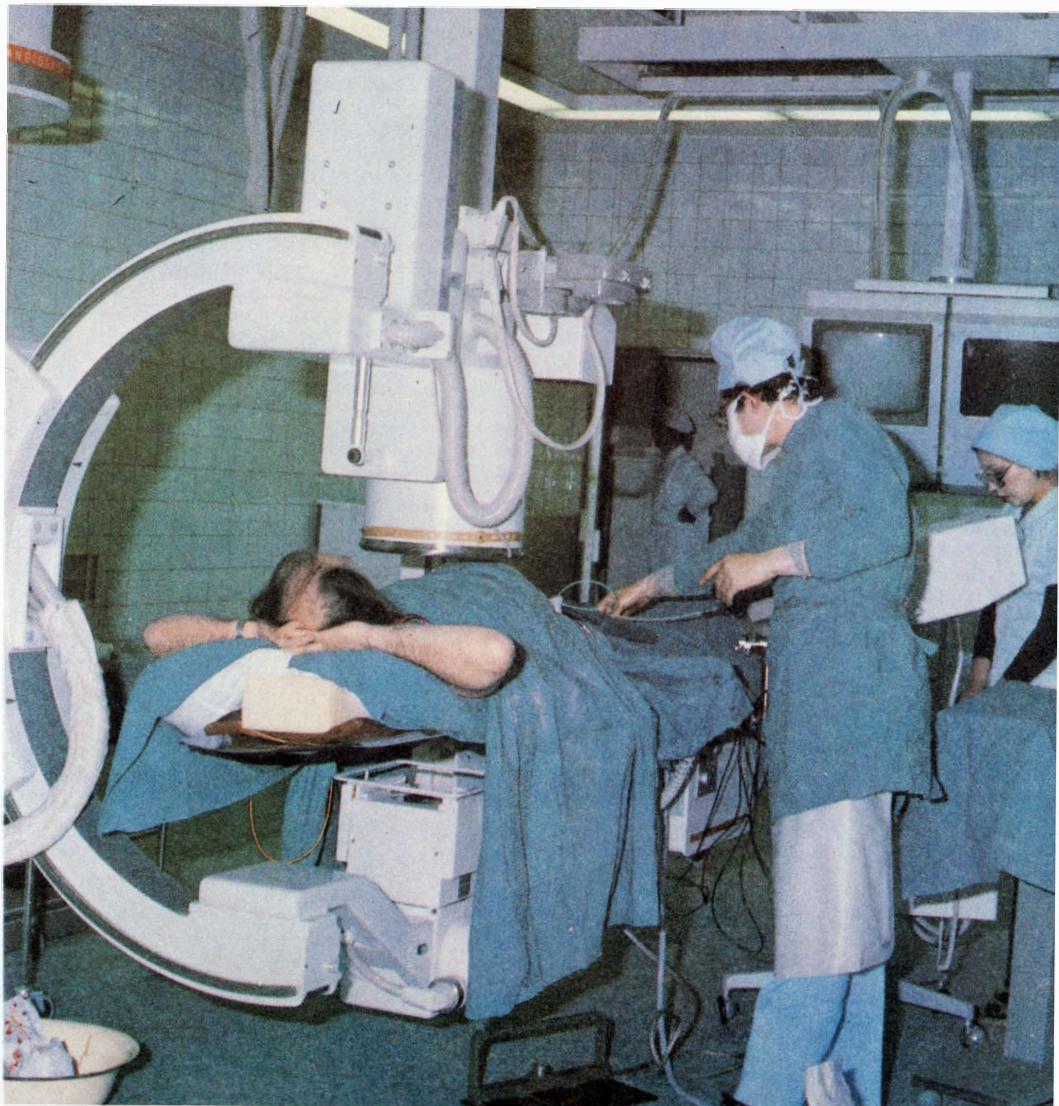
внутривенном введении препарата трудно было обеспечить достаточную его активность в том месте, где образовался тромб. Иммобилизованные же ферменты дают возможность создавать необходимую концентрацию непосредственно на поверхности тромба. В эксперименте на животных мы наблюдали разрушение тромба в периферических артериях при введении доз в сто раз меньше обычных — тем самым исключаются побочные реакции и резко увеличивается эффективность лечения.

Несомненно, доставка лекарственных средств в точно определенные участки сосудистой системы открывает новые перспективы в исцелении недугов сердца, предупреждении их, а также для других заболеваний.

Сегодня мы знаем два возможных пути создания иммобилизованных лечебных ферментных препаратов. Если фермент предназначен для длительной циркуляции в токе крови или его присутствие необходимо в различных органах и тканях организма, целесообразно создание водорастворимых белков — ферментов повышенной стойкости против различных воздействий, вызывающих их свертывание. В случае же когда фермент должен работать только в каком-либо определенном месте организма и исцелять локальные поражения — тромб, атеросклеротическую бляшку, опухоль — и его присутствие в других органах не только не нужно, но и нежелательно, мы создаем биосовместимые и биологически разрушающиеся производные ферментов. Это могут быть микрочастицы, которые с помощью стандартных приемов (введение катетера в сосуд) попадут в определенное место и в течение заданного времени будут разрушаться в организме, выделяя активное начало.

— Есть ли уже готовые препараты, пригодные к применению в клинике?

— Широко используются не только в кардиологии, но и при лечении других заболеваний некоторые водорастворимые иммобилизованные ферменты и ферменты, иммобилизованные на специальных носителях. Это



В каком состоянии сосуды, несущие кровь к сердцу? Увидеть их изнутри позволяет современная аппаратура.

стрептокиназа, фибринолизин. Их применение позволяет уменьшить количество инъекций за курс лечения, продлить время активной работы лекарства в организме после однократного введения, резко сократить его расход. Новый препарат этацизин, созданный совместно с Институтом фармакологии АМН СССР для лечения нарушения ритмов сердца, превосходит по эффекту все антиаритмические зарубежные препараты этого класса. Эта-

цизин запатентован в США, Японии, ФРГ, Швейцарии.

На основе синтеза биологически активных пептидов получено новое средство даларгин, успокаивающее, хорошо действующее при язвенной болезни. Новые лекарственные препараты переданы для серийного производства.

— Если не ошибаюсь, именно сотрудники кардиологического центра впервые предложили соединять фер-



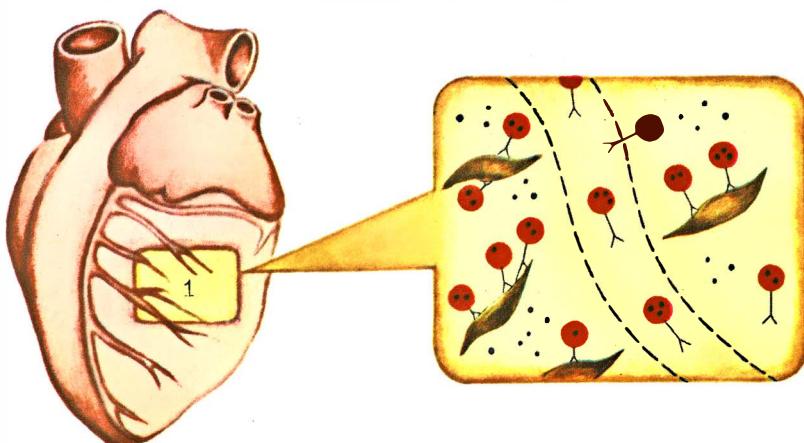
Важно проследить весь путь лекарства к пораженному болезнью месту.

менты не с нейтральными веществами, а с такими, которые сами по себе обладают полезной биологической активностью или способны усиливать терапевтический эффект связанного с ними фермента!

— Да. И это может оказаться весьма ценным при создании лекарственных препаратов комплексного действия. Удалось, например, получить ряд ферментов, таких, как химотрипсин,

иммобилизованных на гепарине — природном соединении, препятствующем свертыванию крови. Такой комплекс обладает способностью не только разрушать тромб, но и длительно поддерживать высокую сопротивляемость свертывания крови.

Впервые в клинической практике для лечения тромбозов и инфаркта миокарда с успехом применен у нас и в других странах созданный в СССР



Целебные средства теперь транспортируют строго направленно к той точке сердца, где произошел инфаркт: 1 — зона омертвления (некроза).

препарат иммобилизованной стрептокиназы — стрептодеказа¹.

К настоящему времени создан набор носителей, изучены физико-химические свойства иммобилизованных на них ферментов, в лаборатории и опытах на животных изучены свойства и эффективность ряда новых препаратов, в частности фибринолитических ферментов, гепарина, инсулина.

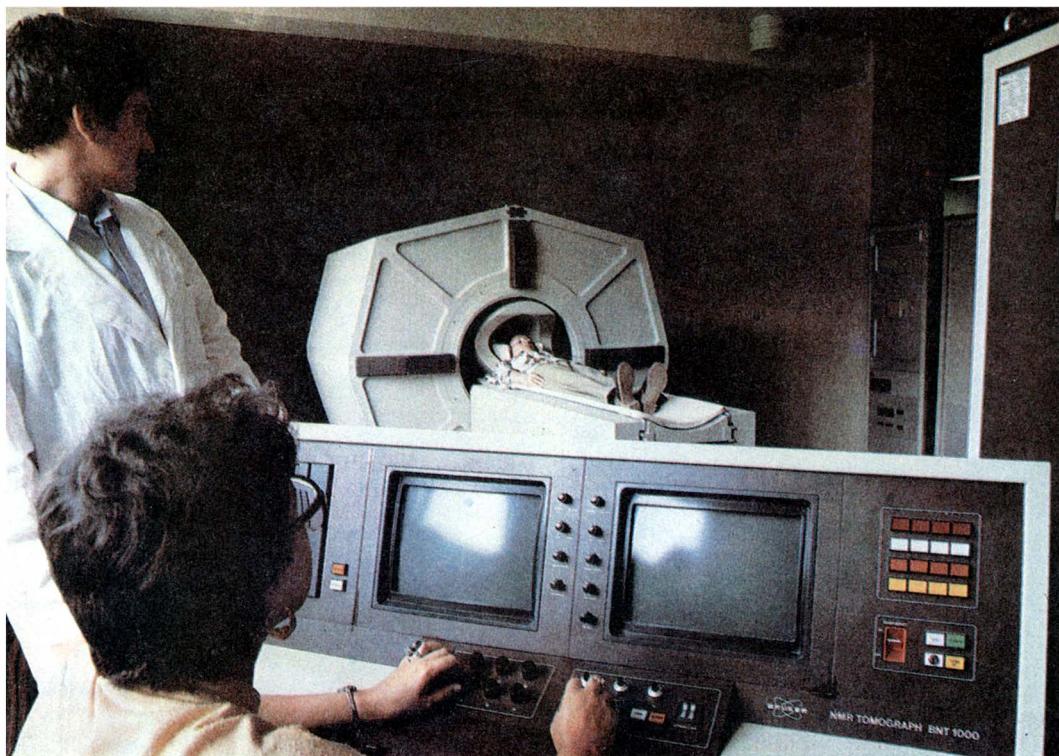
Однако от лабораторной и экспериментальной стадии до клинического применения путь немалый. Он включает и широкие фармакологические испытания, и производство сырья для изготовления лекарств, и разработку технологических процессов массового выпуска. Кардиологический центр передал эстафету ленинградскому ВНИТИ антибиотиков и ферментов Министерства медицинской и микробиологической промышленности СССР. Этот институт вместе с нашими учеными доводит до клиники накопленный научный опыт. Новые лекарства нужны тысячам больных.

— Какие еще вы могли бы назвать перспективные для клиники направ-

ления исследований новых природных медикаментов?

— В первую очередь назвал бы воздействие на азотистый обмен сердца. Есть научные данные, что способность миокарда к сокращению тесно связана с образованием в нем аммиака. Клиницистам хорошо известно, что у больных ишемией, когда сердце недостаточно снабжается кислородом, азотистый обмен весьма нестоек, то и дело возникают различного рода отклонения. Наиболее характерным является повышение уровня аммиака в тканях, что приводит к подавлению окислительного обмена — насыщения тканей кислородом — и усиливает нарушения сократительной функции сердца. Чтобы изучать механизмы регуляции уровня этого ядовитого для клеток вещества в сердце, мы использовали аммоний, содержащий азот-15, и модель сердца крысы. Удалось доказать, что большая часть образующегося в здоровом миокарде свободного аммиака выводится благодаря особым реакциям, при которых образуются глютамин, глютаминовая кислота и ее продукты — аспарагиновая кислота и аланин. При инфаркте эти природные защитные реакции блокированы, и

¹ Работа по созданию препарата стрептодеказа удостоена Ленинской премии.





Новейшие методы не только определения заболевания и способов его лечения, но, главное, предупреждения поражения сердца и сосудов созданы в институтах Всесоюзного кардиоцентра.

Один из примеров — с помощью автоматических приборов и датчиков выявляют психологические особенности людей, предрасположенных к подобным заболеваниям.

активизируется запасной путь выведения аммиака — синтез мочевины.

Глутамин, аланин, глутаминовая и аспарагиновая кислоты — это основные аминокислоты из набора свободных аминокислот сердца. Напомню, что из аминокислот идет в клетках строение белков. Мы предложили профилактически вводить аминокислоты при заболеваниях миокарда, чтобы не допустить возрастания уровня аммиака. Защита аминокислотами сердца от кислородного голодания сопровождается и активизацией механизмов, которые связывают аммиак. В результате количество этого яда в системе сердце—сосуды быстро уменьшается.

Перспективность введения аминокислот для профилактики и лечения сердечных заболеваний трудно переоценить. Эффективность нового направления подтвердили исследования, проведенные на кафедре госпитальной терапии Оренбургского медицинского института.

Другой цикл работ, о котором

тоже имеет смысл упомянуть, относится к молекулярной кардиологии. Это изучение недавно привлекших особый интерес исследователей особых биологически активных веществ — регуляторов процессов жизнедеятельности — простагландинов сердца. Дело в том, что мы, терапевты, как и хирурги, работающие в области сердечно-сосудистой хирургии, часто сталкиваемся с так называемой скрытой сердечной недостаточностью или такими изменениями в сердечной мышце, которые выявляются только при перегрузках сердца, а в нормальных режимах работы их почти невозможно распознать. Часто нет возможности обнаружить какие-либо морфологические различия между сердцем, которое способно адаптироваться, приспособиться к нагрузке, и сердцем, которое с ней не справляется, между сердцем с пороком, которое после хирургического устраниния порока приходит в норму, и таким, которое и после операции по-прежнему не способно нормально функциони-

ровать. Отсутствие каких-либо морфологических признаков недостаточности сердечной мышцы заставило искать такие признаки на молекулярном уровне, в регуляции обменных процессов в миокарде.

При относительно небольшой нагрузке на сердце эти скрытые признаки могут никак не проявляться. В случае же перегрузки — а это понятие является сугубо индивидуальным — резервных возможностей сердечной мышцы не хватает, и возникает недостаточность. Насколько реально предположение о существовании скрытой сердечной недостаточности, я могу проиллюстрировать примером существования связи между естественным уровнем простагландинов и сократительной способностью сердца.

У группы здоровых кроликов была частично пережата аорта. В этих условиях большой перегрузки сердце животного работало в течение нескольких часов. С помощью электроманометров непрерывно регистрировалась гемодинамика — давление внутри желудочеков и рассчитывался так называемый индекс сократимости — интегральный показатель сократительной способности сердца.

Оказалось, что по динамике изменения индекса сократимости здоровые животные, на которых проводились эти опыты, четко разделились на две группы. Первая группа — это животные, у которых сердце после пережатия аорты адаптируется к перегрузке и индекс сократимости растет. Мы назвали таких животных сильным, или

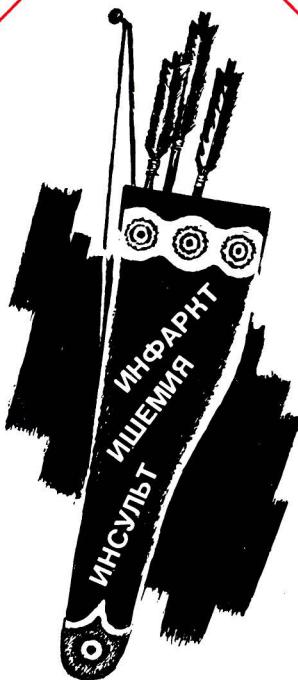
адаптирующимся, типом; в другой группе животных оказались кролики, сердце которых не справилось с перегрузкой, индекс сократимости упал и развилась недостаточность. Этот тип животных можно назвать неадаптирующимся, или слабым типом. Параллельно с анализом индекса сократимости мы измеряли концентрацию в тканях двух групп простагландинов. У всех животных, сердце которыхправлялось с перегрузкой, обнаружилось десяти-двенадцатикратное повышение в тканях содержания этих соединений, в то время как содержание простагландинов в сердце практически всех без исключения животных слабого типа осталось на контролльном уровне. Можно сделать вывод, что способность ускорять синтез простагландинов, соединений, которые служат внутриклеточными гормонами, передающими сигналы извне от гормонов крови на элементы клетки, участвующие в процессах построения белков, является одним из основных критериев резервных возможностей обмена веществ в миокарде. Эти выводы важны как для клинической кардиологии, так и для ряда областей прикладной кардиологии, например космической.

Я коснулся лишь отдельных направлений в фундаментальных исследованиях, проводимых в последние годы. Тех направлений, которые уже сегодня диктуют новые подходы в лечении больных атеросклерозом, аритмиями, сердечной недостаточностью... Разумеется, этим область научных поисков ВКНЦ отнюдь не ограничивается...

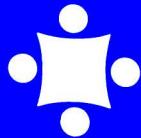


ОЧЕРК ОЧЕРК

9



КАК
ПОМОЧЬ
СЕРДЦУ



На рассвете «четвертого дня землетрясения» пленник, одетый как бог солнца Тонатиу, был доставлен на платформу к Календарному камню. Четыре жреца распластали жертву, а пятый ножом из обсидиана вскрыл грудь и вырвал сердце.

Культ трепещущего сердца, принесенного в жертву богу, у ацтеков и друидов символизировал проходящий через каждого человека небесный путь Солнца. С самых древних времен

человек сознавал, что в груди у всех живых существ бьется нечто таинственное, от чего зависит жизнь и смерть. Позже пришло понимание того, что с сердцем как-то связана и эмоциональная жизнь человека. Его наделяли способностью быть твердым или нежным, любить или ненавидеть, горевать или радоваться. Поэты слагали о сердце легенды, ваятели и зодчие возводили в его честь храмы.

Справедливо ли это с точки зре-

ния сегодняшних представлений? Каждый знает по себе — да. Как и тысячи лет назад, мы в острых жизненных ситуациях прикладываем руку к левой стороне груди и не так уж редко приносим сердце в жертву, правда, в отличие от древних, не ножом из обсидиана, а неосторожным резким словом, несоразмерной нагрузкой.

А какая нагрузка соразмерна? Что за таинственные связи держат сердце в плену эмоций? Как сохранить и сберечь этот всемогущий и столь уязвимый орган, который у современного человека все чаще и чаще выходит из строя и обрывает жизнь во все более и более молодом возрасте? Что мы делаем не так?

Сердце и эмоции. Сердце и здоровье. Как зарождаются и развиваются ишемическая болезнь, гипертония, аритмия, сердечная недостаточность? Почему существует внезапная смерть? Сотни лет задают себе медики эти вопросы, тысячи исследователей всех времен пытались выяснить, что же такое сердце, проникнуть в тайны его работы.

Строение сердца, схема кровообращения изучены достаточно хорошо. Во Франклиновском научно-исследовательском институте и в Филадельфии посетители могут побывать «внутри» сердца. Выставленная в институте модель из пластика, дерева и проволоки имеет 6,4 метра в высоту и 8,4 в ширину. По лесенкам можно забраться в предсердие и желудочки, ощутить записанные на магнитофонную ленту биения, посмотреть, как запирают отверстия клапаны, как функционируют стенки и перегородки.

Существуют десятки способов снять электро- или фонограмму сердца, проанализировать его «мелодию» или «шумы», проводимость биоэлектрических импульсов. Найдено много химических, растительных и, как мы теперь знаем, «живых», природных медикаментозных средств, которые помогают сердцу в трудную минуту, облегчают его работу. Даже после такой страшной и когда-то, безусловно, смертельной болезни, как ин-

фаркт, ныне более 80 человек из 100 не просто выздоравливают, а благодаря введенной в Советском Союзе системы поэтапной реабилитации возвращаются к прежней работе. Это ли не победа?

«Все это очень важно и хорошо. Но этого недостаточно,— утверждает Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии академик Е. И. Чазов.— Число заболеваний сердца и сосудов во всем мире продолжает неуклонно расти. По данным Всемирной организации здравоохранения, смертность от этих недугов среди людей 35—44 лет увеличилась за последнее время на 60 процентов. Если по-прежнему сидеть у постели больного с лекарствами и кислородной подушкой, это не приведет к пониманию того, как работает система. А без этого далеко не продвинешься. Мы обязаны найти радикальный путь не только лечения, но, главное, предупреждения болезней. Для этого необходимо прежде всего досконально узнать, что же такое сердце. Узнать до тонкости. На уровне молекул и клеток изучить обмен веществ в сердечной мышце, способы накопления и потребления энергии, тонкие механизмы развития и обновления тканей...»

Итак, впервые была по-иному сформулирована задача. Не просто лечить сердце. Не только помочь сердцу. Но прежде всего спросить у самого сердца, а нравится ли ему, как его лечат? Как сохранить его работоспособность, не допустить болезни, сбоя?

Разные вещи — психология врача и психология исследователя. Редко они объединяются в одном человеке. Редко сочетается понимание того, что надо в клинике, и предвидение, на каких путях это надо искать. Как, преодолев профессиональный барьер, сказать себе, что медицинским исследовательским учреждениям обычного типа не под силу даже постановка такой задачи, не говоря уже о ее решении, что обязательно нужна совместная работа врача и ученого высокой квалификации? Мало того. Нужен комплексный охват проблемы разными учрежде-

ниями, потому что даже самый блестящее оснащенный институт не может иметь полного комплекта узких и разносторонних специалистов. А без этого нельзя получить качественно нового знания.

Сегодня, когда Всесоюзный кардиологический научный центр (ВКНЦ) уже «выдает продукцию», все кажется само собой разумеющимся. Между тем поначалу, а центр создан в 1975 году, не так-то просто было руководителю центра Е. И. Чазову доказать своим коллегам-медикам, почему чисто медицинскому учреждению необходимо выделять больше половины бюджета многочисленным лабораториям, которые ни сегодня и даже ни завтра ничего, по всей видимости, больному не дадут. Почему теоретическое руководство исследовательской работой целесообразно поручить не кардиологу и даже не медику, а ученому, убедить своих коллег, что только ученый-биохимик способен стратегические идеи клинициста перевести на конкретный биохимический язык научных задач лаборатории. И наконец, почему кардиологическому центру жизненно необходимо сотрудничество с Центральным институтом усовершенствования врачей и собственная клиника, где больные постоянно перед глазами, безмолвно напоминают и ждут и немедленно получают все, что найдено. Больные, в которых и смысл, и конечная цель всей глобальной стратегии поиска.

Что ж, кардиологический центр — это принципиально новый тип организации медицинских научных исследований в стране, головное учреждение, ответственное за научные программы в области кардиологии, за завтрашний день клинической помощи и профилактики. Радикальные перемены всегда требуют определенной психологической перестройки. Зато сейчас коллектив ВКНЦ — единый организм, четко решающий поставленные задачи. В нем созданы сильные, профессионально подготовленные группы по каждой проблеме, стремящиеся найти «подходы к сердцу».

Сердце — необыкновенно сложный

орган, идеально сконструированный природой, единственная мышца, которая ни на секунду не прекращает трудиться всю жизнь. Но при всей своей сложности оно выполняет единственную функцию — прокачивает кровь через систему сосудов. С силой сокращая стенки, сердце выталкивает и гонит кровь в самые отдаленные участки тела, доставляя им кислород и питательные вещества. При расслаблении, наоборот, создает отрицательное давление в венах, чтобы отсосать, извлечь из тканей отработанную кровь, насыщенную углекислотой и другими шлаками — продуктами жизнедеятельности клеток. Каждую минуту здоровое сердце выбрасывает 70 волн крови — импульсов жизни. Легкая физическая нагрузка, например спокойная прогулка, заставляет увеличить число сокращений до 80—85. Быстрый бег при нетренированном сердце поднимает эту величину до 130—140. При этом в сосудистое русло проталкивается вместо 4—7 до 15 литров крови. Значит, сердце прежде всего мощный насос. Так, собственно, его изучали столетиями. Но попробуем вместе с учеными посмотреть на эту его функцию с точки зрения клеточной и молекулярной кардиологии, изучающей процессы обмена веществ в здоровом и пораженном болезнью миокарде. Познакомимся подробнее с некоторыми направлениями из фундаментальных исследований, подсказанных первоначально понятием сердце — насос.

— Работать с человеческим сердцем биохимику трудно, — рассказывает академик АМН СССР В. Н. Смирнов, заместитель генерального директора ВКНЦ по экспериментальной кардиологии, лауреат Ленинской премии. — Ни проникнуть в него, ни взять пробу нельзя. В основном мы ведем эксперименты с лабораторными моделями и препаратами сердца животных — крыс, голубей, лягушек... Наметить задачи исследований нам помогли клиницисты. Ведь если сердце — насос, можно посмотреть, что мышца сердца забирает из крови, а что выбрасывает. Так родился замысел

экспериментов по азотистому обмену — один из первых, подсказанных Е. И. Чазовым для совместных разработок Отделением неотложной кардиологии и лабораторией метаболизма миокарда. При каждом сокращении сердца его клетки потребляют кислород и высвобождают аммиак — сильно токсичное соединение. Накапливаясь, это соединение может остановить многие обменные процессы в миокарде. Поэтому мудрая природа предусмотрела сложный механизм нейтрализации аммиака, так называемую реакцию трансаминирования.

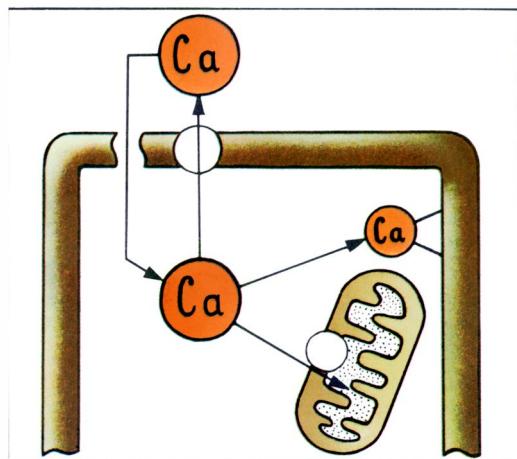
Казалось, это «чистая наука» — изучение важной реакции обмена. Однако всякая «чистая наука» часто оказывается весьма полезной для практики, причем с самых неожиданных сторон. Углубленные анализы выявили, что обмен аммиака в ткани сердца, в отличие от постоянных обменных реакций, проходит у разных пациентов по-разному. У ряда больных почему-то скакает величина необезвреженного аммиака на выходе из сердца. Тогда уже специальными анализами исследовали кровь пациентов, страдавших ишемической болезнью, и обнаружили, что не только обострение болезни, но любое небольшое нарушение сердечной деятельности вызывает резкий разлад механизма нейтрализации аммиака. Большое сердце может нейтрализовать аммиак, образуя мочевину. Ее содержание становится в 5—10 раз выше, чем в ткани нормального сердца. Для клиники сегодня нарушения азотистого обмена сердечной мышцы — важный показатель ранних болезнетворных проявлений, выявление развития сердечной недостаточности.

Для того чтобы маленькому — с кулак — насосу безостановочно выполнять гигантский объем работы, качая десять тонн крови в сутки по малому и большому кругу, надо иметь бесперебойное снабжение энергией. Как организовано это снабжение? Что представляет собой сердце как мотор, вырабатывающий энергию? Так родилась задача, к решению которой надо

было подходить с трех сторон: химико-кинетической, электрофизиологической и биохимической.

Каждая клетка сердца выполняет свою работу с максимальной эффективностью. Было известно, что в сложных биохимических циклах окисляются с участием кислорода глюкоза и жирные кислоты, превращаясь в углекислоту. При этом образуется энергия в форме специфических молекул — аденоинтрифосфорной кислоты и креатинфосфата, получивших сокращенное название АТФ и КФ. Эта энергия, в частности молекулы АТФ, образуется и хранится, как в аккумуляторах, в особых клеточных образованиях — «электростанциях» — митохондриях, изолированных как бы в мешке из двойной мембранны, защитном барьере любой клетки. А когда АТФ становится необходима для сокращения мышечной ткани, она используется совсем в других образованиях клетки — миофибриллах. Таким образом, внутри клетки места выработки, хранения и использования энергии разделены пространством. Как же они объединяются? Кто дает сигнал на подачу энергии для сокращения? Кроме АТФ, энергия существует и в виде креатинфосфата, открытого еще в 1927 году. Считалось, что КФ — один из способов запасать энергию, если возникает ее избыток.

Исследователи кардиологического центра — группа доктора химических наук В. Сакса как специалиста по химической кинетике и доктора биологических наук Л. Розенштрауха как электрофизиолога — доказали, что такие представления совершенно неправильны и роль креатинфосфата куда более активна и важна. Им удалось создать и описать количественную модель переноса энергии внутри клеток, по которой АТФ — рабочая энергия, а КФ — транспортная форма. АТФ, образуясь в «электростанциях» — митохондриях, так и будет находиться, пока путем сложных превращений не примет форму КФ. В свою очередь КФ, попадая к «потребителю», не может самостоятельно действовать на сократительный центр — систему мио-



Когда выяснили, что кальций — главный «дирижер» важнейших в жизни клетки процессов, ученые-биохимики заинтересовались созданными природой тончайшими механизмами, обеспечивающими деятельность кальция. Удалось воссоздать принцип «кальциевого насоса», действующего как в мембране — контролально-пропускном заслоне клетки (внизу, справа), так и внутри самой клетки.

фибрилл, а вновь превращается в АТФ.

Выяснилась и такая любопытная и важная для клиники деталь: при заболевании, когда сердце не может сокращаться в полную силу, в первую очередь падает количество не «рабочей» энергии — АТФ, а исчезает чуть не до нуля транспортная форма — креатинфосфат. В этой работе по совместной программе участвовали и американские ученые.

Рассуждая теоретически, раз не хватает именно транспортной формы, то есть потребитель не получает нужную порцию энергии и это вызывает нарушения функций сердца, то ведь можно ему этот «паек» доставить. Причем совсем не обязательно доставлять энергию оттуда, где она производится. Можно вмешаться где-то по пути и искусственно снабдить энергией изнемогающее от ее недостатка сердце.

Нужно вмешаться в перенос энергии.

Тоненькая полоска — всего в миллиметр — вырезана из сердца лягушки. Полоска бьется, сокращается так же, как целое, нормальное сердце. Раз, два, сорок, сто, пятьсот раз, восемь часов подряд. Потом начинает уставать. Сокращения все медленнее, тише, сила их падает в три раза. Вот-вот наступит конец. При этом количество АТФ в полоске почти не меняется, а креатинфосфат вымывается и его содержание снижается тоже в три раза! Если сейчас ввести КФ, то сила

сокращений восстановится — полоска сердца будет работать в полную силу. Так впервые в мире доктор биологических наук Л. Розенштраух с сотрудниками доказали, что сила сокращений сердца прямо зависит от внутриклеточного содержания КФ.

Создано новое представление об энергетическом обмене сердечной мышцы. Там, где искусственно можно доставить энергию, сердце будет спасено. К сожалению, пока нельзя таким простым и эффективным путем спасти ни человеческое сердце, ни вообще сердце млекопитающих. Оно имеет слишком могучий защитный мембранный барьер, не допускающий внедрения энергетических порций извне. А инфаркт — результат дефицита энергии. Как «перехитрить» ткань сердца, не повредив барьера, — это тоже одно из направлений исследований кардиологического центра.

Сколько энергии ни подавай на миофибриллы, накопи там сколько хочешь АТФ, они не сократятся без специальной команды. Такую команду подает кальций, который проникает в клетку и взаимодействует с сократительной системой сердца. Сердце скжалось в комок, вытолкнув кровь, но ведь надо еще и расслабиться, отдохнуть и засосать для очистки венозный поток.

График работ безуокоризненно четок — за сутки примерно 8 часов сердце находится в состоянии сокращения, 16 — расслабления. Заметим, расслаб-

ление в два раза больше: нужно восстановить силы. Значит, четкость этой стадии не менее, а может, и более важна, чем сокращение. Но если кальций, давший команду на сокращение, не удалить от миофибрill, то механизм расслабления не сработает. Кто и как его удаляет? Как ни странно, многие исследователи, долгие годы занимавшиеся механизмом сокращения, оставляли без внимания систему расслабления. Этим занялась группа биохимиков кардиологического центра под руководством доктора биологических наук Д. Левицкого.

Если работа кинетиков и электрофизиологов относительно быстра и результативна, то у биохимиков она поистине каторжна и неблагодарна. Какое надо иметь упорство, каким обладать энтузиазмом, чтобы два года кропотливо и нудно, по 10, 12, 14 часов в сутки (эксперимент нельзя прервать) очищать и выделять белки мембранны — длинные, закрученные в пространстве образования, утопленные в толще жироподобных веществ. Но без определения и выделения белка-фермента, главного «действующего лица» любого клеточного процесса, нет ни результата, ни завершенной работы. Главное слово всегда за биохимикиами.

Тысячи животных, тысячи голубиных, крысиных, бычьих сердец, принесенных в жертву богу науки. Ведь надо сначала подобрать источник, из которого можно будет извлечь нужный белок. Адский труд. Зато когда получен активный препарат — биохимики становятся нужны всем. С биохимикиами ВКНЦ с большой охотой сотрудничают не только отечественные, но и зарубежные институты. Им удалось создать новое представление, заключающееся в том, что расслабление мышцы сердца происходит так же, как и расслабление скелетных мышц. Это доказано впервые, ведь, в отличие от скелетных, мышца сердца никогда не бывает неподвижной, и предполагалось, что механизм, его управляющий, — другой. Да и сердце само по себе ведь не просто мышца — это переплетение сосудистых, мышечных

соединительных клеток и «электростанций» — митохондрий, которых, кстати, больше всего.

Группа биохимиков под руководством Д. Левицкого не только показала, как отсасывается кальций во время расслабления, но и выделила в чистом виде и активном состоянии белки системы кальциевого насоса, в результате членочной работы которых обеспечивается ритмичная работа сердца. Кальциевый насос — понятие очень широкое, белковый состав насоса выяснен совместно в работах с учеными ряда стран.

С точки зрения молекулярной кардиологии креатинфосфат и система кальциевого насоса определяют сократительную способность сердца, четкость его работы, не дают наступать усталости. А с точки зрения просто кардиологии и физиологии? Как проявляются эти молекулярные микромеханизмы в макросистеме — целом сердце? Этим проблемам отдал много лет жизни профессор Ф. Мерсон из Института патофизиологии АМН СССР. Он занимается тем же обменом веществ — метаболизмом миокарда при приспособившемся, но увеличенном сердце и сердечной недостаточности.

Живой организм обладает высокой степенью приспособления к меняющимся условиям окружающей среды. И сердце не исключение. Это очень консервативная система. Если же сердце вдруг оказывается не в состоянии приспособиться к перегрузке — значит, что-то меняется в энергетическом обеспечении или нарушаются потоки ионов через мембранны. Как добиться, чтобы сердце без срывов выносило перегрузки? И что такое перегрузка? Ведь известно, что нетренированное сердце при беге бешено сокращается, а из 15 литров крови, проталкиваемых в большой круг сосудистого русла, лишь пол-литра поступает в артерии, питающие миокард. Это голодный паек для колотящегося насоса, он изнемогает, работает на пределе. А у бегущего спортсмена сердце почти не ускоряет ритма, но пропускает до 25—30 литров крови в



минуту, оставляя 0,8 литра для себя.

В принципе любое сердце может очень быстро приспособиться к любой перегрузке, в 5—6 раз поднимая давление в желудочках. Однако все это очень ненадолго. Оно может внезапно и сдаться. Кроме системы срочной и краткой адаптации, развиваются еще и длительные приспособительные механизмы. Удалось показать, что, когда нагрузка большая и долгая (например, при пороке клапанов), сердце начинает расти.

В лаборатории создавали на животных модели, где затруднялось нормальное поступление крови из аорты в сердце. Стягивали устье аорты у кроликов в четыре раза и наблюдали, что происходит через разные промежутки времени. И вот выяснилось, что в основе роста сердца лежит повышенение активной выработки нуклеиновых кислот и белков. Сердце может расти, увеличивая свою массу чуть не вдвое. Оно растет до тех пор, пока нагрузка на один грамм веса не снизится до уровня нормальной. Таким образом изменение структуры тканей обеспечивает функциональную деятельность. Оказалось, что такова вообще основа обеспечения большинства долговременных приспособительных систем организма.

Генетический аппарат клеток сердца отвечает, однако, на сигнал тревоги не равномерным наращиванием массы. В основном изготавливаются митохондрии. Мы помним, что это электрофабрики, где создается топливо клетки АТФ. Когда при перегрузках возникает дефицит энергии, сердце развертывает дополнительную сеть электрических фабрик-станций. Это уже не просто связь функция — структура, а гибкая, оперативная обратная связь. В первую очередь наращиваются короткоживущие структуры: митохондрии живут 5 дней, а миофибриллы — 12 дней.

Ф. Мирсон выделяет на этой основе три типа сердца. Это сердце спортсмена — тренированное, в меру увеличенное, с заметным повышением функциональных способностей на каждый грамм веса. Сердце больно-

го — увеличенное до предела, иногда 700—900 граммов вместо 300, но с противоположным спортивному изменением ключевых структур; каждый грамм такого сердца еле-елеправляется с обеспечением элементарных жизненных потребностей, перегрузки ему выдерживать трудно, а иногда и невозможно. И сердце лентяя. Оно небольшое, собственно, нормальное по размеру — 300—500 граммов, но функционально почти не отличается от гипертрофированного сердца большого. Единый механизм адаптации определяет все три состояния.

Как эти представления можно использовать для предотвращения заболеваний? Что лежит в основе механизма адаптации? Удалось доказать, что постепенное периодическое действие высотного кислородного голодаания в условиях барокамеры резко повышает сопротивляемость к основным заболеваниям сердца и мозга, а также системы кровообращения.

Именно такой разносторонний подход — и с точки зрения молекулы и клетки, и со стороны целого сердца — позволил, как мы видим, пролить свет на многие тайны, известные до этих пор только самому сердцу.

Хочется сказать и о некоторых более поздних, новых результатах. Выяснилось, например, что каждое сердце имеет индивидуальные приспособительные механизмы к перегрузке. Что одному под силу, для другого — срыв и болезнь. И что кто-то гораздо хуже приспособливается даже при упорной тренировке, а кто-то — лучше. Понятно, насколько важно заранее предсказывать тот предел, ту грань, за которой может произойти срыв. Это очень нужно для людей, чья жизнь постоянно связана с перегрузками — для спортсменов, летчиков, водителей и, конечно, космонавтов.

Не менее важны данные, полученные в научных исследованиях в обширных внутрисоюзных и международных программах, и для всех людей, которые хотят сохранить свое сердце здоровым.

Лучше не болеть, чем лечиться, — истина самоочевидная. Тем не ме-

нее выполнять необходимые разумные требования мало кому хочется. Вот что рассказывает доктор медицинских наук Р. Г. Оганов, директор Института профилактической кардиологии ВКНЦ. Заметим, что институт в кооперации со многими организациями страны провел программы массовых обследований по специальным методикам различных групп — возрастных, профессиональных, населения страны в разных географических и климатических регионах.

Анализ массовых обследований показал, что среди поражений сердечно-сосудистой системы самые тяжелые последствия дают ишемическая болезнь сердца и артериальная гипертония. Если нам удастся справиться с этими двумя недугами, то проблема в целом будет решена.

В основе научной концепции профилактики этих заболеваний — определение факторов риска. Главные из них — курение, стойкое повышение артериального давления, высокий уровень холестерина в крови. Даже один фактор утраивает риск заболеть, а сочетание двух из них увеличивает опасность в 8—10 раз. Успех массовой профилактики зависит от трех главных условий. Первое условие — знание факторов риска. Второе — готовность к профилактике, и прежде всего готовность медиков. Ведь в институтах и училищах до сих пор учили только, как выявлять и лечить болезнь, но отнюдь не как ее предотвращать. Врач и средний медицинский персонал просто обязаны знать все о средствах и возможностях профилактики. И третье — готовность населения выполнять рекомендации. Без этого все усилия медицины оказываются тщетными. А здесь пока мы далеки от идеальной ситуации. На наше первое приглашение прийти на профилактический осмотр к врачу-кардиологу приходит лишь 15—20 из 100 приглашенных. Даже среди лиц, уже страдающих артериальной или ишемической болезнью сердца, отказываются от диспансерного наблюдения 32 человека из 100, а для лиц, имеющих только факторы риска,

эта цифра достигает 51 процента. В то же время ишемическая болезнь сердца и артериальная гипертония часто впервые выявляются лишь при профилактических осмотрах. При выполнении в Москве программы многофакторной профилактики ишемической болезни при осмотре она была выявлена впервые у каждого 33 человек из 100. Еще хуже ситуация с артериальной гипертонией. При выполнении кооперативной программы по борьбе с этим заболеванием, которая проводилась в 23 городах страны, в среднем у 43 процентов обследованных гипертония была выявлена впервые. У нас даже горько-шутливая формула появилась «законы половинок»: из всех лиц, страдающих артериальной гипертонией, лишь половина знает о заболевании; из тех, кто знает, лишь половина лечится; из тех, кто лечится, лишь половина лечится эффективно.

То же самое можно сказать о призывах к повышению физической активности. Сколько бы ни строилось стадионов и бассейнов, их все равно будет слишком мало, чтобы преодолеть психологический барьер большей части населения, особенно молодежи. Мы сейчас требуем, чтобы при планировании и строительстве жилых районов предусматривались возможности для занятий физическими упражнениями рядом с домом — пешеходные дорожки, спортивные площадки, дорожки для велосипедистов и т. д.

Факторы риска, а сидячий образ жизни один из существенных среди них, установлены. Выявлена степень их значимости и влияния. В перечне так называемых управляемых факторов, с которыми можно и должно решительно бороться, на первом месте сигареты и алкоголь. Об этом много говорится, но считаю необходимым привести всего две цифры, полученные при массовом обследовании городского населения. Полный отказ от курения позволил бы снизить процент смертности на 17,5 процента. Цена пристрастия к рюмке — повышение при прочих равных условиях на 15 процентов смертных исходов при

сердечно-сосудистых заболеваниях и на 25 процентов случаев внезапной смерти. Угрожает это не только алкоголикам, но и людям «умеренно пьющим», цветущего возраста.

Небезынтересны также данные международной программы обследования детей, проведенной в рамках СЭВ в 1977—1980 годах. Выявленные у школьников 12—13 лет повышенные уровни артериального давления в 42 процентах случаев сохранились через 5 лет наблюдения, а значит, были не случайными. У большинства из обследованных зафиксирован избыточный вес, до трети мальчиков в этом возрасте пробуют курить, физическая активность резко снижена — сказывается и учебная перегрузка, и многочасовое сидение у телевизора, отказ от прогулок, не говоря уже о беге, лыжах, велосипеде, плава-

нии. Короче говоря, факторы риска у детей и взрослых весьма сходны. Различие лишь в том, что нежелательные, опасные изменения в сердце и сосудах в юном возрасте носят обратимый характер. Тем более необходимо своевременно их предупреждать.

Маленький комочек в нашей груди, сосредоточие многих тайн жизни, очень постепенно приоткрывает свои секреты людям и просит нас ему помочь. Не случайно, видимо, ацтеки в биениях сердца, в движениях крови «по кругам жизни» предугадывали некую причастность к извечным круговоротиям Солнца — животворного светила, дарующего свою щедрую мощь растениям и бактериям, Земле и человеку. Подчиняющему музыке своих сфер, своему магическому биению все ритмы жизни... Об этом — заключительный очерк.



ОЧЕРК ОЧЕРК

10



В РИТМЕ СОЛНЦА



Иногда нам говорят: «Вы встали не с той ноги». Еще вчера ласково светило солнце или весело брызгал дождь, вас переполняла радость жизни, а сегодня все вдруг опостылело. Работа валится из рук, дружеское участие раздражает. Что случилось? Со здоровьем вроде бы более-менее благополучно. Серьезных неприятностей не произошло. Так, без всякой видимой причины, нет настроения, и все. В чем же дело?

Выяснением этих и куда более значительных проблем заняты сейчас советские ученые и активно сотрудничающие с ними коллеги из социалистических и других стран мира.

Ныне никто не сомневается в существовании биологического хронометра. В тысячах опытов выявились его дирижерская власть над всеми проявлениями жизни, начиная от свечения простейших одноклеточных и кончая регуляцией температуры у че-

ловека. Нетрудно понять влияние на нас и окружающей природы, скажем строгих суточных ритмов — оборот Земли вокруг оси, — связанных со сменой дня и ночи, сезонных — весна, лето, осень, зима. Однако некоторые важные природные процессы подчиняются многолетнему циклу, а другие — часовому, минутному и даже секундному. Почему численность, например, канадской рыси, атлантического лосося, филинов и соколов достигает максимума в среднем каждые 9,6 года? Чем объяснить, что с той же периодичностью у людей в разных местах планеты растет количество заболеваний сердца?

А что такое неделя? Разве не человек сам для своего удобства создал этот цикл работы с отдыхом на седьмой день? Как могло библейское устройство жизни устоять перед налаживанием прогресса и цивилизации и по сей день считаться оптимальным? Можно, конечно, представить неделю как четвертую часть времени вращения Луны вокруг Земли, включающего четыре фазы — новолуние, первую четверть, полнолуние и последнюю четверть. Но ведь ни в одном календарном месяце нет целого числа недель, да и в природе неизвестны циклические процессы с таким периодом. Между тем работоспособность промышленных рабочих, как установлено, заметно меняется именно в недельном ритме: в понедельник, как правило, относительно низкая производительность труда, во вторник, среду, четверг наблюдается ее возрастание, в пятницу и субботу — опять снижение. Аналогичная динамика работоспособности у школьников и студентов. Призывы ученых максимально увеличивать нагрузку в середине недели и уменьшать в последние дни имеют весьма важное экономическое и социальное значение.

Считают, что неделя как мера времени была еще в Древнем Вавилоне — результат астрономических наблюдений за видимыми невооруженным глазом планетами, дневным и ночным светилами. Понедельник — день Луны, вторник — Марса, сре-

да — Меркурия, четверг — Юпитера, пятница — Венеры, суббота — Сатурна, воскресенье — Солнца. По всей вероятности, как заметил выдающийся советский ученый А. Чижевский, древние далеко превосходили нас в искусстве наблюдения над явлениями природы и мастерстве логических выводов. Семидневное чередование дней работы и отдыха, как теперь выяснилось, наиболее близко биохронометру, запрятанному в нас, — внутренним ритмам организма. Первым доказал это датский эндокринолог Хамбургер, в течение 17 лет ежедневно определявший у себя количество продуктов превращения стероидных гормонов — важнейших регуляторов многих процессов в организме. Он установил, что уровень их меняется в строго недельном ритме.

Каждое живое существо испытывает как влияние солнечных циклов, так и воздействие лунного притяжения. Как полагают французские ученые А. Либер и К. Шерин, лунные «биологические приливы и отливы» могут вызывать колебания настроения, а у неуравновешенных людей — и серьезные отклонения в поведении. Не только у женщин, но и у мужчин отмечаются изменения ритма физической выносливости в течение лунного цикла, периодические изменения качества сна. Даже у спортсменов-легкоатлетов зарегистрированы лучшие спортивные результаты в последней четверти лунной фазы, легче в это время приобретаются и новые спортивные навыки.

Утверждают, что в последнюю лунную четверть кровотечения у оперируемых больных более обильны. Хотя точных и убедительных доказательств столь прямой зависимости процессов жизнедеятельности от царицы ночи пока нет, хирурги стараются не назначать операции на «плохие» дни.

В большой моде одно время была гипотеза о так называемых «ваших днях». Основой ее послужили наблюдения немецкого врача В. Флисса, который в конце прошлого века установил, что приступы астмы и других заболеваний наступают, как правило,

через 28 или в отдельных случаях через 23 дня. Пытаясь объяснить этот факт, Флисс предположил, что настроение и физическое самочувствие человека зависят от двух различных циклов, начинающихся с момента рождения: 23-дневного физического мужского компонента силы, стойкости и смелости и 28-дневного женского эмоционального компонента чувствительности, любви и интуиции. В начале XX века австрийский инженер А. Тельшер заметил, что способность студентов усваивать учебный материал меняется циклически через каждые 33 дня. На основе этих наблюдений родилась триада о «ваших днях», включающая три разных цикла, которые идут независимо друг от друга и состоят из положительных и отрицательных фаз. Критическим следует считать день, когда кривая одного из биоритмов пересекает нулевую точку, переходя из положительной в отрицательную фазу или наоборот. Если пересечение нулевой точки происходит у двух биоритмов одновременно — день вдвойне критический, а если у всех трех, то это такой «черный день», что черней не придумаешь. В доказательство было даже подсчитано, что именно в свой «черный день» покончила жизнь самоубийством Мэрилин Монро. А вот американский пловец Марк Спитц в дни наиболее благоприятных пиков физического и эмоционального биоритмов завоевал сразу семь олимпийских медалей.

Можно ли верить подобным расчетам? Или это, как нередко бывает, заблуждение и очередная спекуляция на недостаточности знаний у населения? Многие серьезные хронобиологи склонны считать триаду необоснованной спекуляцией. Однако в том, что человеческий организм руководствуется строго определенными ритмами — ритмами работы сердца и кровеносных сосудов, печени и эндокринных желез, электрических явлений в мозгу и фаз сна и бодрствования, активности и покоя, — единодушны и медики, и биохимики, и математики.

Самые естественные из ритмов — суточный (солнечный) и месячный (лунный). Вращение Земли вокруг своей оси обуславливает не только изменение освещения. Суточным колебаниям подвержены температура и влажность воздуха, напряженность электрических и магнитных полей Земли, интенсивность заряженных частиц, испускаемых Солнцем. В гармонии с ними находится все живое на Земле. Для земных растений день — время интенсивного фотосинтеза, образования и накопления питательных веществ, для животных — период активной деятельности по добыванию пищи, а для ночных, наоборот, покоя.

Все люди к вечеру становятся немного иными, чем утром. Это доказано не только индивидуальными ощущениями, но и объективными данными. В течение дня меняется температура тела от минимума к максимуму, скорость кровообращения, кровяное давление, электрическое сопротивление кожи, эластичность мускулов и даже рост. Польский ученый профессор З. Дроздовский заметил, например, что к вечеру рост человека уменьшается, причем с интенсивностью, зависящей от физической конституции. Точность движений утром меньшая, чем вечером, а максимальная нервная возбудимость у спортсменов, способность долго задерживать дыхание наступает между 11 и 12 часами дня и 16 и 18 вечера. Спад отмечен в 8, 10 и 14 часов. Согласитесь, это важно знать не только спортсменам и тренерам. Нарушение внутреннего суточного ритма вызывает временное снижение умственных и физических способностей. Мы испытываем неприятные ощущения при перелете через несколько часовых поясов или даже когда приходится вставать утром на два-три часа раньше обычного. Летчики, постоянно обслуживающие трансатлантические трассы, в конце концов заболевают: сон расстраивается, а нервы расшатываются так, что пилотов приходится даже отстранять от полетов. Ведь соразмерность ритмов жизненных процессов с колебаниями внешней среды

достигнута в природе веками естественного отбора. Это важные приспособительные механизмы, передающиеся из поколений в поколения.

Находящийся внутри человека биологический хронометр не позволяет ему произвольно и безнаказанно менять длину суток. Осенью 1970 года семеро советских исследователей — двое мужчин и пять женщин, здоровые, крепкие люди, — попробовали всего 16 дней в естественных условиях, не в изоляции, прожить в ритме 16-часовых суток, ну, как если бы они стали обитателями планеты Нептун — у нее примерно такой период оборота вокруг оси. 5 часов спали, 11 бодрствовали, то есть привычный среднедарифметический баланс не нарушался. Менялся лишь ритм. С каждым днем выдерживать режим было все труднее и труднее. Портилось настроение, ухудшалось самочувствие, наступала какая-то эмоциональная тупость, все время хотелось спать, а сон стал тревожным, неглубоким. Приспособиться к навязанному ритму так и не удалось.

Еще более трудными оказались сдвоенные, 48-часовые сутки. Участник и организатор этих и многих других экспериментов известный хронобиолог Б. С. Алякринский рассказывает, что в течение экспериментов постоянно изучались суточные ритмы некоторых физиологических показателей — температуры тела, частоты пульса, выведения калия и натрия из организма. Так вот, самочувствие, острота восприятия ухудшались настолько, что подсчет пульса становился в тягость. Внимание отключалось уже на десятом такте. Четверо экспериментаторов — один мужчина и три женщины, собравшие все свои силы и волю, — за 20 дней так и не смогли сломать раз навсегда заведенный биологический хронометр.

Можно услышать предположения, что в будущих далеких космических межпланетных перелетах целесообразно варьировать длину бортовых суток в зависимости от выполняемой работы. С точки зрения практики это, конечно, целесообразно. И сейчас в

длительных экспедициях в первый период нормальный суточный ритм нередко нарушается. Космонавтам приходится работать по сдвинутому графику. Однако специалисты по космической медицине предупреждают, что к разработке измененных режимов надо подходить с особой осторожностью, обязательно учитывать, насколько сильно меняется во времени чувствительность человека к внешним воздействиям. Вот что написал в дневнике космонавт В. И. Севастьянов на 31-е сутки полета второго экипажа станции «Салют-4»: «Главный бич для нас — сон! И даже не сон, а режим дня! У нас просто дурацкий режим дня: каждые сутки он смещается на полчаса... Не можем мы привыкнуть к этому распорядку и мучаемся...»

В космосе, в сложных и неблагоприятных в отношении взаимосвязи биоритмологических условиях, ощущимы даже небольшие вольности, вполне допустимые в земной жизни. Мы все без последствий допускаем отклонения от режима на час-полтора, меняем время ужина, отходя ко сну. Однако хронобиологи считают, что и в нашей повседневной земной практике крайне неразумно, скажем, часто менять смены при многосменной работе на предприятиях. Идея «справедливого» режима — сегодня в ночную, завтра в дневную — на самом деле порочна и вредна.

Хронобиология, несмотря на свою молодость, уже много знает о том, как меняется во времени наше «я». Рассказывают, что давным-давно, в правление Борджиа, в Средней Италии встретились в таверне два человека. Распилили вместе бутылочку вина, а через несколько часов один из них умер. Когда проверили остатки вина в обоих бокалах, оно оказалось отравленным. На собутыльника, оставшегося живым и здоровым, пало подозрение в убийстве. Однако никаких улик не было — пили вместе одно и то же вино. Никаких, кроме незначащей мелочи. Перед роковой встречей подозреваемый две недели спал не по ночам, а днем. Его поведение

сочли странным, но не уличающим. Сегодня эксперты безоговорочно вынесли бы заключение — виновен. И вот почему. Хронобиология изучает закономерности регуляций и роль биоритмов в процессах жизнедеятельности организмов и их приспособления к окружающему миру. Многие результаты в нашей стране непосредственно используются в медицине и профилактике. В организме человека уже обнаружено более 300 ритмически изменяющихся за сутки физиологических и биохимических процессов. Интенсивность большинства из них нарастает днем и снижается ночью. Однако есть и такие, которые, наоборот, ночью протекают более активно, чем днем. Это рост тканей — именно поэтому растущий организм ребенка гораздо больше нуждается в длительном нормальном сне, чем взрослый, — рост волос. Вочные часы усилен тонус мышц, закрывающих веки, кольцевого мускула, запирающего мочевой пузырь. Ночное снижение потребности тканей и органов в кислороде обеспечивается уменьшением частоты дыхания, уменьшением вентиляции легких. Одновременно ограничивается выделение из организма углекислого газа, а в крови его больше, чем днем. Снижается ночью и выделение слюны, желудочного сока, даже если человек не спит. При заболеваниях, под воздействием сильно действующих химических, ядовитых, лекарственных веществ эти изменения могут существенно отклоняться от нормы, сдвигаться по фазе.

В результате многих экспериментов на животных установлено, например, что организм обладает неодинаковой устойчивостью к смертельным дозам различных веществ и облучения в зависимости от времени суток. Мыши, подвергнутые рентгеновскому облучению в 9 утра, жили после этого 130 дней. Та же доза убивала через 13 дней, если облучение проводили в 9 вечера. Яды бактерий и вирусов, гормоны адреналин и инсулин, лекарства элениум и циклофосфан, этиловый спирт в той же самой дозировке в один период суток могут

убить, а в другой — оставаться безвредными. Выяснилось также, что опасное время наименьшего сопротивления организма неодинаково по отношению к различным веществам.

Суточные ритмы изменения чувствительности к различным факторам обнаружены и у человека. Например, в предобеденное время организм человека особо чувствителен к холода, в послеобеденное — к теплу. Меняется от времени дня эффективность массажа, лечебных ванн. В медицине стало формироваться новое направление — хронотерапия: поиск оптимальных схем лечения, учитывающих суточные изменения в организме человека и его чувствительность к различным воздействиям.

Изучение лечебных препаратов в лаборатории хронобиологии научно-исследовательского центра Второго московского медицинского института показало, что наибольший эффект инсулина проявляется при введении между 8 и 14 часами. В это же примерно время адреналин сильнее увеличивает артериальное давление, между тем вечером и ночью человеческий организм особенно остро реагирует на пенициллин, что свидетельствует о большой степени зависимости аллергических заболеваний от хронобиологических закономерностей. По некоторым данным, чувствительность к таким основным природным алергенам, как бытовая пыль и цветочная пыльца, тоже достигает максимума вечером, а наивысшая сопротивляемость им — поздним утром.

Другими словами, с точки зрения медицины, используя лекарства, необходимо знать не только что и как, но и когда — эффект их действия относительно времени суток. Особенно это важно для гормональных препаратов. Врачи говорят: «Каждый гормон знает свое время». Утром усиливается продукция коры надпочечников — кортикоидных гормонов. Именно в это время синхронно с природными часами проводили лечение известные советские клиницисты В. Таболин, Ю. Вельтищев, Н. Ардаматский. В результате осложнений оказалось значи-

тельно меньше, выздоровление наступало заметно быстрее. Стромому ритму подчинена и секреция пищеварительных желез. Ее максимум приходится на середину периода бодрствования. Поэтому физиологи рекомендуют, чтобы 50—60 процентов суточного рациона питания поступало в желудок до 16 часов.

Как-то, будучи еще очень молодыми, биофизики доктор биологических наук С. Шноль и кандидат физико-математических наук А. Замятин из Института биофизики Академии наук СССР, оба большие любители музыки, решили попытаться с помощью биофизических методов проникнуть в тайны творчества. Ход их мысли был примерно таков. Любое художественное произведение обязательно состоит из двух компонентов: информационного, к которому относятся слова, мелодия, изображение, и ритмического, наиболее ярко выраженного в музыке и танце, но, по-видимому, присущего также в живописи, архитектуре, графике. Именно ритмический компонент, «внутренний ритм» произведения создает фон для восприятия всей заложенной в нем информации, усиливает это восприятие. В результате после записи импульсов и их классификации выявилось различие по времени на три класса. К первому классу отнесены интервалы времени от одной десятой до десяти секунд. Это время звучания одной ноты в музыке, слова или строчки в поэзии, небольшого числа элементов движения в танце или движения глаз при восприятии картины, скульптуры. Ко второму классу относятся уже более длительные периоды: от десяти секунд до нескольких минут (часть сонаты или симфонии или небольшие стихотворения). Третий класс включает в себя крупные произведения. Здесь время исчисляется от нескольких минут до часов и даже суток (интервал от тысячи до сотен тысяч секунд). Сюда входит и фон, который остается после восприятия произведения.

Анализ ритмического рисунка, создаваемого этими тремя классами времен, естественно, породил новую

проблему. А откуда, собственно, взялись эти периоды? Биофизики обратились к живому организму, чтобы найти ответ. Их интересовало, нет ли там законов и процессов, сходных по временным характеристикам со строгими ритмами произведений искусства. И вот что получилось.

При воздействии внешнего раздражителя на живой организм, когда этот организм должен срочно мобилизовать силы, в нем происходит биохимический процесс синтеза так называемых «гормонов действия». Это широко известные вещества ацетилхолин и адреналин. Время синтеза этих гормонов в первой быстрой реакции организма — от одной десятой доли секунды до десяти секунд.

Если внешний раздражитель действует многократно и долго, то организм через некоторое время перестает остро реагировать, привыкает — адаптируется, как говорят медики. В ход идут другие механизмы. Происходит мобилизация нервной системы, изменяется скорость кровообращения, уровень глюкозы в крови — организм реагирует как целое. И время таких изменений — от десяти до тысячи секунд.

Третий класс времен идентичен длительным процессам, так называемому синтезу стероидных гормонов коры надпочечников. Они синтезируются на протяжении часов и действуют до суток. Именно эти гормоны ответственны за «долгосрочное» настроение, они определяют, будет ли это веселость и жизнерадостность, угрюмость или удрученность.

Ученые сделали попытку объяснить с точки зрения биофизики индивидуальный механизм восприятия произведений искусства. Ведь внутренние ритмы синтеза гормонов для живого существа строго индивидуальны.

Пока речь шла только о восприятии. Но разве отображение тех или иных ритмов в произведении искусства не является выражением их творца, выражением индивидуальности художника?

Когда профессор Х. Фельц из ГДР проанализировал музыкальный ритм



произведений великих композиторов, то оказалось, что темы менялись у Чайковского с частотой в три секунды, у Бетховена — в пять, у Моцарта — в семь секунд. Сопоставив эти данные с памятью и биоритмами, ученый пришел к выводу, что нам нравятся и мы легко запоминаем те мелодии, ритм которых соответствует нашему собственному. Это было много лет назад. А теперь нашло неожиданное подтверждение в современных работах творцов компьютерной музыки, о чем рассказывалось в очерке «Что такое «Я».

И практическое применение первые выводы отдельных энтузиастов получили не только в области машинных экспериментов. Так, не всякую работу человек может одинаково хорошо выполнить в разное время суток. Источником энергии в организме служат, помимо запасаемых печенью гликогенов и жиров, и другие вещества, способные дать силу мышцам. Иерархия их по степени нагрузок весьма четкая. К примеру, если необходимо тяжелоатлету поднять штангу, то требуется срочная поставка энергии — доли секунды. Так быстро успевает сгореть лишь АТФ, вещество, питающее мышцы энергией. Если же спортсмен бежит стометровку, мышцам требуется усиленное питание целых 10 секунд. На это способно уже другое знакомое нам вещество — креатинфосфат.

В общем, чем больший резерв вступает в дело, тем медленнее он мобилизуется. Утром, когда в организме минимальное содержание гликогена и максимальное жиров, мы готовы к тяжелой работе, требующей интенсивных движений. Жиры горят долго, они способны обеспечить бег марафонца. К вечеру, когда жиры перекачиваются в гликоген, надо хорошо дышать, но менее усердно двигаться.

И еще. Обязательно при любой деятельности надо учитывать изменение чувствительности человека к внешним воздействиям во времени. Перестройка организма на любой новый режим занимает около двух не-

дель. Вот почему биохронологи признали бы убийцей того средневекового итальянского выпивохи, о котором шла речь выше, — ровно две недели он спал днем, а не ночью, и его чувствительность к яду была минимальной против ночной нормы.

Как удачно выразил это английский драматург и поэт XVII века Джон Драйден:

Во всем царит гармонии закон,
И в мире все суть ритм, аккорд и тон.

Невидимый хронометр тикает внутри нас, определяя время работы каждой клеточки организма, помогая согласовать все процессы жизнедеятельности в первую очередь с Солнцем, его активностью — с появлением птенов и протуберанцев, колебаниями магнитного поля. Первым влияние солнечной активности на живые существа Земли исследовал советский ученый А. Л. Чижевский. Его труды в 1920—1930 годах были столь новы и оригинальны, что современники не смогли в должной степени их оценить. Он за десятилетия до появления хронобиологической науки установил связь между циклической деятельностью Солнца и массовым распространением заболеваний растений и животных, эпидемиями среди людей.

Существует несколько периодов солнечной активности. Первый — 27 дней — период вращения Солнца вокруг своей оси. Затем пятишестилетние, одиннадцатилетние, двадцатидвухлетние и столетние циклы колебаний активности нашего светила.

И вот что интересно. Многолетние циклы, например, сопровождаются эпидемиями гриппа. Но куда более странный на первый взгляд факт: количество летчиков гражданской авиации, отстраненных от полетов медицинским контролем, резко увеличивается за несколько дней до максимального возмущения Солнцем магнитного поля Земли.

Влияние солнечных бурь и взрывов на земные процессы открыл итальянский ученый Джорджио Пиккарди. Оказывается, под солнечным воздей-

ствием синхронно в разных точках земного шара меняют свое состояние сложные молекулярные растворы, называемые в науке коллоидными. Но биологические жидкости в организме человека — это те же коллоидные растворы, только еще более сложные. Кровь, например, очень чутко реагирует на изменения солнечной активности. Это подтверждает реакция оседания белков, открытая профессором Токийского университета Маки Такатой. При ухудшении солнечного «настроения» реакция резко ускоряется.

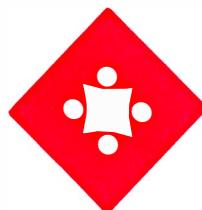
Советский врач Н. Шульц изучил 300 тысяч анализов крови, сделанных в СССР, Италии, Франции, Бельгии, Англии и других странах, сопоставляя изменение числа белых кровяных телец — лейкоцитов — с колебаниями солнечных вспышек, которые постепенно нарастили к концу 50-х годов. Оказалось, что число лейкоцитов в кубическом миллиметре крови падает с усилением активности Солнца. К примеру, если в конце XIX века при минимуме солнечных вспышек нормой для взрослых считали 10—14 тысяч лейкоцитов на кубический миллиметр крови, то в начале нашего века норма упала до 6—10 тысяч, а в конце 50-х годов она определялась у здоровых людей всего 3—4 тысячами лейкоцитов. В этот

период даже аппендицит не сопровождался повышенным лейкоцитозом. В дни сильной магнитной активности учащаются случаи инфарктов миокарда, сердечно-сосудистые расстройства.

Значит ли все это, что ритмы живых существ непосредственно «заводятся» ритмами магнитного поля Земли, активностью «пульса» Солнца, космическими воздействиями? Профессор А. Л. Чижевский и другие ученые отвечают на этот вопрос отрицательно. Хотя живые системы иногда болезненно реагируют на резкие колебания барометрического давления, магнитных полей, ионизации, тем не менее их врожденные хронометры — биоритмы, выработанные эволюцией и определяющие внутренние циклические процессы, служат надежной защитой от нарушения равновесия.

Ритм так же естественен, как все прекрасное во Вселенной, считал Рабиндранат Тагор.

Новое научное направление еще только-только обретает силу. Пусть вопросов пока больше, чем ответов, ведь сколь важны для нас имеющиеся ответы — можно видеть из приведенных примеров. И кто знает, быть может, познание тайн биологического хронометра откроет новые неизведанные пути не только к физическому здоровью, но и к духовному совершенству.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рассказах о науке и ученых мы часто встречаем такие слова, как «разведчики будущего», «покорители времени», «драма идей». Когда-то это было оригинальной находкой писателя, журналиста. Теперь такие эпитеты превратились в общеупотребительные, затерлись. Лишь знакомство с конкретным открытием, с удивительным, неожиданным, непредсказуемым свершением человеческой мысли возвращает привычным определениям их первоначальный волнующий смысл.

Вы познакомились в этой книге с разными направлениями современной науки и, разумеется, с теми, кого по праву причисляют к ее творцам. Почти все они — наши современники. Однако благодаря им нам удается приоткрыть завесу грядущего и хоть как-то представить себе, во что воплощаются идеи, преобразующие действительность. Путь от идеи к свершению и в самом деле драматичен. И неотделим от личности ученого. Коллективизм, присущий современному научному поиску и его реализации, конечно, накладывает свою печать, но тем ярче выsvечивается драматическая судьба идеи, воплощенной усилиями многих.

Истина пробивает себе дорогу в спорах, в борьбе. И чем она революционнее, тем большее сопротивление ей приходится преодолевать. Но в конечном счете мир обновляют именно революционные идеи. Те, которые позволяют нам как можно быстрее восстановить гармонию с природой, с меньшими затратами и в кратчайший срок добиться материального изобилия.

Оставшиеся до нового тысячелетия считанные годы будут действительно решающими для всех и каждого. Человечество, которое всю свою историю использовало лишь жалкие крохи преобразованной энергии Солнца, стоит на пороге новой эры. Мы готовимся поставить себе на службу неисчерпаемый энергетический океан Вселенной. Это будет не просто шаг по пути технического прогресса, а подлинная революция, куда более значительная, чем замена пара электричеством и электричества — атомом. Мы осваиваем биотехнологию — революционные производительные силы, свойственные самой природе и подсказанные ею.

Мир современной науки поистине безграничен. Он охватывает и необозримость космоса с его неизведанными мирами, где, возможно, когда-то была или когда-нибудь зародится новая жизнь, и глубины микромира, и секреты самой жизни, тайны высшего творения природы — разума. Постигая все эти волнующие загадки, наука выполняет свое основное предназначение, потому что главная ее цель — познание. Но процесс познания и тем более его результаты создают основу для развития качественно новых технических и производственных возможностей. Так наука выполняет свою общественную миссию, выступает как самостоятельная производительная сила общества. Вы могли на наглядных примерах убедиться, с какой головокружительной быстротой чисто научные исследования, проникающие в глубочайшие тайны мироздания, рождают, словно бы «по пути», принципиально новые технические открытия, которые в свою очередь приводят к появлению немыслимых ранее производств. И чем поразительнее достижения науки, тем величественное сдвиги в технике, а чем совершеннее техника, тем скорее и успешнее двигается вперед наука. В этом и заключается смысл понятия «интеграция науки и производства», всемерное усиление которой на всех направлениях — наущное требование времени.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ОЧЕРК 1. АЛГЕБРА ГАРМОНИИ	5
КОММЕНТАРИЙ 1. ЭНЕРГЕТИКА: ОТ КОСТРА ДО АТОМА	19
ОЧЕРК 2. ИДЕИ И СВЕРШЕНИЯ	29
ОЧЕРК 3. БОГАТЫРИ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ	43
КОММЕНТАРИЙ 2. «ОГНЕДЫШАЩИЕ ДРАКОНЫ» И СВЕРКАЮЩИЕ АЛМАЗЫ	59
ИНТЕРВЬЮ 1. ЗАЖЕЧЬ ЗВЕЗДУ	63
АКАДЕМИК Е. ВЕЛИХОВ.	
КОММЕНТАРИЙ 3. ЛУЧИ И «ЗАЙЧИКИ»	73
ОЧЕРК 4. ВПЕРЕДИ ВРЕМЕНИ	83
КОММЕНТАРИЙ 4. «ЗОЛОТЫЕ ЯБЛОКИ СОЛНЦА»	99
ИНТЕРВЬЮ 2. ЗОВ ВСЕЛЕННОЙ	107
АКАДЕМИК Р. САГДЕЕВ.	
КОММЕНТАРИЙ 5. «В МЕРЦАНИИ СВЕТИЛ»	123
ОЧЕРК 5. ОТ КУКЛЫ К ЛУНОХОДУ	127
ИНТЕРВЬЮ 3. ЛЮДИ И РОБОТЫ	135
АКАДЕМИК А. ДОРОДНИЦЫН.	
ОЧЕРК 6. ЧТО ТАКОЕ «Я»	141
ИНТЕРВЬЮ 4. ЧЕЛОВЕК В МИРЕ СИСТЕМ	161
АКАДЕМИК В. АФАНАСЬЕВ.	
ОЧЕРК 7. КАК ЧИТАЮТ КНИГУ ЖИЗНИ	177
ОЧЕРК 8. «ВОДОРОДНЫЙ ЦВЕТОК»	187
КОММЕНТАРИЙ 6. ЖИВЫЕ ЛЕКАРСТВА	205
ИНТЕРВЬЮ 5. СТРАЖА ЗДОРОВЬЯ	211
АКАДЕМИК Е. ЧАЗОВ.	
ОЧЕРК 9. КАК ПОМОЧЬ СЕРДЦУ	219
ОЧЕРК 10. В РИТМЕ СОЛНЦА	229
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	238

К ЧИТАТЕЛЯМ

ОТЗЫВЫ ОБ ЭТОЙ КНИГЕ
ПРОСИМ ПРИСЫЛАТЬ
ПО АДРЕСУ:
125047, МОСКВА,
УЛ. ГОРЬКОГО, 43,
ДОМ ДЕТСКОЙ КНИГИ.

НАУЧНО-ХУДОЖЕСТВЕННАЯ ЛИТЕРАТУРА

ДЛЯ СТАРШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Кнорре Елена Сергеевна

ВПЕРЕДИ ВРЕМЕНИ

Ответственный редактор Л. А. Чуткова
Художественный редактор Г. Ф. Ордынский
Технические редакторы В. К. Егорова и С. Г. Маркович
Корректоры К. И. Каревская, Л. А. Рогова

ИБ № 10673

Сдано в набор 27.01.88.
Подписано к печати 19.10.88. А01663.
Формат 70×104¹/₁₆. Бум. офсетн. № 1.
Шрифт журнально-рубленый. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 20,25. Усл. кр.-отт. 82,35. Уч.-изд. л. 20,87.
Тираж 100 000 экз. Заказ № 2034. Цена 1 р. 80 к.
Орденов Трудового Красного Знамени и Дружбы народов
издательство «Детская литература»
Государственного комитета РСФСР
по делам издательств, полиграфии
и книжной торговли.
103720, Москва, Центр, М. Черкасский пер., 1.
Калининский ордена Трудового Красного Знамени
полиграфкомбинат детской литературы
им. 50-летия СССР Росглавполиграфпрома
Госкомиздата РСФСР.
170040, Калинин, проспект 50-летия Октября, 46.



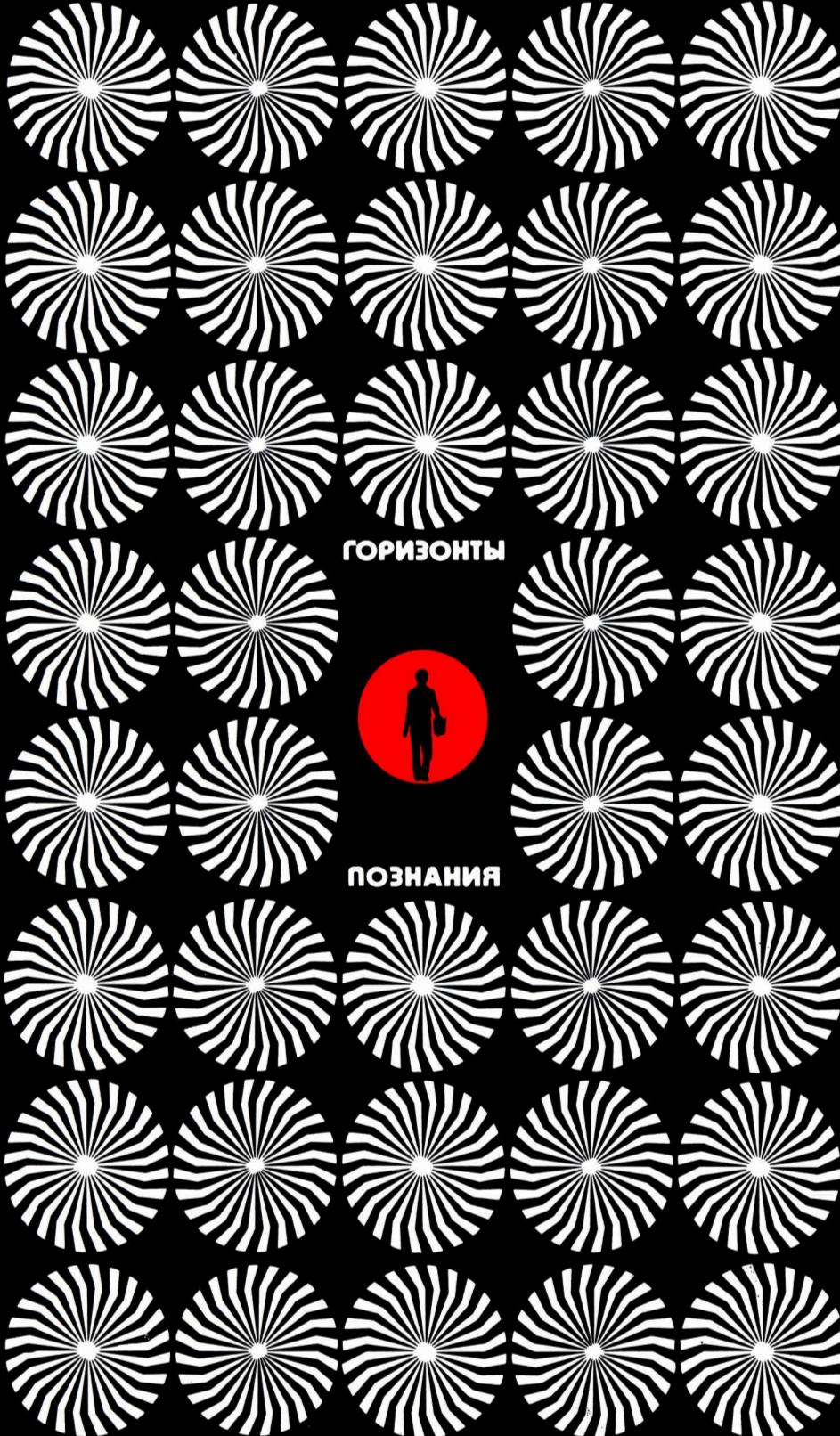
Кнорре Е. С.

**K53 Впереди времени: Научно-художественная ли-
тература/Оформл. Б. Чупрыгина.— М.: Дет. лит.,
1989.— 239 с.: ил.— («Горизонты познания»).
ISBN 5—08—001078—9**

Книга о наиболее интересных направлениях в науке, о возможностях
использования открытий крупнейших ученых на практике. Состоит из разделов
«Атом», «Солнце», «Бактерии», «Человек». В книге представлены академики
Б. Патон, Е. Чазов, А. Дородницын, Р. Сагдеев, Г. Марчук, Е. Велихов, В. Афа-
насьев и другие.

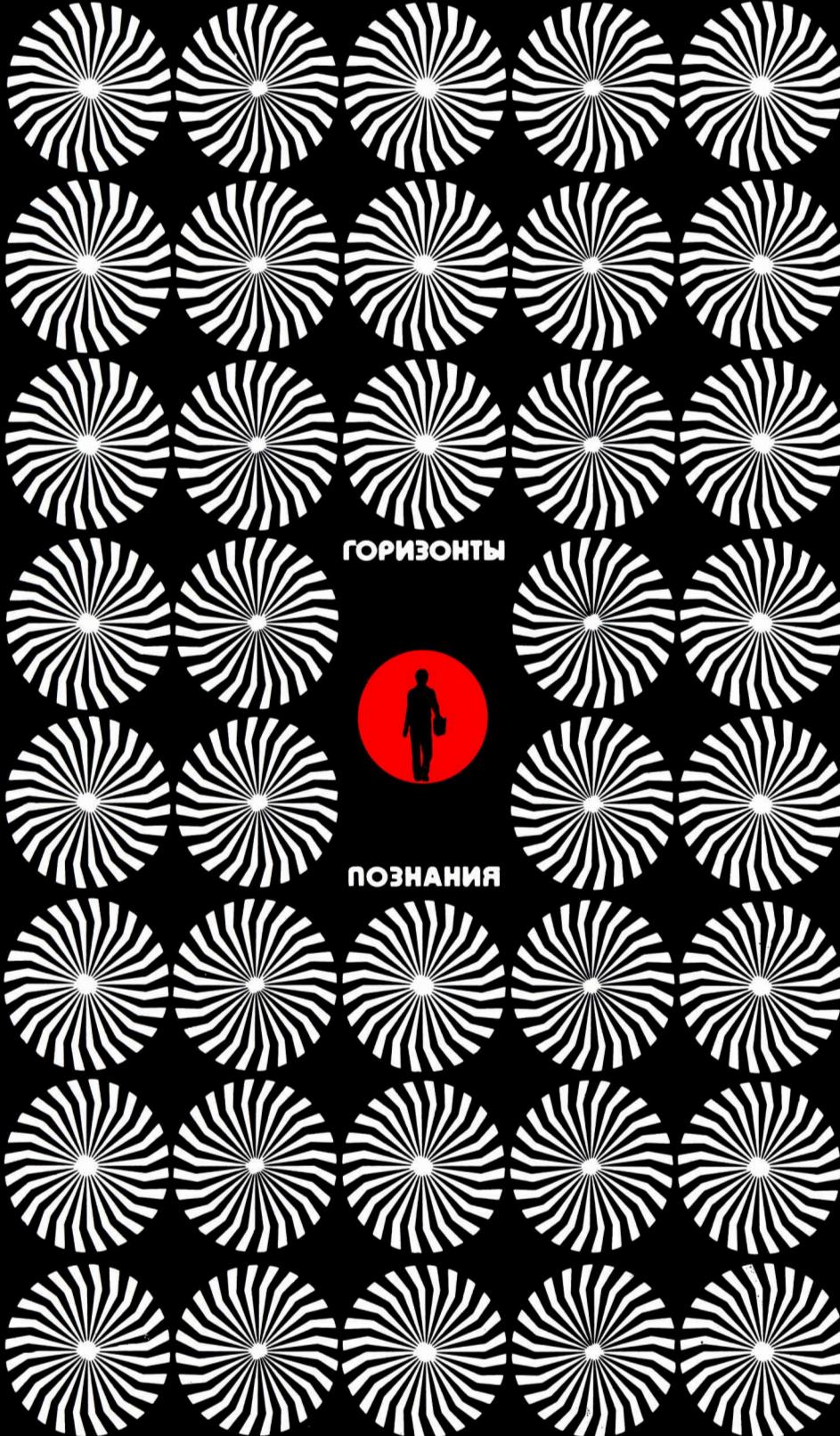
**К 4802000000—015
М101(03)-89 023—88**

**ББК
К53**



ГОРИЗОНТЫ

ПОЗНАНИЯ



ГОРИЗОНТЫ

ПОЗНАНИЯ

ГОРИЗОНТЫ

ПОЗНАНИЯ



*Неразгаданное всегда влечет человека.
Может быть, поэтому
самым притягательным в научном поиске
является раскрытие
все новых и новых тайн мироздания.
Вселенная и атом,
Солнце и человеческое сердце,
сам человек с его неповторимым
интеллектом и интеллект искусственный.
Процесс познания бесконечен,
и потому он опережает время,
позволяет заглянуть за горизонт...*

1 р. 80 к.

Издательство
«Детская
литература»