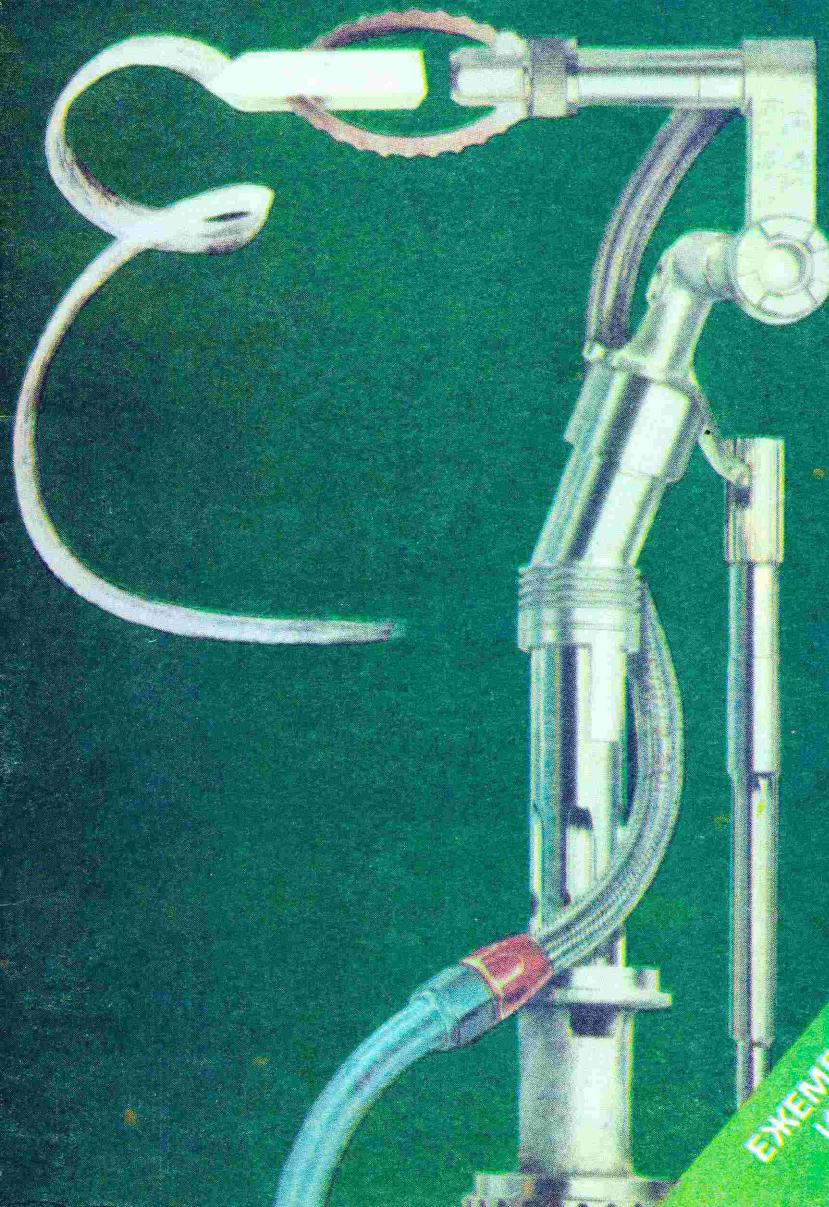


ISSN 0233-3619

# ЭНЕРГИЯ

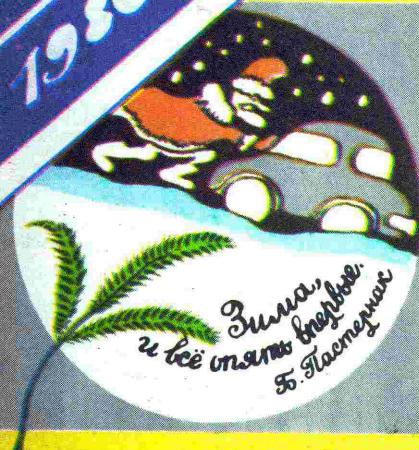
ЭКОНОМИКА · ТЕХНИКА · ЭКОЛОГИЯ

1'86



ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ  
ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ ЖУРНАЛ  
ПРЕЗИДИУМА АН СССР

1986



## Март

Пн	3	10	17	24	31
Вт	4	11	18	25	
Ср	5	12	19	26	
Чт	6	13	20	27	
Пт	7	14	21	28	
Сб	1	8	15	22	29
Вс	2	9	16	23	30

Стартовая охота,  
увидел я сирень.  
Это было весной -  
в цветущий день.

А. Блок



## Январь

Пн	6	13	20	27
Вт	7	14	21	28
Ср	1	8	15	22
Чт	2	9	16	23
Пт	3	10	17	24
Сб	4	11	18	25
Вс	5	12	19	26

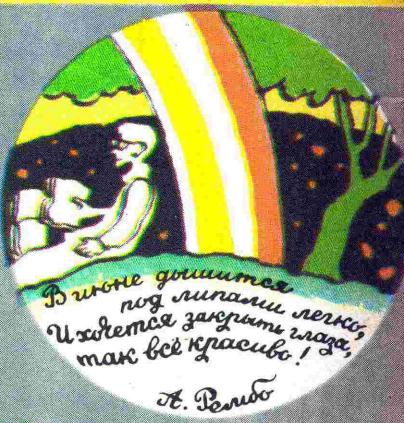


## Май

Пн	5	12	19	26
Вт	6	13	20	27
Ср	7	14	21	28
Чт	1	8	15	22
Пт	2	9	16	23
Сб	3	10	17	24
Вс	4	11	18	25

## Апрель

Пн	7	14	21	28
Вт	1	8	15	22
Ср	2	9	16	23
Чт	3	10	17	24
Пт	4	11	18	25
Сб	5	12	19	26
Вс	6	13	20	27



## Февраль

Пн	3	10	17	24
Вт	4	11	18	25
Ср	5	12	19	26
Чт	6	13	20	27
Пт	7	14	21	28
Сб	1	8	15	22
Вс	2	9	16	23



## Июнь

Пн	2	9	16	23	30
Вт	3	10	17	24	
Ср	4	11	18	25	
Чт	5	12	19	26	
Пт	6	13	20	27	
Сб	7	14	21	28	
Вс	1	8	15	22	29

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ  
НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ  
ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ  
ЖУРНАЛ  
ПРЕЗИДИУМА  
АН СССР

Издается с 1984 г.

# ЭНЕРГИЯ

## ENERGY

## ЭКОНОМИКА · ТЕХНИКА · ЭКОЛОГИЯ

# 1'86

### В НОМЕРЕ

- 3** В. А. КОПТЮГ  
Потенциал Сибири
- 4** А. А. ЖУЧЕНКО  
С уверенностью и оптимизмом
- 8** Д. Г. ЖИМЕРИН  
Предвидеть, считать, экономить
- 14** Г. А. ЕРЛЫКОВ  
Уголь по трубам
- 17** А. ЛЕПИХОВ  
На следующую ночь...
- 24** Эдвард МАКСИМОВСКИЙ  
Обжалован не был
- 28** ЖУРНАЛ ЖУРНАЛОВ
- 30** МЕНЯЯ ЖИЗНЬ РАСТЕНИЙ  
(беседа Е. Гольцмана с академиком М. Х. Чайлахяном)
- 36** СТАРЫЕ НОВОСТИ
- 38** ДОМАШНИЙ ЭНЕРГЕТИК
- 41** Андрей КОГАН  
Программируйте с нами, программируйте сами
- 44** Станислав СОЛОВЬЕВ  
Планета Омут (фантастический рассказ)
- 47** ЗАДАЧИ  
Ответы на задачи, опубликованные в девятом номере 1985 г.
- 49** В. А. ВАНКЕ, С. К. ЛЕСОТА, А. В. РАЧНИКОВ, В. Л. САВВИН  
СКЭС просится на орбиту
- 59** Сергей УШАНОВ  
Уроки голограммии
- 62** Елена САМСОНОВА  
Это будет в XXI
- Информация.





«Советская наука призвана занимать ведущие позиции на основных направлениях научно-технического прогресса». Это положение из проекта новой редакции Программы КПСС нацеливает ученых на поиск новых эффективных решений, позволяющих ускорить социально-экономический прогресс советского общества.

1. Как будет развиваться энергетика в вашей республике (регионе) и какие важнейшие научные и технические проблемы стоят перед учеными и специалистами в связи с реализацией Энергетической программы СССР?

2. Президент АН СССР академик А. П. Александров в числе первоочередных задач, связанных с освоением достижений науки в народном хозяйстве, назвал развитие материаловсберегающих и энергосберегающих видов технологий. Как решается и будет решаться эта задача учеными вашей республики?

3. Какие наиболее интересные исследования и разработки в области, которой Вы занимаетесь, будут использованы в народном хозяйстве в XII пятилетке?

4. Как Вы относитесь к использованию энергии ветра?

— с такими вопросами мы обратились к ведущим ученым, руководителям республиканских академий наук и региональных научных центров. Публикуем ответы председателя Сибирского отделения, вице-президента АН СССР академика В. А. Коптюга и президента АН Молдавской ССР члена-корреспондента АН СССР А. А. Жученко.

# ПОТЕНЦИАЛ СИБИРИ

Академик В. А. КОПТЮГ

1. Развитие энергетики в Сибири четко определил Проект «Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года», вынесенный ЦК КПСС на всенародное обсуждение. В первую очередь это дальнейшее развитие нефтегазового комплекса страны, в который Западная Сибирь вносит две трети добычи нефти и более половины добычи газа.

В разработке проблем вклада Сибири в топливно-энергетический баланс активно участвовали ученые, инженеры, геологи, экономисты академических и отраслевых организаций при подготовке Всесоюзной конференции по развитию производительных сил Сибири, проходившей в сентябре 1985 г. в Новосибирске. Результаты этой конференции были одобрены Политбюро ЦК КПСС.

Подробно вопросы энергетики и энергосбережения рассматривались на секции конференции, проходившей 14—16 мая 1985 г. в Иркутске. В ней приняли участие Госплан СССР, Минэнерго СССР, Минуглепром СССР, Мингео СССР. Базовыми организациями проведения секции были Институт теплофизики (Новосибирск) и Сибирский энергетический институт (Иркутск) Сибирского отделения АН СССР. Общее руководство осуществляли академики А. А. Трофимук, А. Г. Аганбегян, С. С. Кутателадзе, член-корреспондент АН СССР Ю. Н. Руденко.

Развитие собственной энергетики Сибири требует быстрого решения ряда крупных научно-технических задач, связанных с достижением оптимального соотношения выработки энергии на гидро- и тепловых электростанциях, созданием эффективных по способам сжигания, металлоемкости и стоимости тепловых электростанций с парогенераторами, учитывающих особенности отдельных районов добычи топлива (КАТЭК, Северо-Западный нефтегазовый район и др.).

В этой связи необходимо обратить внимание на медленное проведение экспериментальных и конструкторских разработок Сибтехэнерго, ВТИ, ЦКТИ, Сибэнергомаша. Проблемы химико-технологической переработки углей КАТЭКа также требуют более интенсивного проведения научно-технических программ.

2. По инициативе Сибирского отделения АН СССР, поддержанной ГКНТ СССР, составлен проект подпрограммы «Энергосбережение в химических производствах». Для этого в Институте теплофизики СО АН СССР создана специальная лаборатория инженерно-физических проблем энергосбережения, работающая в тесном взаимодействии с Сибирским филиалом НПО «Техэнергохимпром» Минудобрений СССР и СКБ «Энергохиммаш» Минхиммаша СССР.

Уже создан и работает ряд крупномасштабных энергосберегающих систем. Основные научно-технические элементы этой программы были обсуждены и одобрены на заседании Отделения физико-технических проблем энергетики АН СССР в марте 1985 г.

К проблемам энергосбережения относятся также исследования по применению электродуговых плазмогенераторов для замены жидкого топлива и поддержания стабильного горения пылеугольного топлива в мощных паровых котлах.

Новым научным направлением в области термогидродинамики являются систематические модельные исследования фильтрации многокомпонентных сред, ведущиеся в Новосибирском отделении НИИнефти Миннефтепрома СССР под научным руководством Института теплофизики и Новосибирского университета. Эти работы должны дать физически обоснованные представления о тепловых и гидродинамических методах воздействия на повышение производительности нефтеносных пластов.

3. В 1986—1990 гг. предстоит сдать

в эксплуатацию теплосберегающие комплексы, разработанные НПО «Техэнергохимпром» и другими организациями в рамках программы энергосбережения в химических отраслях промышленности. В системе Новосибирскэнерго будут испытаны в реальных эксплуатационных условиях электроплазменные устройства для поджига и поддержания стабильного горения пылевоугольных факелов.

Следует ожидать, что будут полностью изучены условия сжигания углей КАТЭКа на экспериментальном котле № 15 ТЭЦ № 3 Новосибирска. Разработан проект опытно-промышленного котла с кольцевой топкой Сибтехэнерго. В стадии монтажа находится котел П-67 на Березовской ГРЭС-1.

Работами СибНИИЭ обоснована целесообразность объединения для параллельной работы энергосистем Сибири и Дальнего Востока по линиям 500 кВ, что уменьшит необходимый суммарный резерв мощности и даст много-миллионный экономический эффект. Для повышения надежности работы и снижения потерь в сетях СибНИИЭ предложены новые схемы и конструкции фазоповоротных трансформаторов, регулирующих потоки мощности по межсистемным линиям электропередачи. Использование таких трансформаторов по сравнению со вставками постоянного тока снижает капиталоизделия на 100—130 млн. руб. при обеспечении практических же условий работы.

# С УВЕРЕННОСТЬЮ И ОПТИМИЗМОМ

Член-корреспондент АН СССР  
А. А. ЖУЧЕНКО

Энергетика Советской Молдавии, являющаяся частью топливно-энергетического комплекса страны, наряду с такими подотраслями, как электроэнергетика и топливоснабжение включает в себя систему доставки нефтепродуктов и газа. Общее количество потребляемых энергоресурсов составляет примерно 14 млн. тут в год, в том числе: уголь — 34 %, нефтепродукты — 55 %, газ — 7 %, гидроэнергия — 3 %, дрова и другие виды топлива — 1 %. В 1984 г. в республике было выработано 17,1 млрд. кВт·ч электроэнергии.

В соответствии с Энергетической программой СССР производство электроэнергии в республике должно быть значительно увеличено, увеличится и доля потребления угля и газа. Рост производства электроэнергии будет происхо-

дить за счет ввода в эксплуатацию (после 1990 г.) энергоблоков атомной электростанции. Намечено также существенно улучшить теплоснабжение за счет строительства крупных котельных. Значительно будет расширена сеть газоснабжения.

В комплексе строительства АЭС будет сооружена крупная гидроаккумулирующая станция для регулирования суточного графика нагрузки. Предстоит и полная реконструкция Молдавской ГРЭС.

Большое внимание будет уделено развитию электрических сетей за счет строительства высоковольтных ЛЭП напряжением 10, 35, 110, 330 и 750 кВ, а это означает усиление связи с электроэнергетической системой УССР. В свою очередь, через электроэнергетическую систему МССР осуществляется

В XII пятилетке будет продолжено сооружение энергетического моста Урал — Казахстан — Сибирь в виде межсистемной линии 1150 кВ, при реализации которой используется комплекс проводимых в СибНИИЭ научно-исследовательских работ, касающихся схемно-режимных характеристик электропередачи, мер по защите от перенапряжений, обеспечения экологической безопасности, разработки и испытаний новых видов изоляции и методов ее диагностики, взрывного способа монтажа проводов, создания АСУ Барнаульской подстанции 1150 кВ.

В СибНИИЭ обосновано применение к 2000 г. для связи строящихся ГРЭС КАТЭК и ГЭС Ангаро-Енисейского каскада с Европейской секцией страны

новых линий электропередачи 1800 кВ переменного тока. На высоковольтном испытательном комплексе института, обладающем уникальными экспериментальными установками (двумя каскадами трансформаторов  $3 \times 750$  кВ и генератором импульсных напряжений 7 млн. вольт), начаты и будут продолжены разработки и экспериментальные исследования новых перспективных конструкций электропередач.

4. Использование таких рассеянных источников энергии, как ветер, геотермальное тепло, солнечная инсоляция имеет смысл там, где это экономически обосновано. Представляется целесообразным создать комплексные оперативные специализированные производственные фирмы данного профиля.

ся и будет расширяться связь с Единой энергосистемой «Мир» (посредством ЛЭП 400 и 750 кВ).

Одна из важнейших задач, поставленных Энергетической программой,— экономия энергетических ресурсов, уменьшение на 17—20 % (в условиях Республики) удельной энергоемкости продукции. Достигнуто это будет за счет экономии топливно-энергетических ресурсов в электроэнергетике как при производстве тепла, так и на стадии потребления энергии, а также с помощью повсеместного уменьшения потерь, непроизводительных расходов и внедрения новых менее энергоемких технологий и оборудования.

Перед учеными и специалистами стоят задачи обеспечить комплексное развитие энергетики Республики в соответствии с требованиями сбалансированного энергоснабжения отраслей народного хозяйства с учетом динамики его развития.

Предстоит решить важные задачи и по охране окружающей среды, уменьшению экологического влияния энергетических объектов, использованию возобновляемых источников энергии.

В связи со сказанным нужно отметить, что в ближайшей пятилетке и в последующие годы, во-первых, намечена разработка комплексной программы научно-технического прогресса в

энергетике на период 1990—2010 гг., которая будет построена по принципу компенсации большой доли прироста потребности в энергоресурсах за счет экономии и рационального их использования с учетом специфики потребителей республики (аграрно-промышленного комплекса, мелиорации и т. д.).

Во-вторых, необходимо создание и внедрение способов и средств повышения технико-экономических показателей системы генерации и передачи электроэнергии, включающих:

разработку программных средств расчета режимов, оценки устойчивости и надежности Молдавской энергосистемы;

создание опытной партии транзисторного электропривода для автоматизации технологического процесса подачи угля в углеразмольные мельницы Молдавской ГРЭС;

разработку и внедрение линий электропередач переменного тока повышенной пропускной способности напряжением 10, 35, 110 кВ, что позволит снизить на 15—20 % приведенные затраты и потери электроэнергии. Это, в свою очередь, даст возможность уменьшить на 20—30 % капитальные вложения и повлечет за собой сокращение площадей земельных угодий, отводимых под строительство ЛЭП.

В планах предусматривается создание управляемых линий электропередач сверхвысокого напряжения для системообразующих связей и распределительных сетей и увеличение с их помощью на 20—40 % пропускной способности ЛЭП, осуществление эффективного управления режимами энергосистем, улучшение технико-экономических показателей.

Эти и ряд других работ будут выполняться Отделом энергетической кибернетики АН МССР в сотрудничестве с Кишиневским политехническим институтом, республиканскими отраслевыми проектными институтами, а также Молдглавэнерго. В ряде работ примут участие союзные организации. Предусматривается координация проводимых работ Научным советом по межотраслевой проблеме «Энергетическая сеть». Задачи по широкому развитию материально- и энергосберегающих видов технологий с использованием вторичных энергоносителей и тепла, а также отходов материалов учтенные нашей республики будут решать следующим образом.

Разработанная Отделом энергетической кибернетики АН Молдавии автоматизированная система мелиоративного водоснабжения с регулируемым электроприводом общей установленной мощностью 200 кВт, внедрена на насосных станциях Котовского управления оросительных систем Минводхоза МССР с годовым экономическим эффектом 100 тыс. руб. При этом достигнута 30 %-ная экономия воды и электроэнергии.

Проведенные этим же отделом научные исследования нашли воплощение в разработке систем автоматического регулирования производительности питателей сырого угля для Молдавской ГРЭС. Применение систем обеспечит экономию электроэнергии и улучшит технологический процесс.

Разработан программный комплекс оптимизации режима тепловой электростанции, который включен в состав второй очереди АСУ ТП Молдавской ГРЭС. Экономический эффект от его внедрения составит 80 тыс. руб.

Выполнены также исследования и разработки по применению линий повышенной пропускной способности напряжением 10, 35, 110 кВ. Это позволило построить линии электропереда-

чи общей протяженностью около 70 км. Экономический эффект за счет уменьшения потерь электроэнергии, улучшения качества электроснабжения потребителей и снижения затрат на строительство составил более 100 тыс. руб. Массовое же внедрение этих разработок при строительстве только 10-киловольтных линий даст, как ожидается, по Молдавской энергосистеме экономический эффект до 500 тыс. руб. в год.

Институт математики и ВЦ АН МССР совместно с Республиканским вычислительным центром Минавтотранса разработали комплекс математических моделей алгоритмов и программ для ЭВМ, который позволяет решать задачи перевозки массовых грузов, определения оптимального плана закрепления клиентуры за автохозяйствами и оптимальной структуры подвижного состава автотранспортных предприятий республики. Все это гарантирует значительное снижение затрат на автотранспорте за счет сокращения количества порожних пробегов, а также простое транспортных средств при проведении погрузочно-разгрузочных работ, рационализации маршрутов, улучшения использования грузоподъемности автомобилей и экономии горюче-смазочных материалов.

Комплекс перечисленных мероприятий уже внедрен в республиканском производственном управлении грузовых перевозок Минавтотранса республики. Годовой экономический эффект от внедрения составил 505 тыс. руб.

Около 75 тыс. руб. прибыли дало внедрение разработок Института математики по определению оптимальных графиков доставки сельскохозяйственного сырья автотранспортом на перерабатывающие предприятия.

Значительный вклад внесли молдавские ученые своими разработками, направленными на экономию металла. Так, в Институте прикладной физики АН МССР был разработан процесс элек-троискрового легирования металлических поверхностей и на его основе созданы установки «Элитрон». Установки используются для упрочнения металлообрабатывающего, деревообрабатывающего и другого инструмента, технической оснастки, а также для повышения износостойкости и долговечности деталей машин и для восстановления оборудования. За 1980—

1985 гг. разработано более 10 видов установок электроискрового легирования, изготовлено и передано предприятиям ряда отраслей промышленности около 1000 таких установок. Их использование позволяет повысить износостойкость инструмента в 3—5 раз, технологической оснастки — в 5—7 раз, а долговечность деталей машин увеличивается в 2—3 раза. Общий экономический эффект от внедрения переданных в народное хозяйство страны «Элитронов» в расчете на год составляет около 14 млн. руб.

В настоящее время на предприятиях страны и республики все более широкое применение находит технология переработки сельскохозяйственного сырья с применением электроплазмолиза. В зависимости от вида перерабатываемого сырья — яблок, винограда, помидоров, лепестков розы — только одна установка типа «Плазмолиз», разработанная Институтом прикладной физики АН Молдавии, дает годовой экономический эффект от 20 до 40 тыс. руб., при этом выход готовой продукции увеличивается на 3—15 %. Сегодня в системе Минплодовоощоза МССР эксплуатируется около 40 установок «Плазмолиз».

Интересное предложение сделали сотрудники Института зоологии и физиологии республиканской Академии наук — использование сточных вод гидролизных биохимических заводов для орошения сельскохозяйственных угодий. Сточные воды после спецобработки позволили в условиях опытно-производственных испытаний повысить урожай кукурузы на карбонатном черноземе на 31 %, а на среднесмытой почве — более, чем на 80 %.

Отделом географии АН Молдавии были разработаны и в 1983 г. внедрены рекомендации по выбору трассы ВЛ 100 кВ Коршеты — Лазо, направленные на обеспечение устойчивости оснований опор и бесперебойной работы ЛЭП в оползнеопасных районах республики, а также на минимальный отвод ценных земель под строительство энергетических объектов.

В условиях перехода народного хозяйства на интенсивный путь развития главным резервом роста общественного производства является научно-технический прогресс, высокие темпы которого могут быть обеспечены только

на основе опережающего роста научных исследований и разработок. Это в свою очередь требует совершенствования организации управления сложным механизмом научного поиска, со средоточения усилий ученых на наиболее важных направлениях науки.

Важнейшей задачей академических учреждений наряду с разработкой фундаментальных проблем является обеспечение высоких темпов научно-технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства республики. Особое внимание должно быть удалено тому сектору экономики, который является определяющим в республике — агропромышленному комплексу.

Со средоточение сил на главном направлении не означает ослабления внимания к другим областям науки и производства. В настоящее время в научных учреждениях Академии наук МССР более 80 % естественнонаучной тематики направлено на решение важнейших народнохозяйственных проблем республики. Наряду с межотраслевыми научно-техническими программами выполняются целевые программы совместно с ведущими министерствами и ведомствами, в том числе с Молдглавэнерго, Министерством химической промышленности СССР, Госкомсельхозтехникой, а также с рядом городов и сельских районов республики.

Академия наук Молдавской ССР совместно с Госпланом республики возглавляет работы по прогнозированию научно-технического прогресса в Молдавии, объединяя и координируя деятельность научных учреждений, министерств и ведомств. Прогноз станет необходимой основой для разработки будущих генеральных схем развития и размещения производительных сил республики, позволит обосновать предстоящие структурные сдвиги в народном хозяйстве, неизбежные в связи с появлением новых научных достижений, новых видов продукции и технологий.

Подготовил С. Н. ПШИРКОВ

# ПРЕДВИДЕТЬ, СЧИТАТЬ, ЭКОНОМИТЬ

Член-корреспондент  
АН СССР  
Д. Г. ЖИМЕРИН

Энергетическая программа СССР на длительную перспективу в качестве одной из главных задач ставит проведение активной энергосберегающей политики, всемерную экономию топлива и энергии. Как решается эта задача сегодня, в преддверии XXVII съезда КПСС?

Природный газ, ценнейшее сырье, используется не только в виде топлива, но и служит основой для получения важных химических продуктов. При добыче газа из недр обычно извлекается жидкый конденсат, который после незначительной подготовки все чаще применяют в качестве моторного топлива. Многие газовые месторождения богаты ценными примесями. Их извлечение и использование также дает большой экономический эффект.

Запасы природного газа, расположенные в Западной Сибири, Средней Азии и других регионах нашей страны, огромны. Его добыча развивалась стремительно. Быстро возрастал и удельный вес в энергетическом балансе. Если в 1940 г. природный и попутный газ покрывали всего лишь 1,5 % энергетического баланса, то ныне — больше трети.

За 1970—1984 гг. годовая добыча природного и попутного газа выросла почти в три раза и достигла 587,4 млрд. м<sup>3</sup>. Согласно плану, в 1985 г. она должна возрасти до 640 млрд. м<sup>3</sup>. В 1990 г. намечается добыть 835—850 млрд. м<sup>3</sup> газа.

Как положительный фактор следует отметить высокий уровень концентрации добычи газа. За десять лет (1970—1980 гг.) объем добываемого газа увеличился в Средней Азии в 2,2 раза, а в Западной Сибири в 29 раз.

Природный газ за короткий срок стал

широко использоваться во всех отраслях народного хозяйства, что видно из следующих данных:

Потребление газа	1970 г.		1980 г.	
	млрд. м <sup>3</sup>	%	млрд. м <sup>3</sup>	%
Общее по стране	190,6	100	346,7	100
Промышленность	108,6	57	190,6	55
Электростанции	51,1	26,8	91,2	26,3
Коммунально-бытовой сектор	25,1	13,3	52,1	15

Отметим, что в 1970 г. 190,6 млрд. м<sup>3</sup> газа было потреблено в целом по стране, а в 1980 г. тот же объем потребовался только промышленности. Природный газ используется в первую очередь в энергоемких и трудоемких отраслях — металлургии, химическом производстве, производстве строительных материалов и, конечно, в машиностроении.

В металлургии природный газ широко применяется в доменном, марганцовском и прокатном производствах. Сейчас 90 % производимого в СССР чугуна выплавляется с применением природного газа. В результате значительно изменился топливный баланс доменного производства: в 1980 г. удельный вес природного газа

составлял в нем 17,6 %. Каждый дополнительно использованный кубометр газа снижает расход кокса на 0,9 кг. Природный газ в сочетании с кислородным дутьем увеличивает производительность доменной печи на 0,7 т чугуна (на каждые 1000 м<sup>3</sup> газа). В топливном балансе мартеновских печей удельный вес природного газа в 1980 г. составлял 60,4 %; с применением газа в СССР выплавляется 92,4 % металла.

Удельный вес природного газа в топливном балансе трубопрокатного производства к 1980 г. достиг 98,8 %, листопрокатного — 39,4 %. Использование природного газа в трубопрокатном производстве в сочетании с модернизацией горелочных устройств, совершенствованием регулирования его подачи снизили удельный расход условного топлива на 23,2 кг на каждую тонну труб.

В цветной металлургии экономическая эффективность использования газа в технологических процессах составляет (на каждые 1000 м<sup>3</sup>) при производстве никеля — 11,7 руб., свинца и цинка — 9,6 руб.

Природный газ довольно широко при-

меняется в машиностроении при производстве отливок, штамповке, ковке, а также термообработке готовых изделий. К 1981 г. удельный вес газа в топливном балансе технологических процессов достиг 32,6 %. Однако это не предел: по мере увеличения добычи природного газа доля эта будет возрастать.

Непрерывно ширится потребление природного газа и в производстве строительных материалов. Самый крупный потребитель — цементная промышленность. Она расходует 44 % всего газа, отпускаемого отрасли. Ныне 60 цементных заводов из 96 работают с использованием газа, производя 61 % всего цемента.

Особенно экономически эффективен природный газ в стекольной промышленности, где с его помощью выпускается 75 % стекла. При этом производительность стекловаренных печей возросла поч-

Автоматическая сварочная установка «Север-1» резко ускорила прокладку нефтяных и газовых магистралей.



Фото В. Дудко

ти на 20 %, а удельный расход топлива на единицу товарной продукции снизился на 20—30 %.

Сама газодобывающая промышленность увеличивает потребление газа как на перерабатывающих заводах, так и при транспортировке его по трубопроводам. Газоперерабатывающие заводы при подготовке газа для транспортировки извлекают из него весьма ценные продукты — гелий, серу и другие компоненты.

С развитием газовых сетей расширяется использование природного газа в сельском хозяйстве для горячего водоснабжения и отопления животноводческих ферм, в тепличном хозяйстве и пр.

Советский Союз не только обеспечивает полное покрытие собственных потребностей в природном газе, но и экспор-

тирует его в страны — члены СЭВ и промышленно развитые страны Западной Европы. Однако благополучное на сегодня положение с природным газом не должно порождать у нас иллюзий о неисчерпаемости его ресурсов. Более того, это ценнейшее топливо должно расходоваться рационально и экономно.

Обратим внимание и на то, что добывается природный газ главным образом в Сибири и Средней Азии, а львиная доля его потребления приходится на Европейскую часть страны и на Урал. Транспорт природного газа по трубопроводам длиной 3—4 тыс. км с давлением 5,0; 7,5 и 10,0 МПа требует крупных капитальных и материальных затрат. Необходимо, в первую очередь, достаточное количество труб диаметром 1420 мм, а также газоперекачивающих агрегатов мощностью 12—25 МВт. На перекачку огромного потока природного газа расходуется примерно 10 % общей его добычи.

В Западной Сибири близ Сургута раскинулось Федоровское месторождение нефти. Но где нефть, там обычно и попутный газ...

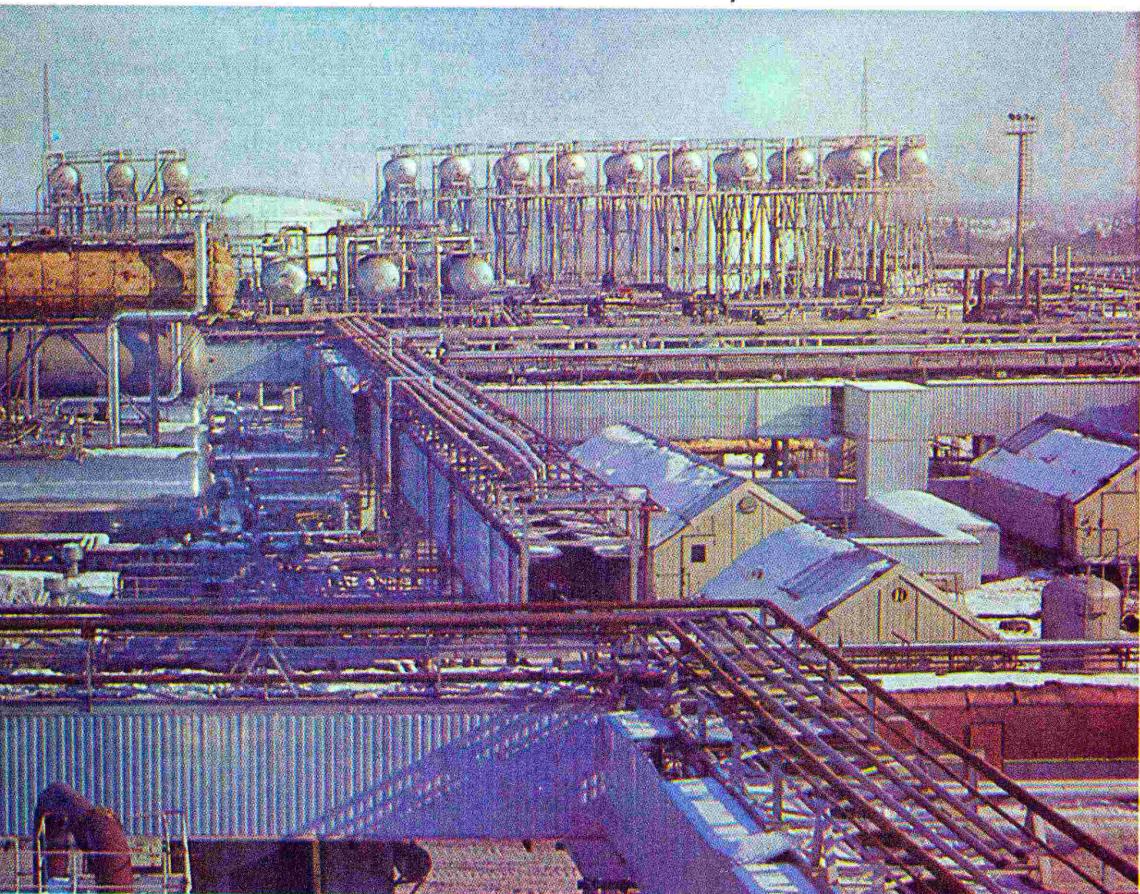


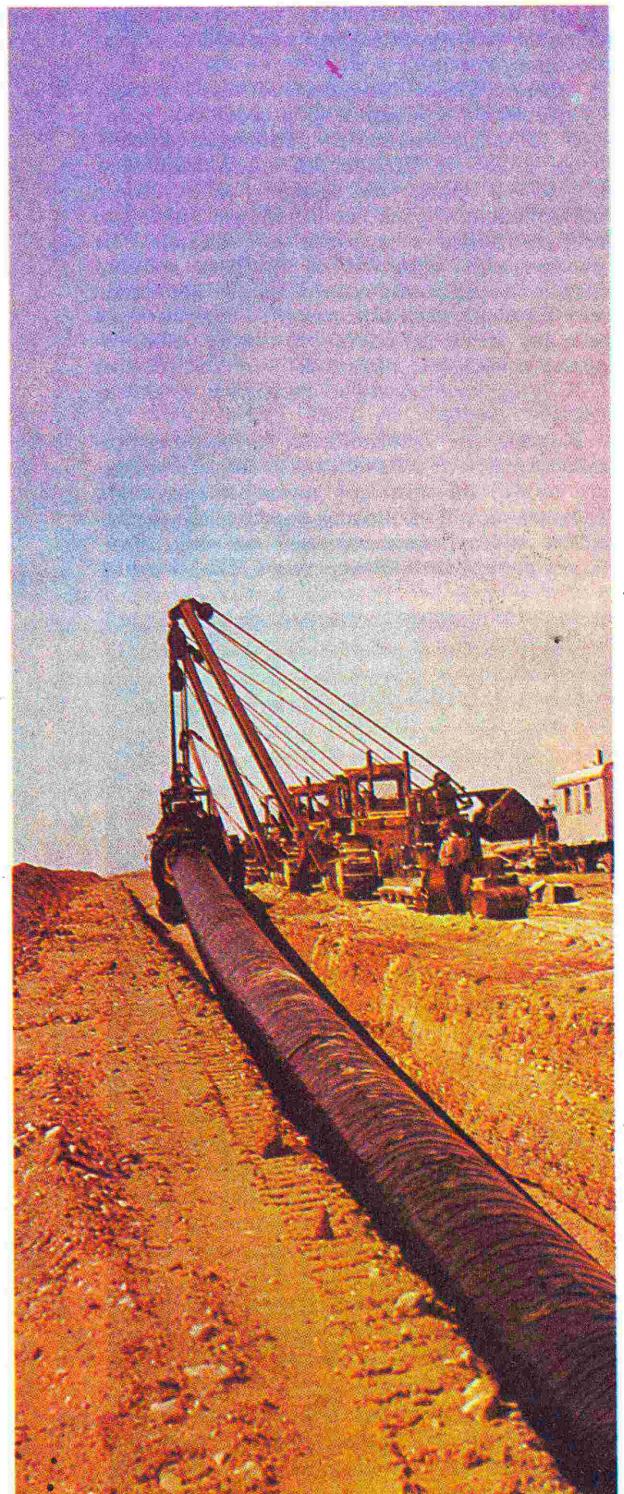
В современных газоперекачивающих агрегатах более двух третей энергетических затрат теряется безвозвратно с уходящими продуктами горения. Это вторичное тепло пока практически не используется. К сожалению, этим теплом редко отапливаются жилые дома, теплицы и помещения перекачивающих станций. Решению данной проблемы мешают ведомственная разобщенность, слишком малая заинтересованность, а также отсутствие налаженного производства необходимого оборудования для утилизации вторичного тепла. Организации, эксплуатирующие газоснабжающую систему, считают, что обогревать теплицы должно сельское хозяйство, а производить электрическую и тепловую энергию из газа обязаны энергетики. В свою очередь энергетики утверждают, что строительство мелких установок убыточно, лучше сооружать крупные тепловые электростанции. Да и производство энергетического оборудо-

вания малой мощности по отраслевым меркам машиностроения невыгодно и давно прекращено.

Однако, кроме ведомственных мерок, существуют критерии общегосударственной пользы, интересы народного хозяйства в целом. Доказано, например, что в 1,5—2 раза выгоднее более полно использовать уже добывное топливо (по капитальным и другим расходам), чем увеличивать затраты на прирост добычи и транспортировку газа. Следует добавить, что система планирования капитальных затрат, хотя и осуществляется общегосударственным органом — Госпланом СССР, ведется также по отраслевому принципу.

Какой ущерб наносится народному хозяйству от подобной неувязки, отчетливо видно на примере неиспользованных возможностей экономии топливных ресурсов в газоперекачивающей системе. Наиболее совершенный агрегат ГПН-25 (мощ-





ность 25 МВт) Невского машиностроительного завода им. В. И. Ленина имеет к. п. д. (при температуре на входе 900 °С) 29 %. Следовательно, потери тепла с отходящими (выхлопными) газами составляют 71 %. По расчетам, этого тепла при его повторном использовании должно хватить для получения от каждого агрегата (в паровом кotle) 23,5 т пара в час с температурой 400 °С и давлением до 4,2 МПа.

Существует стандартная схема газопрекачивающей станции. На каждой газопрекачивающей станции может быть получено не менее 70 т пара в час. На каждый киловатт мощности (в малых паровых турбинах) расходуется 4 кг пара; суммарная мощность паротурбинной установки на газопрекачивающей станции составит более 17 МВт. Включение в цикл работы газовой турбины парогенератора несколько снижает ее мощность. С учетом этой потери полезная (выходная) мощность паротурбинной установки составит, примерно, 14—15 МВт.

На каждом газопроводе, идущем от Уренгойского газового месторождения, сооружаются десятки компрессорных станций. При указанной схеме суммарная мощность паротурбинных установок составляет около 600 МВт. Они способны вырабатывать ежегодно более 3 млрд. кВт·ч электроэнергии без дополнительного расхода первичного топлива. Таким образом, можно получить ежегодную экономию примерно в 1 млн. тут.

Капитальные вложения на 1 кВт мощности собственно паротурбинной установки, по-видимому, будут существенно меньше по сравнению даже с крупными энергоблоками на ТЭС. Ведь малая ТЭС может сооружаться на обжитой площади, ей не требуется создания специального топливного хозяйства.

Затраты на производство электроэнергии в этом случае определяются капиталовложениями, стоимостью ремонтных работ и заработной платой обслуживающего персонала. Чтобы сократить затраты на зарплату, целесообразно осуществить полную автоматизацию пуска, останова и регулирования работы парогенераторов, турбин и вспомогательного оборудования. Это позволит организовать

...А это — изоляционно-укладочная колонна. Там же, на строительстве газопровода.

дежурство персонала на дому, что сведет численность бригады до нескольких человек.

С целью сокращения капитальных затрат малые ТЭС должны сооружаться по единому унифицированному и упрощенному проекту. Для ускорения монтажных работ основное и вспомогательное оборудование лучше всего изготавливать и поставлять в максимально укрупненных блоках.

Учитывая межведомственный характер этой проблемы, следует тщательно рассмотреть организационную структуру для ее решения.

Поскольку газоперекачивающие станции рассредоточены по трассе на расстоянии до 120 км друг от друга, а протяженность каждого газопровода 3—4 тыс. км, целесообразно иметь централизованную и мобильную организацию в виде строительно-монтажного треста. Основа всей проблемы — электроэнергия. Поэтому указанный трест (с функциями головной организации), видимо, следует подчинить Минэнерго ССР. Успешное и экономически эффективное решение этой проблемы зависит от трех основных факторов.

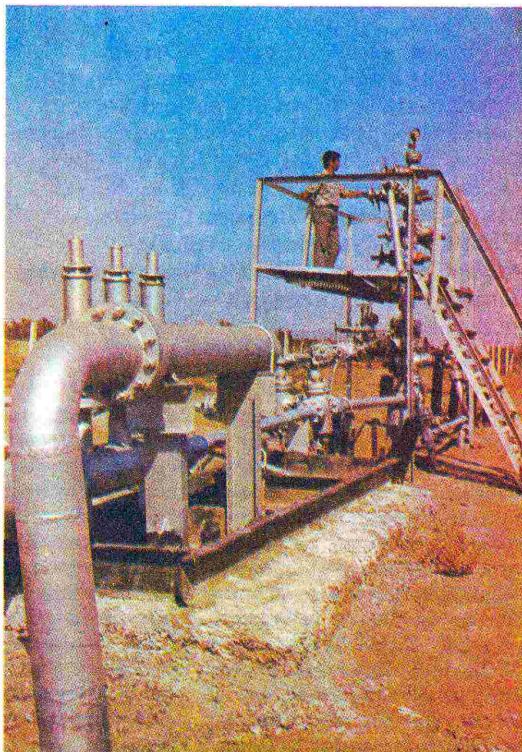
Во-первых, от выделения капиталовложений, материальных ресурсов и ввода мощностей.

Во-вторых, от создания специализированного строительно-монтажного треста с особыми правами в части организации работ и маневрирования всеми видами ресурсов. Трест должен отчитываться за своевременный ввод в действие объектов при соблюдении утвержденных технических правил, стоимости и трудовых затрат.

В-третьих, многое будет зависеть от определения организаций, ответственных за разработку, производство и своевременную комплектную поставку основного и вспомогательного оборудования для ТЭС. (Это должно стать обязанностью Минэнергомаша и Минэлектротехпрома).

На некоторых газоперекачивающих станциях вторичное тепло газовых турбин уже используется. Устанавливают котел-утилизатор, в котором циркулирует вода, идущая на отопление теплиц. Этот наиболее простой способ использования сбросного тепла тоже не получает должного распространения из-за межотраслевой разобщенности.

Кроме изложенной схемы использования вторичных ресурсов на газоперека-



Перед вами — одна из скважин Шатлыкского месторождения газа в Туркмении...

чивающих системах возможны и другие варианты экономии. Как известно, в ТЭС около 50 % тепла, получаемого от сжигания топлива, теряется с водой, охлаждающей паровые турбины (конденсация отработавшего пара). На выходе из конденсатора вода имеет температуру 25—27 °C, затем охлаждается до 10—12 °C. Охлаждение производится в градирнях, а на их сооружение необходимы капитальные затраты.

Применяя тепловые насосы, температуру охлаждаемой воды можно понизить с 25—27 °C до требуемого уровня (10—12 °C), а извлеченное тепло направить на отопление жилых и производственных зданий. Пригодится оно и для овощных теплиц.

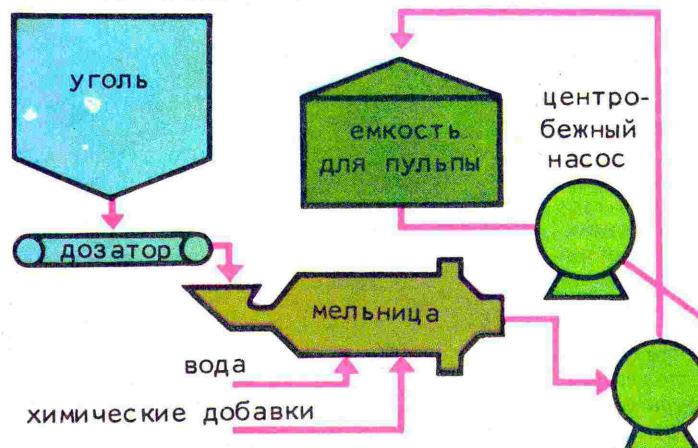
Экономическая эффективность и относительная простота осуществления энергосберегающих мероприятий в области транспорта газа и тепла электростанций требуют от всех организаций быстрее решать эту важную народнохозяйственную проблему.

Специалисты называют трубопроводы транспортом будущего. Но уже сегодня ими вряд ли кого удивишь. Сотни тысяч километров — такова протяженность трубопроводных трасс, проложенных по территории Советского Союза. Они были созданы прежде всего для доставки из Сибири в Европейскую часть страны нефти и газа. Теперь на очереди новый вид транспорта — углепроводы.

### ВОЗРОЖДЕНИЕ УГЛЯ

Исторически так сложилось, что в нашей стране центры размещения производительных сил и топливно-энергетических ресурсов разделены большими расстояниями. В Европейской части СССР и на Урале проживает 75 % населения, производится около 80 % промышленной и 75 % сельскохозяйственной продукции. Естественно, что здесь потребляется более трех четвертей всего топлива. В то время 9/10 топливно-энергетических ресурсов сосредоточены в восточных районах, прежде всего в Сибири.

### КОМПЛЕКС ПУЛЬПОПРИГОТОВЛЕНИЯ



# ЧУБОЛЬ

Г. А. ЕРЛЫКОВ

Это заставляет строить огромные по протяженности нитки трубопроводов для доставки в центр нефти и газа. Но и их запасы не безграничны. Поэтому в перспективе энергетики делают основную ставку на атомную энергетику и уголь, который долгое время оставался в тени.

Наша страна обладает огромными запасами угля. Например, при сегодняшнем уровне добычи его хватит на 7 тыс. лет.

Но если раньше основное количество этого топлива давали Донбасс, Печорский и Подмосковный бассейны, Урал и другие месторождения Европейской части стра-

ны, то затем положение изменилось. К середине 70-х гг. добыча угля здесь стабилизировалась, а затем начала сокращаться. Главный центр угледобычи переместился на Восток.

Сейчас из Сибири железнодорожным транспортом перевозятся десятки миллионов тонн угля, потребителями которого являются тепловые станции Поволжья, Центра, Северо-Запада, Украины. Уже сейчас транспортники не справляются с такими нагрузками. А ведь в перспективе за Урал придется доставлять не десятки, а сотни миллионов тонн угля ежегодно.

А что если уголь транспортировать по трубам? Опыт создания и эксплуатации таких систем у нас в стране и за рубежом уже существует. Так, в США более 15 лет действует углепровод протяженностью 437 км. За год по его трубам перекачивается 5 млн. т угля. Его строительство обошлось в три раза дешевле, чем сооружение железной дороги такой же мощности.

У нас в Кузбассе уголь по трубам доставляется с

# ПО ТРУБАМ

шахты «Инская» на Беловскую ГРЭС.

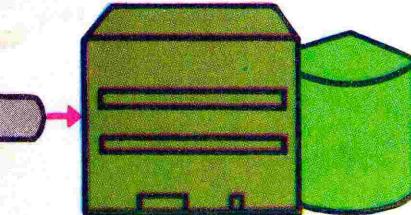
Принцип действия существующих систем в следующем. В шахте мощная струя воды крошил пласт и несет уголь к гидрокамере. Насосы выдают его на гора и гонят по трубам на обогатительную фабрику. Там уголь сначала измельчается, чтобы диаметр частиц стал менее 1 мм, а затем выдается в пулькохранилище.

Например, на углепроводе Блекнеси в США смесь воды с углем подбирается так, чтобы его концентрация была в пределах 45—50 %, а зольность до 15 %. Затем приготовленная смесь подается на ТЭЦ.

## Принципиальная схема углепровода

Уголь с шахты будет поступать на обогатительную фабрику. Здесь зольность его снижается, и он дробится до фракции диаметром менее

## НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ



Сжигать ее сразу нельзя. Поэтому следует цикл подготовительных операций. С помощью центрифуг пульпа разделяется на кек (его влажность 22 %) и фугат — водноугольную суспензию с влажностью около 90 %.

Кек после небольшого досушивания и домола уже можно подавать в топки котлов. С фугатом дело обстоит сложнее. Его направляют в сгустители, где с помощью химических реагентов влажность снижается до 67 %. И только теперь он пригоден для сжигания на ТЭЦ.

Эта технология наряду с достоинствами имеет и недостатки. Во-первых, сложна система подготовки угля к сжи-

ганию. Во-вторых, на месте потребления встает вопрос, что делать с огромным количеством воды, доставляющей уголь. Да и вообще транспортировка такой огромной массы воды выглядит делом неэкономичным. Ведь если мы сетуем, что возим по железной дороге 15 % породы, то на углепроводе доля воды составляет 50—55 %. Какая энергия расходуется впустую!

Поэтому появились проекты, в которых для перемещения угля использовалась не вода, а сжиженный углеводородный газ, спирты, нефть и другие жидкости. На месте потребления их можно легко отделить от угля и использовать самостоятельно, либо сжигать на станции вместе с углем.

Казалось бы, вариант выгодный, ведь в дело идет вся смесь, поступающая по углепроводу, а, значит, исключаются безвозвратные потери энергии, затрачиваемые на перемещение воды. Но более

3 мм. За дробилками установлены мельницы, в которых уголь домалывается до фракции диаметром 200—250 мк и смешивается с водой и химическими добавками.

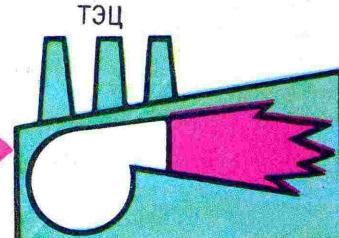
Теперь готовая к транспортировке и сжиганию смесь по-

дается в резервные емкости,

а отсюда через головную на-

сосную станцию (ГНС) в ма-

гистральный углепровод.



тщательные расчеты показали, что такое применение дорогостоящего сырья неэффективно. Поэтому поиски вернули проектировщиков к воде.

## ВОДА В НОВОМ КАЧЕСТВЕ

В Институте горючих иско-  
паемых был разработан эффективный способ сжигания угля совместно с водой. При-  
чем, в этом случае резко сокращается выброс в атмо-  
сферу соединений серы, кото-  
рые сегодня пагубно сказы-  
ваются на состоянии окру-  
жающей среды.

Значит, появляется воз-  
можность готовить смесь воды  
с углем прямо на месте добычи,  
а затем транспортировать ее по углепроводу и подавать  
прямо в топки котлов. Вода из балласта превращалась в союзника, словом, все выгля-  
дело очень заманчиво, если бы  
не одно «но»...

Для эффективного сжигания смеси она должна со-

держать 65—75 % угля. Вспомним, что сейчас по угле-  
проводу транспортируется смесь с содержанием угля 45—55 %. Казалось бы, уве-  
личение концентрации не очень значительное, и тем не менее, оно спутало все карты.

Испытания показали, что подготовленная смесь начинает расслаиваться, уголь опускается вниз и даже мощнейшие насосы, развивающие давление 10 МПа, не могут прогнать пульпу по трубе.

Как преодолеть это препят-  
ствие? Надо создать химиче-  
ские добавки, которые, во-  
первых, предотвратят рас-  
слоение, во-вторых, будут не  
дороги, в-третьих, не повлия-  
ют на теплоту горения смеси.  
Разработка таких соединений  
сейчас идет полным ходом.

С учетом новой технологии институтом ВНИИПИ гидро-  
трубопровод Миннефтегаз-  
строя разработан проект опыт-  
но-промышленного углепро-  
вода протяженностью 260 км  
для транспортировки угля из Кузбасса в Новосибирск.

Уголь будет перемещаться

по трубам диаметром 530 мм с<sup>с</sup> скоростью 0,55—0,6 м/с. Давление в системе около 80 атм. Чтобы поддерживать его вдоль всей трассы, строят-  
ся три насосные станции.

Трасса углепровода пройдет по территории двух областей: Кемеровской и Новосибирской. Строителям предстоит пересечь 27 рек, преодолеть более 80 км по болотам и об-  
водненным участкам, пройти под 4 железными и 22 автомо-  
бильными дорогами.

Этот углепровод назван опытно-промышленным не случайно. Здесь будут отраба-  
тываться основные технологи-  
ческие процессы, режим эксплуатации, проверяться обо-  
рудование. Полученные ре-  
зультаты позволят присту-  
пить к проектированию и строительству других магист-  
ральных систем. Новый угле-  
провод Кузбасс—Новоси-  
бирск должен вступить  
строй в 1987 г.

## С РОТОРОМ НА ПОЛЯ

Роторный комбайн СК-10 — принципиально новая сельскохозяйственная машина, созданная в СССР. Его основное отличие — роторное устройство, выполняющее одновременно обмолот и сепарацию зерновой массы. При оборудовании машины специальными приспособлениями появляется возможность убирать на зерно кукурузу, подсолнечник, сорго, семенные травы, зернобобовые и другие культуры.

Комбайн СК-10 с успехом

ных почвенно-климатичес-  
ких зонах страны и показал, что он превосходит анало-  
гичные зарубежные модели. прошел испытания в различ-

«Экономическое  
сотрудничество  
стран — членов СЭВ»,  
№ 9, 1985

## ПОМОЩНИК ЗЕМЛЕДЕЛЬЦА

Бухарестский машиност-  
роительный завод «Метали-  
ка» освоил выпуск минитех-  
ники для обработки земли, ухода за огородными и са-  
довыми культурами.

Инженерами сконструиро-

ван целый агрегатный комп-  
лекс, базирующийся на  
двухколесном самоходном  
шасси с экономичным бен-  
зомотором. Машина «Карпа-  
тина» может быть оборудо-  
вана косилкой, плугом, оку-  
чивателем, бульдозерным  
«ножом», рыхлителем, оп-  
рыскивателем и даже цирку-  
лярной пилой.

Универсальный мотопо-  
мощник может исполь-  
зоваться везде, где приме-  
нение крупногабаритной  
техники затруднено.

«Экономическое  
сотрудничество  
стран — членов СЭВ»,  
№ 9, 1985

# На следующую ночь...

«Ядерная ночь.

Климатические и биологические последствия ядерной войны

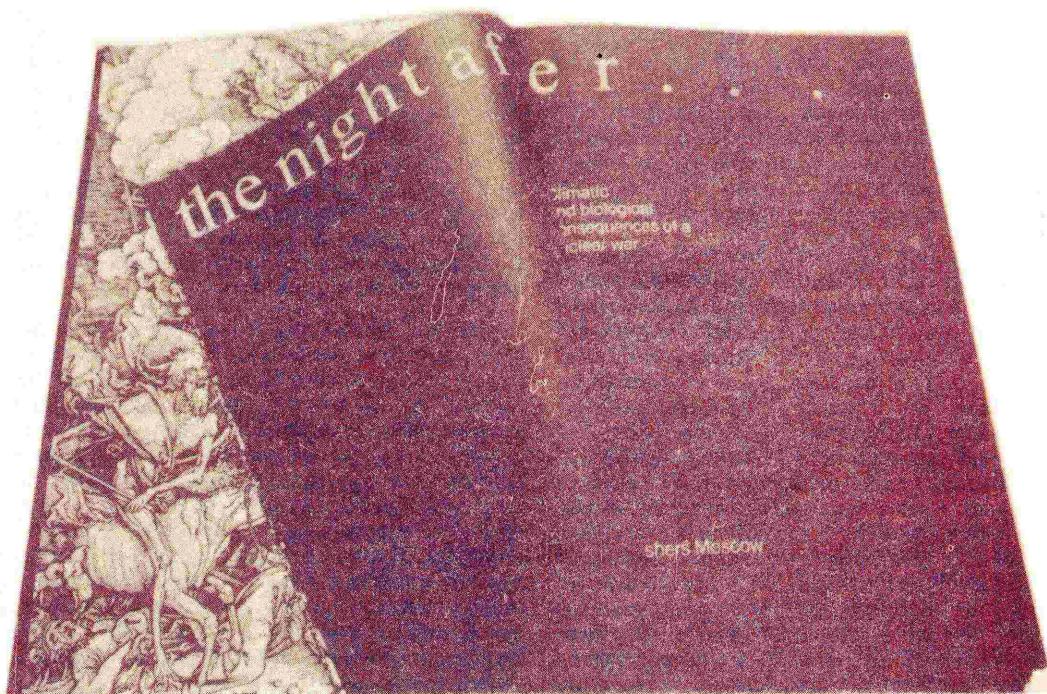
Ученые предупреждают».

А. ЛЕПИХОВ

Эта война, вне всякого сомнения, стала бы катастрофой для нашей цивилизации — так коротко, в одной фразе можно охарактеризовать суть выводов советских ученых, изложенных в книге, которая недавно вышла в Советском Союзе (издательство «Мир») на английском языке и является итогом двухлетней исследовательской работы, проводившейся Комитетом советских ученых в защиту мира, против ядерной угрозы.

Книга открывается большой статьей председателя Комитета советских ученых, вице-президента АН СССР академика Е. П. Велихова, который, в частности, отмечает, что наши знания о характере и масштабах возможной ядерной катастрофы до недавнего времени были далеко не полными.

Исследования самого последнего времени позволяют утверждать, что косвенные, долговременные последствия ядерной войны будут не менее, если не более грозными, чем непосредственные результаты ядерных взрывов, известные всем со времен Хиросимы и Нагасаки. По согласованию с группой американских исследователей эти работы одновременно осуществлялись в Вычислительном центре АН СССР и



в США,— группой ученых во главе с профессорами К. Саганом и П. Эрлихом, а также Национальным Центром атмосферных исследований. Особую весомость и убедительность полученным результатам придает то, что несмотря на различия в программах и методиках, основные выводы ученых совпали в главном: применение ядерного оружия приведет к резкому изменению климата Земли, а это в конце концов вызовет глобальную экологическую катастрофу. Такой вывод был впервые сформулирован учеными в начале 1983 года, а достоянием мировой общественности стал на проходившей 31 октября — 1 ноября 1983 года в Вашингтоне международной конференции «Мир после ядерной войны». В рамках этой конференции был организован «космический телемост» между Москвой и Вашингтоном — дискуссия советских и американских специалистов, изучающих климатические и биологические последствия ядерной катастрофы.

Участники дискуссии единодушно пришли к выводу: любая ядерная война явилась бы преступлением против человечества, а любые варианты использования ядерного оружия принесут нашей планете непоправимые бедствия.

Профессор Корнельского университета Карл Саган — участник теледискуссии, суммируя результат исследований, сказал: «Если даже какая-нибудь ядерная держава детально спланирует и осуществит первый ядерный удар, теоретически исключающий все технические возможности для нанесения противнику ответного удара, то и в этом случае она фактически совершила самоубийство».

Этот вывод основывается на научно обоснованной концепции «ядерной зимы». Суть ее в следующем. Сегодня наша цивилизация накопила огромное количество горючего материала. В промышленных зонах мира плотность горючих веществ достигает 40 граммов на квадратный сантиметр. Представьте себе, что вы стоите в некоем резервуаре по колено в нефти: именно так фактически обстоит дело в крупных промышленных центрах. В результате ядерных ударов по городам неизбежно возникнут массовые пожары, которые будут сопровождаться выделением в атмосферу продуктов горения — сажи, тепла и ядовитых газов. Облака, состоящие из мельчайших частиц сажи, начнут поглощать и рассеивать солнечный свет, вызывая затемнение поверхности

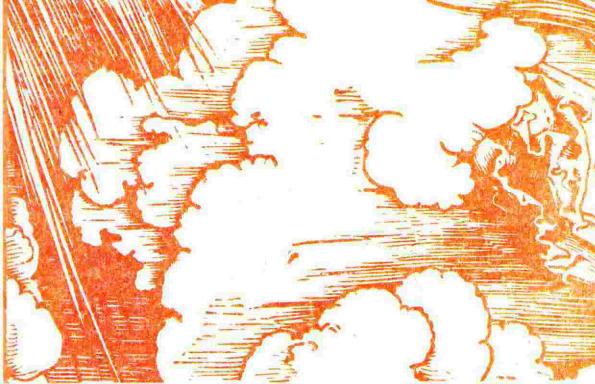
Земли — «ядерную ночь». В результате температура на поверхности Земли в течение нескольких дней понизится на 30—50 градусов по сравнению с нормальной для данного времени года. Столь резкое охлаждение приведет к «ядерной зиме» даже летом. Из-за коренной перестройки системы циркуляции в атмосфере эта беспрецедентная климатическая катастрофа за несколько недель распространится на весь земной шар. Начнется массовая гибель флоры и фауны. И даже если кто-то из людей уцелеет после ядерной войны, то, выйдя из своих убежищ, они увидят погибающую планету.

«У человечества будет очень мало шансов приспособиться к новой «постядерной» экологической обстановке,— подчеркивает академик Е. П. Велихов.— А скорее всего, таких шансов не будет вообще».

Признав справедливость и обоснованность концепции «ядерной зимы», надо сделать и следующий шаг — внести необходимые изменения в ядерную стратегию: перспектива глобальной климатической катастрофы исключает нанесение первого ядерного удара. Здесь нелишне напомнить, что именно США никогда не отказывались от использования ядерного оружия первыми. В советской же военной доктрине нет ни концепций упреждающих ударов, ни установок на применение первыми ядерного оружия. В Декларации государств — участников Варшавского договора от 15 мая 1980 года прямо сказано: «У нас нет, не было и не будет иной стратегической доктрины, кроме оборонительной». Наша страна рассматривает ядерное нападение как тягчайшее преступление против человечества. Начать ядерную войну в надежде выйти из нее победителем может лишь тот, кто решил совершил самоубийство.

«Особо хочу подчеркнуть,— говорит в своей статье академик Е. П. Велихов,— что ученые в своих расчетах исходили далеко не из самых мрачных сценариев загрязнения атмосферы. Но даже в этом случае полученные результаты поражают воображение и рушат все сделанные до сих пор прогнозы, касающиеся долговременных, вторичных последствий ядерных взрывов. Именно с «ядерной ночью» начинается длинная цепь последующих катастрофических климатических, экологических, биологических и медицинских глобальных последствий ядерной войны.»

Все существовавшие до недавнего времени «сценарии» ядерной войны, естеств-



венно, развертываются в Северном полушарии. Для малоискушенных людей это оставляет надежду на то, что вторая половина Земли может в какой-то степени стать убежищем для выживших. Эта надежда иллюзорна. И вот почему: сейчас воздушные массы Северного и Южного полушарий почти не смешиваются друг с другом. Загрязнение атмосферы Северного полушария в результате взрывов и возникшие температурные контрасты снесут невидимую «стену», разделяющую воздух обоих полушарий. Циркуляция воздушных масс в корне нарушится, изменится и уже через несколько недель атмосфера Южного полушария мало чем будет отличаться по своей загрязненности от Северного полушария. Таким образом на Земле не останется региона, не затронутого ядерной катастрофой, не останется надежд и иллюзий на благополучное «послевоенное» будущее даже для государств, весьма отдаленных от наиболее вероятных районов ядерного конфликта. Планета Земля — космический «корабль» во Вселенной, — оказывается очень маленькой и слишком хрупкой для потрясений такого масштаба как ядерная война.

Детальный анализ климатических последствий ядерной войны содержится в статье сотрудника Вычислительного центра АН СССР Г. Стенчикова. Отметим, что

работы по моделированию климата начались в ВЦ АН СССР более десяти лет назад по инициативе академика Н. Н. Моисеева. Целью этих исследований был расчет малых изменений климата в результате антропогенных воздействий.

Но возмущение климатической системы в результате ядерных взрывов будет



совершенно иным — кардинально изменится поглощение солнечного излучения, гидрологический цикл, термический режим и общая циркуляция атмосферы.

«Основное направление наших работ, — пишет Г. Стенчиков, — было связано с расчетом долговременных больших флюктуаций климатической системы в результате заданного мгновенного изменения оптических характеристик атмосферы Северного полушария. При этом исследовалось изменение режима общей циркуляции атмосферы, учитывался рельеф и география Земли, изучались долговременные эффекты взаимодействия атмосферы и океана, выявлялись перестройки атмосферных процессов.» Все это было базой для уточнения описания жизни «грязной» атмосферы. Какими же были основные физические посылки, положенные в основу климатических исследований?

Модель советских ученых описывает атмосферные движения от поверхности Земли до слоя, который можно приблизенно считать границей между стратосферой и тропосферой. Выбранная модель верхнего слоя позволяет учесть его влияние как энергетического резервуара на эволюцию



климатической системы. При проводившихся расчетах параметризировалось загрязнение стратосферы и аномальное поглощение солнечного излучения. «Грязная» атмосфера, что совершенно естественно, поглощает заметную долю солнечного потока.

Предполагается, что всю поглощенную солнечную энергию стратосфера переизлучает, но уже в длинноволновом диапазоне — одну половину в космос, а другую — на верхнюю границу тропосферы. Далее, считается, что теплоемкость деятельного слоя суши бесконечно мала и на ее поверхности задается условие баланса потоков тепла. Поглощение солнечной энергии и притоки энергии из атмосферы компенсируются тепловым излучением поверхности. В модели предполагается, что в результате передачи энергии атмосфере температура океана уменьшается в соответствии с его эффективной теплоемкостью. Принято также, что солнечный поток постоянен во времени и на каждой широте равен своему среднегодовому уровню. Ему же соответствуют значения отражательной способности поверхности Земли, распределения морских и материковых льдов, а также снежного покрова.

При моделировании климатических последствий ядерной войны предполагалось, что в некий начальный момент оптические свойства атмосферы Северного полушария мгновенно изменяются, что приводит к отклонению от так называемого квазиравновесного климатического режима.

Первые вычислительные эксперименты были проведены при фиксированном распределении аэрозоля.

Исследователи Вычислительного центра АН СССР внезапно «загрязняли» атмосферу севернее  $12^{\circ}$  с. ш. — равномерно по площади и массе — сажевым аэрозолем. Было рассмотрено два предельных сценария, соответствующих мощности взорванных ядерных устройств в 10 тысяч и 100 мегатонн. В первом сценарии начальное загрязнение атмосферы оказывалось столь велико, что солнечный поток у поверхности уменьшался в 400 и более раз. Характерное время самоочищения атмосферы в этом случае составляло от трех до четырех месяцев.

Ядерные взрывы мощностью в 100 мегатонн соответствуют так называемой «атаке на города». В этом случае использование лишь одного процента накопленного мирового ядерного боезапаса ослабляет солнечный поток у поверхности в 20 раз.

Самоочищение атмосферы занимает около месяца.

Главным климатическим эффектом резкого увеличения поглощения солнечного излучения в атмосфере является резкое и исключительно сильное охлаждение воздуха над континентами. Кривые, полученные исследователями, показывают, что максимальные падения температур на севере Европы и Сибири, на Аляске, в Северной Америке, Центральной и Южной Азии достигают нескольких десятков градусов. Падение температуры ниже нормы, даже в «мягком» варианте ядерной войны достигает  $56^{\circ}$  на севере Европы,  $43^{\circ}$  — в Северной Америке, и  $41^{\circ}$  на юге Азии.

Был получен еще один, важный и совершенно новый вывод. Из-за высокой температуры верхних слоев тропосферы очень сильно прогреется воздух над горными массивами. Так, через три месяца после ядерного конфликта, воздух над Кордильерами будет на  $6-7^{\circ}\text{C}$ , над Андами — на  $5-6^{\circ}\text{C}$ , а над Тибетом — даже на  $25^{\circ}\text{C}$  теплее обычного. А это может привести к резкому изменению теплового режима таяния горных снегов и ледников, а в итоге — к наводнениям континентального масштаба.

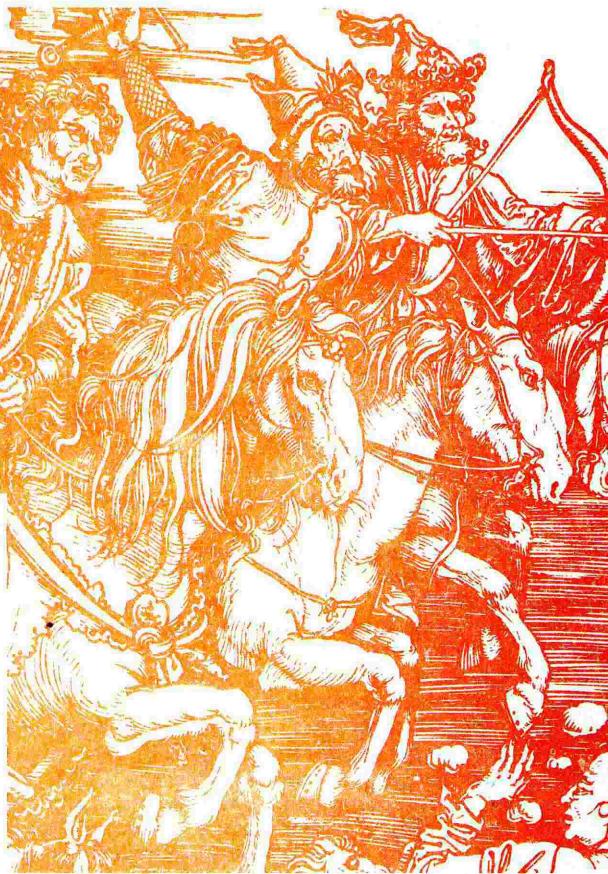
Что касается океана, то он, из-за своей колossalной термической инерции будет охлаждаться гораздо медленнее. Даже в «жестком» варианте уменьшение температуры его поверхности не превысит  $1,2^{\circ}\text{C}$ . Поэтому воздух над океанами охладится всего на несколько градусов. Но именно поэтому — из-за огромного температурного контраста между остывшей сушей и медленно остигающим океаном — возникнут жестокие ураганы.

Далее. Резкое изменение оптических свойств атмосферы в коротковолновой части спектра, как показали расчеты, приведет к нарушению, а затем и к перестройке фундаментальных физических процессов, происходящих в ней. Прежде всего в низких широтах Южного полушария атмосфера станет сверхустойчивой. В Северном полушарии вертикальная конвекция воздуха будет подавлена (температуры тропосферы выше, чем у поверхности земли), количество осадков над континентами упадет практически до нуля. В силу этого естественное самоочищение атмосферы, связанное с осаждением и вымыванием грязи, будет происходить гораздо медленнее, чем обычно.

Кроме того, температурный контраст



центра АН СССР. Они подсчитали, что характерное время «ядерной зимы» в жестком варианте ядерного конфликта — около года, а в мягком — порядка трех месяцев. Это вполне понятно, так как длительность похолодания определяется суммарной массой аэрозоля, попавшего в верхние слои атмосферы.



между Северным и Южным полушариями приведет к возникновению одной мощной межполусферной ячейки циркуляции (сегодня воздушные массы обоих полушарий динамически хорошо отделены друг от друга). Подсчитано, что для установления этого нового типа атмосферной циркуляции потребуется около месяца. Сказанное означает, что начнется активное загрязнение пылью и сажей также и Южного полушария.

Столь же ясен и другой вывод, полученный сотрудниками Вычислительного



Несколько позже сотрудники ВЦ АН СССР провели другую серию расчетов, где уже учитывался перенос аэрозоля. По сравнению с фиксированным пространственным распределением аэрозоля температурные экстремумы в Северном полушарии оказались менее глубокими, но тем не менее качественных изменений динамики похолодания в нашем полушарии не происходило. В тропическом же поясе постепенное загрязнение атмосферы приводит к тому, что, например, температура над центральными районами Африки и

Южной Америки падает на 10—20 градусов ниже нормы. Это приблизительно на 10 градусов ниже, чем в том случае, когда не учтывался перенос аэрозоля. Как и в предыдущем расчете через три месяца качественно меняется режим общей циркуляции атмосферы. Воздух в нижних слоях тропосферы начинает перемещаться из Южного полушария в Северное, а в верхних — наоборот, — из Северного в Южное. Масса переносимого воздуха достигает 120 млн. т в секунду. Последняя серия численных экспериментов по проблеме «ядерной зимы» была проведена в ГДР в рамках научного сотрудничества между Академиями наук ГДР и СССР. Ученые изучали поведение климатической системы при самых различных предположениях относительно начального распределения сажевых облаков и физических свойств частиц аэрозоля.

Полученные результаты вполне однозначны: независимо от деталей первоначального распределения аэрозоля и различных микрофизических процессов в атмосфере, глубокое похолодание в средних и высоких широтах Северного полушария сохранится более двух месяцев. Заметные климатические флуктуации будут наблюдаться и в Южном полушарии. Короче говоря, даже при заведомо заниженном уровне начального загрязнения верхней тропосферы и интенсивном вымывании аэрозоля, амплитуда похолодания в Северном полушарии будет достаточна для того, чтобы вызвать самые тяжелые экологические последствия.

Еще один из авторов книги — член-корреспондент АН СССР, председатель Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды Ю. А. Израэль в основном рассматривает возможные экологические последствия крупномасштабных ядерных взрывов.

Подсчитано, что радиоактивные продукты ядерного взрыва образуют устойчивое радиоактивное загрязнение местности на расстояниях, измеряемых многими сотнями и тысячами километров. Предполагается, что при наземных взрывах может образоваться зона с суммарными дозами гамма-излучения 400—1000 бэр почти по всей территории Европы и средней части Северной Америки. Загрязнение местности долгоживущими радиоактивными изотопами, такими, как стронций-90 и цезий-137, составит от 4 до 10 кюри на  $\text{km}^2$ , а глобальное загрязнение (по

полосе в широтном направлении) этими изотопами — 2—3 кюри на  $\text{km}^2$ . Эти дозы очень велики и чрезвычайно опасны для человека. Далее, некоторые радиоактивные изотопы очень подвижны и обладают способностью к миграции. Растения через корневую систему хорошо усваивают изотопы вольфрама, иттрия, стронция, рутения. В результате таких процессов возникнет вторичное поражение составных частей экосистем, а радиоактивные изотопы вместе с продуктами сельского хозяйства попадут в организмы людей.

Ю. А. Израэль в своей статье подчеркивает, что радиоактивные продукты взрывов, равномерно распределенные в тропосфере, приведут к ионизации воздуха, которая будет в 500—1000 раз выше той, что изменяет его электропроводность на 10 %. Это не может не привести к кардинальным изменениям самих свойств атмосферы.

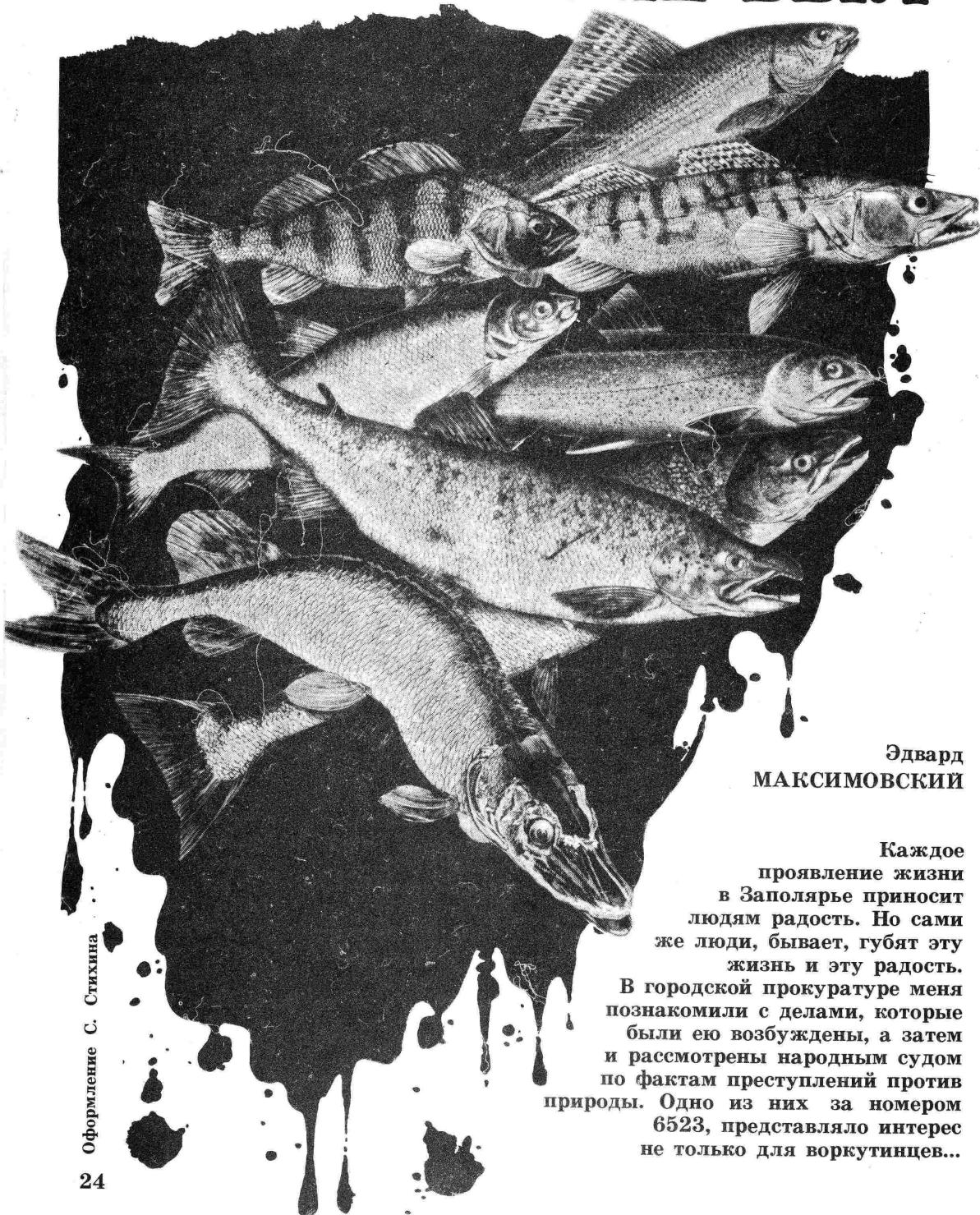
Очень заметным в результате ядерной войны будет и разрушение озонного слоя атмосферы. Он начнет разрушаться из-за взаимодействия с огромным количеством окислов азота, которые образуются в высокотемпературной области ядерного взрыва. Подсчитано, что в «жестком» сценарии, когда мощность взорванных ядерных устройств составит 10 тысяч мегатонн, в том полушарии, которое станет ареной конфликта, может исчезнуть от 30 до 70 процентов общего количества озона.

Озонный слой, как это хорошо известно специалистам, является защитным экраном от проникающего ультрафиолетового солнечного излучения. Его ослабление приведет к губительным биологическим последствиям, так как ультрафиолетовое излучение в области длин волн 290—320 нм эффективно поглощается нуклеиновыми кислотами живых клеток. Их нормальная работа полностью нарушается. Свою статью Ю. А. Израэль заключает следующими словами: «Очевидно, что ядерные взрывы, особенно при массированном применении, приведут не только к разрушительным, поражающим эффектам локального масштаба, но и разрушат озонный слой Земли, вызовут необратимые изменения климата, а также существенную перестройку земных и водных экосистем».

Окончание в № 2



# ОБЖАЛОВАН НЕ БЫЛ



Эдвард  
МАКСИМОВСКИЙ

Каждое  
проявление жизни  
в Заполярье приносит  
людям радость. Но сами  
же люди, бывает, губят эту  
жизнь и эту радость.

В городской прокуратуре меня  
познакомили с делами, которые  
были ею возбуждены, а затем  
и рассмотрены народным судом  
по фактам преступлений против  
природы. Одно из них за номером  
6523, представляло интерес  
не только для воркутинцев...

Федоров буквально ворвался в отделение милиции и, ни на кого не глядя, не обив снег с валенок, подшитых толстым слоем войлока, бухнул на стол дежурного ведерко с осколками темного, остро пахнувшего льда. На него оторопело глядели столпившиеся люди в милицейской форме и гражданских шубах, а он, еще секунду помедлив, отшел к стене, сел на вытертую до блеска скамью, снял мохнатую шапку, мотнул ее сверху вниз, словно стремясь пробить щербатый пол, и только тогда хрюпlo сказал:

— Да что же они делают?

...Никогда не были знакомы Иван Федорович Янкин и Алексей Федоров. Хотя Воркута и не так велика, но все же проживают здесь 107 тысяч человек. А если взять население ближних шахтерских поселков, то еще тысяч сто наберется. И Алексей Федоров, наверное, так бы и не услышал об Иване Федоровиче, если бы не та история, сухим, канцелярским языком зафиксированная на десятках страниц уголовного дела № 6523.

Так Федоров столкнулся с Янкиным.

Уголовное дело было возбуждено против Янкина.

Кто такой Федоров? Он бурил скважины. Его задача была простой и ясной. Указующий перст бурмистера очерчивал кусок земного пространства, покрытого снегом или ягелем в зависимости от времени года, и Федоров стаскивал туда трубы и другой буровой инвентарь, ладил времянку, а когда начиналась работа, исполнял все, что положено бурильщику третьего разряда. Дома, в Воркуте, бывал редко. Улетит на вертолете в район крохотного поселка Хальмер-Ю на север от Воркуты в сторону Байдаракской губы Карского моря, и нет его дома недели две, три, а то и целый месяц. Северная пурга работает не по вахтовому методу, сама себе на уме.

Вернется в город, а там две радости у него — два крохотных пацаненка облепят и никак не соглашаются отпустить. Ну а утром, спозаранку, гурьбой на рыбалку. Зимой, понятно, на подледную. В Воркуте таких, как Федоров, большинство. Так что при желании можно считать, что Алексей Федоров — обобщенный образ главы рабочей воркутинской семьи.

Янкин — человек из другой организации. Он — начальник отдела капитального строительства Воркутинской теплоэлектроцентрали. Случись на ТЭЦ перебои — каждая семья их почувствует,

вот какая ответственность. Живет Янкин в Воркуте, в тундре ни личных, ни служебных забот не имеет. Арктические ветры, которые изрядно нервируют Федорова на буровой, уже ослабленными давят на окна его квартиры в большом каменном доме.

Это конечно, не значит, что в городе не жизнь — курорт. Все воркутинцы делают невзгоды сурового Заполярья. И Янкин не исключение. И работал он, надо думать, не без пользы.

Из характеристики Янкина И. Ф.

«Дисциплинирован, трудолюбив, много сил и времени отдает решению производственных вопросов... по установлению деловых взаимоотношений с подрядными организациями... Постоянно повышает идеино-политический и технический уровень, передает опыт молодежи...»

Подписали: директор, секретарь партбюро, председатель профкома.

Обратим внимание на подчеркнутые строки и запомним их.

Характеристика была выдана 31 марта и в тот же день городская прокуратура вынесла постановление о возбуждении против Янкина уголовного дела. Случайное совпадение? Характеристика-то ведь по запросу писалась.

Из приговора, вынесенного народным судом Янкину И. Ф., обвиненному в преступлении по статье 223 часть I Уголовного кодекса РСФСР:

«...приговорить к восьми месяцам исправительно-трудовых работ, с ежемесячным удержанием 15 процентов заработка в пользу государства».

Эти деньги, конечно, не покроют нанесенный ущерб.

Но есть еще одна разновидность ущерба, которую не покрыть никакими удержаниями. Ущерб-то нанесен не кассе, а хрупкой и ранимой северной природе.

Вместе с Федоровым листаем тоненький томик УК РСФСР. Вот статья 223:

«Загрязнение рек, озер и других водоемов и водных источников неочищенными и необезвреженными сточными водами, отбросами или отходами..., причинившее или могущее причинить вред здоровью людей... или рыбным запасам...»

Федоров мотает лохматой головой и сокрушенно говорит: «Так вот это кто речку испортил!»

...В то раннее утро, едва отлежавшись после бессонной ночи на буровой и утомительного перелета (болтанка была страшная!), он отправился на речку Воркуту, прихватив с собой все, что может пригодиться на льду бывалому рыбаку,

в том числе и то самое ведерко, с которым вломился в отделение милиции. Пришел, покопался в снегу, умело расчищая площадку и... почувствовал острый запах нефти.

Из характеристики реки Воркуты. Сведения даны Заполярной районной инспекцией рыбоохраны.

*Река Воркута — правый приток северной нерестовой реки Усы. Впадает в Усу на 467 километре от ее устья. Длина водотока Воркуты 182 километра. На водосборе находится 2001 озеро. Воркута — водоем высшей категории рыбохозяйственного водопользования. Обитают сиг, хариус, щука, окунь, налим, гольян. В районе городской застройки участок реки имеет значение как миграционный путь хариуса к нерестилищам и местам летнего нагула.*

Вот на этот миграционный путь Воркутинская ТЭЦ и ахнула до 7 тонн мазута.

И попало котельное топливо не только в «район городской застройки». Если в средних широтах вода самоочищается от загрязнений через двести-триста километров, то на Севере для этого мало и двух тысяч. Специалисты объясняют это так: в воде мало кислорода, а длительный ледостав задерживает развитие микроорганизмов — естественных санитаров.

Весной река вскрылась и поплыл мазут чуть не через всю республику Коми в Баренцево море.

Виновным был признан Янкин Иван Федорович.

Но не так быстро дело делалось, как оказывается. Истина продиралась сквозь непростое следствие, обремененное анализом сложного разветвленного хозяйства Воркутинской ТЭЦ. Скажем так — почему вдруг виновным в сбросе мазута оказался заказчик? Он, что ли, строил сливные эстакады нефтепродуктов, лопнувший затем напорный трубопровод?

Сегодня, вспоминая эту историю, на ТЭЦ сдержанно говорят о досадной забывчивости, допущенной не только Янкиным, но и некоторыми другими представителями заказчика. Да и сам Иван Федорович написал в объяснительной, что подмахнул акт рабочей комиссии, поскольку «проверить детально весь комплекс работ не имел возможности». Так сказать, промашка вышла, второпях и при большом личном доверии к остальным членам комиссии. После таких слов

только посочувствовать остается Ивану Федоровичу. Если, конечно, не взять в расчет, что он — начальник отдела капитального строительства. А наивность формулировок такая, как будто объяснительную писал студент-практикант. На что надеялся Иван Федорович? Не практикант, а начальник ОКСа. Видно, было на что.

Да, если бы не встревоженное общественное мнение, не принципиальная позиция прокуратуры, так тихо-мирно и уплыл бы мазут без «15 процентов удержания». Ведь руководство ТЭЦ и не подумало предупредить кого-либо за пределами своего узкого круга о беде, надвигающейся на реку Воркуту, а затем и на семужью реку Усу.

Тоже забывчивость? Только какая-то она однобокая, эта «забывчивость». Когда в описании причин аварии появилась цифра 160 — это вес в тоннах погибших на эстакаду цистерн с мазутом, работники ТЭЦ поправили работников прокуратуры — не 160, а 159,996 тонны. Как же, четыре кило приписали.

Очень избирательная «забывчивость»...

Вот тут в пору вспомнить подчеркнутые выше строки из характеристики Янкина И. Ф. «Умело организует работу по установлению деловых взаимоотношений с подрядными организациями...». Алексей Федоров так и сказал:

— Постеснялись хотя бы это писать после такого...

Выяснили-таки работники прокуратуры, те самые, что ошиблись на четыре кило, что мазутное хозяйство было принято заказчиком с 86 недоделками. Не каждая из них могла стать причиной аварии. Но все вместе они делали ее почти неизбежной. А ведь всего за два месяца до происшествия акт приемной комиссии (тот самый, что подмахнул Янкин) солидно утверждал, что «промливневая канализация», а через нее-то и произошел сброс, выполнена согласно проекту и техническим условиям, качество работы хорошее.

Дело, конечно, не только в Янкине. И не в том, что не все, кто повинен в аварии, представили перед судом. Но вот я читаю материалы дела, которые хранятся в воркутинской прокуратуре, и вижу перед собой умело обороняемую крепость. Со стороны коллектива ТЭЦ ни одного самокритичного выстрела, никакой попытки открыть крепостные ворота или ввесить белый флаг. Словно бы спор идет

из-за межи на личном огороде. Раз за разом делается старательная методичная попытка увести следствие в сторону, где побезопаснее, где волны помельче. Вроде как имел место заурядный производственный казус, а чего не бывает на большом производстве?

Не потому ли опытный инженер Янкин использовал столь наивную формулировку в своей объяснительной, вот впрок.

Приговор обжалован не был. Но недоделки остались. Нет, не только те 86 строительных. Нравственный урок, преподанный прокуратурой и народным судом, судя по всему, не совершил глубокой работы. «Мы на Севере люди временные, договор кончится,— уедем» — без обиняков высказал свое отношение к происшедшему один из третьестепенных участников той истории. И тогда я его спросил, ходит ли он на рыбалку, путешествует ли по тундре. «Что вы,— ответил мой собеседник,— до того ли? У нас громадное предприятие, масса хлопот. Всю зиму не дождусь, когда настанет лето, чтобы в отпуск, значит, уехать... Скуница здесь неизмеренная. Десять месяцев в году не жизнь, а подсчет дней до отпуска».

Этот человек сам себе вынес приговор. Вот только сумеет ли его обжаловать?

А Федоров позвонил мне под выход-

ной и сообщил: «Нашли с ребятишками хорошее место на Усе. Завтра пойдем еще раз. Супруга тоже хочет с нами».

...Живут в одном городе два человека — Янкин и Федоров. Не простой это город — заполярный. Под северным панцирем природа укрыла нефть, газ. Чем мощнее наступает индустрия на белое безмолвие, тем острее становятся противоречия между потребностями экономического роста и окружающей средой. Экологические расходы растут быстрее, чем капитальные затраты на основное производство. Эта тенденция отражает преимущество социализма, давшего конституционные гарантии охране природы на благо человеку.

Мышление подавляющего большинства северян экологично по существу. Люди на Севере остро ощущают свою зависимость от природы и осознают, что природа еще в большей степени зависит от них. Вот почему так неравнодушно было принято воркутинцами дело Янкина. В нем столкнулись принципиально разные представления об отношении людей к сфере своего обитания. А в ней, в этой сфере, все меньше остается места залетным специалистам с психологией временщиков.

Время не то.

г. Воркута

## ВПЕРВЫЕ — В ОДЕССЕ

Впервые в отечественной практике Одесский завод прецизионных станков имени XXV съезда КПСС освоил серийный выпуск участков гибких производственных систем (ГПС) для оснащения машиностроительных предприятий.

На основе десятков программ такие комплексы выполняют множество сложных операций. Перестройка на выпуск новых деталей занимает не более 3 ч. Управление технологическим процессом, в котором объеди-

нены от 2 до 10 обрабатывающих центров и транспортно-накопительная система, осуществляется с помощью ЭВМ.

В двенадцатой пятилетке завод увеличит выпуск ГПС до 12 тыс. в год.

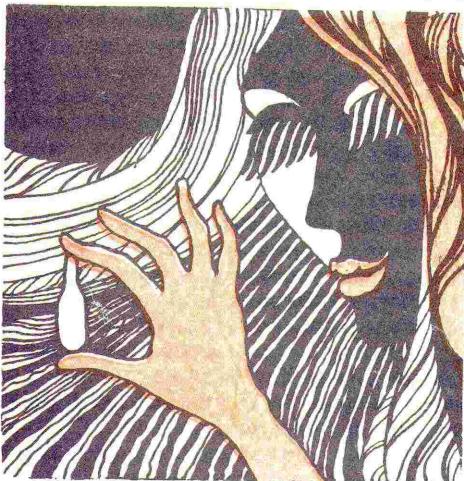
«Экономическое сотрудничество стран — членов СЭВ», № 9, 1985

## ЭЛЕКТРОНИКА В БЫТУ

Первая в СССР бытовая микроЭВМ «Электроника» БК-0010 может не только производить математиче-

ские и инженерные расчеты, но и создавать домашние информационно-поисковые системы (каталоги, записные книжки), управлять работой бытовых приборов и устройств. Поможет новая микроЭВМ и в обучении. В ней использован 16-разрядный микропроцессор, позволяющий выполнять операции с быстродействием 300 тыс. операций в секунду. Информация может быть выведена на экран телевизора.

«Экономическое сотрудничество стран — членов СЭВ», № 9, 1985



## А ГОВОРЯТ — БОЛЕЗНЬ НЕ КРАСИТ

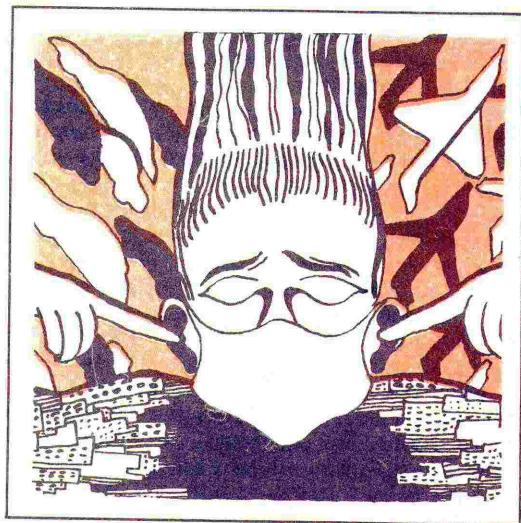
Американские врачи установили, что большие дозы интерферона — препарата, применяемого для профилактики и лечения вирусных заболеваний, — стимулируют рост... ресниц. У двух пациентов, получавших в процессе лечения трижды в неделю по 50 единиц альфа-интерферона в пересчете на один квадратный метр поверхности тела, за шесть месяцев ресницы отросли до 2—6,5 см.

*«New Scientist»,  
6.12.1984, т. 104, № 1433*

## ШУМИТЕ ТИШЕ

Сильный шум не только повреждает слух, но и влияет на наше настроение, ухудшает способность к умственным занятиям, может даже вызывать, как считают некоторые специалисты, повышение давления. Жители крупных городов ежедневно подвергаются воздействию шума, уровень и длительность которого могут привести к полной потере слуха. Но, если хирургическими методами можно (хотя бы частично) восстановить слух, потерянный при разрыве барабанных перепонок, то слух, поврежденный продолжительным шумом, во многих случаях не восстанавливается.

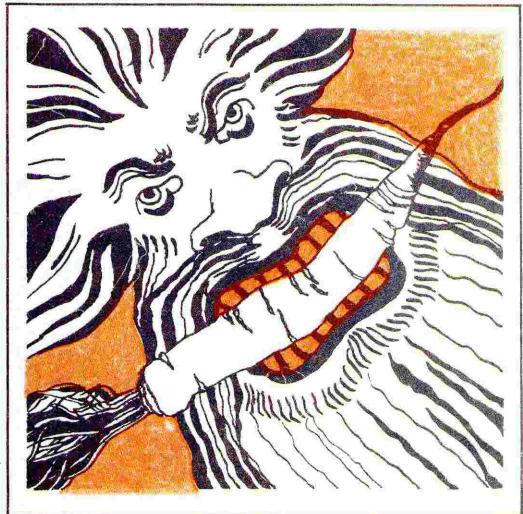
Американские исследователи установили, что у учащихся школ, расположенных на шумных улицах, успеваемость, как правило, ниже, чем у детей в школах, находящихся в тихих районах. Английские психологи заметили, что движение на автомагистралях, создающих шум в 46 дБ (что сопоставимо с шумом работающего холодильника) ухудшает сон. Когда уровень шума уменьшается хотя бы на 5 дБ, сон становится более глубоким. Один из исследователей медицинского колледжа в Южной Каролине (США)



в экспериментах на животных показал, что шум силой 65 дБ (такой шум может создавать кондиционер) и продолжительностью 24 часа повреждает мозговой ствол.

*«Science Digest»,  
март, 1985, т. 93, № 3*

## ДИЕТА ПЕРВОБЫТНОГО ЧЕЛОВЕКА



## КОГДА В ЖИЛАХ ГОЛУБАЯ КРОВЬ



Люди, жившие в каменном веке, потребляли втрое больше животных белков и вдвое меньше жиров, чем наши современники. В пище первобытных людей было больше калия, обладающего защитным действием против гипертонии и других болезней. Это установили исследователи из университета Эмори (США).

Со времен каменного века состав питания изменился очень сильно, тогда как человеческие гены остались практически неизменными. И это несомненно одна из причин некоторых «болезней цивилизации».

Диета людей, живших 10 тыс.—1,6 млн. лет назад, состояла на 65 % из фруктов и овощей и на 35 % из мяса диких животных. Но мясо это имело в среднем всего 5 % жира (говядина, которую едим мы, содержит 25—30 %).

Рацион питания наших далеких предков, как считают специалисты, может служить образцом для современного человека и моделью для создания защиты от некоторых характерных для нашего века болезней.

Бостон (AP), 31.01.1985

Кровь животных, стоящих на нижних ступенях эволюции,— пауков, скорпионов, крабов, моллюсков — голубого цвета. Такой цвет придает ей гемоцианин — белок, содержащий медь. Ученые Института зоологии Мюнхенского университета (ФРГ) определили химическую структуру гемоцианина, который, подобно гемоглобину красной крови, переносит кислород из легких к тканям. Молекула гемоцианина содержит в шесть раз больше компонентов, чем гемоглобин, причем каждый из них связывает несколько атомов кислорода.

У пауков и крабов нет вен и артерий, кровь омывает все ткани, и требуемое количество животворного газа поступает в нужное место организма.

«New Scientist»,  
1985, т. 105, № 1447



# МЕДИЯ ЖИВЪ РАСТЕРУИ

Ауксины, гиббереллины, цитокинины, гидрел — препараты словно взятые из аптечки средневекового алхимика.

Одни помогают помидорам созревать в суровом климате Сибири, другие изменяют мужские признаки огурцов на женские, под влиянием третьих растения цветут в наших средних широтах так, как будто они 18 часов в день согреваются южным солнцем. Именно такими чудодейственными свойствами обладают гормоны растений — фитогормоны, современное учение о которых во многом основано на работах академика М. Х. Чайлахяна.

Беседа нашего корреспондента Евгения Гольцмана с М. Х. Чайлахяном была посвящена значению фитогормонов для повышения урожайности культурных растений и выполнения Продовольственной программы.

— Михаил Христофорович, по оценкам экспертов в развитых странах с интенсивным высокопроизводительным сельским хозяйством на получение одной калории пищи тратится 5—10 калорий энергии. Очевидно, что проблема снижения энергозатрат может быть решена лишь совместными усилиями специалистов в различных областях. Какой вклад в ее решение могут внести физиологи растений?

— Хорошо известно каких больших энергетических, материальных и трудовых затрат требует проведение мелиорации. А между тем сельскохозяйственные культуры не очень-то экономно расходуют воду. Около трети всех энергозатрат в земледелии идет на производство азотных удобрений, но после внесения их в почву они усваиваются растениями только наполовину. Оставшаяся же часть разлагается и загрязняет окружающую среду. Получается, что человеческий труд и природные ресурсы в значительной степени пропадают даром. Чтобы избежать таких затрат, необходимо понять действие механизмов, которые управляют внутренней жизнью растений.

Важнейшая роль в этих механизмах отведена фитогормонам — веществам, вырабатываемым самими растениями и принимающим участие в самых разнообразных физиологических процессах. Гормоны стимулируют — или наоборот замедляют — деление клеток, скорость цветения, формирование листьев и корневой системы. От них зависит длительность созревания и величина плодов, а значит и урожай.

В настоящее время многие фитогормоны выделены в чистом виде. Их химические формулы расшифрованы. Аналоги этих гормонов, синтезированные химическим путем, находят все более широкое применение в сельском хозяйстве.

— Можно ли сказать, что с помощью фитогормонов ученые способны теперь не только активно вмешиваться во внутреннюю жизнь растений, но и перестраивать ее по нужному человеку образцу?

— Фитотехника, то есть комплекс приемов, изменяющих развитие растения, существовала и раньше. Главным образом она применялась в виноградарстве и садоводстве. Сводилось все к воздействию механических приемов — таких, как подрезка, чеканка, удаление боковых стеблей, различные способы культивирования виноградной лозы, и плодовых

культур. Все это способствовало тому, что вегетативный рост растения задерживался, а урожай увеличивался.

Любые внешние влияния на растения не обходятся без помощи посредников, в том числе фитогормонов. И раз мы сумели приоткрыть их тайны, то и возможности открылись такие, о которых еще недавно нельзя было и мечтать. Например, большой ущерб сельскому хозяйству наносит полегание хлебов. В районах с влажным климатом оно обуславливает потери до 25 % урожая. Оказалось, что эти потери можно предотвратить однократным опрыскиванием пшеницы в период кущения так называемым ретардантом ССС (хлорхолинхлоридом). Ретарданты — это вещества, замедляющие рост. В данном случае задерживается развитие стебля. Пшеница получается не такая высокорослая, но зато значительно более устойчивая. Важно, что ретардант при этом не влияет на образование колоса и зерна.

Институтом физиологии растений им. К. А. Тимирязева АН СССР совместно со специалистами Министерства сельского хозяйства СССР разработана подробная инструкция по использованию ретарданта ССС и сегодня его применяют на двух миллионах гектаров. Аналогичный химический регулятор имеется и для ржи. Он используется в нашей стране на сотнях тысяч гектаров.

Хочу привести еще один пример. Климатические условия Иркутской области таковы, что вегетационный период, в течение которого могут расти помидоры, очень короток. Он длится всего два месяца. Однако применение регуляторов роста позволило решить проблему получения скороспелых помидоров в Сибири. Сначала в парниках томаты обрабатывают ретардантом ССС, благодаря чему получается рассада с сильно развитыми корнями, хорошо приживающаяся при высадке на открытый грунт. Если этим ограничиться, растения дадут 80—90 % зеленых плодов. Однако за 25 дней до сбора урожая томаты опрыскивают другим препаратом — гидреллом, ускоряющим созревание помидоров. В результате получают уже 80—90 % красных плодов.

— Михаил Христофорович, на протяжении многих лет Вы занимались изучением стимуляторов роста и развития растений — гиббереллинов. Какой эффект дает их использование?

— Гиббереллины находят применение во многих областях сельского хозяйства,



Контрольные образцы пшеницы (слева) и образцы пшеницы, обработанной ретардантом ССС (справа).

— Клональное микроразмножение, о котором так много пишут в последнее время, тоже связано с использованием фитогормонов?

— Речь здесь идет о системном использовании нескольких гормонов. Суть метода в том, что небольшой кусочек ткани (обычно из верхушечной части растения) помещают в стерильную пробирку с питательной средой. В среду вводится гормон — цитокинин, повышающий скорость деления клеток. Под его воздействием появляются стеблевые образования, причем сразу около 30.

Затем используются гормоны — ауксины, благодаря которым начинают развиваться корни. 30 микрочеренков с корнями пересаживаются в 30 пробирок.

Теперь наступает очередь гиббереллинов. Они ускоряют рост. Клональное микроразмножение имеет исключительное практическое значение. Оно используется для разведения многих ценных культур. Благодаря тому, что размножение происходит в пробирках, можно получать посадочный материал таких растений, как картофель или клубника, свободный от вирусной инфекции.

например, в виноградарстве. Как известно, существуют семенные и бессемянные (иначе их называют кишмишными) сорта винограда. Но кишмишные сорта отличаются мелкоплодностью. Ученые Института физиологии растений им. К. А. Тимирязева АН СССР совместно с сотрудниками Армянского научно-исследовательского института виноградарства, виноделия и плодоводства, Сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева и НПО по садоводству, виноградарству и виноделию им. Р. Р. Шредера в Ташкенте разработали методы применения гиббереллинов для повышения урожая бессемянных сортов. Если один раз обработать виноградную лозу в начале цветения очень слабым раствором гиббереллина (10 мг на литр), то можно увеличить урожай в полтора — два раза. Кишмишные сорта распространены у нас в основном в Средней Азии. Теперь идет за кладка новых плантаций в Закавказье, Крыму, Молдавии.



— В жизни животных важную роль играют половые гормоны. А как у растений?

— Еще в 30-е годы нам удалось доказать, что в листьях растений при определенных условиях образуются гормональные вещества, вызывающие формирование цветков. Тогда и было высказано предположение, что гормоны цветения являются половыми гормонами растений. Однако следует учесть, что гормоны животных могут обладать узким направленным действием: одни влияют на жировой обмен, другие стимулируют работу коры надпочечников, третьи действуют на рост. С гормонами растений дело обстоит совершенно по-другому. Исследования, проведенные в последнее время, показали, что фитогормоны могут оказывать влияние на изменение половых признаков растений.

Надо сказать, что опыты по изменению половых признаков растений отнюдь не принадлежат к области лабораторной экзотики. Уже сегодня они открывают путь к получению важных для практической деятельности результатов.

Летом женские особи тополя дают семена, которые засоряют городские улицы

Два кишмишных сорта винограда. Слева — контрольные образцы, справа — виноград, обработанный гиббереллином.

пухом. Чтобы избежать этого, озеленители стремятся предотвратить плодоношение деревьев и ежегодно обрезают кроны тополей. Более эффективной представляется обработка женских особей до цветения гиббереллином. Она ведет к тому, что на тополе развиваются в основном цветки, свойственные мужским особям, которые летучек-пушилок не дают.

В народной практике для повышения урожая растущих в теплицах огурцов часто использовалось окуривание растений дымом. В результате такой обработки резко возрастало число женских цветков. Теперь же при выращивании огурцов в теплицах используется очень слабый раствор (0,01 %) препарата дигидрела (из расчета 5 мл действующего вещества на одно растение). Применение дигидрела стимулирует развитие женских, то есть пестичных, цветков и в конечном итоге приводит к повышению продуктивности на 20—30 %.

Во многих случаях гиббереллины заме-

няют очень дорогое и трудоемкое искусственное опыление.

— Процесс преобразования растениями солнечной энергии, вероятно, тоже не обходится без участия гормонов?

— С поглощением солнечной энергии связана вся жизнь растения. Растения, привыкшие к короткому световому дню, чувствуют себя весьма неуютно в районах, где солнце светит по 18 часов в сутки. И наоборот, растения, привыкшие к длинному дню, например, рудбекия, не цветут в условиях короткого 10-часового дня. Но вот что примечательно. Если рудбекию обработать гиббереллином, она прекрасно цветет и при коротком световом дне. Действие гормонов может резко изменять реацию растений на температурные колебания и солнечное излучение.

— Итак, фитогормоны всесильны. Они влияют на рост растений, преобразуют

их половые признаки и даже меняют их отношение к солнечной радиации. Можем ли мы ждать от фитотехники, что она коренным образом изменит сельское хозяйство и повысит его продуктивность?

— Не следует только забывать, что фитотехника вовсе не претендует на роль волшебного средства, способного решить все проблемы сельского хозяйства. Применение фитогормонов делает растения более «прожорливыми». Они лучше поглощают и усваивают питательные вещества удобрений. Но важно, чтобы было что усваивать. Почва не должна быть бедной. Фитотехника не заменяет, а дополняет агротехнические мероприятия. Кроме того, эффективность использования фитогормонов зависит от того, как они применяются. Если препараты берутся в неверной дозировке, обработка производится не вовремя и не в соответствии с инструкцией, использование гормонов становится бесполезным, а иногда даже вредным.

## ИНФОРМАЦИЯ

### НЕ КИСЛЫЕ ДОЖДИ, ТАК «КИСЛАЯ» ПЫЛЬ

В США в штате Канзас не выпадают кислые дожди, зато происходит осаждение из атмосферы «кислой» пыли. Предварительные исследования показали, что поступление «кислой» пыли из атмосферы наблюдается во всех штатах Великих равнин. В результате, через 20—30 лет в почве региона может накопиться такое ко-

личество мельчайших частиц «кислой» пыли, что это вызовет значительное снижение продуктивности сельского хозяйства.

По данным Агентства по охране окружающей среды США, основным виновником «кислого» загрязнения атмосферы в штате Канзас являются угольные электростанции. С целью контроля предполагается вокруг г. Лоренс установить пять вышек высотой 27 м для отбора проб воздуха. Результаты анализа проб позволят не только оценить вклад антропогенных источников в загрязнение атмосферы «кислой» пылью, но и разработать методы борьбы с ними.

«Mining Engineering»,  
1984, v. 36, № 12

### С ПОМОЩЬЮ СОЛНЦА — ЧЕРЕЗ ТИХИЙ ОКЕАН

Японец Кеничи Хорие оборудовал свою «Солнечную лодку» 42 солнечными батареями, которые позволили ему за 75 дней и 7 часов преодолеть путь от острова Вайкики (Гавайские острова) до островов Бонин, что в 1300 км восточнее Токио.

«Berliner Zeitung»,  
21.08—01.09.1985

### «ВСЕПОГОДНЫЕ» СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ

Такие батареи созданы специалистами фирмы «Nippon Electric Glas» (г. Осака, Япония). Они заключены

— А теперь о перспективах. Что в ближайшем будущем может дать изучение фитогормонов для сельскохозяйственной практики?

— Сейчас мы занимаемся исследованием гормонов, влияющих на способность растений к цветению. Пока эти гормоны еще не удалось выделить в чистом виде и расшифровать их химические формулы. Трудно сказать, как скоро мы сможем решить эту задачу. Но она стоит усилий. Получение гормонов, которые действуют непосредственно на цветение растений, а значит, и на формирование плодов, имело бы неоценимое значение для сельского хозяйства.

Однако мне кажется, что сейчас важнее всего реализовать те результаты фундаментальных исследований, которые уже сегодня могут приносить большой экономический эффект. Трудности на пути их внедрения в практику носят организационный характер. Разработано немало химических соединений, которые необхо-

димы для интенсификации сельского хозяйства. И требуются они в сравнительно небольших количествах. Но оказывается, что именно это является главным препятствием для налаживания их изготовления. Химическим предприятиям невыгодно браться за мелкомасштабное производство. Еще сложнее наладить производство совсем небольших количеств препаратов, предназначенных для испытаний.

Другая сторона проблемы — использование имеющихся регуляторов роста. Нужно на местах создать соответствующие базы для их применения. Это позволит организовать более квалифицированное, а, следовательно, более эффективное использование фитогормонов. И, конечно, надо усиливать научные разработки. Разумеется, расширение фундаментальных исследований требует определенных затрат, но затраты эти окупятся сторицей. А без этого прогресс в сельском хозяйстве немыслим.

в вакуумные резервуары, состоящие из быстремонтируемых элементов. Новые батареи отличаются высоким к. п. д. и благодаря надежной внешней защите, могут работать практически в любую погоду. Батареи выпускаются четырех модификаций, каждая из которых соответствует местным условиям эксплуатации.

«Jugend und Technik»,  
1985, № 7

### УДАЛЕНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ЗОЛЬНЫХ ОТХОДОВ

В Великобритании в настоящее время утилизируется 40 % зольных отходов. Зола используется следующим образом: в качестве наполнителя бетона, применяе-

мого в строительстве автомобильных и железнодорожных мостов; как заменитель портландцемента, что уменьшает задержки и увеличивает предел прочности; для производства легких строительных конструкций. Сульфатированная зола широко применяется для нейтрализации шахтных вод, бытовых сточных вод и в качестве удобрений.

«British Coal International»,  
1984

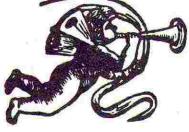
ФРГ:  
ПЕРВЫЙ  
«РЕГЕНЕРАТОР»

В ФРГ принято решение о строительстве первого в стране крупного завода по регенерации отработавшего

топлива ядерных реакторов.

Место для завода выбрано в г. Ваккерсдорфе, расположенному в 70 км восточнее Нюрнберга. Аналогичные предприятия, регенерирующие значительные объемы топлива, уже действуют в Великобритании и Франции. В отличие от них ваккерсдорфский завод будет сравнительно невелик. Его мощность составит 350 т топлива в год, что несколько превышает объем отработавшего ядерного топлива, образующегося на 18 действующих легководных реакторах в ФРГ. Стоимость завода оценивается в 2–3 млрд. долл.

«Science»,  
1984, v. 227, № 4689



# Старые новости

## РАЗНОЦВЕТНЫЕ ДОЖДИ

В 1608 году над французским местечком Прованс неожиданно выпал «кровавый дождь». Это крайне напугало население. Почти никто не сомневался, что с неба льется настоящая кровь. Утверждали, что такой страшный дождь предвещает смерть. И многие уже готовились ее принять. Но дождь прекратился, «кровавые» капли постепенно испарились, и ни с кем ничего не случилось.

В 1117 году во время войны в Ломбардии выпал «кровавый дождь». В марте 1181 года такой дождь шел во Франции и Германии. Подобные явления в прошлом веке случались в Западной Европе двадцать пять раз. Выпадали «кровавые дожди» и в нашей стране, в частности, в Армении. В XX столетии они наблюдались на территории Франции, Италии, Греции, Турции, Венгрии и многих других государств.

А 31 марта 1847 года в Шембери (Франция) прошел «белый дождь». Аналогичный «молочный дождь» выпал в июне 1956 года на окраине Киева.

Суеверные люди такие дожди часто принимают за целебное средство, посланное богом. Причиной же оказывается ветер. Приобретая ураганную силу в далеких пустынях, он нередко поднимает вверх и несет с собой на большие расстояния крас-

ную суриковую пыль, которая и придает дождевым каплям вид крови. Что же касается «молочного дождя», то он обычно имеет в своем составе частицы мела и белой глины.

Ветру присущи и другие «шутки».

Однажды в Дании на протяжении двадцати минут с неба падали живые раки. В разное время и во многих местах отмечены случаи «дождей» из пауков, жуков, лягушек... Население Испании, Португалии, Норвегии, Дании, Шотландии и других приморских стран не раз получало даровую «небесную» пищу в виде «дождя» из сельдей.

Бывает, что ветер переносит и другие предметы. Так, в Марокко он разрушил большие склады с пшеницей и, подхватив ее, высыпал на побережье Испании. Пшеницы с неба оказалось так много, что люди приняли ее за «дар божий» и начали собирать с земли. В другой раз смерч, образовавшийся в море, проходя на достаточно большом расстоянии от места происшествия вызывал «дождь» из апельсинов.

Ветер может поднимать и переносить даже тяжелые предметы. Особенно это относится к атмосферным вихрям-смерчам на море и тромбам на суше, называемым в США торнадо. Воздух в таком вихре вращается и одновременно поднимается вверх по спирали со скоростью порядка 50—100 метров в секунду. Велика и горизонтальная скорость ветра в вихре, что и позволяет переносить сравнительно тяжелые предметы на значительные расстояния.





### ПОМОГЛИ ЧАСЫ

7 июня 1692 года в 11 часов 43 минуты мощные подземные толчки разрушили знаменитую столицу пиратов и работорговцев — город Порт-Рояль на Ямайке.

11 часов 43 минуты... Как удалось с такой точностью определить время начала землетрясения?

Ученым помогли часы. Да, да, обыкновенные часы, изготовленные гугенотом Блонделем в 1686 году — за 6 лет до трагической гибели Порт-Рояля. Часы были найдены в слое ила на морском дне в прекрасной сохранности. Исчезли только стальные стрелки.

Как же определили время, когда часы остановились?

Часы были без стекла. На циферблате осел слой известковой пыли, поднятой землетрясением. С течением времени стрелки съела ржавчина, но их точное положение осталось зафиксированным на известковом слое. Ученые с помощью рентгеновских лучей выяснили их положение.

### ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ СТАТИСТИКА

За одну минуту не менее 6 тысяч метеоритов врезается в земную атмосферу. За тот же отрезок времени Земля перемещается на 1750 километров по своей орбите вокруг Солнца.

За это же время над Землей разражается тридцать бурь и на поверхность суши выпадает 400 кубических метров осадков. Реки нашей планеты выносят в моря и океаны за одну минуту 35 тысяч тонн пресной воды и ила.

### ЭЛЕКТРО-«ИКАРУС»

Над созданием нового электромобиля «Икарус», рассчитанного на 22 пассажира, работают венгерские и советские специалисты. «Сердце» будущей машины — электрохимический аккумулятор с палладиевым катализатором. Автобус с таким бесшумным и безвредным источником энергии предназначается в первую очередь для курортных зон. За работой аккумулятора будет следить бортовая ЭВМ.

«Экономическое сотрудничество стран — членов СЭВ», № 9, 1985

### И ПАР НЕ ЛИШНИЙ

На многих крупных заводах излишки перегретого пара выбрасываются в воздух. Проблему его использования решили новаторы транспортного предприятия «Хельмут Шольц» в г. Майнингене (ГДР). Они сконструировали и построили маневровый паровоз... без топки. Главный его узел — стальной котел — своего рода аккумулятор стравливаемого пара.

На столь дешевом рабочем веществе при средней скорости 30 км/ч локомотив способен трудиться целую смену — 8 ч. На очереди создание серии подобных машин.

«Экономическое сотрудничество стран — членов СЭВ», № 9, 1985

### ИНФОРМАЦИЯ

# РЕГУЛЯТОРЫ ТОКА И ТЕМПЕРАТУРЫ

Большинство бытовых электронагревательных приборов не имеет режима плавного регулирования температуры. Это приводит к пригораниям, перекипаниям и другим неудобствам. Да плюс к этому «вляется в копеечку» и для семейного бюджета, и для бюджета страны. Ступенчатая регулировка, применяемая обычно, в большинстве случаев служит недолго из-за ненадежности механических переключателей. Два устройства, которые мы предлагаем, в какой-то мере могут устраниить указанные недостатки.

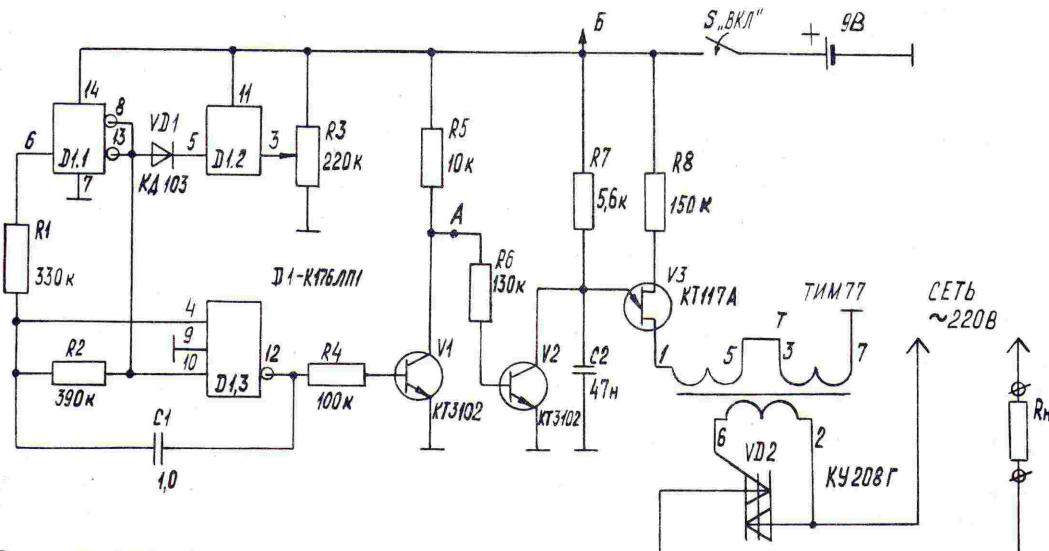
Устройства выполнены по схеме бесконтактного регулирования с гальванической связью цепей управления от сети 220 В, что отвечает требованиям электробезопасности. Регулятор тока имеет низ-

кий уровень создаваемых помех для теле- и радиоприемников. Это выгодно отличает его от регуляторов с фазным регулированием.

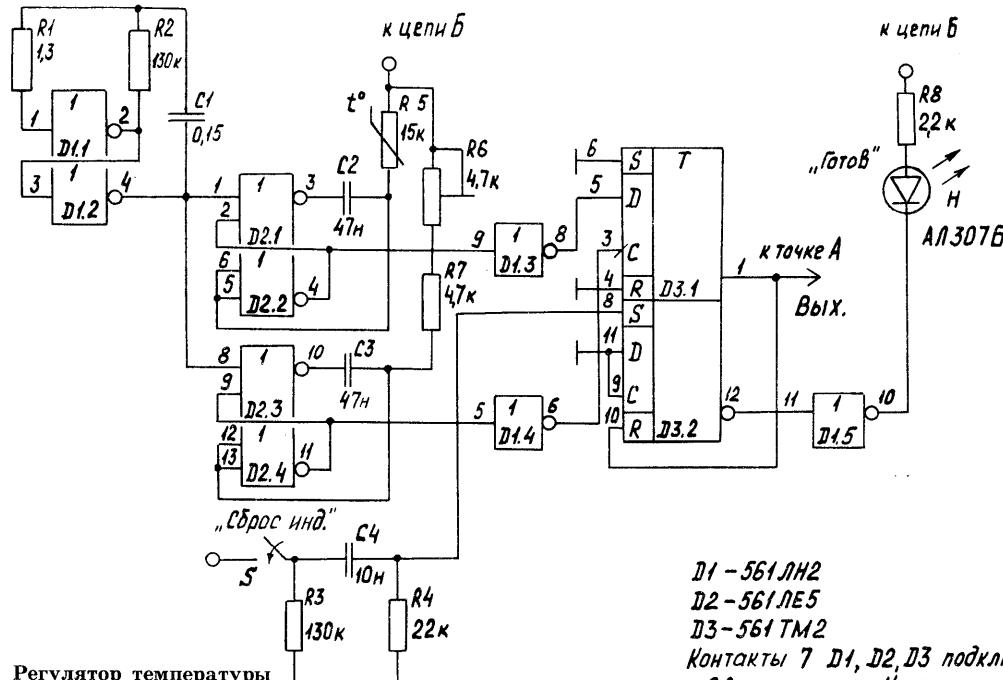
## РЕГУЛЯТОР ТОКА

Регулятор периодически подключает и отключает прибор от сети. Среднее время протекания тока можно плавно изменять с помощью переменного резистора R3. Схема состоит из датчика, собранного на микросхеме D1, и бесконтактного ключа на симисторе VD2. Датчик представляет собой генератор прямоугольных импульсов с изменямыми периодами и скважностью выходных импульсов. В микросхеме D1 используются два инвертора, на которых

собран мультивибратор и полевой транзистор, канал «исток-сток» которого используется в качестве переменного сопротивления. Изменяя сопротивление канала полевого транзистора (регулируя потенциал резистора R3), можно регулировать скважность выходных импульсов. Через транзисторы V1, V2 выходные импульсы датчика поступают на силовой ключ. Схема включает релаксационный генератор на однопереходном транзисторе V3, импульсный трансформатор T, (унифицированный, заводского изготовления, тип ТИМ77), симистор VD2 и нагрузку R<sub>H</sub>. Если транзистор V2 закрыт, то генератор создает в первичной обмотке трансформатора импульсный ток частотой 5 кГц, который, трансформируясь во вторич-



Регулятор тока



Регулятор температуры

ную обмотку, открывает симистор. Если транзистор V2 открыт, то конденсатор C2 шунтируется и генерация срывается, симистор закрывается после снижения тока через него до величины меньшей тока удержания. При необходимости симистор устанавливают на теплоотводящем радиаторе (на схеме указаны элементы для нагрузки до 1 кВт при установке симистора на радиаторе площадью 200 см<sup>2</sup>).

### РЕГУЛЯТОР ТЕМПЕРАТУРЫ

Используя схему силового ключа, можно построить терморегулятор. Датчиком служит терморезистор R5 (тип ММТ-1 15 кОм). Помещая его на контролируемый объект, можно поддерживать заданную температуру последнего. Схема включает задающий генератор (D1.1, D1.2), два одновибратора (D1.3, D2.1, D2.2 и D1.4, D2.3, D2.4), устройство сравнения (D3.1),

устройство индикации (D3.2, D1.5, H). Задающий генератор вырабатывает сигнал с периодом 50 мс. С таким периодом возбуждаются одновибраторы, которые вырабатывают импульс определенной длительности. Первый одновибратор вырабатывает импульсы, длительность которых зависит от величины R5, т. е. от температуры.

Если подключить выход триггера к точке «А» схемы регулятора тока (предварительно нужно отключить от нее точку соединения V1 и R5), регулятор в первом случае подключит нагрузку к сети 220 В, а во втором — отключит. Т. е. при достижении заданной температуры нагрузка будет отключена от питающей сети, а при снижении температуры вновь подключена. Температуру порога переключения задают, изменяя величину R6. Устройство индикации сигнализирует о том, что температура в нагрузке достигла заданного порога.

D1 - 561ЛН2

D2 - 561ЛЕ5

D3 - 561ТМ2

Контакты 7 D1, D2, D3 подключить к 08, контакты 14-к цепи Б

Кнопкой «сброс инд.» осуществляется начальная установка индикатора.

Схемы питаются от девятивольтовых батарей или аккумуляторов, например «Крона ВЦ», 7Д0,1. Ток потребления не превышает 2 мА. Мощность рассеивания резисторов 0,125 или 0,25 Вт.

Обе схемы проверены при мощности нагрузки до 1 кВт в бытовой сети 220 В.

Несколько слов о применении. Авторы применяют регулятор тока для питания паяльника и электрокамина. Терморегулятор выключает кофейник при закипании воды; в этом случае терморезистор прикрепляют к корпусу кофейника и настраивают на температуру воды 100 °C, при закипании воды кофейник отключается и загорается индикатор.

С. А. ЕФИМОВ  
Г. А. МАТВЕЕВ

# ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ «РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЗОНЕ АЭС»

Совещание проводилось в поселке За-речный Свердловской области на базе Белоярской атомной электростанции имени И. В. Курчатова и Биофизической станции Института экологии растений и животных Уральского научного центра АН СССР. На этом совещании, обсуждались проблемы, связанные с интенсивным развитием ядерной энергетики в СССР и соответственным расширением радиоэкологических исследований на территорииах, прилегающих к АЭС и другим предприятиям полного ядерного топливного цикла.

Докладов было более ста, по своей тематике они распределялись в широком спектре научного поиска в области радиоэкологии, которая, как научная дисциплина, представляет собой раздел экологии, изучающий накопление радиоактивных веществ организмами и их миграцию в биосфере. Все представленные материалы всесторонне изучены и обсуждены. Отмечен высокий научный уровень совещания.

Многолетний отечественный и зарубежный опыт эксплуатации АЭС свидетельствует, что они в целом являются более чистыми по сравнению с электростанциями, работающими на органическом топливе. Вместе с тем АЭС, как вообще электростанции любого типа, все же воздействуют на биосферу. Это и определяет необходимость введения мониторинга — системы специальных контрольных наблюдений за состоянием окружающей среды в непосредственной близости от АЭС. В нашей стране этим работам придан необходимый размах. В них принимают участие десятки научных и хозяйственных организаций. Всесоюзное совещание дало возможность сопоставить и скорректировать планы, выделить наиболее важные задачи. Среди них надо

назвать такие, как разработка теоретических основ экологического мониторинга, унификация методов контроля, создание математических моделей влияния на окружающую среду радиационного, теплового, химического и других факторов, связанных с работой АЭС, комплексное использование низкотемпературного тепла в интересах сельского хозяйства, оценка закономерностей и долгосрочное прогнозирование миграции основных экологически значимых нуклидов в зонах АЭС в зависимости от биогеохимических условий, сравнительная оценка воздействия на природу АЭС и электростанций на органическом топливе, совершенствование методов полевой экологической дозиметрии, совершенствование принципов экологического обоснования выбора площадок для строительства АЭС.

Признана целесообразность расширения исследований комплекса проблем, связанных с организацией экологического мониторинга в районах расположения Белоярской АЭС им. И. В. Курчатова, Ленинградской АЭС им. В. И. Ленина, Игналинской АЭС, Чернобыльской АЭС им. В. И. Ленина, Одесской АТЭЦ, Запорожской АЭС.

Подчеркнуто, что рост числа АЭС в густонаселенных районах с интенсивным ведением сельского хозяйства вызывает необходимость опережающими темпами вести экологические исследования, добиваться их комплексности.

Принято решение провести вторую конференцию по радиоэкологическим исследованиям в зонах атомных электростанций в 1988 году. Местом встречи ученых на этот раз избрана Игналинская АЭС в Литве.

Кандидаты биологических наук  
И. Н. РЯБОВ,  
М. Г. НИФОНТОВА

ПРОГРАММИРУЙТЕ  
С НАМИ  
А  
М  
И

Андрей КОГАН

# МНОЖЕСТВО СОСТОЯНИЙ

## занятие 8

В прошлом году (№№ 6—12) мы познакомили читателей с основными понятиями программирования. Прежде чем двигаться дальше, полезно, как нам кажется, кратко повторить определения этих понятий.

ИТАК —

программа — текст, призывающий что-либо сделать и записанный на определенном языке;

исполнитель — тот, кто выполняет программу.

Программа задает исполнителю последовательность команд и проверок. Она должна быть написана на языке, понятном исполнителю. (Это означает, что все используемые в программе команды и проверки исполнитель умеет выполнять. Такие команды и проверки называют стандартными.)

Исполнение всей программы в целом можно рассмат-

ривать как исполнение некоторой сложной (нестандартной) команды. Текст программы является, по сути дела, определением этой команды.

Определяя новую команду, мы как бы «улучшаем» исполнителя, расширяя его «репертуар» (то есть набор осуществимых команд и проверок).

### МНОЖЕСТВО СОСТОЯНИЙ

Ясно, что возможности такого «улучшения» ограничены: мы не можем научить путника (см. № 8, 9 за прошлый год) в лабиринте выполнять команду «перемножь два числа». Всякая новая команда — это, по-прежнему, переход из одной клетки в другую или изменение ориентации. Дело в том, что, расширяя набор команд, мы оставляем неизменным множество состояний нашего исполнителя.

Поясним. Пусть наш исполнитель помещен в разделен-

ный на клетки квадрат  $10 \times 10$ . Он может находиться в любой клетке квадрата и смотреть в любом из четырех направлений. Тогда для него возможны  $10 \times 10 \times 4 = 400$  состояний. Каждая команда, какой бы замысловатой она ни была, задает переход между этими 400 состояниями.

**Упражнение 1.** Сколько в данном случае может быть различных команд?

**Упражнение 2.** Исполнитель умеет перекладывать камни. В каждый момент его работы камни тем или иным образом разложены по трем ящикам. Всего имеется 10 камней. Сколько различных состояний у этого исполнителя?

### ДЕКАРТОВО ПРОИЗВЕДЕНИЕ

Для решения каждой из конкретных задач нам может потребоваться исполнитель с

# ПРОГРАММИРУЙТЕ С НАМИ

весома непростым множеством состояний. Хотелось бы научиться несложным образом описывать это множество, подобно тому, как мы описываем сложные команды на основе более простых, пользуясь единими правилами. Часто оказывается, что такое описание возможно, и рассматриваемое множество раскладывается на более простые.

Начнем с примера. Рассмотрим множество из 400 состояний, о котором говорилось выше. Пронумеровав клетки квадрата числами от 1 до 100, запишем его в виде

$$\{(1, \uparrow), (1, \rightarrow), (1, \downarrow), (1, \leftarrow), (2, \uparrow), (2, \rightarrow), \dots\}$$

## УМНОЖЬ ДВА ЧИСЛА!

Каждый элемент множества — это пара, первый элемент которой — натуральное число в диапазоне 1,..., 100, второй элемент — это  $\uparrow$ ,  $\rightarrow$ ,  $\downarrow$  или  $\leftarrow$ .

**Определение.** Пусть  $A$  и  $B$  — любые множества. Множество всевозможных пар  $(a, b)$ , где  $a$  — элемент  $A$ ,  $b$  — элемент  $B$ , называют декартовым произведением множеств  $A$  и  $B$  и обозначают  $A \times B$ .

Таким образом, множество можно записать так:

$$\{1, 2, 3, \dots, 100\} \times \{\uparrow, \rightarrow, \downarrow, \leftarrow\}$$

Такая запись полезна не только в силу своей компактности. Она означает, что любое из рассматриваемых состояний складывается из двух компонент — положение и ориентация. Видно, что простые команды действуют лишь на одну из компонент состояния: например, команда «поворнуться налево» дей-

ствует лишь на ориентацию, а команда «сделать шаг вперед» — лишь на положение.

Выбор разложения на простые множества неоднозначен (как неоднозначен выбор разложения нестандартной команды на более простые). Например, можно задать положение человечка в квадрате двумя координатами (строка, столбец) и записать множество состояний так:

$$\text{СТРОКА} \times \text{СТОЛБЕЦ} \times \text{ОРИЕНТАЦИЯ},$$

где СТРОКА= $\{1, 2, \dots, 10\}$ , СТОЛБЕЦ= $\{1, 2, \dots, 10\}$ , ОРИЕНТАЦИЯ= $\{\uparrow, \rightarrow, \downarrow, \leftarrow\}$

Такая структура множества состояний подсказывает нам возможный вариант «внутреннего устройства» путника.

## КАК ПОСТРОИТЬ «ПУТНИК»

Сейчас мы расскажем, как в принципе можно «собрать» исполнитель «Путник», используя более простые исполнители. Будем считать, что путник находится в пустом квадрате  $10 \times 10$ . Мы используем три исполнителя. Один из них называется «Строка», другой «Столбец», третий — «Ориентация».

Исполнитель «Строка» представляет собой счетчик (вроде счетчика электроэнергии в квартире), умеющий показывать числа от 1 до 10. Он допускает команды «увеличить на 1», «уменьшить на 1». Точно так же устроен исполнитель «Столбец». Исполнитель «Ориентация» — это стрелка, указывающая одно из четырех направлений. Для нее допустимы команды «на север», «налево». Используя только что введенные обозначения, нетрудно написать программу, реализующую команду путника «шаг вперед»:

## НЕ МОГУ: НЕ ТО СОСТОЯНИЕ





## СТОЛБЕЦ УМЕНЬШИТЬ-НА-1

*Упражнение. Добавьте пропущенные альтернативы в конструкции выбора.*

Исполнители, подобные нашим счетчикам, — это простые объекты, которые легко реализуются на ЭВМ. Такие объекты — компоненты состояния — называют **переменными**. Говорят, что состояние путника может быть задано тремя переменными: СТРОКА, СТОЛБЕЦ и ОРИЕНТАЦИЯ.

*Упражнение 3. Пусть состояние задается двумя переменными: ПОЛОЖЕНИЕ —*

**ВЫБОР**

(\* ОРИЕНТАЦИЯ = ↑) ⇒ ЕСЛИ \* СТОЛБЕЦ < 10  
ТО

(\* ОРИЕНТАЦИЯ = →) ⇒

**КОНЕЦ-ВЫБОРА**

Мы использовали несколько новых обозначений. Во-первых, запись «\*имя исполнителя» обозначает текущее состояние данного исполнителя. Например, СТРОКА — это счетчик, а \*СТРОКА — то, что он показывает, то есть целое число от 1 до 10. Во-вторых, поскольку появилось несколько исполнителей, мы указываем перед командой (отделив точкой) имя исполнителя, которому она адресована, например:

СТОЛБЕЦ УВЕЛИЧИТЬ-НА-1  
ИНАЧЕ

СООБЩИТЬ-ОБ-АВАРИИ  
КОНЕЦ-ЕСЛИ  
ЕСЛИ \* СТРОКА < 10  
ТО

СТРОКА УВЕЛИЧИТЬ-НА-1  
ИНАЧЕ

СООБЩИТЬ-ОБ-АВАРИИ  
КОНЕЦ-ЕСЛИ

*целое число от 1 до 100 и ОРИЕНТАЦИЯ. Напишите реализацию команды «шаг вперед» в этих переменных.*

## КАК ВЫБРАТЬ ПЕРЕМЕННЫЕ

Может показаться, что разложение множества в декартово произведение всегда проходит само собой и, тем самым, выбор переменных в той или иной задаче — действие чисто автоматическое. На са-

мом деле множества, возникающие в реальных задачах, далеко не всегда имеют столь «красивую» структуру. Вот пример.

Пусть мы хотим построить программу-календарь, выдающую нам в течение года число и месяц. Естественным кажется представление

**ДЕНЬ ГОДА = МЕСЯЦ × ЧИСЛО,**

где МЕСЯЦ = {январь, ..., декабрь}, а ЧИСЛО = {1, 2, ..., 31}

Однако уже здесь все не просто. Некоторые элементы построенного множества не соответствуют реальным дням года, например (ФЕВРАЛЬ, 31). Непроста и программа перехода к завтрашнему дню. По-видимому, она будет выглядеть как-то так:

**ЕСЛИ**

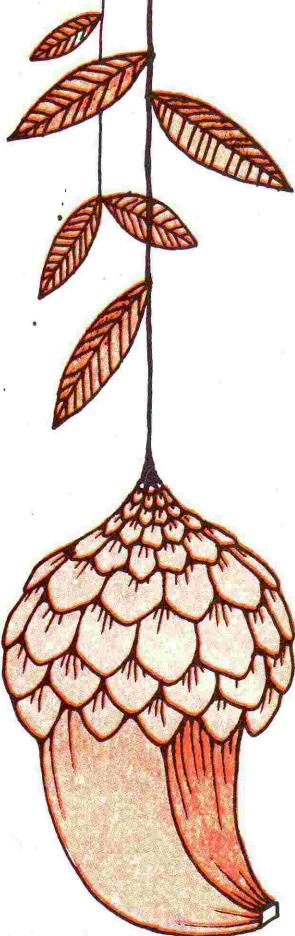
\*ЧИСЛО < ДЛИНА (\*МЕСЯЦ)  
ТО

ЧИСЛО УВЕЛИЧИТЬ-НА-1

ИНАЧЕ  
ЧИСЛО УСТАНОВИТЬ-РАВНЫМ 1  
МЕСЯЦ ПЕРЕЙТИ-К СЛЕДУЮЩЕМУ  
КОНЕЦ-ЕСЛИ

где ДЛИНА — специальная функция, возвращающая число дней в данном месяце. С новыми трудностями мы встретимся, если захотим выдавать еще и день недели: хотя для данного года он однозначно определяется числом и месяцем, извлечь из них такую информацию непросто. Разумно, быть может, ввести дополнительное представление **ДЕНЬ ГОДА = НОМЕР НЕДЕЛИ × ДЕНЬ НЕДЕЛИ** и т. д.?

На следующем занятии мы расскажем подробнее о переменных и о командах для них.



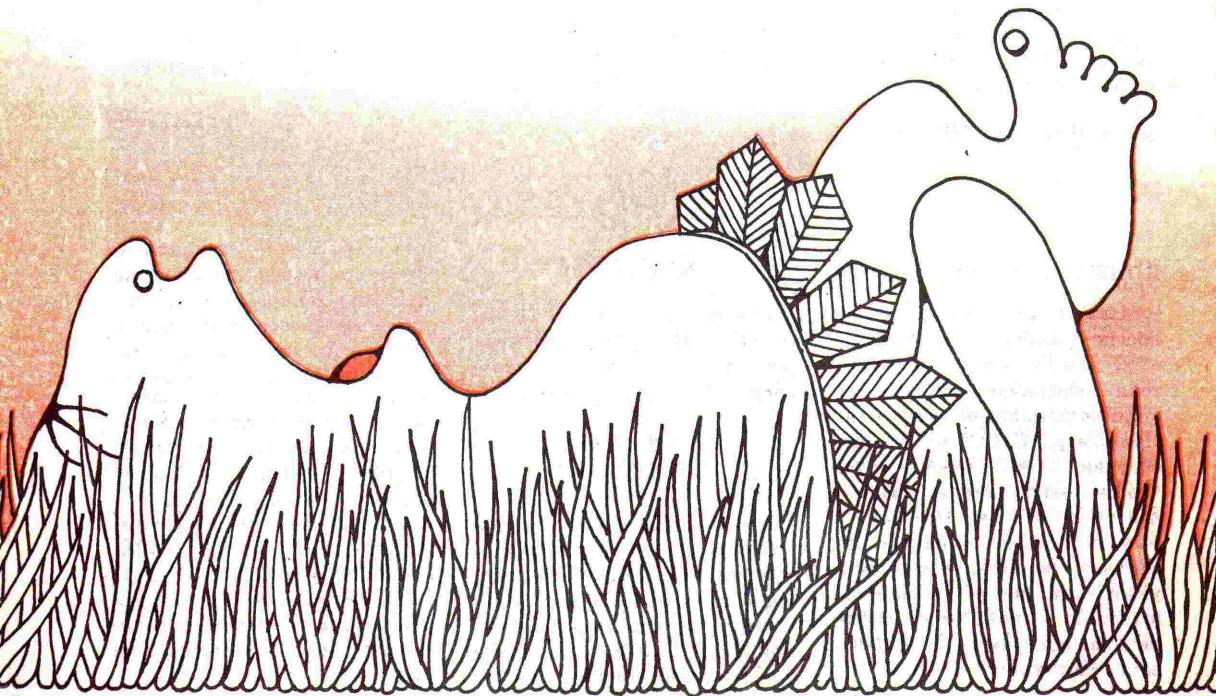
ФАНТАСТИЧЕСКИЙ РАССКАЗ

# ПЛАНЕТА ОМУТ

Станислав СОЛОВЬЕВ

Пишу эти строки с единственной целью: не хочу, чтобы вместе со мной в небытие ушла тайна планеты Омут. Если бы мои сослуживцы узнали, что у меня есть какая-то тайна, они бы просто посмеялись: в наш информационно-пресыщенный век тайна является слишком большой роскошью для старого и заурядного бухгалтера. Но я не всегда был тем, кто есть теперь. Этим, думаю, сказано достаточно, чтобы закончить несколько затянувшееся вступление...

Итак, Омут. Примерно пять миллионов лет назад на единственном континенте Омута обитали два вида хищников. Двуногие и шестиногие. Их цветные изображения можно найти в любом учебнике



по космической биологии. Двуногие мало чем отличались от неандертальцев, а шестиногие больше всего походили на крупных варанов. Около трех миллионов лет назад более слабые — и потому более хитрые — двуногие освоили убойную силу камня и палки, озnamеновав тем самым свое вступление в каменный век. В течение каких-то семисот тысяч омутовских лет они полностью истребили глупых шестиногих.

Устранив своих единственных врагов, двуногие омутяне, — невероятные, кстати, обжоры и лакомки — по непонятной причине стали вегетарианцами. Питались они исключительно сладкими плодами руто-туто, в изобилии вызревающими на планете. Охота и рыболовство были забыты, луки и копья стали ненужными, каменные орудия труда постепенно выходили из обихода. Новые топоры делать перестали, а старые иногда передавались по наследству. Ими пользовались при постройке простейших навесов, под которыми несостоявшаяся цивилизация пряталась от проливных дождей — единственного неудобства, портившего омутянам жизнь.

Ужасная лень, поразившая аборигенов вследствие праздного образа жизни, исключала возможность демографических перегрузок. Численность омутян оставалась примерно постоянной на протяжении многих тысячелетий. Крохи сознания, зародившегося было на заре каменного века, постепенно угасали. Прогресс на планете замер, как вода в омуте. Наверное, именно потому так окрестил этот мир космический исследователь Никифоров, первым из землян посетивший планету и изучавший нравы, царившие на ней...

Никифоров стал первой жертвой феномена Омута. Опытный космонавт, он побывал на десятках планет и многое повидал на своем веку. Казалось бы, его ничем нельзя было пронять, а вот на Омуте не удержался... Вопреки всем космическим уставам, Никифоров попытался подтолкнуть прогресс омутян, передав им в пользование ремонтные и слесарные инструменты.

Увы, жертва Никифорова была напрасной. Искусственная инъекция не восстановила прогресса на Омуте. Аборигены, проявив максимум любопытства, сложили весь полученный инвентарь в кучу на поляне, где он ржавел, омываемый дождями. Видимо, Никифорова это не сильно

обескуражило, так как спустя год он попытался заслать на Омут корабль-автомат с сиамскими кошками на борту...

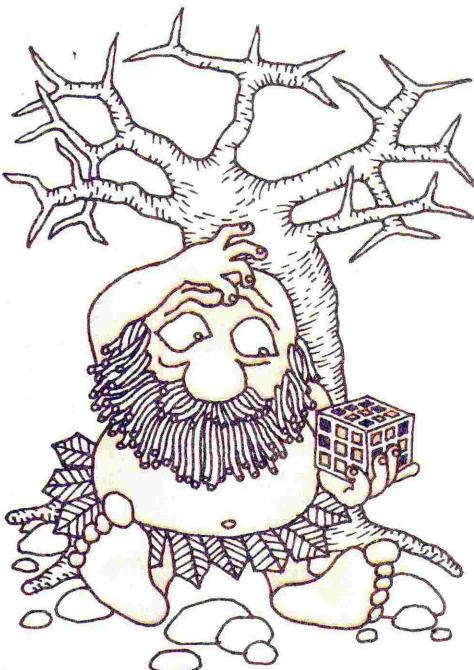
На суде, естественно, прозвучал вопрос, для чего Никифоров хотел наводнить Омут плотоядными животными. Он ответил, что на корабле находились отнюдь не хищники. У всех его кошек был изменен генотип, вследствие чего они превратились в ненасытных поедателей плодов руто-туто. Продовольственный кризис должен был заставить омутян, наконец, ступить на путь прогресса. Кошки же выбраны для этого смелого эксперимента исключительно из-за их выносливости и плодовитости. После объяснений Никифоров продемонстрировал судебной коллегии, как десять контрольных экземпляров псевдокошек мигом расправились с четырьмя ящиками бананов...

Думаю, что Никифоров схитрил. Все эти фокусы с сиамскими кошками и их заброской на Омут нужны были ему, чтобы привлечь внимание общественности. Он прекрасно знал, что повторная попытка нарушения закона о космическом невмешательстве — происшествие небывалое, и судебный процесс будет транслироваться на всю Солнечную систему.

Как сейчас вижу этого высокого, жилистого человека, одиноко стоящего на судебном помосте. Широкая грудь выпячена, левая нога воинственно выставлена вперед, руки спрятаны за спиной. Глаза его сверкают решимостью, речь полна сарказма и страсти:

— ...Я спрашиваю вас, люди! Можем ли мы пройти мимо той вопиющей несправедливости, воплощением которой является Омут и его обитатели?! Разумная жизнь в нашей Галактике столь редка, что если мы согласимся с положением на этой несчастной планете, то придется вообще признать Разум явлением случайным. Неужели развитие цивилизации может зависеть от таких случайных факторов, как, например, наличие на планете хищников? Так не пора ли положить конец произволу анархической случайности во Вселенной?! Не пора ли по-настоящему внести в космос разумное организующее начало? Разве не в этом состоит космическая функция человечества?! Или среди вас, сидящих в этом зале и перед телевизорами, кто-то может согласиться со случайностью своего появления на свет, со случайностью, а значит, и необязательностью своей жизни и деятельности?

Приговор Никифорову был суровым.



За неоднократное нарушение закона о космическом невмешательстве и изdevательство над мелкими хищниками его приговорили к пожизненному заключению на Земле. Но своего Никифоров добился. Взволнованная его выступлением общественность потребовала от Космического Совета создания специальной комиссии для тщательного изучения планеты Омут и разработки возможных способов помочь ее аборигенам.

В результате на рассмотрение Космического Совета были представлены тридцать вариантов помощи омутянам. На последовавшем заседании президиума все варианты были благополучно торпедированы с помощью Кодекса космических законов.

Общественность к тому времени об Омуте успела подзабыть, так как ее воображение уже вовсю волновало просочившиеся в печать сведения об обнаружении в Антарктиде популяции летающих императорских пингвинов. Таким образом, закон о космическом невмешательстве остался незыблем, и бюрократы праздновали победу. Но, пожалуй, преждевременно...

Ровно через двадцать лет о планете вновь заговорила вся Солнечная система. Космический патруль обнаружил на Омуте... химическую пластмассовую промышленность! Разумеется, очень примитив-

ную. Ленивые омутяне из каменного века шагнули в век пластмассовый! Таких темпов развития не знала даже Земля. Человечество готовилось отправить с поздравлениями целую делегацию, но разразился скандал. Все радиостанции мира сообщили: «Успехи Омута являются следствием нарушения основного космического закона о невмешательстве! Виновник — Игорь Мухин — механик планетолета «Байбак-4», доставившего двадцать лет назад на Омут комиссию Космического Совета».

Последнее сообщение для меня явилось такой же неожиданностью, как и для всех. Поэтому я решил во что бы то ни стало попасть на судебный процесс. Сделать это оказалось нелегко. Суд вызывал огромный ажиотаж. Одни обвиняли Мухина, другие, напротив, защищали. В день заседания немыслимо огромный зал Космического Совета был переполнен.

Тут мне открылась потрясающая своей масштабностью и силой картина. Бушующее море орущих голов. В воздухе дрожат, подпрыгивают огромные плакаты: «МУХИН НЕ ВИНОВЕН!», «ДАЕШЬ ПЛАСТИМАССОВЫЙ ОМУТ!», «ДОЛОЙ СЛУЧАЙНОСТЬ РАЗУМА!». От шума мгновенно закладывает уши. И тут, перекрывая все звуки, в зале раздается многократно усиленный голос председателя космического трибунала:

— Обвиняемый, признаете ли Вы себя виновным в нарушении закона о космическом невмешательстве?!

И сразу же в огромном помещении повисает мертвая тишина. Шеи у всех вытягиваются в направлении небольшой квадратной, ярко освещенной площадки в центре зала. На ней Игорь Мухин. Разбросанные по залу цветные мониторы показывают его лицо крупным планом. Бледное лицо, с выражением застывшего испуга, тонкие посиневшие губы трясутся... Да он вот-вот заплачет! Ну, разве мог такой человек спасти жителей Омута от деградации?

Губы Мухина шевелятся, но голоса нет. Что поделаешь — нервы.

Наконец, он находит в себе мужество и утвердительно кивает головой. В зале зашумели.

— Тогда не могли бы вы кратко рассказать суду, как это у вас получилось, — строго говорит председатель.

Мухин снова кивает, подходит к кафедре судебной коллегии и, положив на нее небольшой чемоданчик, в каких косми-

ческие механики обычно носят свои инструменты, непослушными руками начинает его открывать. Вспотев от напряжения, Мухин взламывает замки своего чехолчика и вытряхивает на кафедру три ярко раскрашенных кубика Рубика. В зале шоковая тишина.

Тяжело дыша, Мухин тихо говорит:

— Я отдал омутянам пятьдесят экземпляров этой игрушки. Вы знаете ее притягательную силу... Населения на Омуте с миллиард. Если каждый захотел иметь свой кубик, без массового производства пластмассы тут не обойтись...

Зал взрывается невообразимым гвалтом. Все дружно аплодируют находчивому механику.

— Ура Мухину-у-у!!! — несется под огромным куполом помещения.

Из множества людей, находившихся в тот момент в зале, наверное только я один стоял с постным выражением лица и криво усмехался. Только я один знал, что кубик Рубика это только часть истины. И вот, спустя шестьдесят пять лет после описанных событий, я решил рассказать всю правду.

Пожалуй, кубик Рубика способен стать катализатором прогресса во всех случаях. Кроме одного. И как раз на Омуте выпал этот случай. За семь лет нелегального пребывания на планете Омут я совершенно точно установил, что все омутяне от природы дальтоники. Зрение у них черно-белое, как у тех же земных кошек. Кубики Рубика нужны были бы аборигенам, как кошке горжетка, если бы я не показал омутянам, какие славные, легкие пластмассовые домики получаются из нашей игрушки и как здорово прятаться в них от дождя...

г. Вильнюс



## ЗАДАЧИ

1. На дне сосуда с жидкостью поконится тело. Жидкость нагрели на  $\Delta T$  градусов. Считая, что тело также нагрелось до температуры жидкости, определите условия, при которых оно всплывет после нагрева.

2. Два диска, один из которых поконится, а другой вращается, нагревают на один градус. В каком случае потребуется большее количество теплоты для нагрева?

Задачи предложены сотрудником Института высоких температур АН СССР С. И. Зыряновым.

### ОТВЕТЫ НА ЗАДАЧИ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ В ДЕВЯТОМ НОМЕРЕ

**Задача 1.** Горячая вода в изолированной трубе будет остывать быстрее, чем в неизолированной, если критический диаметр выбранной изоляции, определяемый по формуле  $d_{\text{кр. из.}} = \frac{2\lambda}{a}$ , больше наружного диаметра трубы  $d_{\text{тр}}$ . Здесь  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности изоляции,  $a$  — коэффициент теплоотдачи во внешнюю среду.

**Задача 2.** Поскольку в обоих случаях количество теплоты, необходимое для нагревания 1 л воды до 100 °C, одинаково, то время нагрева определяется тепловыми потерями в окружающую среду. Последние пропорциональны разности температур воды и окружающего воздуха. Во втором случае эта разность больше, поэтому время нагрева воды во втором сосуде увеличится.

Первым прислал правильные ответы на обе задачи наш постоянный читатель из Ленинграда А. Л. Шкаровский.

О. В. НАЗАРОВА

# ИНФОРМАЦИЯ

НА 43 %...

За первые 9 месяцев 1985 г. производство электроэнергии на АЭС ФРГ возросло по сравнению с тем же периодом предыдущего года на 43 %. 13 АЭС выработали 90,5 млрд. кВт·ч, то есть почти столько же, сколько было выработано в 1984 г.

«Horizont»,  
1985, № 11

## США: НАУЧНЫЕ РАБОТНИКИ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

По данным Национального научного фонда США на 1982 г., в стране в области охраны окружающей среды работало 42 407 ученых. Большинство из них — 26 442 чел.— были заняты на промышленных и коммерческих предприятиях, около 9000 работало на федеральные, штатные и местные органы управления. Okolo 11 000 трудились в учебных заведениях. Свыше 22 000 занимались исследованиями в области энергетики и топлив, около 6100 — вопросами борьбы с загрязнением окружающей среды и удаления вредных отхо-

дов. Примерно 3600 ученых работали в области исследования минеральных ресурсов (в дополнение к занятым в области энергетики и топлив), а приблизительно 1600 — в системе национальной обороны.

«Environmental  
Science & Technology»,  
1985, v. 19, № 6

## СОЛНЕЧНЫЙ СВЕТ В ПОМОЩЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМУ

Дом, который занимает фирма BRW в г. Миннеаполисе (США), был построен в 1900 г. и, естественно, не отвечает современным требованиям. Главный дефект — недостаток освещенности, из-за чего весь день горят лампы и расходуется много электроэнергии. В связи с этим было решено произвести радикальную реконструкцию здания. Решение заключалось в создании особой оптической системы, которая позволила освещать внутреннее пространство здания вплоть до самых нижних этажей солнечным светом.

Солнечный свет с крыши с помощью системы зеркал общой площадью 130 м<sup>2</sup> направляется во все помещения, причем наклон зеркал выбирается с таким расчетом,

чтобы улавливать солнечный свет, когда это возможно, даже в зимнее время.

«Technický magazín»,  
1985, № 8

## ЯПОНИЯ: ВИРАЖИ ЭНЕРГЕТИКИ

Япония является в капиталистическом мире вторым после США потребителем нефти, однако ее потребление постоянно сокращается. Если в 1978 г. страна импортировала 200,9 млн. т нефти, то в 1983 г.— лишь 163 млн. т. В истекшем финансовом году потребление нефти составило 168,4 млн. т. Интересно отметить, что впервые за последние 19 лет потребление для энергетических нужд было ниже 60 % общего потребления (59,6 %). Одновременно в 1984 г. на 17,5 % возросла выработка электроэнергии на АЭС, на 28 % увеличилась добыча природного газа, на 9,9 % — каменного угля и на 7,1 % — использование геотермальной энергии и других альтернативных источников энергии.

«Journal de Genève»,  
1985, № 11

## ОТВЕТЫ НА КРОССВОРД, ОПУБЛИКОВАННЫЙ В № 12, 1985 г.

ПО ГОРИЗОНТАЛИ: 4. Реометр.  
7. Поле. 8. Дирак. 11. Нонсенс. 12. Мотыга. 14. Фибра. 16. Платина. 17. Алголь. 18. Карно. 19. Фрикцион. 22. Климук. 24. Сплав. 25. Ротатор. 26. Струг. 28. Матрица. 30. Азот. 32. База. 34. Нива. 35. Напор. 37. Проект. 38. Амплитуда. 40. Отек. 42. Грена. 43. Пенс. 44. Шабер. 46. Келдыш. 47. Элерон. 48. Конус. 49. Пси. 50. Изобара.

ПО ВЕРТИКАЛИ: 1. Мнение. 2. Брадис. 3. Кохинор. 5. Мрамор. 6. Разум. 9. Индиго. 10. Статика. 13. Араго. 15. Парсек. 16. Пифагор. 17. Акрил. 18. «Космос». 20. Инвариант. 21. Корона. 22. Коса. 23. Карабин. 27. Гравитон. 29. Томагавк. 31. Тула. 33. Гасенди. 36. Опарин. 37. Продукция. 39. Липид. 41. Колумб. 42. Группа. 45. Бор.

# СКЭС просится на орбиту

Доктор  
физико-математических  
наук

В. А. ВАНКЕ,  
кандидат

физико-математических  
наук

С. К. ЛЕСОТА,  
А. В. РАЧНИКОВ,

кандидат  
физико-математических  
наук

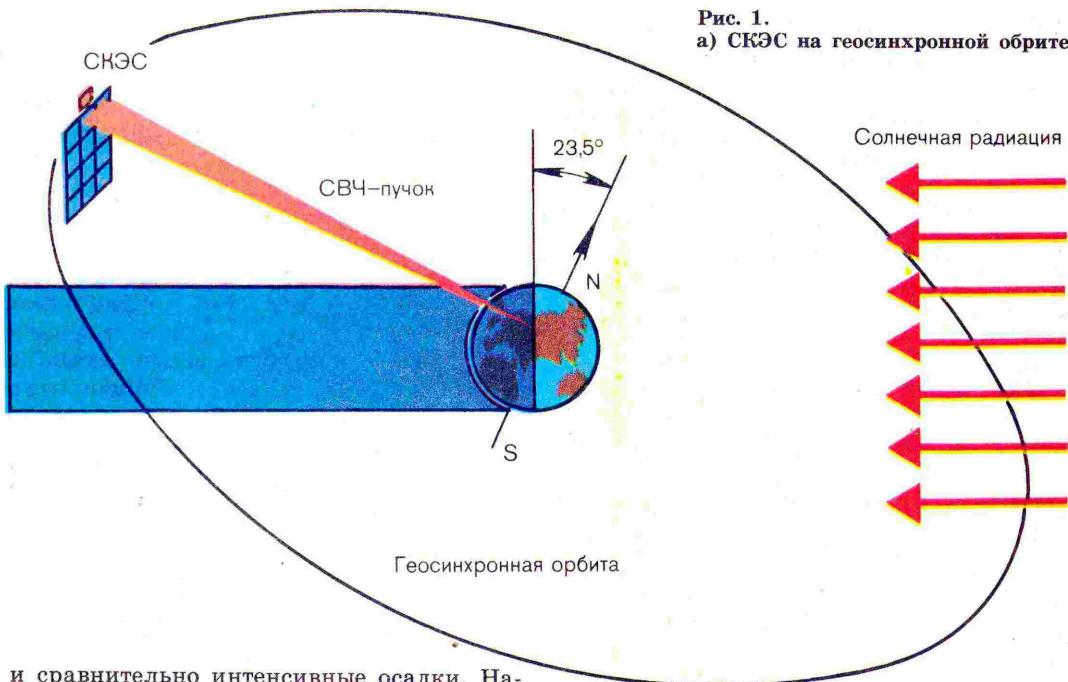
В. Л. САВВИН

Многочисленные спутники на различных орbitах и различного целевого назначения, долговременные орбитальные станции с основными экипажами и экспедициями посещения, грузовые транспортные корабли — все это стало привычным для нас сегодня, но казалось почти фантастичным каких-либо два-три десятилетия тому назад даже для специалистов по космической технике. Прогресс на пути освоения человечеством околоземного космического пространства неизбежен, и его темпы, вероятно, еще не раз будут опережать даже самые смелые из наших предположений.

Среди различных прогнозов и предложений заслуживает внимания идея солнечной космической электростанции (СКЭС) — энергетического спутника, размещенного на геосинхронной орбите (около 36 тыс. км от поверхности и в экваториальной плоскости Земли), содержащего крупные панели солнечных батарей и транслирующего энергию на поверхность Земли хорошо сфокусированным пучком сверхвысокочастотного (СВЧ) излучения (рис. 1 а). На геосинхронной орбите спутник неподвижен относительно поверхности нашей планеты, а за счет естествен-

ного наклона экваториальной плоскости Земли к плоскости эклиптики (с углом 23,5°) он будет освещен интенсивным потоком солнечной радиации ( $1,4 \text{ кВт}/\text{м}^2$ ) практически непрерывно за исключением небольших отрезков времени (с суммарной продолжительностью менее 1 % от продолжительности года), вблизи дней весеннего и осеннего равноденствия, когда этот спутник попадет в тень Земли (рис. 1б). Мощный электромагнитный СВЧ-пучок с длиной волны 10—12 см с пренебрежимо малыми потерями пронизывает облачный покров Земли, ему не страшны

Рис. 1.  
а) СКЭС на геосинхронной орбите



и сравнительно интенсивные осадки. Наземная приемная система должна обеспечивать обратное преобразование СВЧ-энергии в энергию постоянного или переменного тока технической частоты и распределять ее потребителям.

Идея СКЭС, внешне фантастичная и на ранней стадии воспринятая научно-технической общественностью в основном скептически, постепенно стала приобретать сторонников, с энтузиазмом прорабатывающих узловые проблемы СКЭС.

Были предложены десятки различных вариантов СКЭС, отличающихся либо конструктивно, либо способом преобразования солнечной энергии в электрическую (фотоэлектрический, турботепловой и др.), а также принципом передачи этой энергии с геосинхронной орбиты на поверхность Земли (СВЧ-пучок, лазерный пучок и их комбинация). Рассмотрены и другие орбиты для СКЭС, в том числе низкие, включая гелиосинхронную (полярную) с передачей энергии через спутник-отражатель на геосинхронной орбите, или без отражателя, но с накоплением энергии и периодической кратковременной передачей ее на Землю и т. д. Анализ показал, что технически наиболее подходящим сегодня следует считать все же вариант, когда СКЭС размещена на геосинхронной орбите и использует фотоэлектрический способ преобразования энергии в сочета-

нии с СВЧ-трактом передачи полученной энергии на поверхность Земли.

Идеи СКЭС обсуждались на страницах многих журналов, на международных конференциях, изучались в целом ряде стран, включая СССР, США, Англию, Францию, ФРГ, Японию и др. С 1980 г. выходит международный ежеквартальный научно-технический журнал «Space Solar Power Review», целиком посвященный проблемам СКЭС.

С точки зрения глубины и полноты анализа представляет интерес научно-исследовательская программа, осуществленная в 1977—1980 гг. министерством энергетики США (ДОЕ) совместно с Национальным управлением по аeronавтике и исследованиям в области космического пространства (НАСА) и направленная на определение перспектив СКЭС. К оценке результатов этих работ были независимо привлечены Отдел технических экспертиз Конгресса США и Национальная академия наук США.

### СКЭС В ЭСКИЗНОМ ПРОЕКТЕ ДОЕ/НАСА

В программе ДОЕ/НАСА рассматривалась возможность создания в начале следующего столетия системы на 60 энерго-

## ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СКЭС В ПРОЕКТЕ ДОЕ/НАСА

Общее число СКЭС	60
Выходная мощность единичной СКЭС	5 ГВт
Масса (включая 25 % надбавку на возможные ошибки):	
СКЭС с Si-фотобатареями	50 тыс. т
СКЭС с GaAlAs-фотобатареями	34 тыс. т
Общая сумма капитальных затрат на 20-летний подготовительный период, включая запуск первой СКЭС	102,4 млрд. долл. <sup>1</sup>
Стоимость создания каждой последующей СКЭС	11,3 млрд. долл.
Ресурс работы СКЭС	30 лет
Время полной окупаемости СКЭС	1—6 лет

<sup>1</sup> или 25 млрд. долл. без стоимости разработки и создания космических транспортных средств (в таблице стоимость указана по курсу долл. 1977 г.)

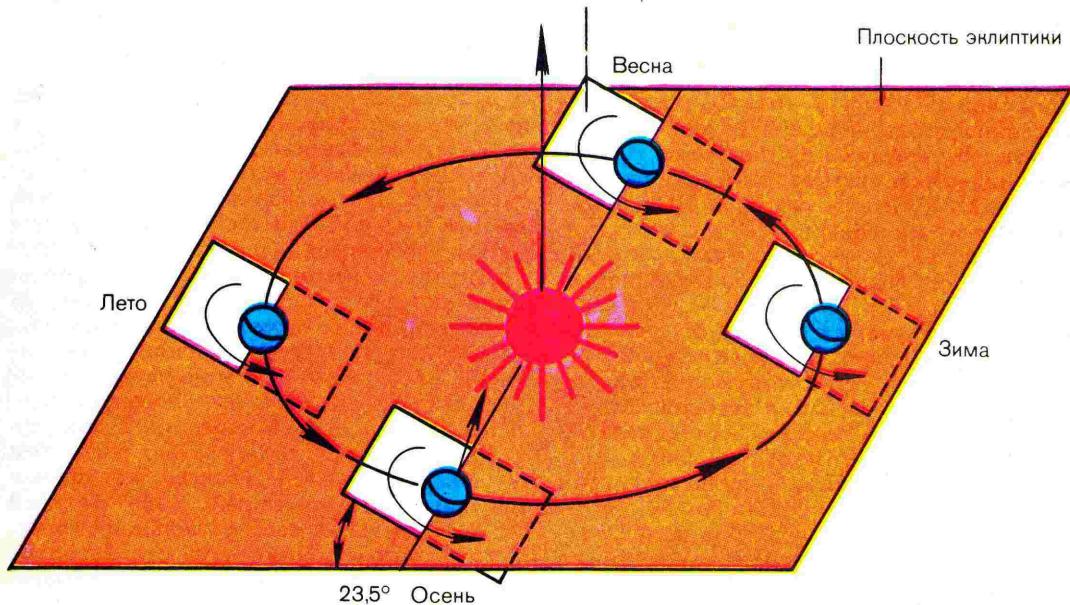
б) положение плоскости орбиты СКЭС в различные времена года. (В тень Земли СКЭС попадает только кратковременно вблизи дней весеннего и осеннего равноденствия)

спутников, по две СКЭС в год с единичной мощностью 5 ГВт каждая. Для анализа был выбран базовый вариант СКЭС, который включал две разновидности: с кремниевыми солнечными батареями и с батареями на основе (арсенида галлия и алюминия) GaAlAs (рис. 2). В последнем случае использовались концентраторы со степенью концентрации, равной 2. Причем показано, что сырье для производства GaAlAs — фотобатарей в соответствующих масштабах может быть получено как побочный продукт в процессе промышленного производства алюминия.

Нужно подчеркнуть, что базовый вариант СКЭС не претендовал на единственность или оптимальность технических решений и был всего лишь наиболее подходящим, простым и удобным для разностороннего анализа вариантом на момент начала соответствующих работ.

Микроволновая антенна диаметром 1 км представляла собой обратно-переизлучающую активную антенну решетку с излучателями на основе щелевых волноводов со встроенными СВЧ-усилителями (клистронами), каждый из которых на рабочей частоте 2,45 ГГц обеспечивает выходную мощность 70 кВт и к. п. д., равный 85 %. Для создания фазового фронта СВЧ-пучка, обеспечивающего его оптимальную фокусировку, служит специальный пилот-сигнал, излучаемый из центра наземной

Экваториальная плоскость



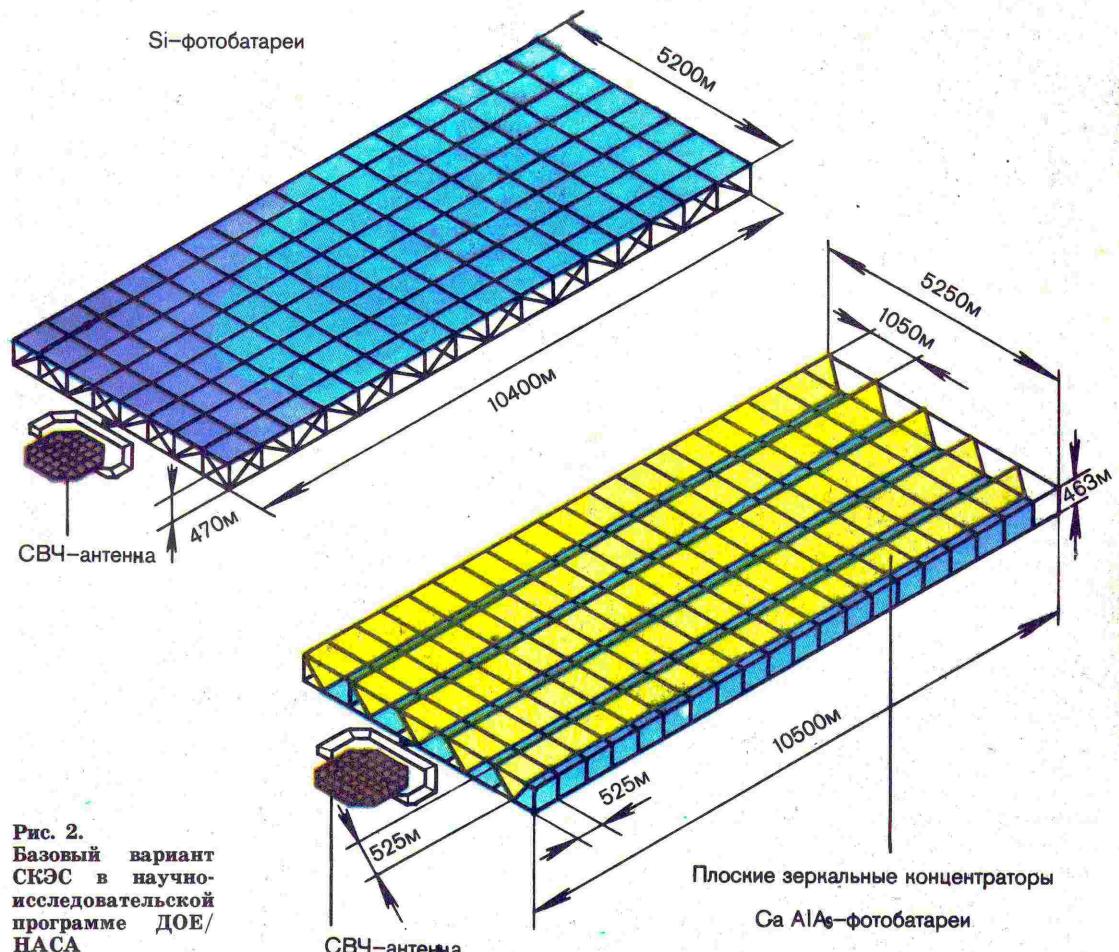


Рис. 2.  
Базовый вариант  
СКЭС в научно-  
исследовательской  
программе ДОЕ/  
НАСА

приемной системы и анализируемый на поверхности передающей антенны СКЭС сетью соответствующих датчиков. Наземная приемная система для местности с широтой  $35^{\circ}$  имела размеры  $10 \times 13 \text{ км}^2$  и использовала большее число полуволновых диполей со встроенными выпрямителями на основе полупроводниковых диодов.

К. п. д. солнечных батарей был взят на уровне 12 %, к. п. д. СВЧ-тракта — 59 % и, следовательно, результирующая эффективность преобразования энергии солнечного излучения в энергию постоянного тока наземной сети составляла около 7 %.

Краткие сведения о результатах этих работ суммированы в таблице.

При ресурсе работы СКЭС, равном 30 годам, время полной окупаемости затрат на ее создание, в зависимости от продажной

стоимости электроэнергии и ряда других факторов, оказалась в пределах от 1 года до 6 лет. Энергетическая система, таким образом, просматривалась как вполне рентабельная. Здесь следует иметь в виду, что все эти цифры были получены, опираясь на тот уровень технологии, который будет достигнут примерно к 2000 г. Это прежде всего относится к стоимости транспортировки и к фотобатареям. Сегодня уровень ежегодного производства солнечных батарей даже в промышленно-развитых капиталистических странах еще сравнительно невысок и, тем не менее, их стоимость снизилась за последние 15 лет более чем в 100 раз. Радикальное улучшение основных показателей фотобатарей (к. п. д., удельной массы, удельной стоимости и долговечности) наиболее вероятно в условиях хорошо налаженного ширококо-

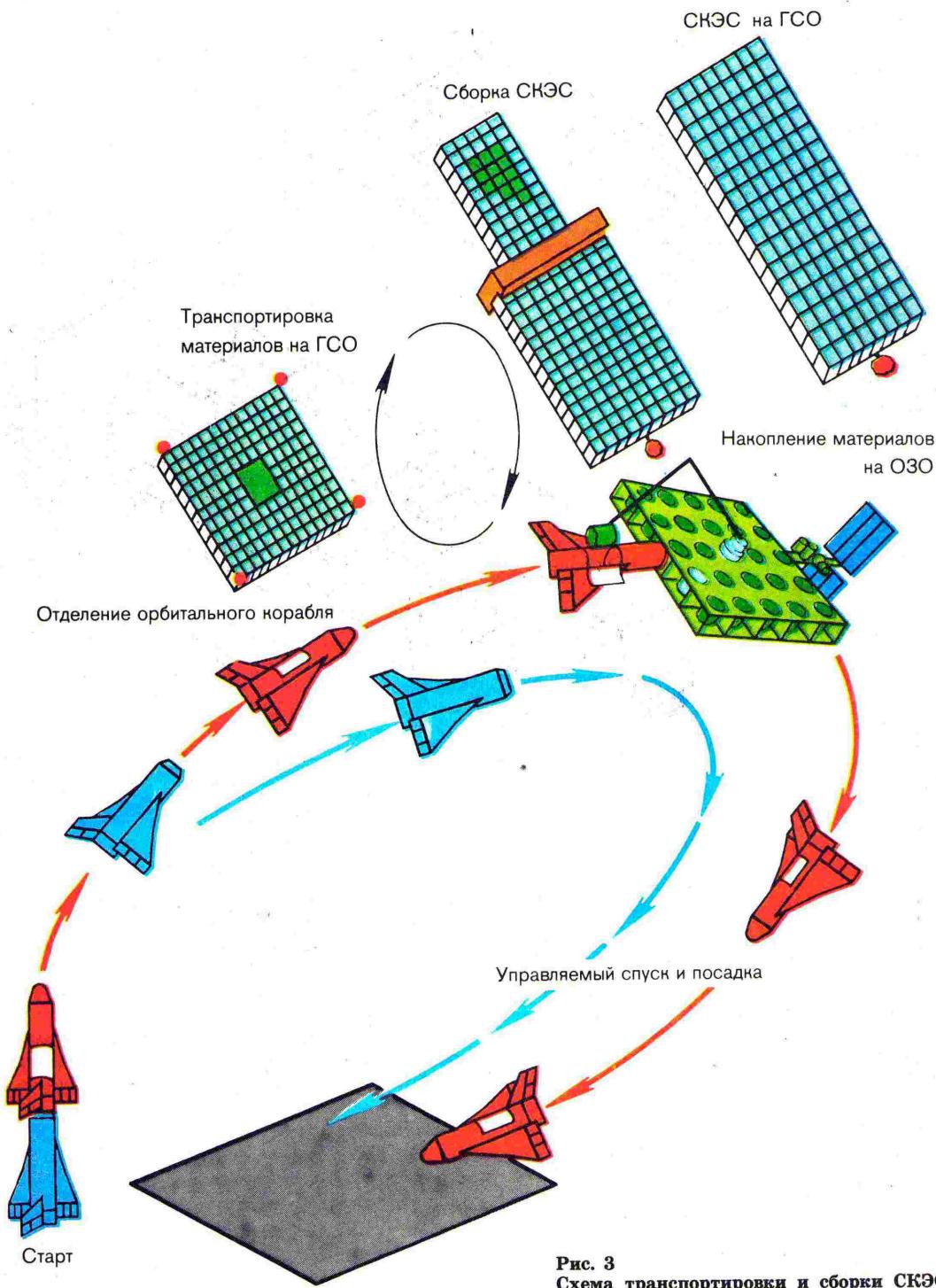


Рис. 3  
Схема транспортировки и сборки СКЭС  
ДОЕ/НАСА (ОЗО — околоземная орбита,  
ГСО — геосинхронная орбита)

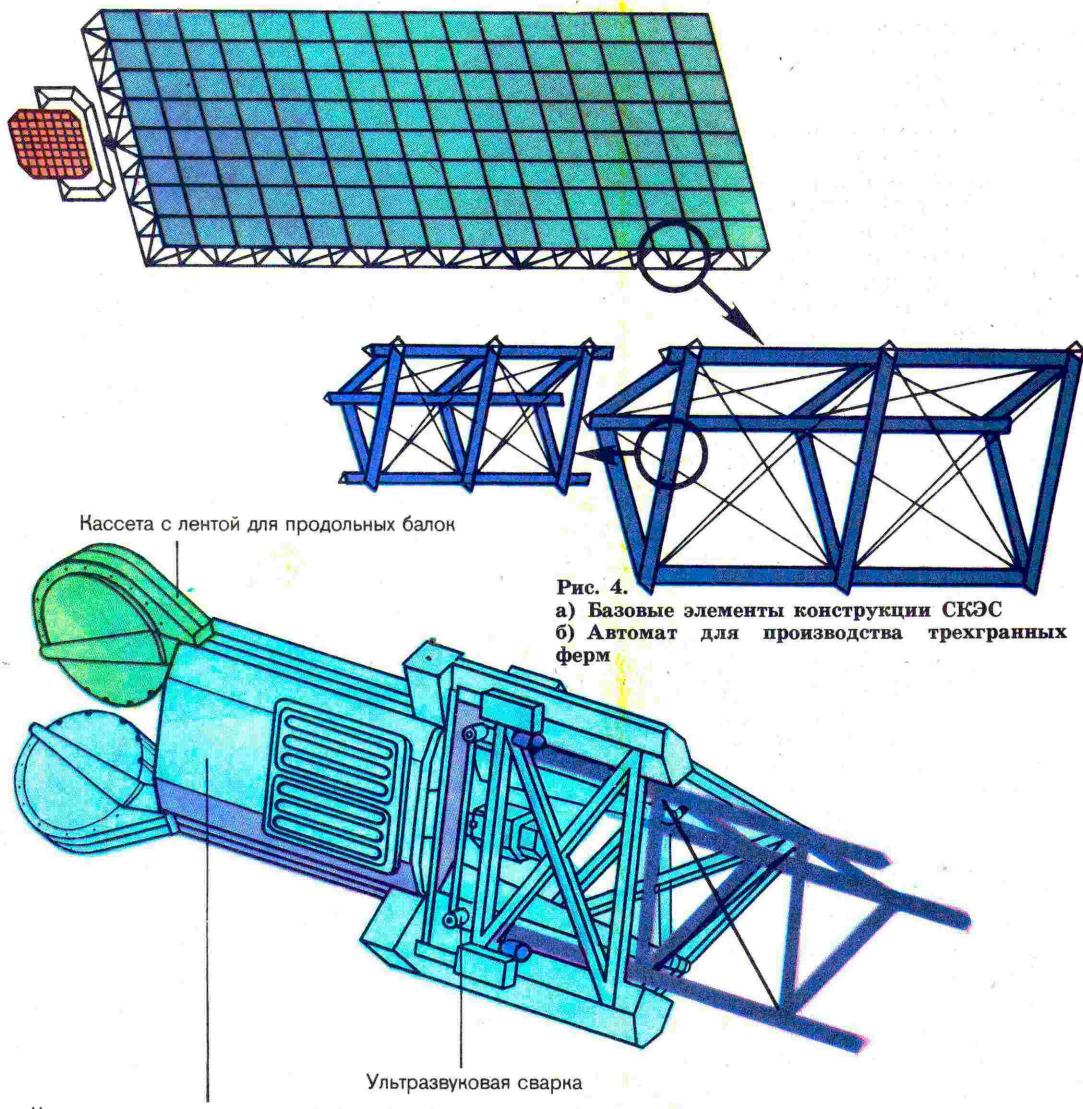


Рис. 4.  
а) Базовые элементы конструкции СКЭС  
б) Автомат для производства трехгранных ферм

Касета с заготовками для поперечных стоек

масштабного промышленного производства, то есть именно тогда, когда реально появится какой-либо крупномасштабный потребитель, подобный, например, СКЭС.

И в СССР и за рубежом уже накоплен значительный задел в области физико-технических основ создания фотопреобразователей различного типа с увеличенной эффективностью, в том числе и таких, которые способны функционировать с повышенной степенью концентрации световых пучков. Вполне реально ожидать увеличения технического значения к. п. д. солнечных батарей, скажем, до 20—25 %,

а это приведет к резкому сокращению их общей площади и существенным образом отразится на рентабельности СКЭС в целом.

#### ТРАНСПОРТИРОВКА, СБОРКА, СВЧ-ТРАКТ

За последние 5—7 лет существенно продвинута разработка ключевых проблем СКЭС, таких, как транспортировка, сборка и повышение эффективности СВЧ-тракта.

Уже в рамках программы ДОЕ/НАСА

было показано, что даже на основе термохимических двигателей можно обеспечить грузопоток, достаточный по объему и стоимости для создания СКЭС (рис. 3). Главная экологическая проблема, которую нужно внимательно изучить, связана с выбросом больших количеств отработавших продуктов горения (преимущественно  $H_2O$ ) в слои ионосферы, а также аргона от электрореактивных двигателей в магнитосферу при транспортировке материалов на геосинхронную орбиту.

Советские специалисты предложили перспективный вариант космической транспортной системы с внешней подпиткой энергией лазерным лучом, либо хорошо сфокусированным потоком солнечной радиации. Таким образом, рабочее тело находится на борту ракеты, а источник энергии — вне ее. Это позволяет создать многоразовую транспортную систему с резко улучшенным отношением стартовой массы ракетоносителя к массе полезного груза, существенно снизить стоимость транспортировки и свести к минимуму воздействие на окружающую среду. Параллельно рассмотрены проблемы электростатического старта для доставки грузов на орбиту, используя эффект «аномального» давления в плазме (наземный электромагнитный ускоритель масс). Этот путь, хотя и связан с существенными перегрузками при запусках (200—300 g), но способен обеспечить большой грузопоток при низкой стоимости. Кроме того, он является, по-видимому, экологически чистым, так как не связан с выбросами продуктов горения в верхние слои атмосферы и в ионосферу Земли.

Может быть именно идеи СКЭС заставили впервые и наиболее подробно проработать вопросы создания гигантских инженерных конструкций в космосе на основе автоматических систем и с минимальными затратами ручного труда космонавтов. Уже в программе ДОЕ/НАСА было показано, что это преодолимая задача (рис. 4), хотя здесь и потребуется более высокий уровень применения автоматических систем и надежная радиационная защита персонала, осуществляющего заключительные этапы сборки и наладку СКЭС на геосинхронной орбите.

Существенно продвинуты работы в области СВЧ-усилителей — многорезонаторных клистронов и магнетронов для СКЭС. Так, на специальном клистроне для СКЭС достигнут к. п. д., равный 70—74 %;

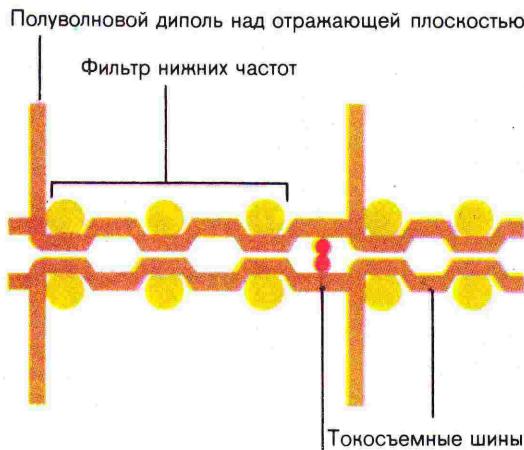
прогнозируется до 80—85 % при удельной массе порядка 0,8 кг/кВт.

К настоящему времени уникальные результаты получены и для магнетронов, которые технически проще клистронов, не требуют жидкостного охлаждения при их использовании в антеннах решетках СКЭС и имеют малую удельную массу, порядка 0,4 кг/кВт. В частности, на 3 кВт-ном, серийном (от СВЧ-печи) магнетроне достигнута стабильность фазы  $\pm 1^\circ$ , стабильность амплитуды  $\pm 3\%$  при отношении несущая/шум 137 дБ/МГц. Параллельно и независимо получено рекордное экспериментальное значение к. п. д. магнетрона в режиме генерации, равное 90 %, и указаны возможности его дополнительного увеличения.

Значительно повысились (до 80—85 %) экспериментальные значения к. п. д. рефлектирующих (наземных приемно-выпрямительных антенных систем), использующих высокоэффективные полупроводниковые диоды с барьером Шоттки (рис. 5а). Разработаны принципы оптимизации и методы расчета этих систем. Кроме того, предложены и экспериментально испытаны высокоэффективные (с к. п. д.  $\sim 80$ —83 %, в дальнейшем — 90 % и более) циклотронные преобразователи СВЧ-энергии в энергию постоянного тока (рис. 5б), обладающие большой энергоемкостью (до 50 кВт/прибор), высокими выходными напряжениями (до 50—100 кВ), радиационной стойкостью и малой чувствительностью к перегрузкам по низкочастотной и высокочастотной цепям. Перспективными представляются и работы в области конструктивно простых диодных преобразователей на автоэмиссионных катодах.

В проекте ДОЕ/НАСА общая эффективность СВЧ-тракта (отношение мощности постоянного тока на выходе наземной рефлектирующей антенны к мощности постоянного тока, питающего СВЧ-генераторы передающей антенны СКЭС) принята равной 59 %. Сегодня уже есть основания говорить о 70 %; в перспективе, при дополнительных хорошо организованных и целенаправленных разработках, эффективность СВЧ-тракта может быть доведена до 80—85 %. Все это, конечно, отразится на стоимости и повысит рентабельность СКЭС в целом.

Важное значение имеет уровень боковых лепестков излучения СКЭС на поверхности Земли, т. е. уровень того излучения, которое из-за конечных размеров передающей антенны неизбежно появится за



Полупроводниковый диод с барьером Шоттки

Рис. 5.

а) Фрагмент приемно-выпрямительной (ректальной) системы

пределами приемной системы (ректенные) СКЭС. Из технических соображений распределение интенсивности СВЧ-поля по радиусу на поверхности передающей антенны СКЭС выбирают дискретным, обычно десятиступенчатым. Было показано, что за счет оптимизации формы этого дискрет-

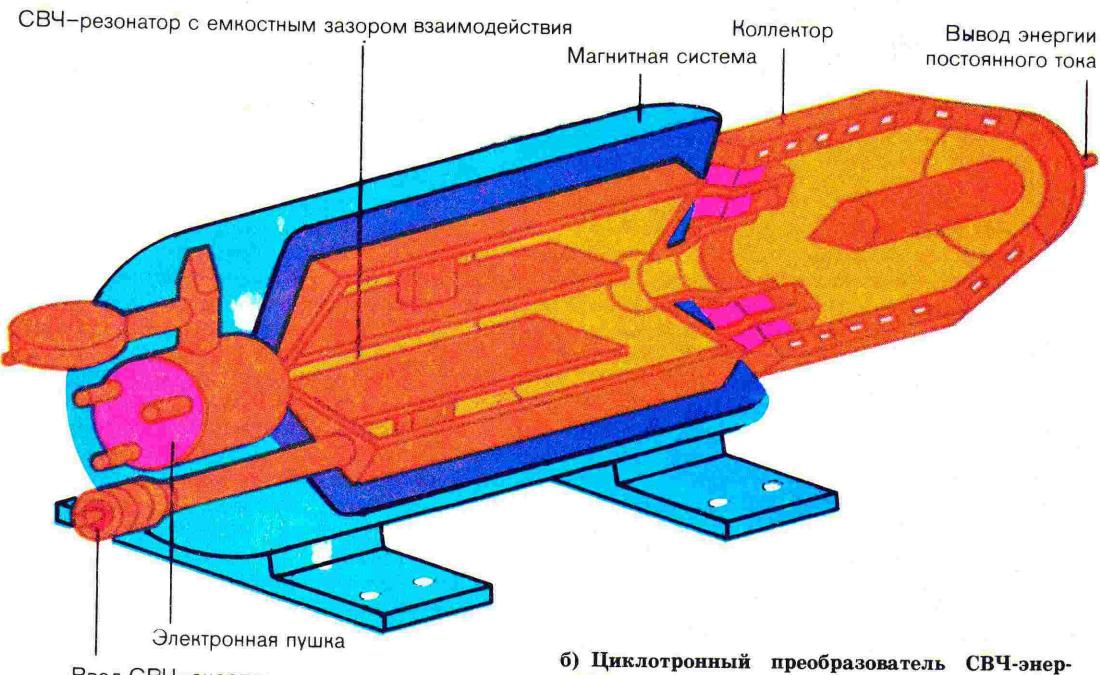
ного распределения уровень всех боковых лепестков излучения СКЭС может быть эффективно подавлен и не будет превышать, например, значения  $5 \text{ мкВт}/\text{см}^2$ , то есть окажется, как минимум, вдвое ниже существующего в СССР медицинского стандарта для максимального уровня длительного и безопасного СВЧ-облучения (рис. 6). При этом требования к среднеквадратичным флуктуациям амплитуды поля на поверхности передающей антенны СКЭС остаются технически разумными (8 %) и с запасом укладываются в уже экспериментально достигнутую стабильность амплитуды СВЧ-генераторов (3 %). Предложено также использовать наземный радиоинтерферометр для контроля и управления положением СВЧ-пучка.

### ПРОБЛЕМЫ...

Такие крупномасштабные задачи, как создание СКЭС, порождают, конечно, массу самых разнообразных научно-технических проблем. И все же, среди них можно выделить те, которые, явившись специфичными для СКЭС, представляются на сегодняшний день главными и заслуживают тщательной разработки.

Это, во-первых, взаимодействие мощно-

СВЧ-резонатор с емкостным зазором взаимодействия



б) Циклотронный преобразователь СВЧ-энергии в энергию постоянного тока

го СВЧ-излучения с ионосферой Земли и определение порогового уровня плотности мощности, при котором возникают нелинейные эффекты самофокусировки и разрушается структура СВЧ-пучка.

Во-вторых, длительное нетепловое воздействие СВЧ-излучения слабого уровня на биологические объекты, в том числе и на человека.

В-третьих, электромагнитная совместимость мощного СВЧ-пучка СКЭС с существующими системами навигации и связи.

Современный уровень понимания этих проблем совсем не исключает возможность создания СКЭС. Однако углубленная проработка, однозначность и четкость экспериментальных результатов по этим проблемам могут самым существенным образом повлиять на технико-экономические показатели СКЭС.

Так, например, в варианте ДОЕ/НАСА плотность мощности в центре наземной приемной системы ограничена величиной  $230 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Позднее появились сообщения, что ионосферные ограничения не столь сильны и эта цифра может быть удвоена. А это, как минимум, означает и вдвое большую экономическую эффективность использования наземной приемной системы... Целесообразны здесь хорошо поставленные численные эксперименты, а также физический эксперимент, позволяющий создать необходимую плотность мощности в ионосфере, когда, например, передатчик (всего  $2-3 \text{ кВт}$ ) находится на борту зондирующей ракеты, а датчики (анализаторы структуры СВЧ-пучка) размещены на искусственном спутнике Земли.

Сам факт существования некоего фонового излучения за пределами приемной апертуры СКЭС вызывает многочисленные дискуссии оппонентов СКЭС. Советский медицинский стандарт для максимального уровня длительного и безопасного СВЧ-облучения ( $10 \text{ мкВт}/\text{см}^2$ ) является самым жестким (низким) в мире. Фоновое же излучение за пределами охранной зоны (рис. 6) может быть эффективно подавлено, например, до  $1 \text{ мкВт}/\text{см}^2$  или даже ниже. Это, однако, потребует и определенной платы — усложнения (и удорожания) передающей антенной системы. Нужны поэтому специальные медико-биологические исследования, направленные на выработку соответствующих норм конкретно для СКЭС.

Мощный СВЧ-пучок СКЭС не должен затруднять работу существующих систем

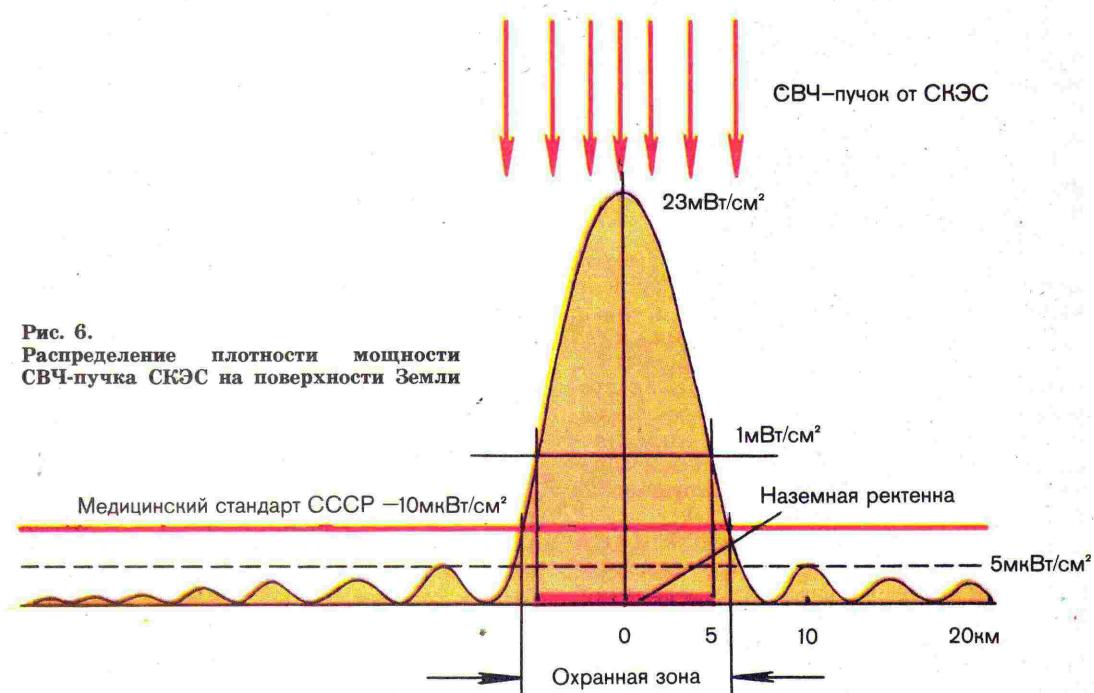
навигации и связи. И хотя рабочая частота СКЭС лежит в диапазоне, специально отведенном для технических нужд, появление нагретого пятна в ионосфере и отражение радиосигналов от него, попадание рассеянной части мощности СВЧ-пучка на входы различного рода радиоприемных систем могут, в принципе, приводить к дополнительным помехам. Анализ этих проблем, выработка действенных мер, снижающих или предотвращающих такие эффекты, должны стать важной составной частью работ по проблеме СКЭС.

## ПЕРСПЕКТИВЫ

Главным результатом исследований в области СКЭС за прошедшие годы следует считать прежде всего то, что была показана принципиальная возможность технической реализации такой системы. Важно то, что эта возможность вскрыта в рамках уже существующих фундаментальных знаний. Созданы и предпосылки для разработки прототипа СКЭС (меньших размеров и с уменьшенным уровнем мощности). Это позволит проверить основные технические решения и идеи, накопить необходимый организационный и экспериментальный опыт для создания коммерческих систем.

Было бы глубоко ошибочным недооценивать трудности создания СКЭС, но не менее ошибочно недооценивать и их перспективность.

Не исключено, что именно СКЭС позволят реально перейти к крупномасштабному и рентабельному использованию энергии Солнца, т. е. того естественного и надежно функционирующего термоядерного котла, благодаря которому существует все живое на нашей планете. СКЭС открывают и новые возможности в проблеме перераспределения энергии между территориально удаленными потребителями, так как СВЧ-пучок СКЭС может быть оперативно переброшен на приемные системы, удаленные друг от друга на расстояния в тысячи или даже в десяток тысяч километров. К. п. д. передачи энергии будет при этом сохраняться неизменно высоким. Наконец, СКЭС существенно уменьшают опасность теплового загрязнения экологической среды — уже сегодня эффективность преобразования энергии падающего СВЧ-луча в энергию постоянного тока достигает 80—85 %, причем нет сомнений, что и эта



цифра будет улучшена в дальнейшем.

И хотя СКЭС объективно могут претендовать на роль одного из вариантов энергетических систем будущего нисколько не меньше, чем термоядерный синтез, трудно даже сравнивать по продолжительности, финансированию, объему и уровню исследования в этих двух, казалось бы, равноправных областях.

Существуют научно-технические проектировки, которые, по оценкам американских исследователей, могут позволить в перспективе довести удельные капитальные затраты при создании СКЭС до 1500 долл./кВт<sup>2</sup>. Это сравнимо, или даже несколько ниже соответствующих цифр для альтернативных источников энергии (включая наземные солнечные электростанции, термоядерные энергосистемы будущего и др.).

Важно отметить, кроме того, что при реализации столь крупных космических программ, как создание СКЭС, когда работы будут вестись по-существу на грани технических возможностей и с неизбежным привлечением самых современных

технологий, материалов и методов, экономическая отдача начнется уже в процессе разработки этих систем за счет широкого использования различного рода промежуточных результатов в смежных областях или задачах науки и техники. Именно по этой причине, исключительно престижная по замыслу программа «АПОЛЛОН», которая вообще не предусматривала какой-либо прямой экономической отдачи в конечном счете оказалась рентабельной и неоднократно окупила себя.

В области космической науки и техники уже накоплен положительный опыт международного сотрудничества («ИНТЕРКОСМОС», «ИНТЕРСПУТНИК», «ИНТЕЛСАТ», «СОЮЗ — АПОЛЛОН», «ВЕГА» и др.). Работы по линии СКЭС могут стать хорошей основой для длительного международного сотрудничества на благородном поприще мирного освоения околоземного космического пространства, создания высокорентабельной космической индустрии.

Энергомост «Космос — Земля» может быть создан и будет создан, но реальные сроки во многом зависят от финансирования и уровня организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в этой области.

<sup>2</sup> По курсу долл. 1981 г.

# УРОКИ ГОЛОГРАФИИ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Сергей УШАНОВ

Чтобы увидеть записанное на голограмме изображение предмета, достаточно вернуть обработанную реактивами и высушеннную фотопластинку на ее прежнее место в голографической установке и осветить исходным опорным пучком света. Тогда, глядя на фотопластинку со стороны падения предметного пучка, вы увидите на том месте, где при записи находился предмет, его восстановленное мнимое изображение. (Напомним: в оптике «мнимое» изображение формируется расходящимися световыми лучами. Его можно увидеть, сфотографировать или спроектировать на экран при помощи дополнительного объектива. Однако без добавочных линз — хрусталика глаза или фотообъектива — изображение получить не удастся: помещенные туда, где глаз видит «предмет», фотопленка или обычный белый экран ничего не покажут.)

В нашей голографической установке опорный световой пучок получается отражением на светоделителе лишь небольшой части света, даваемого лазером, а потому интенсивность восстанавливющего луча будет малой. Следовательно, для восстановления голографического изображения лучше построить из уже имеющихся в составе установки оптических элементов специальную схему восстановления, либо — чтобы не трогать основную установку, которая еще не раз потребуется для записи голограмм — слегка изменить ее. Изменение будет минимальным: достаточно лишь поставить вместо светоделителя обычное плоское зеркало, полностью отражающее свет, падающий на него от лазера. Тогда действовать будет одно только опорное плечо установки, и световой пучок достигнет голограммы без потерь.

Итак, глядя на голограмму со стороны

опорного плеча, мы увидим, что предмет как бы вновь оказался на том самом месте, где он находился прежде. Сходство восстановленного изображения с реальным предметом поражает: и размеры, и ориентация относительно фотопластинки точно повторяют размеры и ориентацию реального объекта, находившегося там во время записи. Чтобы полностью прочувствовать это чудо, еще раз внимательно рассмотрите вблизи фотопластинку-голограмму. На ней действительно нет ничего, что напоминало бы восстановленное изображение — просто темноватая вуаль, как у частично засвеченной фотоэмulsionии. Однако под микроскопом можно заметить, что эта «вуаль» на самом деле образована сложным набором чередующихся темных и светлых полос микроскопической интерференционной картины.

Иногда, правда, на фотопластинке бывают видны гораздо более крупные, различимые невооруженным глазом интерференционные структуры, имеющие, как правило, форму концентрических колец. Это не «рабочая» картина, а помеха — след дифракции света на пылинках или других малых неоднородностях, встреченных световой волной. На качестве основного голографического изображения эти помехи практически не сказываются. Но при желании их можно устраниć, воспользовавшись приемом «пространственной фильтрации» света, о котором было кратко сказано при описании элементов голографической установки (см. № 11, 1985 г.). Упоминавшийся там оптический фильтр — короткофокусный объектив с малой диафрагмой, помещенной в его фокусе — хорошо «очищает» исходный волновой фронт лазерного света от побочных искажений.

С отсутствием на голограмме изображения снятого предмета связана еще одна удивительная особенность голографической регистрации. Используемые нами для съемки предметы чаще всего отражают свет диффузно, то есть рассеивают его во всех направлениях. Поэтому в любую точку на фотопластинке при записи голограммы приходит свет от всех обращенных к ней точек поверхности предмета. Значит, в принципе, любой участок голограммы содержит понемногу световой информации о каждой точке предмета. Так что, даже если поместить в восстанавливающий световой пучок не всю голограмму, а лишь ее небольшую часть — скажем, осколок пластинки, случайно разбитой после фотографической обработки, — то и в этом случае мы увидим за голограммой полное изображение предмета.

Это поразительное свойство голограмм демонстрирует коренное отличие голографии от знакомого способа фотографического хранения данных. Если в фотографии целостности негатива всегда уделяется особое внимание (на микрофотоснимках даже мельчайшая царапина или дефект фотоэмульсии безвозвратно разрушает немалую часть изображения), то голограмма, как легко проверить на практике, сравнительно нечувствительна к таким повреждениям. Поэтому голографический метод обладает огромными возможностями в смысле хранения информации. Повреждение носителя информации — скажем, голограммы с записью изображения страницы из книги — не

приводит к утрате части или всего текста, а лишь снижает удобство пользования восстановленным изображением. Поврежденная голограмма восстановит все части текста — строки, буквы — без исключения, но шрифт покажется читателю более или менее размытым (как фотокопия, полученная с низкоразрешающей пленки). Иначе говоря, поврежденная голограмма, в отличие от фотоснимка, дает плавное снижение рабочих характеристик: пропадают не куски даваемого ею изображения, а с уменьшением сохранившейся части голограммы постепенно падает его качество.

Из сказанного можно сделать полезный для практики вывод. Если рассматривать применявшуюся при голографической записи фотопластинку как «осколок» некоторой несуществующей (воображаемой) голограммы неограниченных размеров, то станет ясно: чем больше размеры фотопластинки, тем выше предельное качество (разрешение) восстанавливаемого ею изображения. Разумеется, это утверждение справедливо лишь в определенных пределах: при чрезмерном увеличении размеров голограммы появляются и становятся определяющими иные факторы (например, недопустимое падение освещенности на краях фотопластинки), которые не позволят беспрепятственно повышать качество изображения таким простым способом.

Поскольку ничто не дается даром, расплатой за удивительные свойства голограмм, полученных с диффузным светом, оказывается значительное ужесточение

### Восстановление изображения

Объектив, расширяющий луч света от лазера

Лазер

Мнимое изображение предмета, восстановленное голограммой

93 см

Голограмма

требований к разрешающей способности используемого фотоматериала (см. № 10, 1985 г., где говорилось о выборе угла наклона плоскости кассеты с фотопластинкой к оси опорного пучка).

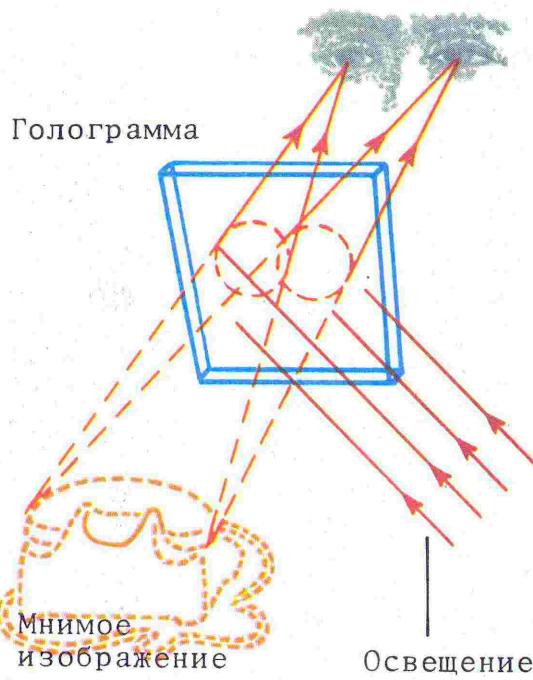
## ИЗОБРАЖЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ ПРЕДМЕТОВ

Наиболее поразительным признаком восстановленного голограммой изображения является его объемность. Не та мнимая объемность, которая знакома каждому, кто рассматривал в стереоскоп пару фотоснимков, сделанных с различных точек. Нет, в голограммии объемность предмета передается полностью, и отличить «на глаз» голограммическое изображение сцены от реального ее вида не так-то просто.

Сделав фотоснимки с разных точек и рассматривая их одновременно, хотя и каждым глазом — свой, мы как бы обманываем собственный мозг, заставляя его мысленно создавать несуществующие в реальности сцены. Известно, что если сделать базу (расстояние между точками съемки) больше расстояния между зрачками глаз, сцена покажется наблюдателю более рельефной, чем на самом деле. Этот эффект используется, скажем, в артиллерийских стереотрубах. Однако любая стереопара позволит нам увидеть лишь то, что видел бы человек, голова которого неподвижна, а расстояние между зрачками равно базе стереосъемки. Именно поэтому стереоснимки не позволяют заглянуть за какой-то из предметов. Ведь для этого, как мы делаем в жизни, потребовалось бы передвинуть голову, положение которой жестко задано неподвижностью двух точек съемки.

Если бы мы сделали не одну, а много пар стереоснимков, отвечающих различным близким положениям головы наблюдателя, то, сконструировав подходящий оптический прибор — «полистереоскоп», — мы могли бы в определенных пределах двигать голову во время наблюдения снимков и тем самым немножко заглядывать за тот или другой предмет. Однако до изобретения голограммии осуществить такое устройство на практике было невозможно.

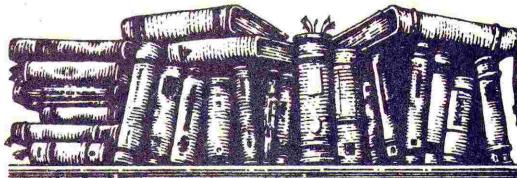
Когда же мы рассматриваем голограммическое изображение, достаточно слегка отклонить голову — и скрытая ранее от взора часть сцены тут же станет видна. В этом случае пределы возможного



Наблюдение восстановленного голограммой мнимого изображения предмета

перемещения головы определяются границами голограммы: мы как бы смотрим на предмет через окно, образованное краями фотопластинки в непрозрачной плоскости. Причина такой зрительной «реальности» восстановленного изображения заключается в том, что голограмма — это как бы огромный набор стереопар, снятых с самых разных точек и непрерывно нужным образом помещаемых перед нашими глазами. Каждый глаз смотрит на изображение сквозь свою часть голограммы и видит поэтому чуть отличающуюся картинку.

Можно сказать и иначе: голограмма при освещении восстанавливющим световым пучком порождает точно тот же набор световых волн, какой исходил от реального предмета и попадал на фотопластинку во время записи. А наблюдателю, придерживающемуся правила «руками не трогать», будет безразлично, какие именно световые волны попадают в его глаза — рассеянные реальным предметом или точно такие же по форме, но рожденные микроскопической интерференционной структурой голограммы. В этом смысле «световой облик» предмета вполне заменяет сам предмет.



## КНИЖНАЯ ПОЛКА

Интеллектуальные приключения человечества, представленные в произведениях научно-популярной литературы, обретают все большее число поклонников. Сотнями тысяч расходятся книжки серии «Эврика» издательства «Молодая гвардия». Вторым изданием вышла и книга доктора физико-математических наук А. Н. Проценко «Энергия будущего».

В послевоенные годы в одном из зарубежных журналов появился такой анекдот. «Господа офицеры,— доверительно сообщил полковник своим подчиненным,— по сведениям, только что полученным из генерального штаба, атомное ядро состоит из протонов и нейтронов».

Желая проявить эрудицию и поговорить на модную в те времена тему, полковник явно оплошал. И не удивительно. Если брешься рассуждать о вещах, тебе неизвестных, конфуз чаще всего неизбежен. Удивительно другое. Тема, бывшая в моде сорок лет назад, с каждым годом становится все более актуальной. Появились атомные подводные лодки, ледоколы, опреснители морской воды. Но важнее всего то, что по всему свету заработали атомные электростанции. Пока на них долю приходится лишь около двух процентов производимой электроэнергии, однако каждому ясно: будущее за АЭС.

Именно это обстоятельство порождает страстные споры. В сознании миллио-

# Это будет в XXI

нов людей раскрепощенная энергия атома ассоциируется со смертельной опасностью. Есть еще одна причина, определяющая всеобщий интерес к путям развития энергетики, не столь острая, но не менее важная. «До пятидесяти процентов бюджета промышленно развитых стран,— утверждает президент АН СССР академик А. П. Александров,— тратится сегодня на обеспечение общества энергией», то есть уровень жизни каждого из нас в значительной степени зависит от того, насколько разумно выбрана энергетическая программа.

Книга А. Н. Проценко «Энергия будущего» решает одновременно три задачи. Во-первых, она доходчиво рассказывает читателю о достижениях физиков и инженеров, работающих в области энергетики. Во-вторых, убеждает в безопасности и экологической чистоте атомных электростанций. И, наконец, объясняет смысл и логику Энергетической программы СССР. При этом читатель получает информацию из первых рук, от

человека, хорошо знающего все тонкости проблемы, о которой пишет.

Нашу цивилизацию давно уже уподобили велосипеду: можно быстро ехать, но нельзя долго стоять. Остановка чревата падением. Поэтому призывы алармистов замедлить прогресс или даже повернуть его вспять, ничего хорошего человечеству не сулят. Выход может быть найден только на путях возрастающего энергетического могущества.

Когда-то бедуинов называли детьми пустыни. Сегодня ясно, что пустыня — сама порождение кочевых племен, постепенно уничтоживших растительность на большой площади. Бескрайними некогда казались и буйные тропические леса, но и они беспощадно вырубались. Теперь, чтобы спасти «легкие» планеты, нужна большая энергетическая «инъекция». А где взять необходимые энергетические мощности, чтобы наращивать или хотя бы сохранять на прежнем уровне добычу полезных ископаемых, которые приходится извлекать с огромных глуби-

бин и перевозить из глубоких районов?

Автор подводит читателя к мысли, что следующим этапом на пути развития атомной энергетики станет покорение энергии ядерного синтеза. Главы, посвященные «рукотворному солнцу», пожалуй, самые удачные: в них наиболее полно раскрываются трудности, с которыми приходится сталкиваться ученым. Ведь эта сложная задача, как говорится, должна быть решена в реальном масштабе времени. Земные недра истощаются, и мы должны построить необходимое количество установок до того, как оскудеют нефтяные скважины.

Книга начинается с описания «аварии века». Тогда из-за случайной неполадки на линии электропередачи США—Канада на несколько часов Нью-Йорк остался без электричества. Замерли поезда электричек и метро, застяли междудо этажами лифты, откали вентиляционные устройства, остановились фабрики и заводы, начались пожары и грабежи... Апокалиптические сцены, разыгравшиеся в полной мгле на улицах и в домах огромного города, наглядно показали, какую огромную роль играет энергия в жизни современного общества. А будет играть еще большую. Вот почему все мы, жители нашей планеты, должны обладать определенной «энергетической» культурой, чтобы с каждым годом, расходуя все больше энергии, экономить ее все строже. И в этом отношении книга «Энергия будущего» чрезвычайно полезна. Она предупреждает, не запугивая, и просвещает, не запутывая.

Елена САМСОНОВА

Коллаж О. Грачева



**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР**  
академик  
**В. А. КИРИЛЛИН**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

Ответственный секретарь  
**Е. И. БАЛАНОВ**  
Летчик-космонавт СССР  
кандидат психологических наук  
**Г. Т. БЕРЕГОВОЙ**  
Член-корреспондент АН СССР  
**Л. М. БИБЕРМАН**

Академик  
**Е. П. ВЕЛИХОВ**  
Кандидат экономических наук  
**Д. Б. ВОЛЬФБЕРГ**  
Кандидат экономических наук  
**А. Г. ГАДЖИЕВ**  
Редактор отдела  
**Ю. А. ДВОРЯДКИН**  
Академик  
**К. С. ДЕМИРЧЯН**  
Заместитель главного редактора  
**А. Б. ДИХТЯРЬ**  
Член-корреспондент АН СССР  
**И. Я. ЕМЕЛЬЯНОВ**  
Академик  
**В. А. ЛЕГАСОВ**  
Доктор физико-математических наук  
**Л. В. ЛЕСКОВ**

Кандидат филологических наук  
**Е. С. ЛИХТЕНШТЕЙН**

Академик  
**А. А. ЛОГУНОВ**

Первый заместитель министра  
энергетики и электрификации СССР  
**А. Н. МАКУХИН**

Заместитель главного редактора  
кандидат физико-математических наук  
**С. П. МАЛЫШЕНКО**

Академик  
**Л. А. МЕЛЕНТЬЕВ**

Член-корреспондент АН СССР  
**А. А. САРКИСОВ**

Доктор экономических наук  
**Ю. В. СИНЯК**

Академик  
**М. А. СТЫРИКОВИЧ**

Член-корреспондент АН СССР  
**Л. Н. СУМАРОКОВ**

Доктор технических наук  
**В. В. СЫЧЕВ**

Редактор отдела  
кандидат военных наук  
**В. П. ЧЕРВОНОБАБ**

Академик  
**А. Е. ШЕЙНДЛИН**

Доктор технических наук  
**Э. Э. ШПИЛЬРАЙН**

Редактор отдела  
**Р. Л. ЩЕРБАКОВ**

Обложка художника  
**С. Стихина**

Корректоры:  
**Т. С. Жиздркова,**  
**В. Г. Овсянникова**

Главный художник  
**С. Б. Шехов**

Художественный  
редактор  
**М. А. Сепетчян**

Заведующая редакцией  
**Т. А. Шильдкрет**

Над номером работали  
художники:

**Н. Варакина**  
**О. Грачев**  
**В. Коваль**  
**В. Кривда**  
**О. Левенок**  
**И. Максимов**  
**А. Пономарев**  
**С. Стихин**  
**А. Шлосберг**

В номере использованы  
фотографии:

**В. Арманди**  
**В. Дудко**  
**И. Фаткина**

Номер готовили  
редакторы:

**И. Г. Вирко**  
**С. З. Гущев**  
**Ю. А. Дворядкин**  
**Л. Ю. Камочкина**  
**Ю. А. Медведев**  
**С. Н. Пшироков**  
**Е. М. Самсоноva**  
**В. П. Червонобаб**  
**Р. Л. Щербаков**

Адрес редакции:  
111250, Москва Е-250  
Красноказарменная ул., 17а,  
Тел.: 362-07-82, 273-57-88

Ордена Трудового  
Красного Знамени  
издательство «Наука»,  
Москва

Сдано в набор 02.12.85

Подписано к печати

03.01.86 Т-00004

Формат 70×100 1/16

Офсетная печать.

Усл. печ. л. 5,2.

Усл. кр.-отт. 391,4 тыс.

Уч.-изд. л. 6,3.

Бум. л. 2.

Тираж 23 160 экз.

Заказ 3362

Ордена Трудового  
Красного Знамени  
Чеховский  
полиграфический  
комбинат

ВО «Союзполиграфпром»  
Государственного  
комитета СССР  
по делам издательств,  
полиграфии  
и книжной торговли.  
142300, г. Чехов  
Московской области

## Июль

Пн	7	14	21	28
Вт	1	8	15	22
Ср	2	9	16	23
Чт	3	10	17	24
Пт	4	11	18	25
Сб	5	12	19	26
Вс	6	13	20	27



## Ноябрь

Пн	3	10	17	24
Вт	4	11	18	25
Ср	5	12	19	26
Чт	6	13	20	27
Пт	7	14	21	28
Сб	1	8	15	22
Вс	2	9	16	23
				30

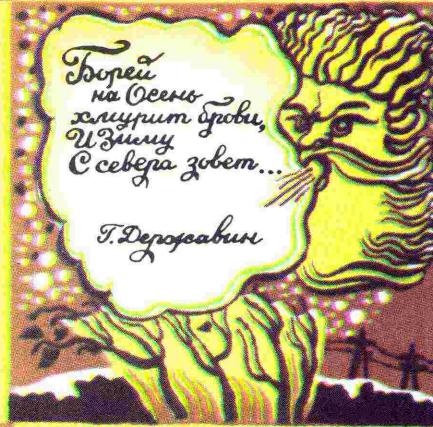


## Август

Пн	4	11	18	25
Вт	5	12	19	26
Ср	6	13	20	27
Чт	7	14	21	28
Пт	1	8	15	22
Сб	2	9	16	23
Вс	3	10	17	24
				31

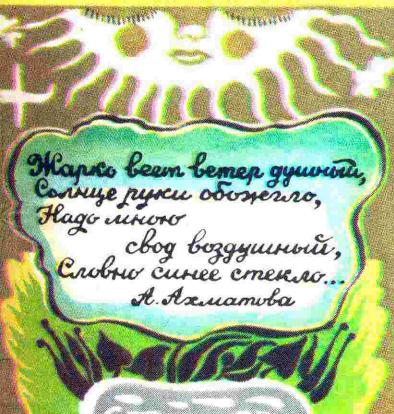
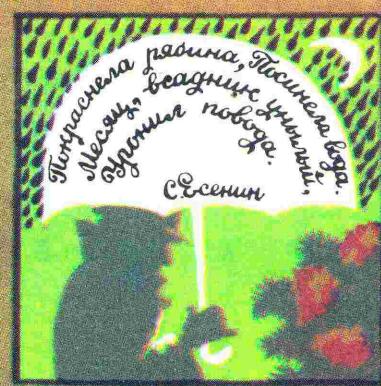
## Сентябрь

Пн	1	8	15	22
Вт	2	9	16	23
Ср	3	10	17	24
Чт	4	11	18	25
Пт	5	12	19	26
Сб	6	13	20	27
Вс	7	14	21	28



## Декабрь

Пн	1	8	15	22
Вт	2	9	16	23
Ср	3	10	17	24
Чт	4	11	18	25
Пт	5	12	19	26
Сб	6	13	20	27
Вс	7	14	21	28

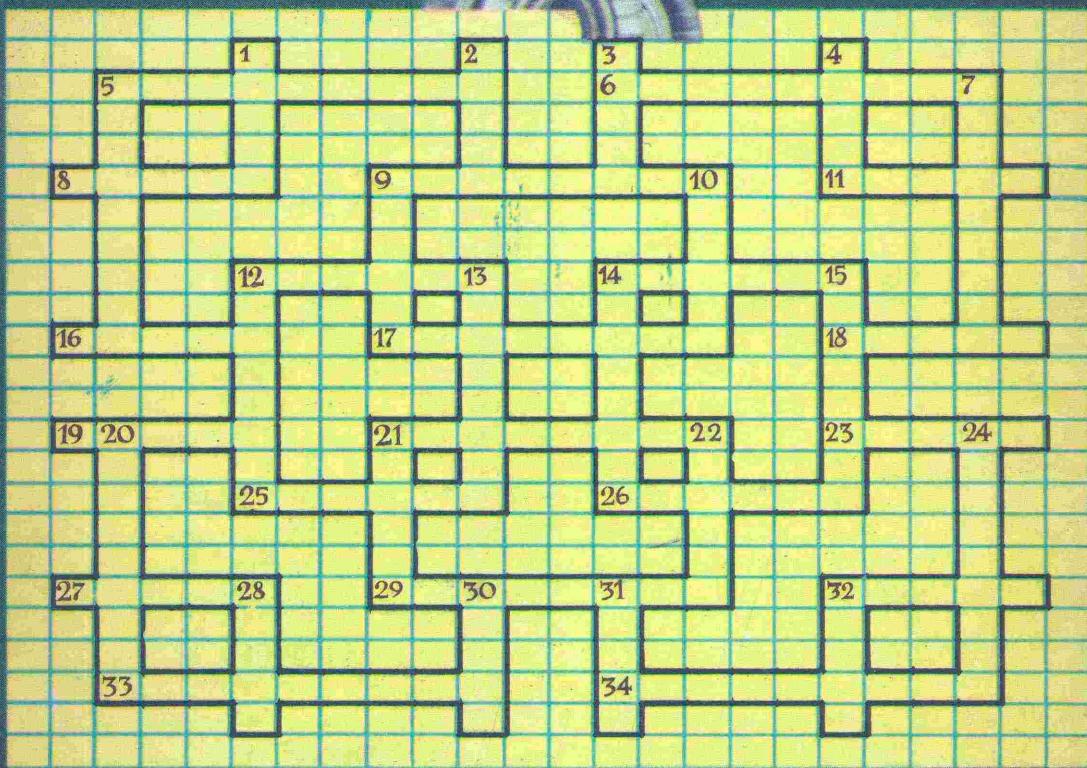


## Октябрь

Пн	6	13	20	27
Вт	7	14	21	28
Ср	1	8	15	22
Чт	2	9	16	23
Пт	3	10	17	24
Сб	4	11	18	25
Вс	5	12	19	26



Цена 45 коп.  
Индекс 71095



**ПО ГОРИЗОНТАЛИ:** 5. Процесс, при котором испускаются фотоны. 6. Максимальное отклонение от положения равновесия. 8. Затвор огнестрельного оружия. 9. Плоская кривая 2-го порядка. 11. Сплав железа с углеродом. 12. Звуковой сигнал маяков. 14. Вязкий битум. 16. Вулканическая порода. 17. Запоминающая электронно-лучевая трубка. 18. Лодка у эскимосов. 19. Фигура высшего пилотажа. 21. Руда серебра. 23. Тип электрического разряда. 25. Научная система, обобщающая практический опыт. 26. Единица времени. 27. Деревянное речное судно. 29. Автомобильный полигон. 32. Помещение для занятий. 33. Электрический выключатель. 34. Проникновение поверхностных вод в землю.

**ПО ВЕРТИКАЛИ:** 1. Часть ударного механизма огнестрельного оружия. 2. Единица магнитного потока. 3. Один из основателей термодинамики. 4. Приспособление для определения вертикального направления. 5. Вид фазового превращения. 7. Сплав металла с ртутью. 9. Стой самолетов, следующих уступом. 10. Органическое вещество, используемое при производстве красителей. 12. Комплекс нормативных требований к изделию. 13. Сходство предметов и явлений. 14. Инструмент для получения тонких срезов. 15. Раздел физики. 20. Затвор, периодически перекрывающий световой поток. 21. Легендарный крейсер. 22. Двухместный велосипед. 24. Медленное отступление моря от берегов. 28. Очертание предмета. 30. Знак препинания. 31. Разновидность корунда. 32. Магнитный сплав.