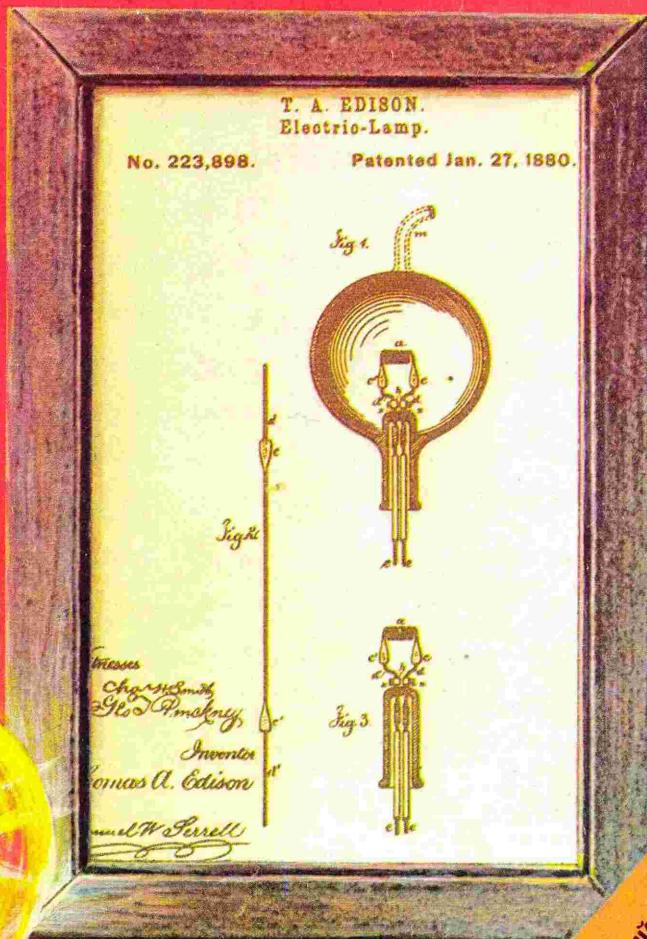


ЭНЕРГИЯ

ENERGY

ЭКОНОМИКА · ТЕХНИКА · ЭКОЛОГИЯ

1'88



ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ
ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ ЖУРНАЛ
ПРЕЗИДИУМА АН СССР



ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ
ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ
ЖУРНАЛ ПРЕЗИДИУМА
АН СССР

Издается с 1984 г.

ЭКОНОМИКА · ТЕХНИКА · ЭКОЛОГИЯ

1'88

ЭНЕРГИЯ

ENERGY

2 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ПРОГРЕСС

(беседа Владимира Красина и Андрея Антонова с министром электротехнической промышленности СССР О. Г. Анфимовым)

10 В. А. КУЗЬМИНОВ

Энергетические проблемы XXI века

14 А. ДОБРОХОТОВ, А. АЛЕКСАНДРОВ

«Электро-87»

18 ЭНЕРГЕТИКА И КЛИМАТ ПЛАНЕТЫ

(беседа Александра Вавилова с академиком В. А. Легасовым и кандидатом технических наук И. И. Кузьминым)

24 И. ГОЛЬМАН, И. ФАТКИН

Славутич

30 И. П. НОВИКОВ, Л. Д. ШОР

Северный вариант

35 Вячеслав МАРКИН

Происхождение нефти — третья концепция

39 Е. И. ЯНТОВСКИЙ

Повернуть к солнцу

42 Сергей ПШИРКОВ

Из Петербурга в Царское Село

46 К. П. ИВАНОВ

К.п.д. живого

51 А. Л. ГОРШКОВ

Развивающиеся страны: энергия — источник жизни

55 Р. ЛЕОНИДОВ

«Черной молнии подобный»

56 А. М. ШАФИР

В условиях временного дефицита энергоресурсов

58 Станислав ЛЕМ

Сказка о короле Мурдасе



Информация. В пользу экологии (34) * Лечение холодом (38) * Антикоррозийные «рубашки» для труб (38) * Два генератора — пара (41) * Лампочка с ... магнитом (41) * Кто ищет — тот всегда найдет (41) * Реактор-универсал (45) * Работают микроорганизмы (54) * Okolo 3000 случаев... (57) * Тент для судна (57)

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ПРОГРЕСС

Определяя стратегические направления экономического и социального развития СССР на XII пятилетку и на период до 2000 года, XXVII съезд КПСС подчеркнул ответственную роль электротехнической промышленности в качественном преобразовании производительных сил, переводе экономики на рельсы всесторонней интенсификации.

— Почему такое значение придается возглавляемой Вами отрасли?

С этого вопроса наши корреспонденты Владимир Красин и Андрей Антонов начали беседу с министром электротехнической промышленности СССР Олегом Георгиевичем АНФИМОВЫМ.

— От того, насколько машиностроение обеспечено генераторами и трансформаторами, электродвигателями и выключателями, преобразователями и лампочками, кабелями и проводами, аккумуляторами и гальваническими элементами и от того, насколько совершены и добротны эти изделия, зависит рост электрооруженности множества производственных процессов, а значит — и рост производительности труда, экономия рабочего времени, материальных, трудовых и энергетических ресурсов.

Наша отрасль объединяет более четырехсот предприятий и более ста научно-исследовательских, проектно-конструкторских и технологических организаций, распо-

ложенных во всех союзных республиках. Огромна номенклатура. Она насчитывает более 80 тысяч различных изделий, необходимых для производства электроэнергии, ее передачи, преобразования и повсеместного использования. А потребители электрооборудования — это все, без исключения, отрасли народного хозяйства.

Само электротехническое производство потребляет сравнительно немногую энергию, но материалоемкость его огромна. По использованию проката черных металлов, в основном специфического и дорогостоящего, оно занимает одно из первых мест во всем машиностроении. Кроме того, электротехническая промышленность — крупный потребитель меди, свинца, алю-

миния, электроизоляционных пленок, бумаги. Доля стоимости этих и других материалов в общей стоимости продукции отрасли составляет в среднем от 70 до 80 %.

Поэтому работники отрасли стремятся к тому, чтобы добиться максимальной экономии ресурсов, в том числе топливно-энергетических.

Большое значение придается вопросам экономного расходования электроэнергии. Если говорить, скажем, об электроприводе, то эта проблема особенно остро стоит, когда дело касается установок и устройств с асинхронными двигателями, потребляющими 50—60 % всей вырабатываемой электрической энергии. Разработанные отечественной промышлен-

ностью многофункциональные энергосберегающие регуляторы напряжения, изменяющие напряжение питания асинхронного двигателя в функции нагрузки, повышают энергетические показатели и снижают энергопотребление. Совмещение в регуляторе нескольких функций позволяет помимо экономии электроэнергии повысить срок службы и надежность асинхронного двигателя, отказаться от ряда элементов пусковой и защитной аппаратуры, а также повысить к. п. д. на 2—5 %. Над этим сейчас работает коллектив московского машиностроительного завода имени Владимира Ильича.

— Олег Георгиевич, Вы сейчас назвали одну из важнейших задач отрасли...

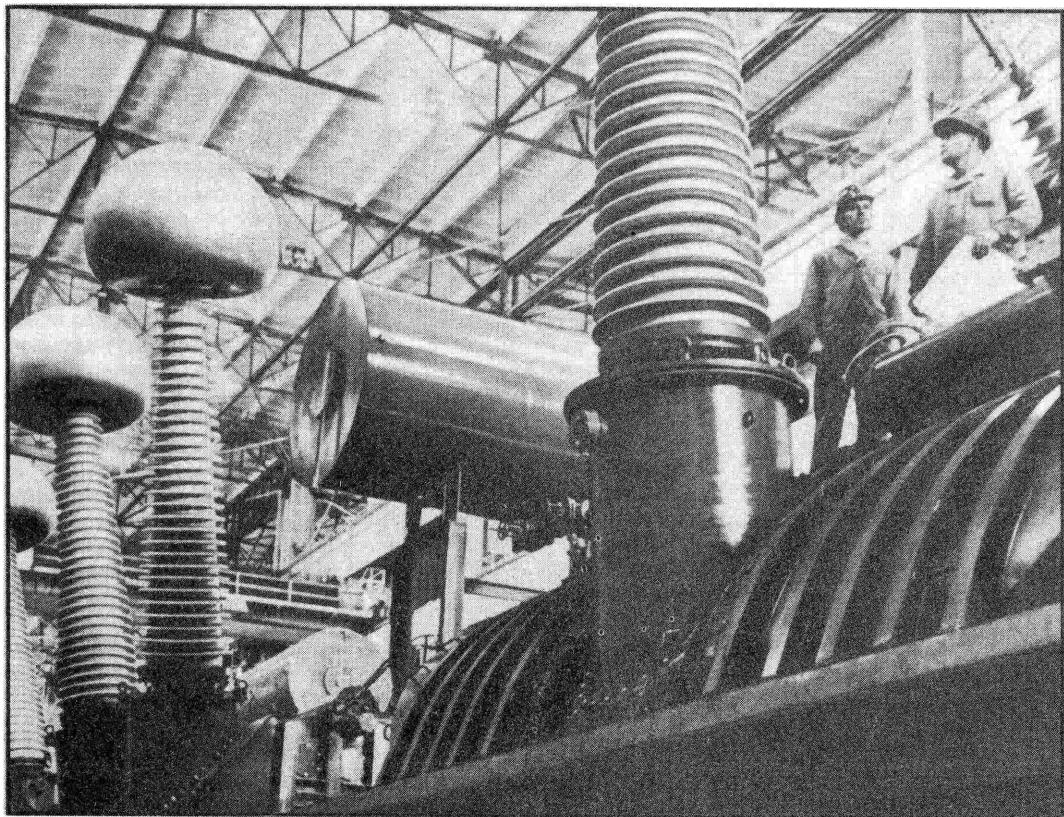
— Да, одну из многих. Мы должны вывести все главные виды электротехнической продукции на мировой уровень, одновременно увеличив объем производства почти в 1,5 раза без привлечения дополнительных ресурсов, — материальных и трудовых.

В ряду важнейших задач особое место занимают те, которые связаны с реализацией Энергетической программы СССР. Это прежде всего создание и развитие производства высоконадежного электрооборудования для электри-

ческих станций и сетей, горнодобывающей, нефтяной и газовой промышленности — одним словом, всего, что входит в понятие — топливно-энергетический комплекс страны.

— Олег Георгиевич, Энергетической программой СССР предусматривается значительное увеличение выработки электроэнергии, проведение активной ресурсосберегающей политики, всемер-

В цехе производственного объединения «Запорожтрансформатор» имени В. И. Ленина: идет сборка мощного трансформатора



ная экономия. Какова в этом роль вашей отрасли?

— Быстрое наращивание энергетического потенциала обусловлено возрастанием единичных мощностей турбо- и гидрогенераторов — важнейших компонентов энергоблоков. Так, если 15 лет назад наивысшая единичная мощность турбогенераторов равнялась 200 и 300 тыс. кВт, то сегодня она поднялась до 1000 и 1200 тыс. кВт.

Какой выигрыш полу-

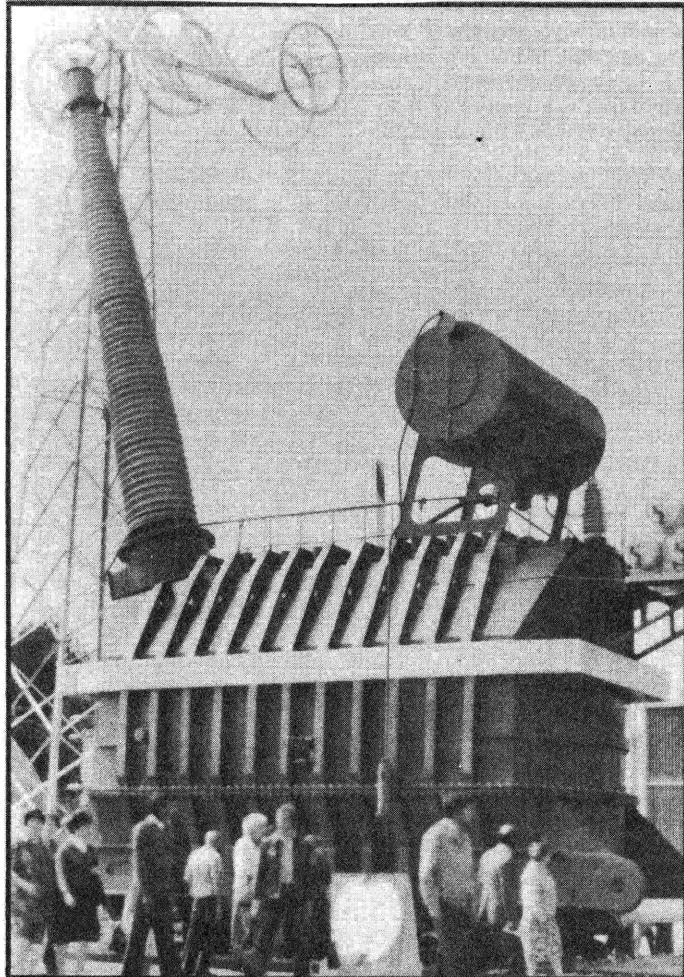
чает энергетика от повышения единичной мощности генераторов? Если, скажем, проектная мощность ГРЭС составляет 2400 тыс. кВт, то она может быть достигнута установкой либо трех энергоблоков мощностью по 800 тыс. кВт, либо восьми мощностью по 300 тыс. кВт каждый.

В первом случае удельные капиталовложения снижаются на 10,6 %, трудозатраты — на 30 %, расход топлива — на 4 %, а производительность

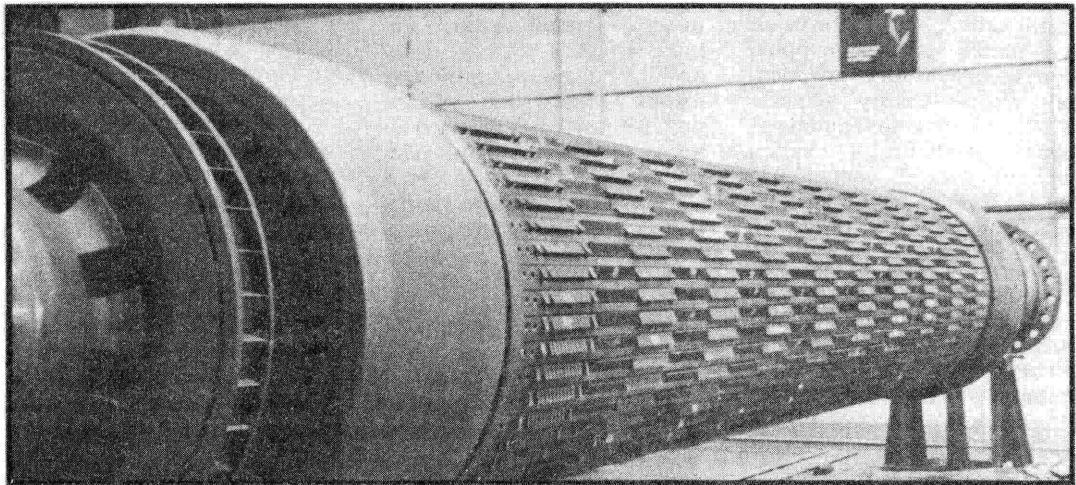
труда при эксплуатации возрастает на 42 %. Единичная мощность турбогенераторов увеличивается каждые 7–10 лет. Если в 1985 г. удельный вес турбогенераторов мощностью 800–1200 тыс. кВт в общем объеме выпуска этих машин составлял 23 %, то к 2000 году он должен возрасти до 35 %.

На передовых позициях в мире находится и наше гидрогенераторостроение. Жемчужины советской гидроэнергетики — Братская, Красноярская и Саяно-Шушенская ГЭС, другие электростанции Сибири и Дальнего Востока, Средней Азии, Закавказья оснащены отечественными гидрогенераторами, в конструкциях которых воплощены идеи автоматизированного управления процессом выработки и распределения электроэнергии. Единичная мощность гидрогенераторов Красноярской ГЭС равна 500 тыс. кВт, а Саяно-Шушенской ГЭС — 640 тыс. кВт. По всем параметрам эти машины отвечают высшему мировому уровню. До 2000 года предусматривается создание гидрогенераторов мощностью до 1 млн. кВт.

Однако сегодня первостепенное внимание электромашиностроители сосредоточили на проблемах надежности и качества. Эти проблемы, как не раз подчеркивал М. С. Горбачев,



Шунтирующий реактор для компенсации зарядной мощности на ЛЭП напряжением 1150 кВ переменного тока. Изготовлен в московском производственном объединении «Электрозвод» имени В. В. Куйбышева



Ленинградское электромашиностроительное объединение «Электросила» имени С. М. Кирова: изготовлен ротор турбогенератора ТВВ-800-2 мощностью 800 тыс. кВт

сама жизнь поставила в центр перестройки.

Поиск эффективности путей повышения надежности турбогенераторов привел ученых и инженеров к мысли использовать в их конструкциях полное водяное охлаждение обмоток статора и ротора. Два первых турбогенератора единичной мощностью 800 тыс. кВт, получивших название «три воды», проходят опытную эксплуатацию на Рязанской ГРЭС.

Надежностью отличаются также турбогенераторы единой унифицированной серии на мощности от 63 до 800 тыс. кВт. Унифицированная серия турбогенераторов создана впервые в мировой практике коллективными усилиями специалистов объединения «Электросила», Лысьвенского турбогене-

раторного завода и завода «Сибэлектротяжмаш», а также головного научного центра отрасли ВНИИэлектромаш. Разрабатывалась серия по международной комплексной программе стран — участниц Интерэлектро.

Турбогенераторы единой серии отличаются улучшенными техническими и эксплуатационными параметрами, сниженной удельной материалоемкостью, а главное допускают до 300 пусков в год, не требуя ремонта в течение по меньшей мере пяти лет. Надежность этих машин не снижается и при маневренных режимах эксплуатации.

Первоочередная задача отрасли сейчас состоит в том, чтобы ускоренными темпами наращивать в текущей пятилетке выпуск этих высокоэкономичных энергетических машин. С полным освоением единой серии турбогенераторов будет ежегодно сберегаться более 125 млн кВт·ч электроэнергии, а общий экономический эффект от их использования превы-

сит 40 млн. руб. Энергетикам уже поставлен первый турбогенератор мощностью 800 тыс. кВт для работы с негорючими жидкостями, что должно резко снизить пожароопасность в аварийной ситуации.

Хотелось бы сказать и о таком крупном резерве повышения технических характеристик и надежности энергетического оборудования, как использование в нем электронных, и в первую очередь, микропроцессорных систем управления и диагностики. К примеру, турбогенераторы, работающие на Западной ГРЭС, оснащены регуляторами возбуждения сильного действия, выполненные на базе микропроцессорных средств управления. Благодаря этому обеспечена непрерывная круглосуточная работа энергоблока при минимальных затратах на обслуживание.

Вообще всемерному развитию работ по оснащению турбо- и гидрогенераторов микропроцессорными средствами управле-

ния и диагностики министерство уделяет большое внимание. На сегодня удельный вес генераторов, соответствующих мировому техническому уровню в общем объеме производства важнейших видов продукции, составляет 88 %. Рубеж, который должен быть достигнут к 1990 г., определен в 99 %.

Хотелось бы сказать еще вот о чем: для такой страны, как Советский Союз очень актуальна проблема передачи электроэнергии на дальние расстояния и устойчивости энергоснабжения. Наиболее экономичный путь ее решения — образование Единой энергетической системы СССР на базе системообразующих сетей сверхвысокого напряжения.

Именно поэтому Энергетическая программа СССР предусматривает развитие электрических связей за счет строительства линий электропередач напряжением 750 и 1150 кВ переменного тока и 1500 кВ постоянного тока. Такие линии позволят вовлечь в общий электробаланс страны огромные топливные ресурсы Северного Казахстана и Восточной Сибири и обеспечить электроэнергией промышленные районы Центра, Урала, Сибири, Дальнего Востока.

— Олег Георгиевич, что дает использование явления сверхпроводимости для электротехнической промышленности и какое практическое применение оно находит в отрасли?

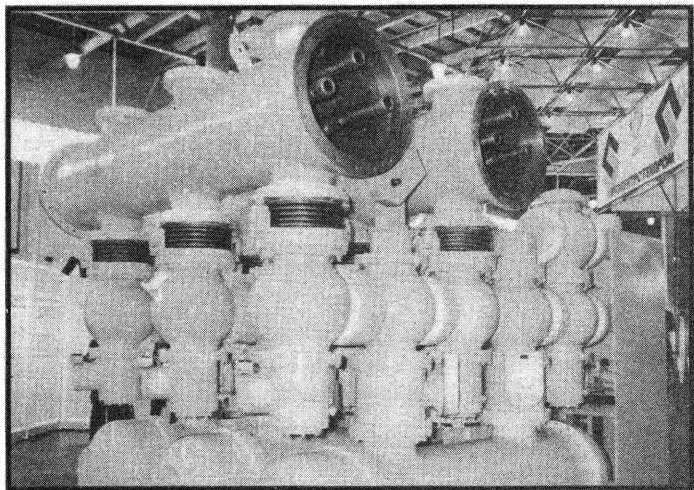
Малогабаритный вакуумный выключатель

— Использование сверхпроводимости в конструкциях электрических машин и кабелей — один из принципиально новых путей повышения единичной мощности и надежности энергетического оборудования. Возможность и эффективность этого теоретически была доказана в ходе совместных исследований ученых АН СССР и ВНИИЭлектромаша. Сегодня в цехах объединения «Электросила» изготовлен первый в мировой практике турбогенератор

мощностью 300 тыс. кВт, имеющий сверхпроводящую обмотку. По сравнению с традиционными аналогами он имеет почти вдвое меньшую массу и на 0,5—0,6 % больший к. п. д. Идут работы по созданию криогенного турбогенератора мощностью 1000—1200 тыс. кВт. Использование в этих машинах «теплых» сверхпроводников позволит значительно сократить эксплуатационные расходы.

Перспективны также сверхпроводящие кабели,





Комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией на 1150 кВ

позволяющие значительно снижать потери энергии и повышать эффективность многих энергетических объектов. Такие кабели были созданы во Всесоюзном НИИ кабельной промышленности. Сегодня уже выпускается широкая гамма сверхпроводящих обмоточных проводов.

— Какие меры принимает штаб отрасли по повышению эксплуатационной надежности высоковольтного оборудования?

— Главная стратегическая линия, которую мы определили совместно с Минэнерго СССР — перейти в текущей пятилетке на выпуск экономичных и надежных высоковольтных аппаратов: выключателей, контакторов, комплектных распределительных устройств (КРУЭ), в которых использован вакуум и элегаз (шестифтористая сера).

Применение элегазовой изоляции в высоковольтной аппаратуре — это крупный резерв ресурсосбережения. Достаточно сказать, что при замене традиционных распределительных устройств устройствами с элегазовой изоляцией в 10 раз сокращается площадь подстанций, а это чрезвычайно важно для любого промышленного центра или густонаселенного города. Кроме того, на 20—30 % снижается численность обслуживающего персонала, а расход металла на каждую сотню распределительных ячеек уменьшается на 2,5 тыс. т.

Пока что в ленинградском объединении «Электроаппарат» освоен выпуск КРУЭ на 110 и 220 кВ. Специалисты Всесоюзного электротехнического института имени В. И. Ленина смакетировали образец первого в мировой практике КРУЭ на 1150 кВ, с применением которого площадь подстанций сократится в 20 раз. Массовое изготовление КРУЭ на все классы

напряжения, вплоть до 750 и 1150 кВ — важнейшая позиция производственного плана отрасли на текущую пятилетку.

Мы стремимся поднять на высший мировой уровень и трансформаторостроение. Проблему удовлетворения потребностей народного хозяйства во всех видах трансформаторного оборудования можно считать решенной. Каждый мощный трансформатор будет оснащен современными средствами диагностики. Частично эти требования уже заложены в стандарты.

— Олег Георгиевич, сегодня 97 % получаемой энергии производится за счет сжигания угля, нефти, газа. Что делается для того, чтобы облегчить добывчу этого сырья, а добывшее использовать с максимальным экономическим эффектом?

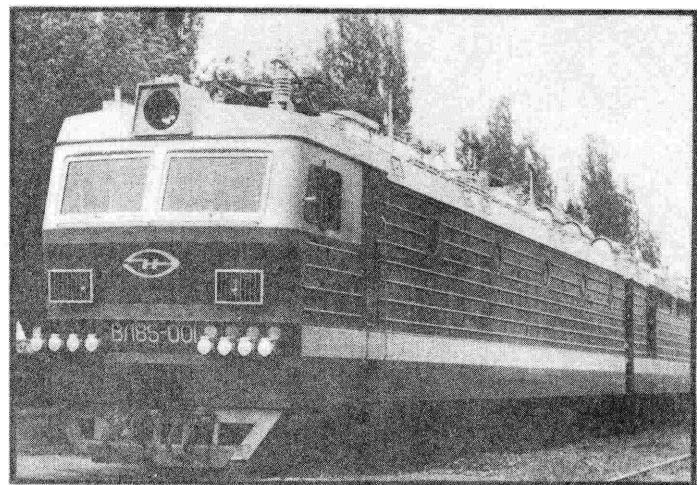
— В системе Минэлектротехпрома уже много лет функционирует крупное научно-производственное объединение «Взрывозащищенное электрооборудование», расположеннное в Донецке. За последние годы создан комплекс взрывозащищенного электрооборудования на повышенное напряжение 1140 В вместо традиционных 660 В. Это позволит в 3—4 раза поднять производительность шахтных машин.

В XII пятилетке большое внимание уделяется созданию и внедрению взрывозащищенного оборудования на 6—10 кВ. Объединение планирует обеспечить шахтеров комплексом электрооборудования, который, заменив

пневматический привод, обеспечит эффективную работу добывающих машин в шахтах с наклонными и крутопадающими пластами. Расход энергии благодаря этому снизится в 3—4 раза, и будет сэкономлено около 1800 млн. кВт · ч электроэнергии в год.

На открытых горных разработках в Канско-Ачинском, Экибастузском, Южно-Якутском угольных бассейнах работают одноковшовые и многоковшовые экскаваторы большой единичной мощности. Созданием специального экскаваторного оборудования заняты многие научные и производственные коллективы отрасли, возглавляемые научно-техническим центром ВНИИэлектропривод. Их цель — удовлетворить чрезвычайно жесткие требования горняков: электрооборудование должно обеспечивать надежную работу экскаваторов и других горнодобывающих механизмов при сильных морозах (до -50°C), резких перепадах температур, постоянной вибрации, больших перегрузках, в условиях снежных и пыльных бурь и т. п. Этим требованиям отвечает электротехнический комплекс, разработанный специалистами ВНИИэлектропривод для карьерного экскаватора ЭКГ-20.

Электротехники несут большую ответственность и за решение проблем транспортировки угля к месту потребления. А их возникает немало. Глубина крупных карьеров достигла 150 и более метров. Соответственно потребовались и новые типы



электроподвижного состава с более высокими тяговыми свойствами и большей маневренностью. Таковы новые модели тяговых агрегатов и промышленных электровозов, изготовленных Днепропетровским и Новочеркасским электровозостроительными заводами.

В текущей пятилетке специальным электротехническим комплексом должны быть оснащены карьерные автосамосвалы грузоподъемностью 230—250 т. С появлением таких автосамосвалов перевозки горной массы возрастут на 6 %, а производительность на 45 %.

От нас зависит электрификация и автоматизация процессов бурения скважин, извлечения нефти из глубинных пластов, промышленного освоения нефтяных месторождений континентального шельфа. К 1990 г. парк буровых установок полностью обновится, он будет оснащен в основном комплектными тиристорными электроприводами, что по-

магистральный двухсекционный электровоз ВЛ-85 может вести составы массой 8—10 тыс. тонн в суровых условиях БАМа. Изготовлен Новочеркасским электровозостроительным заводом

зволит повысить производительность буровых на 20—30 % и увеличить срок их службы до 10 лет.

— Олег Георгиевич, на июньском (1987 г.) Пленуме ЦК КПСС рассматривался вопрос о совершенствовании экономического механизма управления. Как на практике идет замена административных методов управления экономическими?

— Министерство выступило с рядом предложений по переводу отрасли на полный хозрасчет и самофинансирование. При этом был учтен опыт, накопленный в условиях экономического эксперимента. С целью внедрения полного хозяйственного расчета предлагается перейти на принципиально новую систему образования фон-

да оплаты труда, в зависимости от хозрасчетного дохода предприятия. Чем больше экономия, тем больше и доля, которая остается у предприятия для заработной платы и материального стимулирования. Новая экономическая ситуация обеспечит жесткую необходимость зарабатывать нужные средства, постоянно считать доходы и убытки. Чтобы повысить мобильность обновления продукции, министерство считает

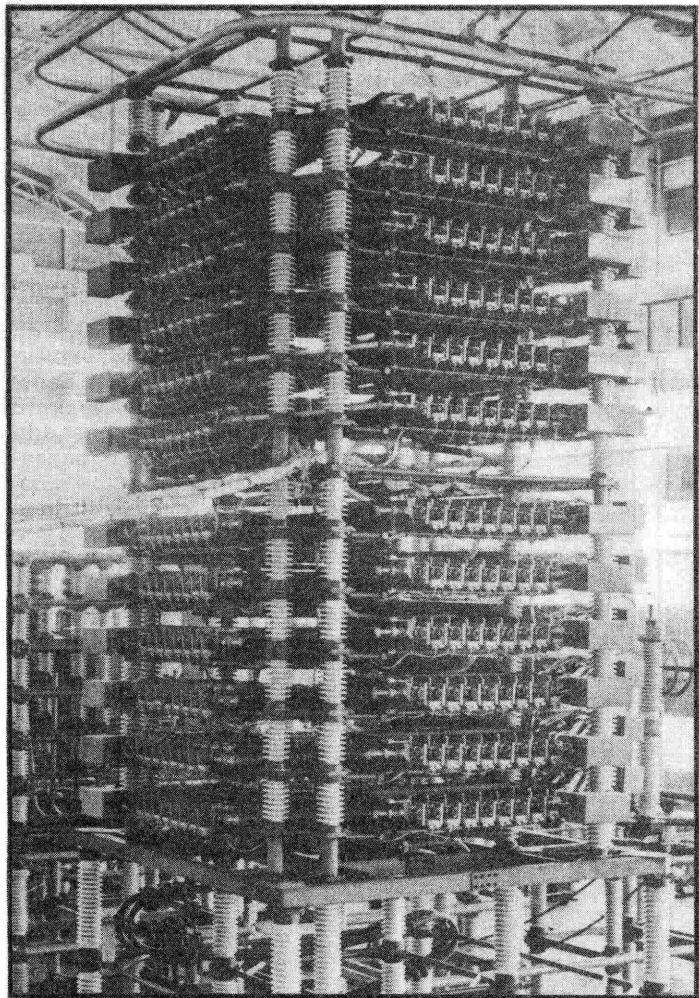
целесообразным организовать отраслевой фонд регулирования цен за счет частичных скидок и надбавок к оптовым ценам. Такая мера позволит предприятиям обеспечить соответствующие условия для быстрейшего освоения и наращивания выпуска новой продукции, которая пользуется повышенным спросом. Предприятие должно получить право сделать надбавку к оптовой цене изделия, если его выпуск дополнительно

включается в план или же возникает необходимость поставить его раньше договорного срока.

— И последний вопрос. Что делается для того, чтобы отрасль работала стабильно и постоянно повышала качество своей продукции? Как обстоит дело с конкурентоспособностью ваших изделий на мировом рынке?

— Отвечая на первую часть вопроса, повторю: хозрасчет, непосредственная заинтересованность предприятий. А в отношении международного престижа наших изделий могу сказать следующее: продукцию отрасли покупают 84 государства в том числе 40 капиталистических. Мы успешно сотрудничаем с фирмами Италии, Японии, ФРГ, Финляндии и других стран. В Минэлектротехпроме создана внешнеторговая хозрасчетная организация — Всесоюзное объединение «Совэлектро», которой предоставлено право ведения экспортно-импортных операций. Кроме того, в крупнейших объединениях отрасли созданы свои хозрасчетные внешнеторговые фирмы.

Одним словом, вся наша деятельность сегодня направлена на то, чтобы внести свой вклад в решение народнохозяйственных проблем.



Мощный тиристорный преобразователь — основа электропередачи постоянным током при напряжении 1500 кВ

Энергетические проблемы **XXI века**

Ученый секретарь Советского
организационного комитета
XI Международного научного
форума по энергетике
кандидат технических наук
В. А. КУЗЬМИНОВ

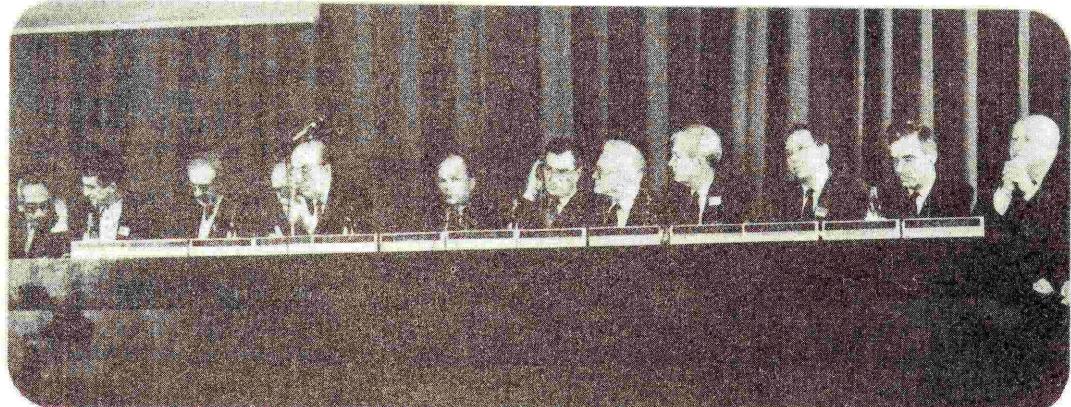
Осенью прошлого года в Москве состоялся одиннадцатый Международный научный форум по энергетическим проблемам XXI века.

Это совещание расценивается многими специалистами как отправная точка новой серии международных научных форумов по энергетике, которые детально рассматривают ключевые проблемы развития мирового топливно-энергетического хозяйства.

XI Международный научный форум по энергетике проходил под девизом «Энергетические проблемы XXI века: сегодняшние подходы к решению проблем завтрашнего дня». В его работе приняли участие около пятисот ведущих специалистов-энергетиков, общественных деятелей и представителей деловых кругов из 32 стран. Впервые в подобном форуме приняли деятельное участие ученые из социалистических и развивающихся стран. В организации и проведении фо-

рума участвовали ЮНЕСКО и ЮНЕП, а также представители Совета Экономической Взаимопомощи, Комиссии Европейских Сообществ, Международного энергетического агентства и Организации экономического сотрудничества и развития. Всё это свидетельствует об исключительном интересе к текущим и пер-

Президиум XI Международного научного форума по энергетике



спективным проблемам энергетики со стороны научных и общественно-политических кругов многих стран и регионов.

Открыл форум председатель Советского организационного комитета, вице-президент АН СССР академик Е. П. Велихов.

Он огласил приветствие Президиума Верховного Совета СССР участникам форума. В приветствии подчеркивалось, что энергетика стала одной из важнейших отраслей как мировой экономики в целом, так и экономики отдельных стран, поэтому внимательное рассмотрение перспектив развития энергетики, решение энергетических проблем требуют объединения усилий ученых, специалистов и общественных деятелей всего мира.

Московский форум обсудил узловые вопросы развития мирового топливно-энергетического хозяйства до конца века, а также в более длительной перспективе:

- общие проблемы производства и потребления энергии;
- роль природного газа в энергетическом хозяйстве XXI века;
- уголь и новые технологии его использования как важный компонент мирового топливно-энергетического комплекса;
- новые источники энергии и энергетические технологии;
- перспективы использования управляемого термоядерного синтеза в XXI веке;
- проблемы развития ядерной энергетики;
- международное сотрудничество в области энергетики и стабильность мирового сообщества в конце XX и начале XXI веков.

На рабочих сессиях, посвященных этим проблемам, было заслушано и обсуждено 75 докладов и сообщений. Работой сессий и дискуссиями руководили такие известные специалисты-энергетики из СССР, как академики М. А. Стырикович, К. С. Демирчян, Б. Б. Кадомцев, члены-корреспонденты АН СССР А. А. Макаров, Н. Н. Пономарев-Степной, В. А. Сидоренко, профессора Э. Э. Шпильрайн, Е. М. Шелков, А. В. Недоспасов, А. А. Кокошин, профессора Ж. Кутюр, П. Залески (Франция), Б. Курсуноглу, Э. Вайнберг, М. Алонсо, А. Тривелпис, Г. Шуллер (США), Н. Буш (Дания), К. Салветти (Италия), Х. Мессерле, Д. Кирквуд (Австралия), Ш. Мэссионье (Комиссия Европейских Сообществ), Г. Велларде (Испания), С. Буссена (Алжир), Н. Афган (СФРЮ).

Энергетика, как отмечалось на форуме,

является одной из самых чувствительных отраслей мирового хозяйства, влияние на нее оказывают многие факторы социально-экономического развития. Именно поэтому неустойчивость энергетического хозяйства, и прежде всего цен на энергоресурсы, служит основным дестабилизирующим фактором мировой экономики, приводящим даже к военным конфликтам.

Ученые, принимавшие участие в работе форума, призвали к сохранению мира на основе развития международного сотрудничества в области энергетики и сокращению вооружений, которое высвободит значительные финансовые ресурсы и материалы, необходимые и для решения конкретных энергетических проблем, и для повышения жизненного уровня людей.

На форуме было отмечено, что неотложного решения требуют экологические проблемы энергетики, путь к которым лежит через создание новых, экологически более чистых технологий. Это позволит шире использовать уголь, запасы которого в мире позволяют в значительной степени обеспечить энергетические потребности человечества в XXI веке.

Ядерная энергетика будет развиваться в XXI веке, однако она должна базироваться на реакторах с повышенной степенью надежности. Перед специалистами, работающими в ядерной энергетике,

Вручение Памятной медали Фарадея вице-президенту АН СССР академику Е. П. Велихову



ке, стоит задача по созданию реакторов со 100 %-ной безопасностью. Неисчерпаемые энергетические возможности для человечества открывают управляемый термоядерный синтез, новые и возобновляемые источники энергии, высокоэффективные энергетические технологии, такие как МГД-метод преобразования энергии.

В торжественной обстановке вице-президенту АН СССР академику Е. П. Велихову была вручена Памятная медаль Фарадея — почетная награда, установленная Международной группой связи по

МГД-методу преобразования энергии и ЮНЕСКО. Медаль присуждена академику Е. П. Велихову за выдающийся вклад в решение теоретических и прикладных проблем МГД-технологий, а также в развитие и укрепление международного научно-технического сотрудничества в данной области.

В завершающий день форума было принято совместное Обращение Планирующего комитета и участников XI Международного научного форума по энергетике к мировой общественности.

ОБРАЩЕНИЕ

ПЛАНИРУЮЩЕГО КОМИТЕТА И УЧАСТНИКОВ ХI МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНОГО ФОРУМА ПО ЭНЕРГЕТИКЕ К МИРОВОЙ ОБЩЕСТВЕННОСТИ

Близится последнее десятилетие XX века. Этот век ознаменовался огромными достижениями науки и техники, коренным образом изменившими образ жизни людей.

Все эти достижения шли параллельно, а некоторые были непосредственно связаны с бурным развитием энергетики. Сегодня потребление энергии в мире достигло огромной цифры в 300 Экзаджоулей в год, или 7 млрд. т нефтяного эквивалента. Сегодняшняя задача — создать надежную систему энергообеспечения для XXI века. Решение этой задачи и явилось темой обсуждения на форуме.

Несмотря на то, что все элементы топливно-энергетического комплекса, включая системы производства, преобразования, транспорта и потребления энергии, не прерывно совершенствуются, увеличение национального дохода требует соответствующего роста потребления энергии. Это может быть достигнуто увеличением добычи топлив, строительством новых, более эффективных, электростанций, трубопроводов, линий электропередачи и т. п.

Сегодня мы сознаем, что дальнейшее экстенсивное развитие энергетики невозможно. Это связано с ограниченностью

Москва, СССР, 6 октября 1987 г.
энергетических ресурсов, неравномерностью их распределения в мире, огромной капиталоемкостью топливно-энергетического комплекса, все возрастающим отрицательным воздействием его на окружающую среду.

Планирующий комитет и участники XI Международного научного форума по энергетике, обсудив на своих заседаниях сегодняшнюю энергетическую ситуацию в мире и в отдельных странах, рассмотрев перспективные разработки и прогнозные исследования, обращаются к мировой общественности и отмечают:

1. Потребности человечества в энергии будут возрастать и далее, и это особенно относится к развивающимся странам, энерговооруженность которых очень низка. Задача состоит в том, чтобы найти способы уменьшить темпы роста потребления энергии, не уменьшая темпов роста национального дохода стран. Для этого прежде всего необходимо обеспечить разумную экономию энергии во всех звеньях от источников энергии до потребителей.

2. Особено важно уменьшение потребления нефти и нефтепродуктов, колебание цен на которые стало одним из

дестабилизирующих факторов мировой экономики и может вызвать серьезные конфликты. Прямая экономия нефтяных топлив путем усовершенствования потребляющих их устройств и замена их менее дефицитными топливами является одной из важнейших задач на ближайшую перспективу.

3. Доля электроэнергии в общем энергетическом балансе возрастает быстрее, чем общая потребность в энергии. Форум рассматривает эту тенденцию как прогрессивную, ибо электроэнергия позволяет увеличить производительность и качество труда, внедрять автоматизацию, использовать новые прогрессивные технологии, улучшать уровень жизни людей. Увеличение производства электроэнергии потребует строительства новых электростанций и реконструкции существующих. И в том и в другом случае необходимо повышать их коэффициент полезного действия. Как дополнительный источник электроэнергии должно рассматриваться и повышение эффективности электропотребляющих приборов и устройств.

4. Энергетика тесно переплетена с экологией. Все более жесткие ограничения на различные вредные выбросы ставят перед энергетиками новые задачи, которые надо решать, разрабатывая эффективные и дешевые технологии. Использование органического топлива неминуемо влечет за собой выбросы в атмосферу веществ, включающих окислы, вызывающие кислотные дожди, углекислый газ, увеличение концентрации которого чревато глобальными изменениями климата. Атомные электростанции лишены некоторых из этих недостатков. Вместе с тем должны быть приняты все меры, чтобы обеспечить надежность и безопасность работы атомных электростанций.

5. Очевидно, что энергетика XXI века не будет просто расширенной и улучшенной копией того, что в ней есть сегодня. Уже сегодня видны ростки новых тенденций, но нельзя предсказать, какие из них достигнут технологической зрелости и займут важное место на энергетической сцене. Управляемый термоядерный синтез, возобновляемые источники энергии, в том числе с передачей энер-

гии из космоса, водородная энергетика могут существенно изменить структуру энергетики мира в отдаленной перспективе. Глядя в будущее, надо эти направления всемерно поддерживать.

6. Энергетика по самой своей сути интернациональна. Международное сотрудничество в области энергетики обеспечит более быстрый прогресс на основных направлениях, позволит совместно осуществлять такие проекты, которые не под силу ни одной отдельной стране. Такое крупномасштабное сотрудничество в области энергетики должно быть организовано между различными странами, и, в частности, между Востоком и Западом. Эти усилия могли бы включать объединенные исследования в области управляемого термоядерного синтеза, а также в области ядерных реакторов с повышенной степенью надежности.

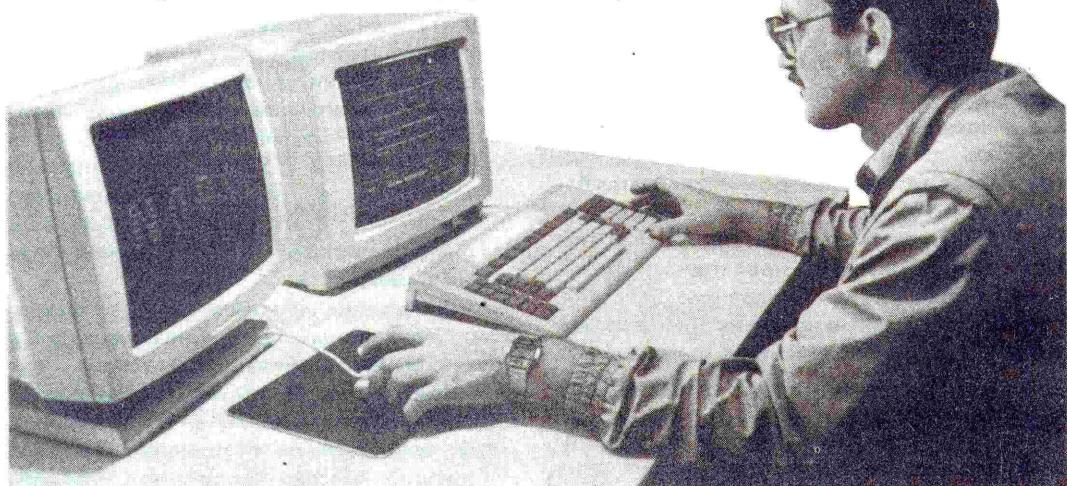
7. Энергетика является важным фактором, влияющим на экономическую и политическую стабильность. Усилия ученых, инженеров, экономистов, социологов, общественных деятелей, в той или иной мере вовлеченных в решение текущих и будущих проблем энергетики, должны быть объединены для укрепления стабильности на мировом и региональном уровнях.

8. Ввиду сложности проблем, относящихся к энергетическому сектору, необходимо подходить к их анализу с междисциплинарных позиций, поэтому желательно, чтобы Международный научный форум по энергетике через свой планирующий комитет создал международные рабочие группы для рассмотрения различных аспектов, например: урбанизация, новые энерготехнологии, защита biosfery, более эффективное использование ядерной энергии и др.

9. Все участники форума считают, что для решения проблем, стоящих перед человечеством, в частности, энергетических проблем, необходим прочный и надежный мир. Сокращение вооружений в мире может внести значительный вклад как путем оздоровления международного политического климата, так и предоставлением новых ресурсов и материалов для развития энергетики.

«ЭЛЕКТРО-87»

Международные выставки «Электротехническое оборудование и линии электропередачи», проводимые в Москве, стали традиционными. В очередной, четвёртой по счёту, проходившей в 1987 г., приняли участие 400 фирм из 21 страны.



А. ДОБРОХОТОВ, А. АЛЕКСАНДРОВ

Электротехника. Отрасль промышленности, с продукцией которой каждый из нас ежедневно соприкасается в быту и на производстве. Отсюда и высокий интерес специалистов, жителей и гостей столицы к ее международному смотру.

Давайте и мы совершим небольшую экскурсию, познакомимся с новыми образцами электротехнического оборудования и изделий.

В самом большом павильоне выставочного комплекса в Сокольниках разместилась советская экспозиция — более 1000 экспонатов. Как всегда, широко

представлены основные виды электрооборудования крупных энергетических систем: единая серия турбогенераторов мощностью от 63 до 800 тыс. кВт для тепловых и атомных электростанций, комплексы уникального оборудования для линий электропередачи напряжением 750 и 1150 кВ переменного тока и 1500 кВ постоянного тока, распределительные устройства 110—1150 кВ с элегазовой изоляцией, вакуумные выключатели 35 и 110 кВ и другая высоковольтная аппаратура.

Один экспонат хочется отметить особо. Недаром

считается, что эмблемой индустриализации мог бы стать электродвигатель. Сегодня электродвигатели потребляют половину всей вырабатываемой на планете электроэнергии. В промышленности СССР их установленная мощность достигла 550 млн. кВт. Огромная армия специалистов занята производством и обслуживанием электродвигателей, а на их изготовление ежегодно расходуются сотни тысяч тонн стали, огромное количество меди и других дорогостоящих материалов.

Тем значительнее работа интернационального коллектива социалистических

стран — членов международной организации «Интерэлектро», создавшего новую единую серию асинхронных электродвигателей АИ (асинхронные «Интерэлектро»). При их изготовлении будут ежегодно сберегаться тысячи тонн электротехнической стали; выше стал к. п. д., значительно снижен уровень шума. Эти электродвигатели можно по праву назвать жемчужиной экспозиции.

Если мощное высоковольтное оборудование пользуется наибольшей популярностью у специалистов, то к бытовой электротехнике неравнодушны все. И здесь советский раздел на высоте. Среди экспонатов — электромиксеры оригинальных кон-



струкций — «Ведуга» и «Машук», утюги с пароувеличителем и «качающимися» закреплением шнура, компактные и удобные в эксплуатации приборы для подогрева воздуха: электрорадиатор «Хавел-4», электроакамины мощностью по 1 кВт — «Каспий» и «Лилия-К» и даже электропрялка «Мизела», изделие, предназначенное, в основном, для сельских жителей.

В последнее время в большой моде бытовые электроприборы, позволяющие в домашних условиях принимать различные медицинские процедуры. Портативная баня БПБ-1 оказывает гигиени-

Асинхронные электродвигатели единой серии АИ

ческое и общеукрепляющее действие на организм человека. Причем установить ее можно не только в спортивном или лечебно-профилактическом учреждении, но и в обычной квартире.

Здесь представлена и серия электромассажных приборов. Как записано в инструкции к массажерам «Тонус-3» и «Тонус-4», эти приборы гарантируют тем, кто будет ими постоянно пользоваться, бодрость и свежесть на долгие годы.

Прежде чем покинуть советский павильон, задержимся перед стендами электроосветительной арматуры. В ассортименте различные светильники производственного назначения и бытовые, с улучшенным дизайном, при изготовлении которых применяется ряд декоративных материалов: керамика, фарфор, хрусталь, дерево. А созданные с использованием галоген-



Стиральная машина «ЗВИМИНИ»

ных ламп новые светильники величиной с карманный фонарик по мощности не уступают обычным.

Значительным числом образцов представлены фирмы ФРГ. Тут можно увидеть все — от микровыключателя до мощных металлообрабатывающих центров с программным управлением. Заслуживает внимания электрифицированный инструмент известной фирмы «AEG»: и технические характеристики высоки и выполнены превосходно. А как в работе?

Представитель фирмы убедительно ответил на этот вопрос. Он включил электродрель и просверлил несколько отверстий в толстой бетонной плите. Сверло входило в материал легко и быстро. Выяснилось, что дрель снабжена пневмоперфоратором — устройством, сообщающим рабочему органу возвратно-поступательное движение, и многоступенчатым регулятором скорости вращения. Пожалуй, столь эффективный электрический помощник пригодился бы любому новоселу.

Еще одну новинку демонстрирует концерн «Brown Bowery». На стенде обычные с виду розетки, только с дополнительным отверстием. В нем-то и секрет. Оказывается, чтобы обеспечить безопасную эксплуатацию электроприборов, их подключают к розетке не двумя, а тремя проводами. При коротком замыкании розетка мгновенно отключает поврежденный прибор. Усовер-

шенствование, заслуживающее внимания!

Многое можно рассказать об экспонатах ФРГ, имеющей давние традиции в электротехнике. Но нам пора в Международный центр торговли, что на Красной Пресне. Здесь в рамках «Электро-87» демонстрируют свою продукцию еще ряд стран. Крупнейшему нашему партнеру в этой области — Финляндии — организаторы выставки предоставили отдельный павильон. С него и начнем.

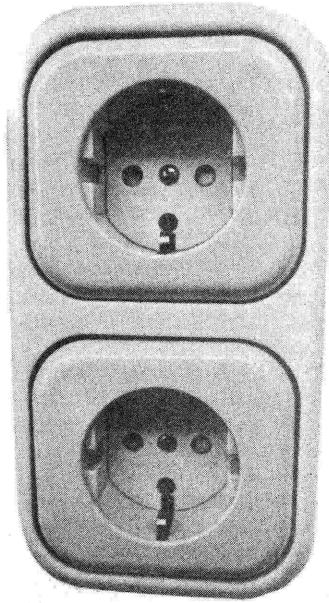
Сегодня уже никому не нужно объяснять, что от четкой работы эксплуатационного персонала энергетических объектов зависит многое. Понятен и интерес специалистов к полномасштабным тренажерам для атомных и тепловых электростанций, электрических сетей и систем фирм «AFORA». Тренажеры позволяют моделировать различные тех-

нологические процессы и аварийные ситуации,вести обучение обслуживающего персонала, тестировать профессиональную пригодность того или иного работника, в том числе и для работы в экстремальных условиях. Нелишне заметить, что это оборудование проходило «обкатку» на атомной электростанции «Ловисса» в Финляндии.

Фирма «NOKIA» хорошо известна в СССР. Она регулярно поставляет в нашу страну значительные партии электротехнических материалов и оборудования различного назначения. Вот, например, автоматизированная система контроля и учета товаров для крупных универмагов. В нее входит управляющая ЭВМ, электронные кассовые аппараты

Электродрель фирмы «AEG» (ФРГ)





Электроустановочная арматура концерна «Brown Bowery» (ФРГ)

ты, устройство для определения цен по спецмаркировке.

Наша экскурсия завершается в самом крупном павильоне выставочного комплекса на Красной Пресне.

У входа разместились стены ГДР. Много нового привезли немецкие друзья. Отметим автоматизированный комплекс для теплиц. Он управляет подачей воды и питательных веществ, регулирует температуру, влажность и освещенность, ведет наблюдение за ростом растений, записывает и хранит информацию. Эта установка позволяет снизить затраты электроэнергии на 5—10 % при одновременном повышении урожайности культур. В настоящее время она проходит испытания в тепличном хозяйстве под Ригой.

Неизменным успехом у посетителей пользуются экспонаты итальянских фирм. Расскажем лишь об одном из них. Это светильник фирмы «BEGHELLI», предназначенный для использования в аварийных ситуациях. Он получает питание не от электросети, а от батареи, срок службы которой 9 лет. Желая продемонстрировать прочность светильника, один из сотрудников фирмы встал на него ногами, а затем начал прыгать. Все попытки остановить темпераментного стендиста ни к чему не привели. Зато «испытания» прошли успешно: на прозрачной поверхности плафона не оказалось ни единой царапины.

Но, безусловно, самые популярные экспонаты на выставке — персональные компьютеры. С трудом удается пробиться к стенду австрийской компании «PROSYSTEM». Здесь собраны различные модели компьютеров — от «домашних» до профессиональных с многоцветной графикой.

Модель BW-8, размером с дамскую сумочку, имеет автономное питание, жидкокристаллический графический дисплей, накопитель информации емкостью 1 Мбайт. По вычислительным возможностям она превосходит известную у нас в стране весьма объемистую ЭВМ СМ-4.

Еще меньшие размеры имеет английская автономная система сбора данных «SOLARTRON», модель 3590. Она позволяет

получать информацию от 20 датчиков, обрабатывать ее, выводить на встроенный дисплей и печатать в удобной форме. Такой прибор заинтересует геофизиков, нефтяников и других специалистов, работающих в полевых условиях. Ведь масса его чуть больше 2,5 кг.

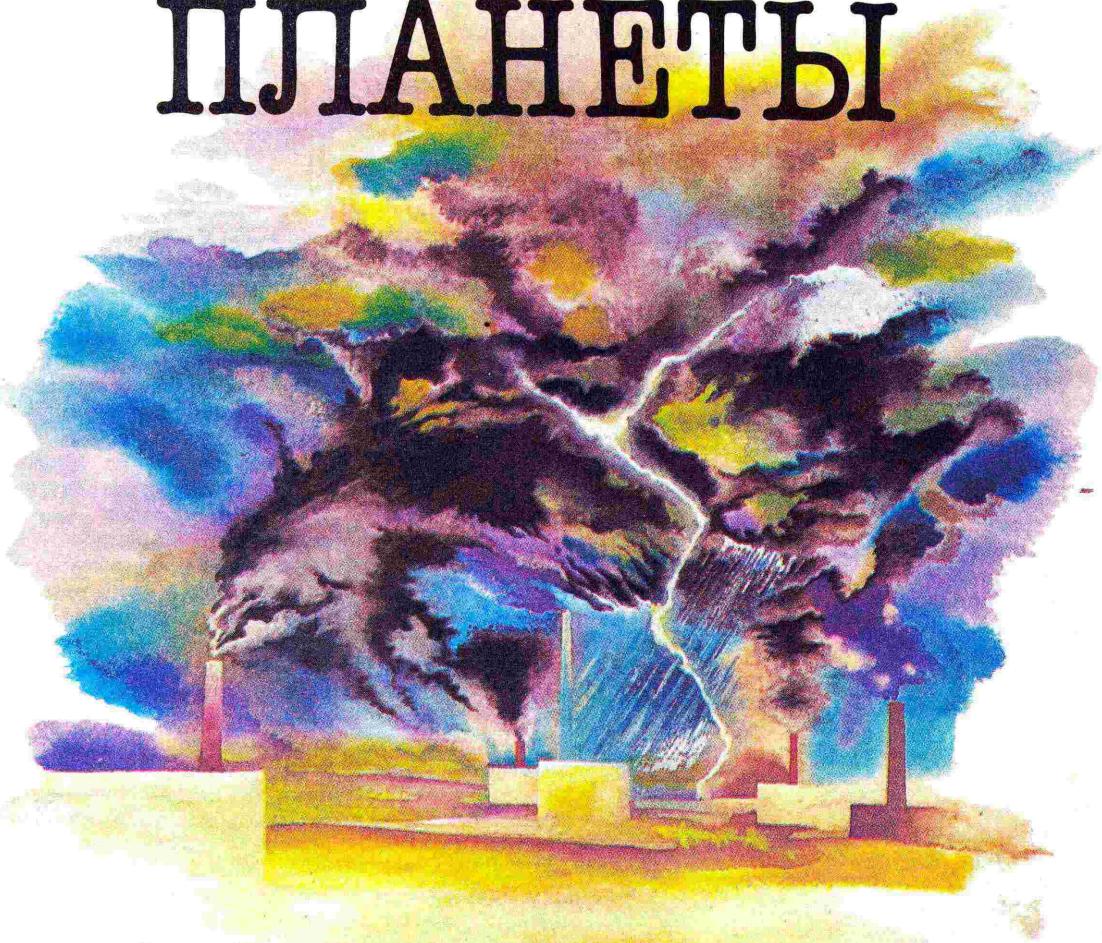
Подводя итоги, можно отметить возросший интерес зарубежных фирм к сотрудничеству с СССР. К примеру, американская компания «ALLEN-BRADLEY» ряд лет не имела контрактов и соглашений с советскими организациями. Теперь она готова организовать на базе одного из советских предприятий полигон своей продукции, чтобы выйти на наш внутренний рынок.

Однако не все партнеры стремятся к равноправному сотрудничеству. Некоторые предпочитают демонстрировать устаревшие образцы в надежде, что и так купят. Наверное, организаторам выставки нужно более тщательно производить отбор экспонатов.

В целом, международный смотр «Электро-87» несомненно удался. Выставка отразила возросший уровень электротехники в нашей стране и за рубежом, дала начало новым научно-техническим связям и коммерческим контрактам и несомненно будет содействовать развитию международного сотрудничества и кооперации.

Фото И. ФАТКИНА

ЭНЕРГЕТИКА И КЛИМАТ ПЛАНЕТЫ



В декабре 1986 г. в Советском Союзе состоялась 7-я сессия Международной комиссии по окружающей среде и развитию. Со всех концов земного шара прибыли в Москву видные общественные деятели и ученые, чтобы обсудить актуальные вопросы развития цивилизации, выработать стратегию и тактику совместных действий при решении глобальных экологических проблем.

В работе сессии приняли участие заместитель директора Института атомной энергии им. И. В. Курчатова академик В. А. ЛЕГАСОВ и ведущий научный сотрудник этого института И. И. КУЗЬМИН.

С ними беседует наш корреспондент Александр Вавилов.

МИНИМАЛЬНЫЙ ВАРИАНТ

Корреспондент. Ваш доклад на сессии был посвящен все возрастающему влиянию энергетики на климат планеты. В то же время уровень жизни общества как сейчас, так и в будущем во многом определяется его энергетическим потенциалом. Какими путями пойдет энергетика?

В. А. Легасов. Правильное решение проблемы энергообеспечения, основанное на адекватной оценке роли различных источников энергии в перспективном топливно-энергетическом балансе,— один из важнейших факторов дальнейшего экономического роста как отдельных государств и регионов, так и всей мировой экономики.

Именно поэтому исследованиям, посвященным стратегии развития энергетики, уделяется особое внимание, а в качестве обязательного условия выдвигается долгосрочная энергетическая программа, расчитанная на несколько десятилетий.

Дело в том, что энергетике как отрасли промышленности свойственна большая инерционность. Кроме того, ее капитало- и материалоемкость, а также трудоемкость крайне высоки. Так, доля основных подсистем топливно-энергетического комплекса СССР в суммарных капиталовложениях в промышленность приближается к 30 %. Почти столько же составляют и основные производственные фонды. В сфере топливно-энергетического комплекса занято до 15 % трудящихся страны.

История развития энергетики показывает, что перестройку топливно-энергетического баланса, переход от преимущественного использования одного источника энергии к другому можно осуществить лишь в течение многих десятилетий. Понадобилось около ста лет, чтобы доля угля в потреблении первичных энергоресурсов возросла с 1 до 50 %. А замещение угля нефтью и природным газом в странах Западной Европы продолжалось 30—40 лет. При этом доля замещающих источников энергии также возросла с 1 до 50 %.

Очевидно, что между конкретными мероприятиями энергетической политики и их социально-экономическими, экологическими и другими последствиями существует значительный интервал во времени. Поэтому важно заранее выявить потенциальные эффекты, которые могут возник-

нуть в отдаленной перспективе в результате осуществления той или иной стратегии.

Корреспондент. Известно, что в настоящее время в основу одной из наиболее разработанных версий долгосрочного развития энергетики в СССР и за рубежом положена концепция стабилизации численности населения и удельного (на душу населения), а значит и общего, энергопотребления. В чем суть этой концепции?

В. А. Легасов. Предполагается, что численность населения Земли должна стабилизироваться на уровне 10—12 млрд. человек. Значительно большая неопределенность в оценке удельного энергопотребления. В различных работах называются цифры от 50 до 175 тыс. кВт · ч первичной энергии на душу населения ежегодно.

В дальнейшем последствия развития энергетики мы будем соотносить, главным образом, с так называемым «минимальным» вариантом энергопотребления, предполагая, что к 2010 г. численность населения планеты стабилизируется на уровне 10 млрд. человек, а годовое удельное энергопотребление составит 50 тыс. кВт · ч.

В соответствии с рассматриваемым вариантом потребность в энергии будет удовлетворяться за счет органического топлива (угля, нефти и природного газа) и альтернативных источников энергии (ядерной, солнечной, гидравлической и др.). При этом потребление органического топлива по абсолютному объему будет расти до середины ХХI века (удваиваясь по сравнению с современным уровнем), затем начнет снижаться и к концу ХХI века упадет до современного уровня.

Доля органического топлива в общем энергопотреблении будет систематически уменьшаться и к ХХII веку составит 17—18 %. Соответственно в топливно-энергетическом балансе возрастет удельный вес альтернативных источников энергии, развитие которых идет ускоренными темпами.

ГЛОБАЛЬНЫЕ, РЕГИОНАЛЬНЫЕ, ЛОКАЛЬНЫЕ

Корреспондент. Смещение центра тяжести в сторону альтернативных источников, безусловно, изменит характер взаимо-

действия энергетических предприятий с окружающей средой. И все же, основные факторы антропогенного климатообразующего воздействия энергетики уже сейчас можно прогнозировать с достаточной степенью точности. Каковы масштабы возможных последствий для климата Земли?

И. И. Кузмин. Вся энергия, производимая человеком, в конечном итоге превращается в тепло. Оценим величину климатических изменений, обусловленных притоком этого тепла в атмосферу. Предположим, что источники тепла — энергетические объекты и предприятия, потребляющие энергию, равномерно распределены по поверхности Земли.

Это весьма грубое допущение позволяет охарактеризовать интересующие наявления всего двумя параметрами — изменением плотности тепловых выбросов и, как следствие, средней приземной температуры воздуха, связь между которыми в первом приближении можно считать линейной.

Анализ возможных вариантов роста мирового энергопотребления показывает, что в любом случае максимальное глобальное изменение средней приземной температуры воздуха не превышает 0,2 °С. Полученную цифру, конечно, нельзя впрямую использовать для оценки изменения приземной температуры и других климатических показателей при увеличении тепловых выбросов в отдельном регионе. Так, исследование на моделях климатических воздействий части территории США площадью 10 млн. км² с плотностью тепловых выбросов до 90 Вт/м² показало, что максимальное изменение средней приземной температуры может составить от 3 до 12 °С.

В. А. Легасов. Отмечая несомненный интерес, который вызывают приведенные результаты, нельзя не отметить два обстоятельства. Во-первых, эксперименты не связывались с реальной географией и мощностью конкретных энергетических объектов. Во-вторых, в основном исследовались районы западного полушария, тогда как с практической точки зрения важнее было бы определить возможные климатические изменения на территории СССР, в частности, на севере его Евро-

пейской части (в случае размещения там крупных энергетических предприятий).

Корреспондент. В последние годы в энергетике отчетливо прослеживается тенденция к увеличению мощности как единичных энергоблоков, так и всего энергетического объекта. Например, блок современной АЭС имеет, как правило, мощность 1—1,5 ГВт (эл.), а вся электростанция — 4—6 ГВт (эл.). Сохранится ли эта тенденция, и как подобные энергетические гиганты могут повлиять на окружающую среду?

В. А. Легасов. Серьезные экономические и социальные факторы обуславливают дальнейшее увеличение мощности электростанций. Не исключается возможность создания кластеров АЭС — ядерно-энергетических центров (ЯЭЦ) мощностью 40—50 ГВт (эл.).

В зависимости от системы охлаждения (сухие или влажные градирни, пруды-охладители) выброс тепла в атмосферу от ЯЭЦ (в соответствии с современными экологическими нормами) будет происходить с площади от 10 до 100 км². Учитывая, что к.п.д. атомных электростанций составляет примерно 30 %, тепловая мощность такого центра оценивается в 100 ГВт (тепл.), а плотность выделяемой энергии должна достигать от 1 до 10 кВт/м².

Оценить масштаб и характер возможных локальных изменений от создания таких объектов можно, сравнив гипотетический ЯЭЦ мощностью 50 ГВт (эл.) с естественными источниками тепла.

Природные и антропогенные источники с подобной плотностью выбрасываемой в атмосферу энергии — вулканы, пожары в буше (Австралия) и на нефтепромыслах, лесные и городские пожары. Эффект воздействия таких источников на атмосферу известен. Это изменение региональной циркуляции атмосферы, обусловленное влиянием теплового факела источника, образование мощной конвекционной облачности (с характерными величинами вертикальных скоростей 30—40 м/с и высотой облачности до 6—8 км), сопровождающиеся дождем с грозой и градом, появление вихревых структур типа смерчей и торнадо.

Что же касается описания точного количественного воздействия ядерных энергетических центров на развитие мезо-

масштабных атмосферных процессов, то на сегодняшний день здесь сделаны лишь первые шаги. Однако очевидно, что все перечисленные локальные эффекты могут возникнуть и при работе ЯЭЦ. Они самым существенным образом будут влиять на условия жизни человека.

Поэтому степень локального воздействия ЯЭЦ на окружающую среду является одним из факторов, по которому, наряду с безопасностью и экономической эффективностью, оцениваются перспективы создания таких центров и пределы увеличения их мощности.

ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

Корреспондент. Согласно долгосрочным прогнозам развития энергетики, на протяжении длительного времени (по крайней мере, одного — двух ближайших столетий) в мировом топливно-энергетическом балансе заметную роль будет играть органическое топливо (главным образом, уголь). При сжигании этого топлива в воздушное пространство попадают химические вещества, оказывающие экологическое влияние на биосферу, в том числе — двуокись углерода (CO_2), или углекислый газ.

Не вызовет ли повышение концентрации CO_2 в атмосфере глобальные изменения климата Земли в связи с так называемым «парниковым эффектом»?

И. И. Кузьмин. Сущность парникового эффекта состоит в том, что насыщенный углекислотой воздух, хорошо пропуская солнечную радиацию, задерживает тепловое излучение земного шара. В результате температура воздушной оболочки планеты повышается.

Исходя из принятого сценария (минимальный рост энергопотребления и максимальное покрытие его за счет альтернативных источников), был рассчитан рост концентрации CO_2 в атмосфере и связанное с ним возможное повышение среднедневовой приземной температуры. Расчеты с использованием климатических моделей показали, что к 2030 г. средняя глобальная температура воздуха у земной поверхности может повыситься не менее чем на 1°C , к 2050 г. — на $1,5^{\circ}\text{C}$, а к 2100 г. — на 2°C .

При этом потепление в высоких широтах окажется в несколько раз больше, чем

в низких. Кроме того, повышение температуры будет сопровождаться увеличением интенсивности гидрологического цикла. Так, при росте средней глобальной температуры воздуха на 3°C средние скорости испарения и выпадения осадков возрастут на $6\text{--}7\%$.

Водяной пар, так же как и углекислый газ, является важным фактором, управляющим температурой атмосферы. Повышение температуры в приземном слое увеличит влажность воздуха, что, соответственно, приведет к усилению парникового эффекта. В связи с этим температура у поверхности Земли будет расти значительно быстрее. Средняя приземная температура по сравнению с температурой климата доиндустриального периода может увеличиться на 2°C уже к 2010 г., а к 2050 г. — на 5°C .

В. А. Легасов. Очевидно, что увеличивая концентрацию CO_2 в атмосфере, мы серьезно рискуем нарушить устойчивость климата. Возможные последствия — изменение режима осадков и испарений, отступление снежевой линии, таяние ледников, нестабильность ледяного покрова, изменение циркуляции между атмосферой и океаном.

Конечно, интенсивная антропогенная деятельность (урбанизация, сокращение лесных массивов и др.) может привести к увеличению альбедо Земли (способности планеты отражать электромагнитные излучения) и, в результате, к снижению парникового эффекта и его последствий. Но даже если прирост средних температур окажется на $1\text{--}2^{\circ}\text{C}$ ниже расчетного, все равно это такое изменение условий существования, к которому человечеству трудно приспособиться. К тому же изменения будут носить долгосрочный характер, так как однажды достигнутый уровень концентрации CO_2 в атмосфере останется высоким по крайней мере на протяжении нескольких столетий.

Приведенный прогноз можно отнести к числу наиболее реалистичных на сегодняшнем уровне знаний. В то же время, необходимо отметить, что до сих пор нет исчерпывающих сведений о природном цикле углерода. Поэтому исключительную роль приобретают исследования газообмена между атмосферой и океаном. Ведь океан — основной естественный источник углерода, а также хранилище излишков

индустриального CO₂. Однако именно роль океана как поглотителя CO₂ из атмосферы пока еще не окончательно выяснена.

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ АТМОСФЕРЫ

Корреспондент. Серьезный вклад в глобальное загрязнение биосфера вносят долгоживущие радионуклиды — криптон-85, углерод-14, тритий и йод-129, присутствующие, в основном, в выбросах предприятий ядерного топливного цикла. К каким последствиям, в этой связи, может привести дальнейшее развитие ядерной энергетики?

И. И. Кузьмин. Особое внимание привлекает к себе криптон-85. Он трудно улавливается, так как химически инертен и подвижен в атмосфере. Ни мировой океан, ни поверхность Земли не поглощают его в значительных количествах. К тому же ежегодная активность криптона-85 в пересчете на каждый МВт установленной мощности ядерных электростанций на 1—6 порядков выше, чем остальных глобально значимых радионуклидов.

Криптон-85 — излучающий продукт деления с периодом полураспада 10,73 г.— служит дополнительным источником ионизации воздуха. Зная рост установленных мощностей ядерной энергетики и предполагая равномерное распределение криптона-85 в атмосфере (что обоснованно, так как время распространения криптона в атмосфере составляет около года), можно оценить вклад этого источника в изменение электропроводности атмосферы.

Расчеты показывают, что к 2100 г. повышение электропроводности атмосферы, обусловленное функционированием ядерной энергетики, достигнет 70 %. К сожалению, климатические последствия этих изменений еще недостаточно изучены. Можно лишь отметить, что наличие криптона-85 в атмосфере и связанное с ним повышение ее электропроводности приведут, по-видимому, к снижению электрического сопротивления атмосферы между океаном и ионосферой, к увеличению числа гроз и количества грозовых облаков, к изменению режима осадков. Некоторые ученые предполагают возможность увеличения числа смерчей и торнадо.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Корреспондент. Все перечисленные эффекты и оценка их последствий показывают, что энергетика при планируемых темпах ее развития становится серьезным климатообразующим фактором. Безусловно, в новых исследованиях специалистов энергетиков и климатологов способы воздействия энергетических объектов на климат будут уточняться, а качественные оценки заменяться строгими количественными результатами. Однако уже сейчас ясно, что в среде обитания человека могут произойти значительные перемены. Изменение климатических условий и характера циркуляции атмосферы повлечет за собой, например, коренную перестройку сельского хозяйства, а, возможно, и других областей экономики.

Возникает вопрос: какой же должна быть стратегия развития энергетики, чтобы предотвратить опасные климатические последствия?

В. А. Легасов. На первый взгляд, ответ достаточно прост: необходимо обеспечить такое развитие энергетики, при котором изменения климата не выйдут за пределы допустимых (определеняемых климатологами). Понятно, что для реализации этого решения придется рассредоточить энергетические мощности, размещать их в наименее «чувствительных» климатических районах, разрабатывать новую технологию и создавать дорогостоящие системы улавливания, например, CO₂ или криптона-85, искать другие альтернативы.

Можно ли считать подобный подход разумным и руководствоваться им в практических действиях? Как вообще относиться к оценке тех или иных опасностей и их последствий?

Эти вопросы пытаются разрешить бурно развивающееся в настоящее время новое научное направление — теория безопасности (энергетики).

И. И. Кузьмин. Еще в 1971 г. Дж. Форрестер разработал модель экономического развития (в дальнейшем такие модели получили название глобальных) с целью продемонстрировать принципиальную возможность количественных оценок

глобальных процессов с учетом экологических факторов.

Результаты первых исследований на модели показали, что сохранение нынешних тенденций и характера развития ведет к так называемому экологическому кризису. В последствии модель Форрестера подверглась серьезной критике, так как выяснилось, что она построена на ряде ложных допущений. Однако было выявлено и другое — даже оставаясь в рамках основных предположений модели, можно избежать кризиса, вводя некоторые определенные условия.

В настоящее время метод прогнозирования глобальной динамики на моделях бескризисного развития используется для определения «приемлемого» уровня безопасности. В качестве основных переменных параметров модели рассматриваются численность населения Земли, капиталовложения в промышленность и сельское хозяйство (основные фонды), доля сельскохозяйственных инвестиций, невозобновляемые природные ресурсы и общее количество загрязнений на Земле.

Модель глобального развития позволила удовлетворительно описать «поведение» основных параметров с 1900 г. по настоящее время и сравнить их со статистическими данными. Это убеждает, что правильно определены не только количественные параметры модели, но, по-видимому, и качественные, верно учтены причинно-следственные связи и основные тенденции глобального развития.

Корреспондент. Но ссылка на «угаданную» ретроспективу еще не гарантирует точность прогнозов.

В. А. Легасов. Поэтому от модели такого рода нельзя требовать скрупулезного предсказания определенных событий в определенные моменты времени. Ее цель — выявить общие тенденции развития системы в условиях появления опасности. Именно эта цель и служит предметом дальнейших исследований.

И. И. Кузьмин. Рассмотрим, например, возможное повышение в атмосфере концентрации CO_2 в связи с увеличением мощности энергетики, использующей органическое топливо. Заметим, что в случае удвоения концентрации CO_2 , средняя при-

земная температура может повыситься на 2,4 °C.

Как такое изменение климата скажется на сельском хозяйстве?

Возможно, для некоторых регионов последствия будут иметь и положительные стороны. Например, в умеренных широтах при повышении среднегодовой температуры сократится количество осадков. Учитывая рост концентрации CO_2 , это должно привести к повышению урожайности. В засушливых районах Средней Азии, наоборот, количество осадков может возрасти, что также благоприятно для развития сельскохозяйственных культур. Но, безусловно, в ряде районов земного шара климатические изменения окажут достаточно серьезное отрицательное воздействие на сельское хозяйство.

Основная опасность — снижение урожайности. Так, повышение средней температуры в глобальном масштабе на 1 °C может привести к потере 1—3 % урожая.

Этот вид опасности и оценивался с помощью модели глобального развития. Были рассмотрены два варианта. В первом случае ущерб (потерю урожая) предполагалось компенсировать за счет дополнительных капиталовложений в сельское хозяйство («опасный» вариант). Во втором — такие же средства направлялись на уменьшение выбросов CO_2 («безопасный» вариант).

Результаты оказались неожиданными. Выяснилось, что «безопасный» вариант на самом деле весьма опасен. В этом случае развитие системы ведет к кризису, связанному с резким увеличением смертности населения из-за падения материального уровня жизни, так как средства отвлекаются на строительство долгостоящих сооружений защиты от выбросов CO_2 . В отличие от этого, «опасный» вариант развития в действительности получился более безопасным.

В. А. Легасов. Очевидно, что на глобальной модели можно «проигрывать» и другие варианты, связанные с учетом опасного воздействия энергетических факторов на окружающую среду. Причем, независимо от принятого сценария, стратегия развития энергетики должна базироваться на правильной оценке эффективности мероприятий и затрат, исключающих опасные изменения климата планеты и условий обитания человечества.

РЕПОРТАЖ ПО ВАШЕЙ ПРОСЬБЕ

СЛАВУГИЧ

ГОРОД, КОТОРЫЙ БУДЕТ



Сегодня, через полтора года после Чернобыльской аварии, жизнь на АЭС постепенно нормализуется. Работают два энергоблока. Электрическая мощность каждого 1 млн. кВт. Вырабатываемая на Чернобыльской АЭС электроэнергия идет в энергосистему Украины.

На станции сегодня трудятся и эксплуатационники, и строители. Делается все, чтобы их работа как можно скорее прошла путь от героической к повседневной. Для них возводится новый город энергетиков — Славутич.

ПОЧЕМУ СТРОЯТ СЛАВУТИЧ

Сразу же после вынужденной эвакуации жителей из Припяти энергетики, продолжившие работу на АЭС, получили жилье в Киеве, Чернигове, Гомеле. Для эксплуатационников построили вахтовый поселок. В то тревожное время принятые решения были, видимо, оптимальными. Но по мере нормализации положения становилось ясно: коллектив энергетиков и их семьи должны жить в своем городе, как это практикуется на всех АЭС. И начали строить Славутич.

О выборе места для города рассказывает секретарь Припятского горкома Компартии Украины Г. А. Гаврилов.

— Требований было несколько. Место, выбранное под строительную площадку, должно быть чистым в радиационном отношении. Поэтому площадка города расположена далеко за пределами 30-километровой зоны (от Славутича до Чернобыльской АЭС 58 км).

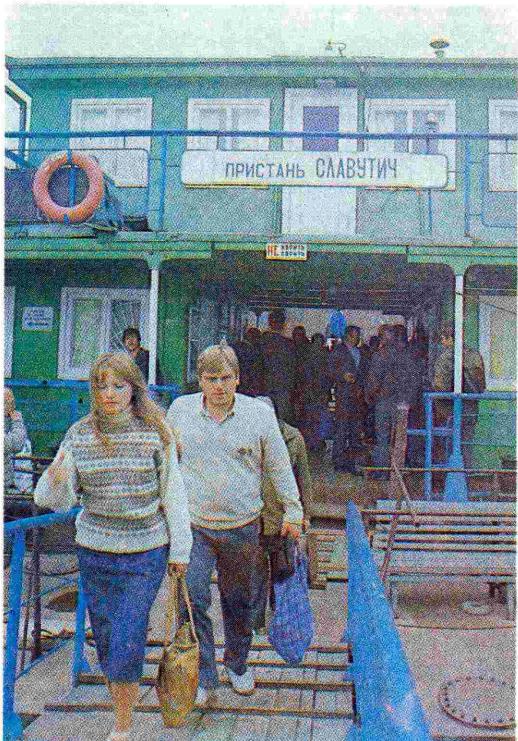
Время доставки смены на атомную станцию не может превышать одного часа и, наконец, город должен быть хорошо привязан к коммуникациям. Стройка расположена в трех часах от Киева. Добраться до Славутича можно автобусом или по Днепру на «Ракете». Из Чернигова сюда ходит поезд.

ПОСЕЛКИ ЯКОРЬ И ЛЕСНОЙ

Мы выбрали водный путь.

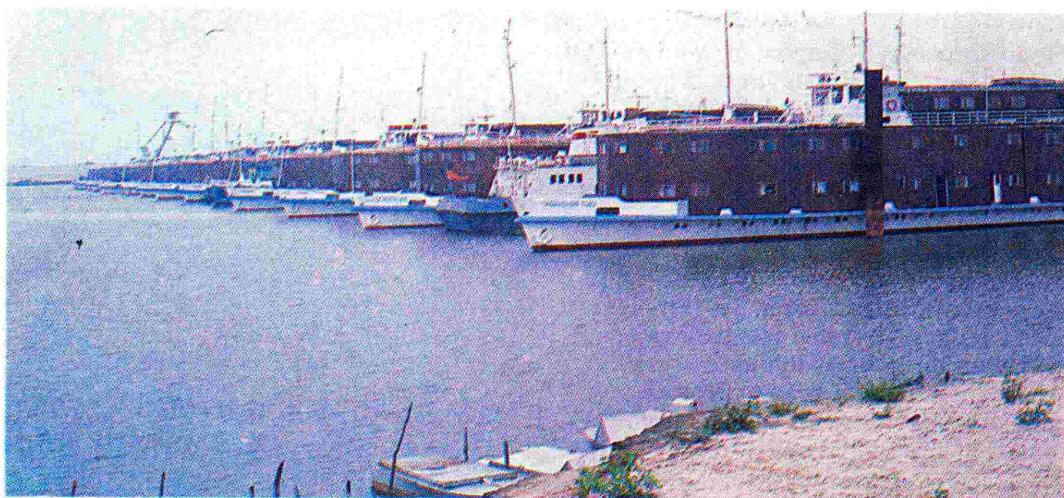
«Ракета», встав на крыло, стремительно пронеслась по Киевскому морю. Теплоход

И. ГОЛЬМАН,
И. ФАТКИН (фото)



Будущие жители Славутича сходят на берег

носит имя Михаила Мороза. И есть логическая связь в том, что энергетики (а многие из них имеют героическое прошлое) будут плавать в Киев на теплоходе, названном в честь героя. Мы ведь помним это имя: Михаил Мороз принял на себя взрыв старого снаряда, выдернутого кар-



Отсюда начинался Славутич

тофелекопалкой во время уборочных работ. Он сознательно пожертвовал своей жизнью ради жизни других людей. Как это похоже на многочисленные чернобыльские примеры...

Но вот берега Днепра сужаются. «Ракета» делает последний поворот, сбавляет ход. Теперь ее держит не подъемная сила крыльев, а старый добрый закон Архимеда. Медленно подплываем к пристани.

Впереди — необычная картина. В небольшом заливе, пришвартованные к берегу, стоят борт к борту пассажирские суда, специально подготовленные к зимним условиям. Они используются как временные общежития для строителей города.

Это и есть поселок Якорь. После того, как Славутич будет построен, суда уйдут, и плавучий поселок останется лишь в памяти ветеранов стройки.

«Михаил Мороз» швартуется к маленькой пристани Славутича. С трудом верится, что очень скоро здесь будет крупный речной порт.

Несколько километров бетонки — и показываются дома поселка Лесной. Здесь тоже живут строители. Тут же находятся Припятский горком Компартии Украины, исполком города Славутича, производственные службы.

Лесной, как и сам Славутич, строился на голом месте. И так же, как Славутич, необычен. С чем чаще всего ассоциируется строительный поселок? К сожалению, с бараками, с времянками без удобств, рас-

считанными на месяцы службы, а живущими, как правило, десятилетия. Временные жилища строителей в Лесном похожи на бараки так же, как небоскреб на хижину дяди Тома. Аккуратные одно- и двухэтажные домики с удобствами в каждом номере. Здесь же почта, поликлиника, магазины, столовые, химчистка, сауна и даже крытый теннисный корт.

Домики имеют собственные имена: «бранденбурги» (изготовленные в ГДР), «мастера» (Финляндия), «зрупы» (ЧССР). Есть и домики нашей постройки, тоже очень высокого качества.

Мы разговаривали со многими строите-

Поселок Лесной. У входа в горком партии



лями и практически все довольны своим поселком. Действительно, о людях здесь помнят. Например, такая характерная мелочь: магазины работают до 21—22 часов.

Судьба Лесного пока неясна. По-видимому, после окончания строительства города, он переедет на новые объекты (все эти комфортабельные дома легко разбираются).

СЛАВУТИЧ И ЕГО СТРОИТЕЛИ

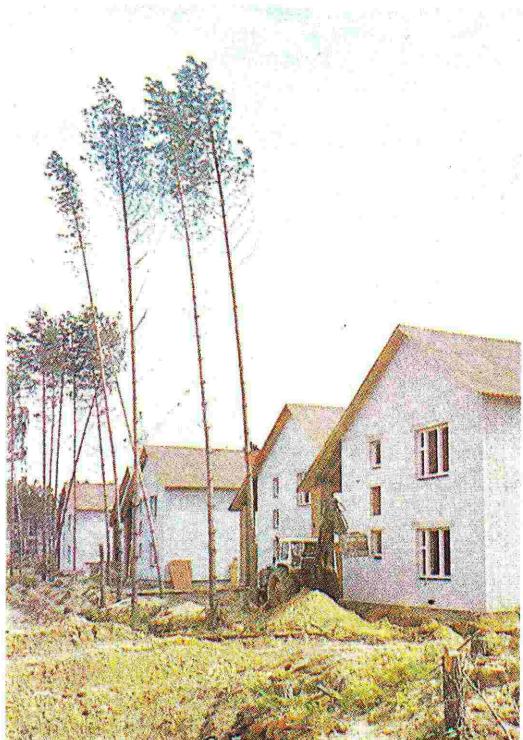
Кто строит Славутич? Если ответить кратко,— вся страна. И это отнюдь не расхожий журналистский штамп. И. Л. Крикошеев, заместитель начальника республиканского профсоюзного штаба строи-

тельства города Славутича, показал нам таблицы розыгрыша 1-ой Всесоюзной спартакиады, проводимой здесь. В ней принимают участие две сборные команды РСФСР, две — УССР, по одной команде Армянской, Азербайджанской, Грузинской, Латвийской, Литовской и Эстонской ССР. А выступают за эти сборные строители, присланные сюда для оказания помощи в возведении города. Кстати, строительные отряды союзных республик привозят на свой участок работ буквально все, от стройматериалов до автомобилей.

Всегда ли это экономически оправдано? Трудно сказать. Однако, учитывая объем работ, а главное, сроки их проведения,

Девяностоэтажные здания — пока самые высокие





вряд ли есть другой выход: сил у местной стройиндустрии явно не хватило бы.

Пять отдельных градостроительных комплексов-микрорайонов сильно отличаются друг от друга. Отделанные розовым туфом дома,озведенные армянскими строителями, невозможно спутать со строгими элегантными зданиями, сооруженными ленинградцами. А рядом — жилые дома, построенные черниговцами, и школа,озведенная курскими строителями. Здания разноэтажные. Есть здесь и пяти-, и семи-, и девятиэтажные дома. Много построено комфортабельных коттеджей. Предполагается, что славутичане (если, конечно, они будут называться так) получат участки для садов и огородов.

Стройка необычна и тем, что целый город возводится одновременно. Насколько хватает глаз — везде краны. Здесь растет жилой дом, там — школа, а чуть дальше — вокзал... Застройка идет комп-

Значительная часть горожан будет проживать в таких коттеджах

До заселения осталось несколько недель



лекно, ведь город рассчитан на 20 тыс. жителей, а в перспективе — на 30 тыс. жителей.

В Славутиче будет 3 школы на три с половиной тысячи учеников, 9 детских садов, плавательные бассейны, Дом пионеров, стадион на 500 мест. На 20 тыс. жителей придется 300 тыс. м² жилья. Планы, с учетом размаха работ, вполне реальные.

Приятно, что несмотря на размах стройки, здесь ценят и берегут природу. Зеленые острова из сосен и берез, разделяющие микрорайоны, органично входят в застройку. Берегут даже отдельно стоящие деревья. С удовольствием и, надо сказать, с удивлением читали мы приказ по тресту, грозивший штрафом за... отсутствие ограждений около деревьев, попавших в зону строительства.

Необычный пока для нас приказ. И он выполняется. Деревья действительно огорожены специальными заборчиками или обмотаны мешковиной. Думаем, что будущие жители города добрым словом вспомнят предусмотрительность строителей: останется зеленою до 40 % территории города, построенного в лесу.

ГОРОД — ЭТО НЕ ТОЛЬКО ЖИЛЬЕ

На строительстве Славутича воочию убеждаешься, как много нужно современному горожанину. Кроме жилых домов, возводятся десятки сложных объектов. Например, о котельной горожане вспоминают лишь тогда, когда у них в квартире становится холодно или когда в кранах иссякнет горячая вода. А ведь котельная для 20-тысячного города — это солидное инженерное сооружение. То же касается строительства сети коммуникаций, подстанций, других незаметных, но необходимых для нормального существования города объектов. Особо остановимся на очистных сооружениях.

Славутич будет красивым городом, расположенным в красивом месте. Сохранить эту красоту можно лишь при хорошо продуманной системе очистки городских стоков. Строители Славутича, как уже указывалось, не намерены портить природу. Временные поселки Якорь и Лесной, снажены собственными очистными сооружениями. Здесь, простите за подробность, отсутствуют выгребные ямы.

Для самого города строительство очистных сооружений тоже близится к завершению. Система очистки имеет две ветки

канализации (бетонные трубы диаметром по 530 мм), идущие параллельно. В принципе, хватило бы и одной, вторая — резервная. Семь километров тянутся эти линии к Днепру, у которого расположены сами очистные сооружения: решетки, песколовки, отстойники, фильтры, аэраторы, хлораторы.

Отвод в Днепр уже очищенных стоков (по сути — почти чистой воды) осуществляется постепенно, рассеянным выбросом. Практически после каждой из названных стадий будут проводиться химические и бактериологические анализы, цель которых — контролировать работу оборудования и качество очистки.

Главный государственный санитарный врач города Славутича В. Г. Викулов заверил нас, что город будет заселен только после пуска очистных сооружений. Впрочем, подпись на документах, видимо, будет уже не его. Как объяснил Владимир Григорьевич, на этой должности пока работают по месяцу главврачи, командированные из других городов страны. Сам он приехал из Пензы. Мы не сомневаемся, что отбирают лучших. И все же, думается, на такой должности должен работать постоянный житель Славутича.

КАКОЙ ЖЕ ТЫ, СЛАВУТИЧ?

Председателя Славутичского горисполкома А. Т. Панькова в первые дни поймать не удалось. И все же беседа состоялась. Был уже глубокий вечер, когда Паньков зашел в горком партии, где мы разговаривали с Г. А. Гавриловым. В первый раз за день никто никуда не бежал и даже телефон утомленно помалкивал.

— А как же так, — спросили мы, — большой город — и ни одного Дворца культуры?

Маленькая хитрость удалась на славу. За каких-нибудь пять минут мы узнали, что:

— будет построено два ДК, один из которых станет Домом молодежи (причем, уточнили: «с дискотекой и кегельбаном»),

— будет сооружена электронная АТС на 15 000 номеров (причем, напомнили: «На 30 000 жителей»),

— будет работать пассажирский вертолетодром (добавили: «До Чернигова станет рукой подать»),

— у нас будет комфортабельный город, — обещает мэр. И подытоживает:

— В нем будет приятно жить.

СЕВЕРНЫЙ ВАРИАНТ

Генеральной схемой развития Единой газоснабжающей системы (ЕГС) страны предусмотрена эксплуатация крупных месторождений природного газа, расположенных за Полярным кругом. Весь прирост добычи этого ценнего сырья в нынешней пятилетке планируется осуществить за счет Ямбургского газоконденсатного месторождения. А впереди еще — Заполярное, Бованенковское, Харасовэйское, выход на шельф Карского моря.

Стремительное вовлечение северных районов страны в орбиту интенсивного хозяйственного освоения поставило перед нефтяниками, газовиками и строителями вопрос: «Как вписать мощный энергонасыщенный высокониндустриальный механизм в хрупкую экосистему Севера?»

До середины 80-х годов достижения строителей-нефтяников и газовиков, успешно обеспечивающих центральные районы страны ценным сырьем и топливом, добываемым на Севере, ни у кого не вызывали сомнения. Но сегодня становится всё более очевидным, что представления о видах хозяйственной деятельности в северных районах страны должны быть пересмотрены.

Дело в том, что суммарное энергетическое воздействие на единицу площади осваиваемой территории при строительстве и эксплуатации крупного газоконденсатного месторождения значительно превышает естественный тепловой баланс. Даже если предположить, что большая часть всей энергии тратится на «обогрев атмосферы», то и оставшейся части хватит на то, чтобы нарушить естественный ход развития геосистемы и принести немало хлопот эксплуатационной службе промысла.

Эта ситуация требует создания новых строительных и эксплуатационных технологий. Основная их задача — сохранение энергетического равенства в системе «инженерный объект — сфера воздействия» и, как следствие, резкое сокращение всех энергетических воздействий на природную систему, исключение многократных трансформаций энергии в пределах осваиваемой территории.

Взаимодействие внутренней сферы нефтегазопромыслового и транспортного строительства (проектирование, технология, организация, управление) и внешней сферы (гидрометеорологическая обстановка, геолого-географические и экономико-географические условия строительства) тре-

бует анализа экологических ограничений на все виды производимых работ. Этот основополагающий принцип нашёл (хотя и не в полной мере) применение в процессе разработки проектов газопровода Уренгой — Помары — Ужгород. При выборе так называемого технологического коридора для шести газопроводов на предпроектной стадии и на стадии составления технико-экономических обоснований возникла типичная ситуация: два конкурента, получивших в дальнейшем название «северный» и «центральный» коридоры, обладали весьма сходными технико-экономическими показателями. Традиционных методов для объективной оценки предложенных вариантов и выбора между ними оказалось недостаточно. Впервые в практике проектирования трубопроводов была произведена региональная оценка условий строительства, сделан анализ эффективности работы всего парка строительных машин и механизмов с учётом геолого-географических условий и мероприятий по охране окружающей среды. Были построены модели воздействия этих условий на строительную технику и производственный процесс. С помощью картографических материалов определены зоны, в которых резко снижалась эффективность земляных работ, зоны экологических ограничений, зоны специальных строительных технологий, предотвращающих развитие опасных геологических процессов, и т. д. Такие специализированные «Карты условий строительства» позволили объективно оценить реальные возможности и признать оптимальным (по условиям строительства) вариант «центрального» ко-



Кандидат
геолого-
минералогических
наук
И. П. НОВИКОВ,
кандидат
экономических
наук
Л. Д. ШОР

ридора. Суммарный экономический эффект составил свыше 500 млн. руб.

Дальнейшее развитие этот принцип получил при разработке проектов газопроводов Уренгой — Центр I, II. Особое внимание было уделено прогнозированию теплового и механического взаимодействия магистральных трубопроводов с вмещающими грунтами. Был спроектирован новый тип магистрального трубопровода — подземный с теплоизоляционными экранами, вписанными в периметр траншеи. Такие экраны снижают тепловое воздействие газопровода на промерзающие грунты.

Более того, чтобы обеспечить надёжность работы газопровода и экологическую устойчивость окружающей природной среды, предусмотрено охлаждение транспортируемого газа до температуры, максимально (с учётом изменения по длине) близкой к естественной температуре многолетнемёрзлых грунтов.

В проектах газопроводов-коллекторов Уренгойского месторождения и северных участков магистралей (от месторождения) газ должен охлаждаться до температуры $-2 \div -4^{\circ}\text{C}$. К сожалению, пока все магистральные газопроводы от Уренгойского и Ямбургского месторождений остаются «тёплыми». Вместо предусмотренных проектом специальных мощных станций охлаждения работают явно «недостаточные» аппараты воздушного охлаждения. Расчёты показывают, что если в ближайшие два года ситуация с охлаждением газа не изменится, это приведёт к неравномерным осадкам газопровода из-за оттаивания мёрзлых пород. (Единственная станция охлаждения на

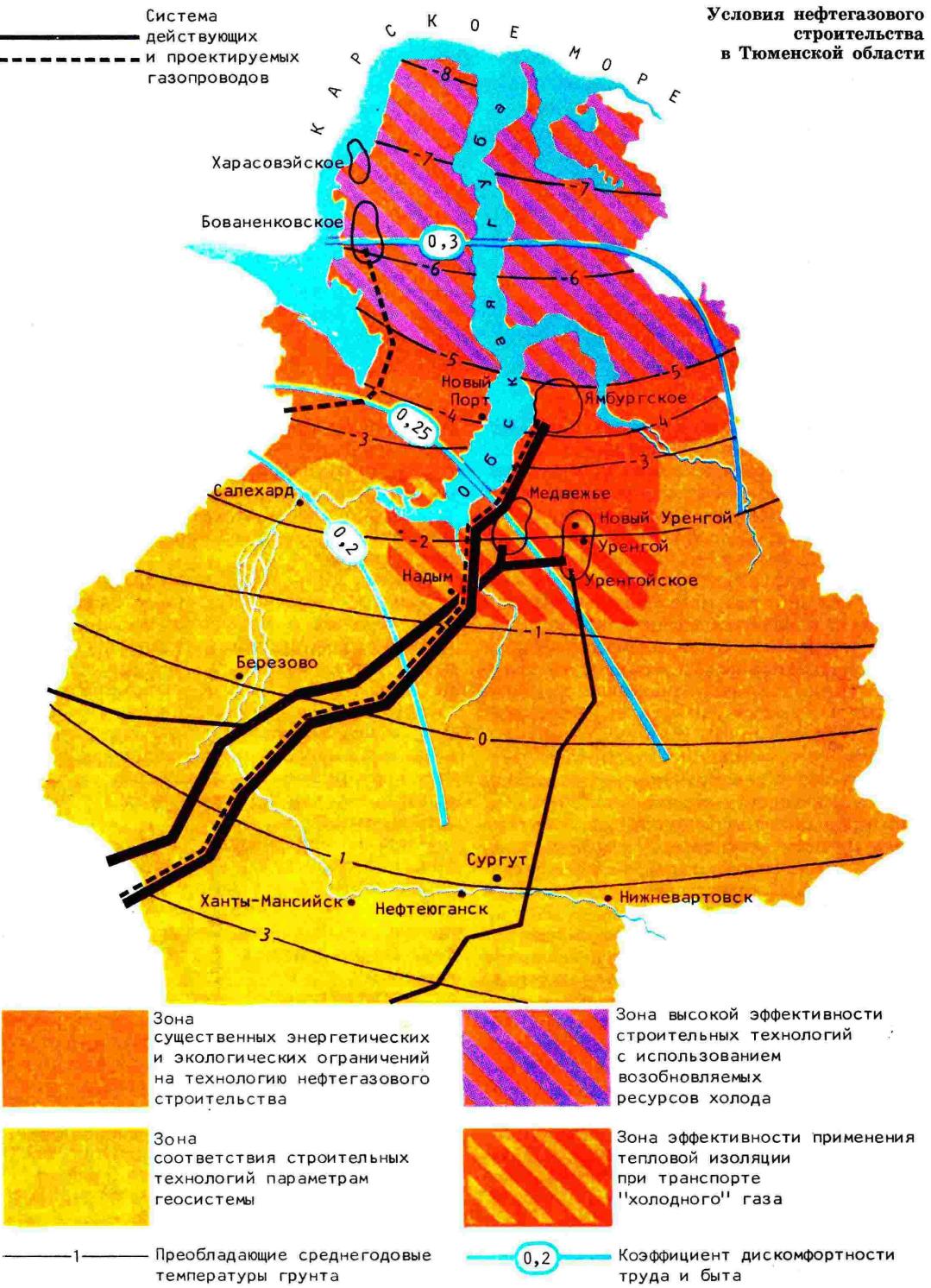
газопроводе Уренгой — Помары — Ужгород вводится сейчас — спустя три года после его пуска. За это время вокруг трубы уже сформировался ореол прорыва. Запоздалое охлаждение может сегодня привести к неравномерным деформациям трубы.)

Прежде чем перейти к дальнейшему изложению, подчеркнём: на сегодняшний день готовых и испытанных решений в практике нефтегазового строительства — и в отечественной, и в мировой — не существует. Вся цепочка процессов хозяйственного освоения Севера (изыскание — проектирование — строительство — эксплуатация) превращается в систему компромиссных решений, согласованных с реальными законами развития геосистемы.

Итак, компромиссные решения. В чём они заключаются?

При обустройстве северных месторождений это — минимизация количества промысловых объектов (кустов скважин, внутрипромысловых трубопроводов, инженерных коммуникаций, линий связи) при максимальной автоматизации их функционирования. Это — оптимальное использование территории промысла под кусты скважин, подъездные дороги, технологические линии внутрипромысловых трубопроводов (их протяжённость только для одного Ямбургского месторождения превышает 2,5 тыс. км). Основная тенденция — укрупнение кустов скважин. Уже сейчас число скважин в кусте повысилось до 20, по сравнению с 1—2 на промыслах в центральной части Тюменской области. Протяжённость всех коммуникаций сокращается на 20—30 %.

Условия нефтегазового строительства в Тюменской области



Система сбора газа от кустов скважин до установок комплексной подготовки к дальнему транспорту предусматривает наземную прокладку тёплых газопроводов-шлейфов в тепловой изоляции (пенополиуретановые, полиэтиленовые и пенополистирольные экраны и оболочки). После сжатия на дожимной компрессорной станции и далее на головной компрессорной станции магистрального газопровода тёплый газ охлаждается до температуры $-2 \div -4^{\circ}\text{C}$ в мощных холодильных установках.

Строительство наземных промышленных объектов производится высокотехнологичными методами. В заводских условиях изготавливаются блок-боксы массой 200—300 т и более, в которых смонтированы узлы подготовки газа к дальнему транспорту, другие технологические блоки тепло- и энергоснабжения промысла. Изготовленные за тысячи километров, они попадают на монтажные площадки водными путями (по Туле, Иртышу и Оби) и специальными видами транспорта (аппараты на воздушной подушке) по суше. Сухопутное «путешествие» далеко не всегда целесообразно — по экономическим и техническим соображениям.

Существует альтернативное решение для транспорта крупногабаритных грузов по суше. Это создание сети льдокомпозиционных и ледовых дорог. В условиях низких среднегодовых температур грунта (до $-5 \div -7^{\circ}\text{C}$) протаивание таких дорог снизу исключается.

Установлено, что сокращение высоты льдокомпозиционной дороги с добавкой торфа за короткое северное лето незначительно. Технология строительства таких дорог проста и экономична. Наращивание льда до нужной высоты может производиться как дождевальными установками, так и послойным заливом воды, источники которой располагаются поблизости (мелководные промерзающие озёра). Для льдоторфяных дорог используются местные запасы торфа. Километр постоянной грунтовой дороги в условиях Севера обходится в 30—80 тыс. руб. Километр автодороги с покрытием из железобетонных плит стоит свыше миллиона рублей. Затраты же на устройство ледогрунтовой дороги не превышают 25 тыс. руб. на километр. (По рекомендации авторов в 1986 году построена и успешно использована для транспорта крупногабаритных блок-боксов ледовая дорога от порта Ямбург до центральной части место-

рождения. Для консервации ледяного ядра дороги был применён моховой очёс.)

В начальный период освоения газоконденсатного месторождения возникает сложная проблема использования газового конденсата. Его надо где-то хранить. Наиболее перспективный способ — подземные хранилища в вечномерзлых грунтах. Чтобы их стенки «облицевывать» льдом, достаточно на короткий период (в зимнее время) заполнить хранилище водой, которую затем откачать. Опыт сооружения подземных естественных холодильников у нас есть. Подземные хранилища ёмкостью в десятки тонн для хранения рыбы и других пищевых продуктов надёжно служат более полувека (Анадырь, Усть-Белый на Чукотке, Новый Порт на Ямале). Эксплуатационные затраты — минимальны, технологические приемы поддержания постоянной отрицательной температуры в течение всего года — просты.

В районах сплошного распространения вечной мерзлоты стоимость предварительной подготовки и возведения фундамента составляет 90—110 % стоимости здания выше нулевой отметки. Срок строительства при этом увеличивается на 4—6 месяцев. Вот почему в отечественной и мировой практике северного фундаментостроения так остро стоят вопросы удешевления нулевого цикла.

На нашем Севере, как и на Аляске, наиболее распространён свайный тип фундамента с целью сохранить мёрзлое основание сооружения. На почвенный покров подсыпается песок, а между перекрытием первого этажа и насыпным грунтом устраивается продуваемое подполье. Но охлаждение грунта при этом происходит довольно долго. В Норильске, например, температура грунта на глубине 5 м под одним из зданий с высоким подпольем понизилась с $-3,7$ до -5°C через 2,5 года и до -6°C через 5 лет. Чтобы ускорить охлаждение, необходимо использовать различные интенсивные способы подготовки основания методами водно-тепловой мелиорации грунтов. Использование термосвай в фундаментостроении сокращает сроки строительства, повышает надёжность строительных конструкций, снижает общую сметную стоимость строительства на 40 %.

Заканчивая этот, весьма беглый, обзор проблем, возникающих при дальнейшем развитии Единой газоснабжающей системы, связанном с продвижением её на

север, авторы хотят подчеркнуть еще раз главный тезис. Техническая и экологическая политика освоения Ямбургского месторождения, призванного стать эталоном (и полигоном) для последующего рывка на Ямал, должна в своей основе учитывать устойчивость всей региональной геосистемы. Поэтому основные требования — рациональное использование возобновляемых ресурсов холода и минимальные нарушения условий на поверхности осваиваемой территории.

За этими требованиями — максимальный учёт всех условий, предъявляемых строительству магистральных трубопроводных систем особенностями Севера. К сожалению, опыт Ямбурга показывает, что высокие темпы строительства не всегда сочетаются с рациональным использованием природных ресурсов Севера. Интересы хозяйственников подчас антагонистичны задачам природоохранных органов. Уровень экологической культуры у непосредственных исполнителей производственной программы довольно низок. Крайне неэффективны экономический и правовой механизмы регулирования взаимоотношений строительных организаций с местными Советами народных депутатов.

Как взять из северной кладовой ценнейшее углеводородное сырьё? Как должна развиваться в этом регионе Единая газоснабжающая система и сеть нефтепроводов?

Есть несколько вариантов вовлечения в народнохозяйственный оборот сырьевых запасов нефти и газа нашего Севера. Остановимся на двух из них.

Первый связан с освоением Ямальской группы газовых месторождений и с выходом на континентальный шельф. Это, по сути, — экспансивный путь. Развитие Ямальского нефтегазового комплекса потребует создания новой производственной и социальной инфраструктуры и максимума капитальных вложений на единицу добываемого сырья. Более того, сегодня мы ещё не в состоянии обеспечить обустройство Ямальских месторождений и шельфа Карского моря принципиально новой технологией и техникой добычи, подготовки и дальнего транспорта углеводородного сырья. Все проекты к началу разработки подводных месторождений устареют, и придётся подбирать такие технические решения, чтобы новая технология добычи «вписалась» в старые технологические схемы транспорта газа на уровне 70-х гг. На взгляд авторов, более предпочтителен другой вариант, ориентированный на интенсификацию транспорта газа по уже существующим магистральным Уренгой — Центр, Надым — Пунга — Центр, Ямбург — Центр при повышении рабочего давления (не секрет, что эксплуатация магистральных газопроводов ведётся при рабочем давлении ниже проектного) и включение в разработку мелких, близко расположенных месторождений севера Западной Сибири. При этом варианте существенно сокращаются капитальные вложения в развитие ЕГС и, главное, создаётся «задел» времени, столь необходимый для тщательной подготовки к освоению энергетических ресурсов Ямала и шельфа Карского моря. Слово — за проектировщиками.

СТО ЛЕТ НАЗАД

В ПОЛЬЗУ ЭКОЛОГИИ

В Бирмингеме в некоторых частях города сосредоточилось большое число паровых машин и котлов, которые не только дороги и неэкономичны в содержании, но и составляют постоянно предмет неудовольствия вследствие копоти от

дымы. Компания «Power» предлагает снять все эти небольшие котлы и проложить по улицам трубы, по которым шел бы воздух при постоянном давлении в 45 фунтов. Проходя через особый мерительный прибор, воздух служил бы для приведения в действие существующих паровых машин. Трубы предлагается проло-

жить железные, в бетонных канавах с отъемными крышками, по возможности, близко к поверхности земли. На известном расстоянии устанавливают клапаны особого устройства, которые, в случае если какая-либо труба лопнет, автоматически закрываются выхажившим воздухом.

«Техник», 1887, № 124

ПРОИСХОЖДЕНИЕ НЕФТИ – ТРЕТЬЯ КОНЦЕПЦИЯ

Вячеслав МАРКИН

Долгое время считали, что нефть образовалась в результате переработки остатков растительности под действием высоких температур и давления. Она — как бы прямая наследница завершившейся жизни. Но в середине XIX века французский химик Пьер Эжен Бертло высказал предположение о неорганическом происхождении нефти, развитое Д. И. Менделеевым в стройную гипотезу, которая, впрочем, не была поддержана современниками. Лет двадцать назад снова заговорили о том, что вовсе не из остатков растительности и животных сформировалась нефть, что можно представить себе другой механизм: углеводороды образуются из проникающих из недр планеты «флюидов» в процессе постепенной дегазации мантии. В последние годы число сторонников гипотезы неорганического (абиогенного) происхождения нефти увеличивается. И спор о ее генезисе приобретает все более острые формы.

ТАМ, ГДЕ ЦАРИТ ХОЛОД

В 60-е г. нашего столетия на севере Западной и Восточной Сибири были открыты крупнейшие месторождения нефти и газа. К ним добавились залежи прежде неизвестных ископаемых — газогидратов. Это тот же газ, но в твердом состоянии, своего рода «горючий лед». В конце 1969 г., с приоритетом от 1961 г., Госкомизобретений СССР зарегистрировал за № 75 открытие «ранее неизвестного свойства природных газов образовывать в земной коре при определенных термодинамических условиях... залежи в твердом газогидратном состоянии».

Авторы открытия — известные сибир-

ские геологи, академики А. А. Трофимук и Н. В. Черский со своими коллегами, установив, что холод играет важную роль в формировании нефтегазовых месторождений на Севере, в области вечной мерзлоты, задумались над причиной этого, как многие считали, парадокса.

Пришлось отказаться от привычных представлений о том, что нефтяные месторождения приурочены к жарким тропикам и субтропикам. Получалось, что основные богатства столь необходимого человечеству энергетического сырья сосредоточены там, где царит холод, а не высокие температуры, вроде бы необходимые для преобразования растительных и животных остатков в углеводороды. Более

того, теоретически обосновано предположение, что благоприятные условия для формирования газогидратов имеются на дне Мирового океана, где температура воды мало отличается от 0 °С.

В то же время опыты подтверждали, что углеводороды могут образоваться только при высоких температурах, порядка 200—250 °С. Этот парадокс можно было объяснить лишь тем, что, по-видимому, на образование нефти (газа) помимо температуры влияют какие-то другие процессы.

НА МИКРОУРОВНЕ

Углеводороды можно получить довольно просто, в лаборатории. Нужно от одного вещества отобрать углерод, от другого — водород, потом соединить эти два элемента — и углеводороды готовы, жидкие или газообразные. Углерод восстанавливается, допустим, из оксидов CO₂ и CO₃, водород из воды (оксиды углерода полу-

чаются, конечно, из твердого вещества, подвергшегося термическому разложению). При участии свободных электронов совершается реакция образования углеводородов.

Вот уравнение этой реакции:



Требуются, значит, свободные электроны.

ЭКСПЕРИМЕНТ В ЯКУТСКЕ

В середине 70-х гг. в Институте физико-технических проблем Севера, входящем в Якутский филиал Сибирского отделения АН СССР, были созданы установки для исследования воздействия механических и физических нагрузок на горную породу, насыщенную рассеянным органическим веществом. Цель — получить подтверждение теоретическим представлениям, сложившимся у группы сибирских геологов-нефтяников.

Один из организаторов этого эксперимента доктор физико-математических наук В. П. Царев (ныне заместитель директора Института проблем освоения Севера СО АН СССР в Тюмени) рассказывает:

— Мы исходили из того, что тектоносейсмическая энергия Земли вызывает упругие и пластические деформации горных пород, интенсивный массообмен по вертикали, формирует термический градиент. В результате происходит механическое разрушение вещества на микро-

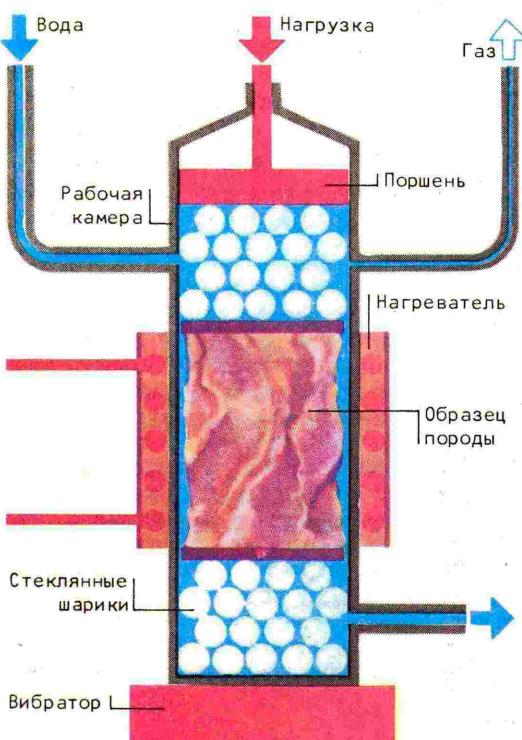


Схема установки для исследования воздействий упругих деформаций на физико-химические процессы в горных породах.

В рабочую камеру из прочного стекла, установленную сверху вибратора, подается морская вода (донор водорода) и закладывается образец породы, содержащий углерод. Фарфоровый поршень передает на породу статическую нагрузку через слой стеклянных бусинок. Термический режим в установке создает электронагреватель.

Под воздействием вибрации в породе высвобождаются электроны, способствующие образованию газообразных углеводородов, отбираемых через трубку.

уровне, рождение ион-радикалов с высвобождением электронов, возникновение поляризованных участков, в пределах которых протекают электрохимические реакции.

Механическая «атака» формирует активные центры, в которых рвутся химические связи, появляются в изобилии свободные электроны, становятся возможными электрохимические реакции.

Но при чем здесь холод?

Оказывается, при фазовых переходах воды, ее замерзании и таянии льда все эти процессы протекают с особенной эффективностью. Безусловно, реакцию ускоряет и значительный приток тепла. Но если тепла недостаточно, его вполне заменит механическая энергия.

Образцы породы (со дна Байкала) подвергались непрерывному механическому воздействию на протяжении нескольких сотен часов. При этом к исходному веществу — илу и глине, содержащим расеянное органическое вещество, — добавлялись кварцевый песок и такие минералы, как сидерит, пирит, а также морская вода. Именно минералы, содержащие железо, серу, оксиды кремния или железа, карбонаты и силикаты, выступали в качестве доноров свободных электронов.

Были сконструированы две установки. Первая представляла собой стеклянный цилиндр с поршнем, создающим необходимое механическое давление. Образец помещался под статическую нагрузку величиной 1—1,2 МПа и подвергался вибрации с частотой до 30 Гц. Во второй установке образец, через который циркулировала морская вода, подвергался неизомерному нагреву. Таким образом исследовалось влияние фильтрации флюидов в сочетании с термоградиентным полем.

В байкальских диатомовых илах содержится в среднем 0,01 % углеводородов. Это значительно больше, чем в донных отложениях более спокойного в тектоническом отношении озера Севан. Но эти углеводороды рассеяны, их концентрация (при температуре у дна около 3 °С) происходит очень медленно. В лабораторных условиях процесс можно ускорить. В этом, собственно, и заключался смысл эксперимента.

Было проведено несколько десятков экспериментов. И вот результаты.

За три — четыре месяца в механически активированных образцах горных пород синтезированы жидкие и газообразные углеводороды. На 1 кг исходного материала получено до 200 см³ газов и до 20 г жидких углеводородов (по существу, нефти).

Особенно ценным следует считать вывод о возможности получения углеводородов из неорганического вещества. Даже когда брался обыкновенный кварцевый песок, не содержащий органического вещества, при его контакте с морской водой и воздействии слабой вибрации и термоградиентного поля эффект был достаточно заметным: от 0,3 до 1,1 % вещества превращалось в углеводороды. Оказалось, что не только органическое, но и неорганическое вещество может служить основой для синтеза нефти и газа в горных породах.

ТАК КАК ЖЕ ОБРАЗУЮТСЯ В ПРИРОДЕ НЕФТЬ И ГАЗ?

Обратившись от лабораторного эксперимента снова к природе, геологи установили, что повсюду на Земле, там, где наблюдается повышенная тектоно-сейсмическая активность, степень преобразования органического вещества исключительно высока. Эта закономерность прослежена в ряде нефтегазоносных бассейнов: в Печорском, Таймырском, Канско-Ачинском, Иркутском, Лено-Вилюйском... Заметим, что все это северные бассейны.

Но и на юге то же самое. Например, в донных осадках Японского желоба органическое вещество преобразовано в углеводороды на два — три порядка «сильнее», чем в глубочайшей владине Мирового океана — Марианской (в Тихом океане).

География нефтегазоносных месторождений подтверждает точку зрения авторов открытия: действительно, скопления горючих углеводородов приурочены, главным образом, к тем зонам, где высвобождается механическая энергия земных недр. Четко выявляется закономерность: в районах повышенной сейсмичности в осадочных породах концентрация органического вещества всегда больше. А значит, именно там возрастает вероятность формирования углеводородных бассейнов.

Движущие силы этого процесса — теп-

ловая и механическая энергия недр Земли. В верхних горизонтах земной коры, где температура не столь высока, но где располагается мощная зона трещиноватых пород, аккумулирующих тектоническую энергию, вклад механических процессов становится определяющим. Интенсивный массообмен и температурные контрасты ускоряют генерацию углеводородов. Для формирования бассейнов необходима еще благоприятная структура вмещающих их горных пород, которая дает возможность образовавшимся углеводородам накапливаться в ограниченном пространстве.

Если есть значительная механическая энергия, наличие в горных породах углерода и водорода не лимитирует процесс, потому что вода, как источник водорода, и те или иные соединения углерода присутствуют в земной коре практически везде.

Так можно представить себе происхождение нефти с позиции нового открытия, зарегистрированного Госкомитетом СССР по делам изобретений и открытий 25 де-

кабря 1986 г. за № 326. Эта позиция не идентична абиогенной концепции происхождения нефти, развиваемой последователями Бертло и Менделеева, хотя она более близка к ней, чем к биогенной, ведущей начало от М. В. Ломоносова.

Итак, в настоящее время существуют три концепции происхождения нефти и горючих газов. Первая — биогенная. Вторая — абиогенная, считающая углеводородное сырье «даром» глубинных недр планеты, результатом их постепенной дегазации. Третья — та, в рамках которой сделано открытие, о котором мы рассказали. Она допускает образование нефти и из органического вещества, и из неорганического и видит одну из важнейших движущих сил процесса формирования нефтегазоносных месторождений в механической энергии Земли, проявляющейся в тектоно-сейсмических явлениях.

Спор по вопросу о происхождении нефти — спор не академический. От того, кто окажется прав, зависит практика поиска и разведки нефтяных и газовых месторождений.

ПРЕСС-КЛИП

ЛЕЧЕНИЕ ХОЛОДОМ

Специалисты Физико-технического института низких температур АН УССР создали оригинальный медицинский гипотермический прибор, действующий на внутренние органы через кожный покров. Циркулирующие в нем пары фреона или закиси азота постепенно охлаждают эпителиальный покров вблизи больного органа до 5—14 °C. Прилегающие к охлаждаемому участку кожи мышцы сначала сокращаются, затем расслабляются и «отдыхают». По окончании процедуры, благодаря резкому приливу крови, к больному органу поступает большое количество питательных веществ.

Несколько подобных сеансов — и отступает заболевание, которое не поддавалось лечению другими методами. Программное управление, которым снабжен новый прибор, позволяет правильно выбрать режим охлаждения, в результате чего лечебное воздействие усиливается.

«Правда Украины»,
18.01.1987

АНТИКОРРОЗИЙНЫЕ «РУБАШКИ» ДЛЯ ТРУБ

Специалисты белорусского предприятия «Белспецэнерго» в содружестве с московскими учёными создали установку для нанесения алюминиевого антикорро-

зийного покрытия на трубы, по которым транспортируется горячая вода. Алюминиевая «рубашка» в сочетании с гидро- и теплоизоляцией продлевает срок безаварийной службы труб до 18—20 лет. В настоящее время в республике создаётся сеть таких установок. Первая из них — в Могилёве — проходит приёмку, вторая будет построена в Витебске. При загрузке на полную мощность только две эти установки смогут «металлизировать» 120 км труб в год и удовлетворить нужды строителей теплотрасс и ремонтных служб ряда городов республики.

«Советская Белоруссия»,
28.05.1987

ПОВЕРНУТЬ К СОЛНЦУ

Дискуссии по проблемам водоснабжения южных районов страны не затихают. Пресная вода нужна Средней Азии: и Сырдарья и Амударья полностью «разбираются» на орошение. Гибнет Азовское море, высыхает Арал. Пустыни наступают. Ветер разносит не только песок, но и десятки миллионов тонн соли.

Доктор

технических наук

Е. И. ЯНТОВСКИЙ

А ЕСЛИ СОЛЯНОЙ ПРУД?

Вспомним о законе сохранения вещества. Вся вода, идущая ныне на орошение, не исчезает бесследно. Малая доля ее испаряется, а остальное уходит в землю и образует так называемый дренажный сток. Он включается в баланс подземных вод, но частично выходит на поверхность, заполняя большие безжизненные озера, например, Сарыкамышскую впадину в Средней Азии.

И дренажный сток, и другие подземные воды сильно засолены. По существу, это сравнительно холодные и неглубоко залегающие (20—50 м) рассолы разной, в том числе и очень высокой, крепости. Много ли их?

По свидетельству автора книги «Гидрохимия СССР», выпущенной в 1986 г., И. К. Зайцева, «накопление высокоминерализованных грунтовых вод и солей в пределах бессточных впадин аридных областей на юге СССР происходит в настоящее время в колossalном количестве. В сравнительно небольшом районе площадью около 17 тыс. км², примыкающем к северному берегу Каспийского моря (междуречье Волги и Урала), до глубины 20—25 м содержится 500 км³ грунтовых рассольных вод со средней минерализацией 50 г/л. На всей же площади юга СССР, характеризующейся зноным климатом, количество рассольных вод, формирующихся в современную геологическую эпоху в зоне свободного водообмена, измеряется многими десятками тысяч кубических километров».

Не здесь ли решение проблемы? Вода есть, ее запасы тысячекратно превышают годовую потребность. Но вода эта соленая и для прямого использования абсолютно непригодна, хотя ее эксплуатационные

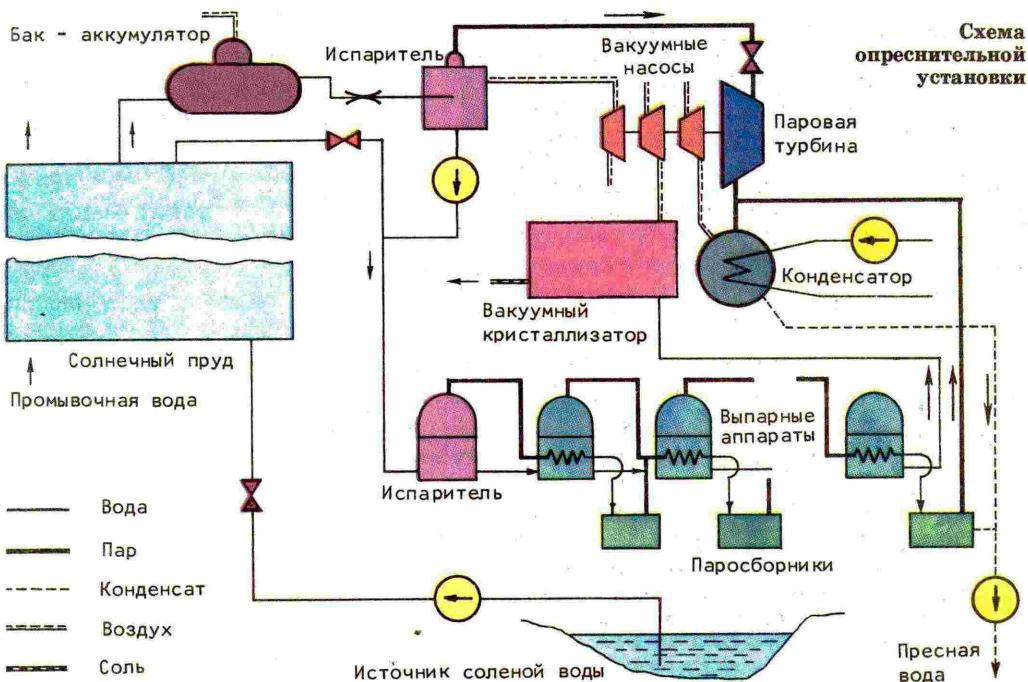
ресурссы только в пустынной и полупустынной зонах СССР оцениваются расходом 1200 м³/с или более 36 км³ в год.

Выход следует искать в опреснении этой воды. В общей форме задачу правильно поставил профессор Н. Ф. Глазовский: «По-видимому, наиболее рациональным будет создание каскадной системы орошаемого земледелия с дифференцированным размещением сельскохозяйственных культур. На конечных ступенях каскада возможно опреснение высокоминерализованных дренажных вод и получение как пресных вод, так и солей».

Существуют десятки различных методов опреснения, но они, как правило, связаны с затратами органического или иного топлива и не могут быть применены при требуемых огромных масштабах опреснения.

Есть, однако, метод опреснения, основанный на использовании солнечной энергии, при котором получение пресной воды сопровождается получением (а не затратой) механической мощности или электроэнергии. Это — соляной солнечный пруд. Он представляет собой неглубокий (2—3 м) водоем, заполненный соленой водой с установленвшимся неоднородным распределением солености — вверху она невелика (доли или единицы процента), а внизу весьма значительна (десятки процентов).

За счет солнечной радиации вода в таком бассейне вблизи его дна нагревается почти до 100 °С (известный рекорд — 109 °С). В отличие от морской или пресной воды, крутой рассол при нагревании становится не легче, а тяжелее, потому что повышается растворимость тяжелой соли. Рассол при нагреве не поднимается и не отдает теплоту воздуху. Получается «жидкостная теплица». Тепловая инерция



пруда очень велика, его температура слабо зависит от облачности или времени суток. Даже зимой на широте наших пустынь (40° с. ш.) температура не падает ниже 50°C .

Горячий рассол из пруда легко разделить на совершенно пресную воду (дистиллат) и еще более крепкий рассол в простой энергетической опреснительной установке, состоящей из испарителя, паровой турбины низкого давления и конденсатора. В качестве примера можно привести одну из схем такой установки. Ее еще в 1970 г. предложил чилийский ученый Ю. Хиршманн. Как показали расчеты, по суммарным затратам на производство энергии (нетто) эти установки аналогичны обычным угольным электростанциям, а стоимость получаемой на небольших прудах электроэнергии в среднем составит 35 центов за $1\text{ кВт} \cdot \text{ч}$.

В 1984 г. в Израиле создана первая энергетическая установка на соляном пруде мощностью 5 тыс. кВт. Фактическая стоимость полученной на этой установке электроэнергии составила 17,9 цента за $1\text{ кВт} \cdot \text{ч}$. По расчетам, для более мощных установок стоимость $1\text{ кВт} \cdot \text{ч}$ снизится до 7,3 цента, что соизмеримо с подобным показателем для угольных электростанций.

ГЕКТАР ЗЕМЛИ — ГЕКТАР ВОДЫ

Оценим ориентировочные масштабы опреснительных соляных прудов для Средней Азии. Чтобы получать недостающие 20 км^3 пресной воды ежегодно нужно построить «пруд» размерами $100 \times 200\text{ км}$. Казалось бы, огромная площадь — 20 тыс. км^2 . Не много ли? Давайте подсчитаем.

Если принять, что годовая норма полива — 5 тыс. м^3 на гектар (эквивалентно 500 мм осадков в год), можно вывести простое и легко запоминающееся правило: на каждый гектар орошаемой земли нужно построить от половины до гектара солнечного пруда, используя непригодные для сельского хозяйства земли.

Такая водохозяйственная система будет работать, практически, по замкнутому циклу (орошение — засоленный дренажный сток — опреснение) и только подпитка, обусловленная превышением испарения над осадками, пойдет за счет подземных вод. Предполагаемая мощность, которую можно получить от энергетических опреснительных установок, оценивается при этом цифрой в 200 млн. кВт (электрических), что совпадает с нынешней установленной мощностью тепловых электро-

станций СССР. (Разумеется, такую мощность эти установки смогут развивать только летом).

В литературе описаны десятки небольших прудов, на которых измеряли температуру, плотность, соленость. В СССР серьезные исследования солнечного пруда на территории Узбекистана были проведены в 1970 г. доцентом Технологического института в г. Бухаре Ю. Усмановым. Однако развития работы не получила, так как не была направлена на решение проблемы опреснения.

В этой связи представляется целесообразным разработать научно-техническую программу, предусматривающую исследование солнечных прудов. Видимо, в состав исполнителей нужно включить и Минводхоз СССР.

Солнечный пруд — это сооружение, требующее высокой гидротехнической культуры. Строительство таких прудов можно назвать гелиогидротехникой — новой областью, объединяющей гидротехнику, и гелиоэнергетику. Всё, что нужно от природы: солнечная радиация, рассолы и свободные площади — имеется в Средней Азии в изобилии.

Немаловажно и то, что солнечные пруды — экологически чистые, абсолютно безвредные сооружения. Ведь соляные озера в естественных условиях существуют веками.

ПОСТСКРИПТУМ

Написал статью и задумался. В целом для народного хозяйства предлагаемое решение, конечно, заманчиво, а вот с точки зрения ведомства...

Как известно, задача Минводхоза — дать пресную воду для орошения, а за выработку электроэнергии отвечает Минэнерго. Смогут ли два мощнейших министерства найти общий язык?

Время покажет. А сейчас, на первом этапе, нужно поскорее провести исследования и самих прудов и возможности орошения от них, построить небольшие энергетические опреснительные установки, подобные тем, что уже есть за рубежом, и тщательно испытать их.

Дело для Минводхоза достойное. Поворот «к солнцу» может оказаться весьма плодотворным.

ДВА ГЕНЕРАТОРА — ПАРА

В августе 1987 г. в Мартини-Виль (Швейцария) сдан в эксплуатацию ветрогенератор мощностью 160 кВт — второй по мощности в стране. Совместно с биогазовым генератором он будет обеспечивать электроэнергией станцию очистки сточных вод.

«*Neue Zürcher Zeitung*»,
12.08.1987

ЛАМПОЧКА С... МАГНИТОМ

Ввинчивание обычной лампочки накаливания требует некоторого усилия, поэтому нередко лампа выходит из строя. Французский изобретатель Ж. Фрич создал лампочку, которая крепится к патрону с помощью магнита. Изобретение Фрича удостоено главной премии на выставке в Женеве.

«*Die Presse*»,
17.08.1987

КТО ИЩЕТ — ТОТ ВСЕГДА НАЙДЕТ

В течение 35 лет велись поисково-разведочные работы на нефть в Йеменской Арабской Республике, которые успешно завершились в 1984 г. открытием месторождения Алиф с запасами нефти в 500 млн. барр.

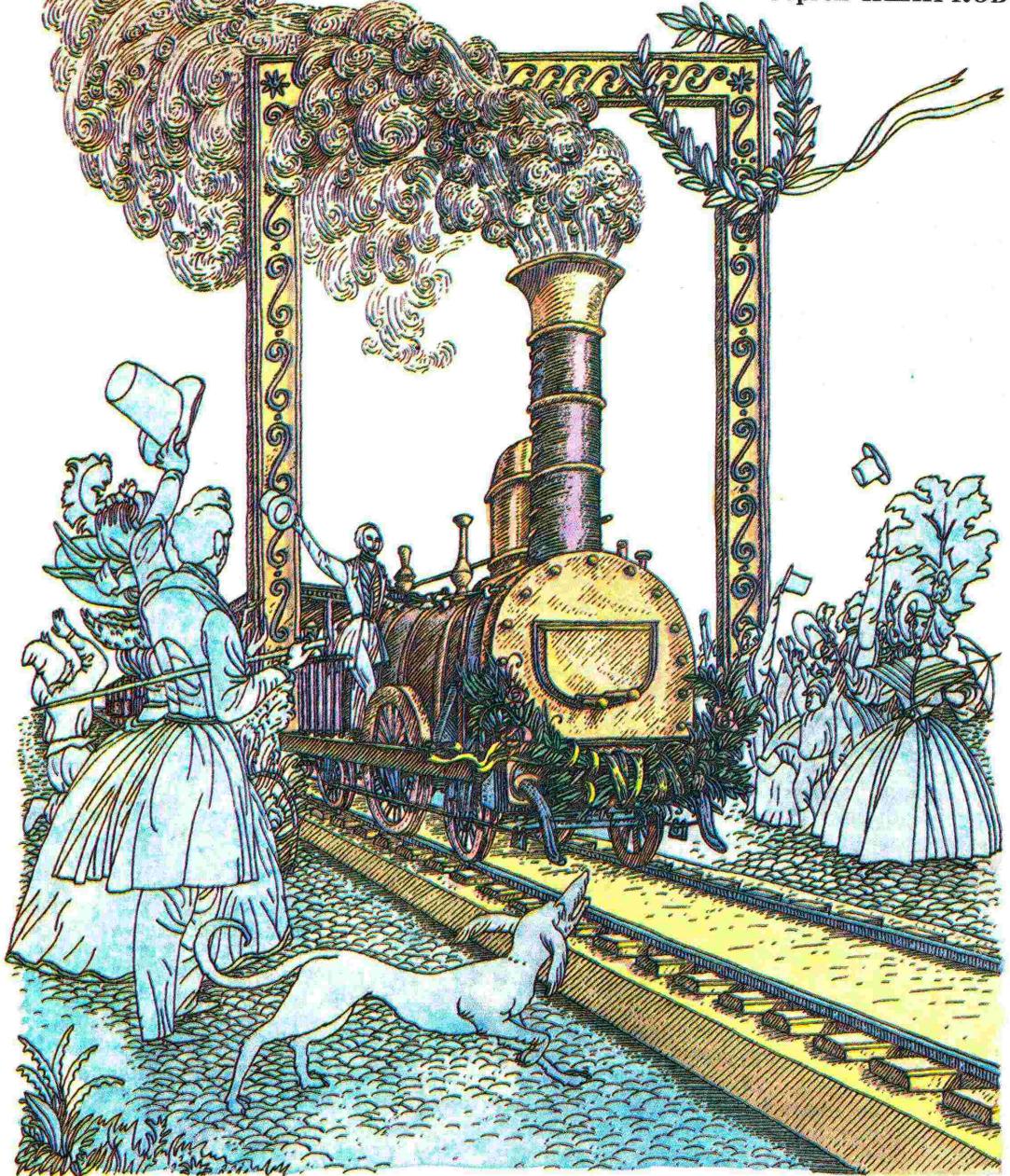
В 1987 г. страна «вступила» в ряды экспортёров нефти. Её экспорт, составляющий сейчас 200 тыс. барр. в сутки, к 1990 г. увеличится вдвое.

«*Petroleum Economist*»,
1987, № 7

Из Петербурга в Царское Село

Начало XIX века. Хотя по дорогам всего света ещё колесили конные экипажи, именно эти годы подарили человечеству новый вид транспорта — железнодорожный.

Сергей ПШИРКОВ



Железные дороги общего пользования появились в 20-е гг. XIX века в Англии. Первая в мире железная дорога была открыта уже 27 сентября 1825 г. между английскими городами Стоктоном и Дарлингтоном и имела длину 21 км. В 1830 г. начинает функционировать железная дорога Чарлстон — Огаста в США. Она по своей длине (67 км) более, чем втрое превышает протяженность железнодорожного «первенца».

Вслед за США в железнодорожный марафон вновь включилась Европа: год 1833 — французская дорога Сент-Этьен — Лион (58 км); год 1835 — бельгийская железная дорога Брюс — Михельн (23 км) и германская Фюрт — Нюрнберг (12 км).

Наконец, на мировую «железнодорожную арену» выходит Россия. Равняясь на передовую в то время Европу, здесь также обсуждались, рассматривались и отвергались проекты строительства железных дорог общего пользования. Однако правительство Николая I весьма скептически относилось к новому виду транспорта и для начала согласилось лишь на постройку небольшой железной дороги, которая связала бы Петербург и Павловск.

Строить дорогу был приглашен австрийский инженер Франц Антон Герстнер. В конце 1835 г. было создано акционерное общество по строительству Царскосельской железной дороги. Проект привилегии Общества Царскосельской дороги гласил, что учредители, решив организовать компанию «для устройства железной дороги из Санкт-Петербурга в Царское Село, с продолжением одной до Павловска, длиной 24 версты (25,6 км), вошли с просьбой о выдаче им на сие предприятие десятилетней привилегии». Компания также выступила с обязательством приобретать нужное для строительства железо у российских заводчиков при условии, что те будут продавать его не более, чем на 15 % выше цены, по которой могло бы обойтись английское железо, поставленное в Петербург. Однако российские заводчики хранили молчание...

Маршрут будущей железной дороги пролегал по местности со сложными почвенно-климатическими условиями. Прежде чем приступить к строительству насыпи, нужно было осушить территорию по всей протяженности трассы. Наконец, 9 мая 1836 г. начались земляные работы.

Строили дорогу крестьяне (в основном, выходцы из Вологодской губернии) и ма-

стеровые, приходившие в столицу на сезонные работы, порой за несколько сотен верст. Использовался при строительстве и принудительный труд солдат.

По рекомендации Герстнера, землю для строительства насыпи брали по обеим сторонам трассы на расстоянии не более 50 сажень (100 м), на глубину «сколько грунт позволит», таким образом, чтобы вода уходила от насыпи. Вынутая земля тщательно очищалась от пней, сучьев, камней, после чего ее укладывали слоями толщиной по 10 вершков (около 0,5 м); дерн использовали только для второго слоя, а ил и торф вообще запрещалось пускать в дело. Причем, технология укладки была такова, что каждый последующий слой можно было насыпать лишь после того, как просохнет предыдущий.

Большие трудности вызвало сооружение моста через Обводной канал. Здесь на глубину 16—17 м требовалось забить около трех сотен свай. Эта работа велась круглосуточно в течение шести недель. Мост через Обводной канал был самым протяженным на трассе и имел длину 25,6 м. Кроме него на дороге навели еще свыше 40 деревянных мостов с длиной пролетов преимущественно 2—3 м. Благодаря этому все полотно железной дороги располагалось на сплошной 25-километровой насыпи. Для гужевого транспорта был сделан ряд переездов. Средняя высота насыпи равнялась 3,7 м, ширина — 5,3 м.

27 августа 1836 г. возле Царского Села приступили к укладке первых рельсов. Железные двухголовые рельсы симметричной формы, имевшие длину 3,7 м, 4,6 м и 4,9 м, общей массой 1938 т, закупили в Англии и Бельгии. Там же приобрели 132 т железных чушек и гвоздей.

Дорога строилась в одну колею, ширина которой равнялась 6 футам (1,829 м). Полотно укладывали с помощью шпал длиной 3,2 м, расположенных на расстоянии 0,9 м друг от друга. Причем шпалы укладывались непосредственно на насыпь с тем, чтобы засыпку балласта осуществить будущей весной после того, как насыпь осядет. Наибольший уклон дороги составлял 2 %, а наименьший радиус — 448 м.

Почти одновременно с прокладкой дороги началось и сооружение вокзала в Царском Селе.

В Петербурге к строительству станционного здания приступили несколько позже. Вначале планировалось построить Петер-

бургскую станцию на берегу Фонтанки, однако позднее неказистое деревянное здание вокзала появилось на площади перед церковью Семеновского полка (неподалеку от современного здания Витебского вокзала в Ленинграде). Каменные здания Петербургской и Царскосельской станций возвели уже на рубеже 40-х и 50-х гг.

3 октября 1836 г. в Кронштадт морем доставили первый из железнодорожных локомотивов — паровоз завода Т. Гакворт (Англия). Всего же для Царскосельской дороги было заказано 7 паровозов: один завода Д. Кокериля в Бельгии, в дальнейшем получивший название «Богатырь», по два английских заводов Р. Стевенсона — «Проворный» и «Стрела», Ч. Тейлора — «Орел» и «Лев» и Т. Гакворт. Однако из-за стесненности в средствах от седьмого паровоза (завода Гакворт) компания вынуждена была отказаться, и в Россию поставили лишь один локомотив этого завода — «Слон».

Внешне все паровозы были похожи и отличались только габаритами и расположением отдельных компонентов. Установленные на них паровые машины состояли из двух горизонтальных цилиндров с диаметром 350—381 мм и ходом поршня 457—569 мм. Котлы были оборудованы топкой и «кипятильными» трубами, по которым дым уходил в так называемую «дымящую» камеру, а оттуда в паровыходную трубу. В целях теплоизоляции снаружи котел был облицован деревянными дощечками. В рабочем состоянии в котле, воду в который подавали два насоса, приводившиеся в движение эксцентриковыми механизмами от задней пары колес, а на стоянках вручную, поддерживалось давление 4,4—5 атм. Снабжены все машины были тремя парами колес (диаметром 1,7—1,9 м): передней — «бегуновой», средней — «движущей» и задней — «поддерживающей».

По расчетам Герстнера, каждый из приобретенных паровозов должен был развивать мощность не менее 40 л. с. (29,4 кВт) и скорость 40 верст/ч (43 км/ч). На самом же деле «иностранны» превзошли все ожидания, имея мощность 75—120 л. с. (55—88 кВт), а скорость свыше 60 верст/ч.

Собранные на заводах машины предварительно проходили испытания в подвешенном состоянии, во время которых их колеса вращались с окружной скоростью 98—112 верст/ч (120—146 км/ч). В дальнейшем для мощностных характеристик

локомотивов ввели понятие модуля силы тяги. Так вот, для первых паровозов Царскосельской железной дороги он составлял примерно 1500 кгм/с (для сравнения: аналогичный показатель у последнего советского пассажирского паровоза равнялся 21 000 кгм/с).

В качестве топлива на паровозах должен был использоваться кокс. Но в силу его дефицита и дороговизны применялись преимущественно дрова.

Кроме паровозов, которые, к слову сказать, были оснащены оригинальными музыкальными «снарядами», состоявшими из одиннадцати труб и одного тромбона и оповещавшими публику о прибытии поезда, в Бельгии для дороги также закупили пассажирские вагоны (по четыре каждого типа): 1-го класса «берлин», своего рода железнодорожные кареты; 2-го класса «дилижансы», рассчитанные на 40 пассажиров; «шарабаны» (открытые линейки) аналогичной вместимости и «вагоны».

На всем протяжении от Петербурга до Павловска дорога была оборудована оптическим телеграфом: через каждые одну-две версты установили мачты с горизонтальными перекладинами, на которых днем поднимались черные шары, а ночью красные фонари, причем для передачи сигналов из одного конечного пункта в другой требовалось не более получаса.

Пробные поездки сперва с конной тягой, а затем с паровой начались уже в конце 1836 г. Каждый «экспериментальный» поезд состоял из паровоза, тендера с топливом и водой, повозки с «трубной машиной», двух «берлин», двух «дилижансов», двух «шарабанов», двух «вагонов» и повозки, предназначенный для строевого леса, куда вместо леса могло поместиться до ста человек. Весь же состав, длина которого достигала 91 м, мог одновременно перевезти 340 человек. Добавим также, что в зимнее время для повышения маневренности поезда оборудовались специальными снегоочистителями.

И вот наступило 30 октября (11 ноября по новому стилю) 1837 г. После торжественного молебна паровоз «Проворный» под управлением Ф. А. Герстнера в 12 ч 30 мин отправился в путь из Санкт-Петербурга в Павловск. Весь путь протяженностью в 21,5 версту он преодолел за 27 мин, на отдельных участках развивая скорость до 60 верст/ч.

По слухам торжества в Берлине даже

заказали несколько сотен памятных медалей, на лицевой стороне которых было выгравировано: «Первая железная дорога от Санкт-Петербурга до Павловска открыта 30.10.1837». Правда, вручение медалей по неизвестным причинам император в последний момент отменил, и лишь одна из них была вмонтирована в мраморную доску в зале собраний акционеров на втором этаже Петербургской станции.

Первое время движение на дороге было нерегулярным, поскольку ходила всего лишь одна пара составов, причем с паровой тягой поезда ходили только при наличии более 40 пассажиров, в остальных же случаях использовалась конная тяга. Но уже с 4 (16 н. с.) апреля 1838 г. на Царскосельской дороге «трудились» исключительно паровозы, а с 15 (27) мая появилось и стабильное расписание, согласно которому поезда отправлялись одновременно из Петербурга и Царского Села в 9, 12, 16, 19 и 22 часа.

На всем протяжении от Петербурга до Павловска дорога была открыта позже 22 мая (3 июня) 1838 г. Кроме того, в Павловске был специально построен концертный зал, куда для выступлений стали приглашать ведущих музыкантов со всего мира.

Добавим, что стоимость проезда из конца в конец составляла 2 руб. 50 коп. в 1-м классе, 1 руб. 80 коп. во 2-м классе.

се и 80 коп. в «открытой повозке». Строительство и техническое оснащение дороги обошлось почти в 5 млн. руб. Иными словами, 1 км Царскосельской железной дороги с учетом экспортных поставок «стоил» 185 тыс. руб. ассигнациями, или 57 тыс. руб. серебром. Заметим, что за одну кубическую сажень ($9,7 \text{ м}^3$) компания выплачивала работавшим по 3 руб. 80 коп.

Открытие первой российской дороги позволило решить две главные задачи: завоевать признание среди ранее сомневавшихся либо отрицающих пользу этого новшества и одновременно доказать возможность функционирования в сложных климатических условиях (Царскосельская дорога была самой северной железнодорожной трассой мира).

В дальнейшем опыт эксплуатации дороги и найденные технические решения были использованы при строительстве других железных дорог и, в первую очередь, Николаевской (ныне Октябрьской), связавшей Петербург и Москву. И хотя с открытием Николаевской, а затем и Варшавской железных дорог Царскосельская линия превратилась в обычную пригородную, но в памяти потомков она навсегда осталась родоначальницей гигантской сети многочисленных железных дорог страны.

г. Ленинград

ПРЕСС-КЛИП

РЕАКТОР-УНИВЕРСАЛ

Монолитные железобетонные стены толщиной около 1 м, бетонное подземелье глубиной 6 м, герметично закрывающиеся двери — так будет выглядеть помещение для атомного реактора «Аргус», монтаж которого осуществляется в Физико-техническом институте АН Таджикской ССР. А сам «Аргус» удивительно мал —

размером с небольшой бочонок. Так сконцентрирована его активная зона.

Назначение реактора — проведение экспресс-анализов. Например, содержание серебра в горных породах можно будет определять с его помощью всего за 7 мин, содержание марганца в почве — за 5 мин. С такой же оперативностью можно установить состав воздуха и воды, причём точность измере-

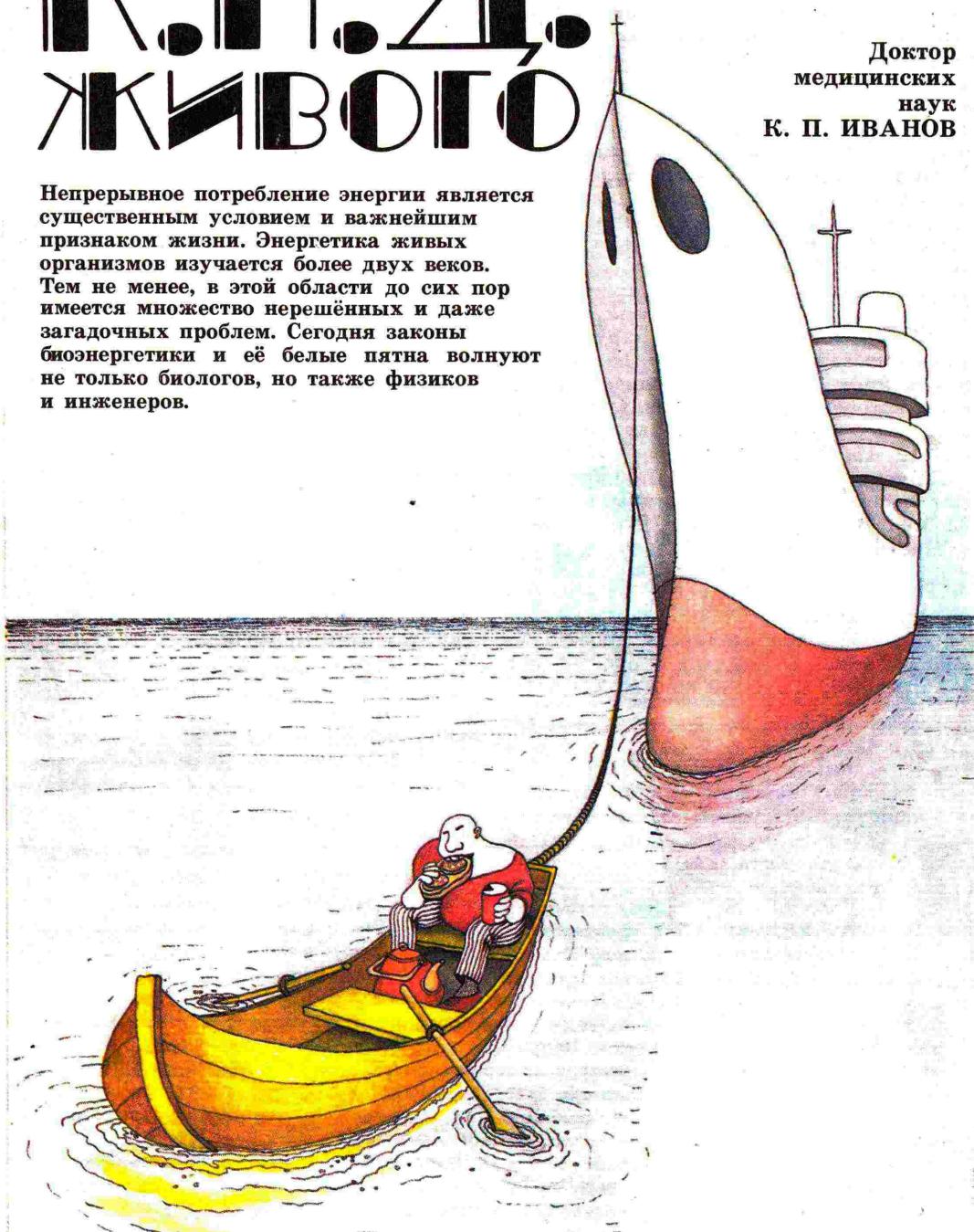
ний намного выше по сравнению с традиционными «пробирочными» методами. Другие сферы применения реактора — геолого-исследовательские работы, сельское хозяйство, медицина. Планируется и проведение фундаментальных исследований в области ядерной физики и физики твёрдого тела.

«Коммунист
Таджикистана»,
30.06.1987

КЛЮЧИ ЖИВОГО

Доктор
медицинских
наук
К. П. ИВАНОВ

Непрерывное потребление энергии является существенным условием и важнейшим признаком жизни. Энергетика живых организмов изучается более двух веков. Тем не менее, в этой области до сих пор имеется множество нерешённых и даже загадочных проблем. Сегодня законы биоэнергетики и её белые пятна волнуют не только биологов, но также физиков и инженеров.



Одной из удивительных особенностей живого организма является сравнительно большое потребление энергии. Так, человек в покое расходует 120—130 Вт! Даже тяжело больной, проводящий весь день в постели, с трудом подносящий ко рту стакан с питьем, за сутки потребляет столько энергии, что ее хватило бы на разгон с места 20-тонного вагона! А ведь при напряженной мышечной работе энергорасходы возрастают в 10—15, у спортсменов даже в 20 раз. Мощность при этом составляет соответственно 1—1,5 и даже 2 кВт.

Расходы энергии зависят еще от вида организма. Человек в этом смысле занимает далеко не первое место. Так, если бегущий человек на единицу массы тела потребляет столько же мощности, как и океанский лайнер на полном ходу, муха — как мчащийся автомобиль, то бактерии в данном случае сравнимы по мощности с реактивным самолетом! Естественно возникает вопрос: на какую работу затрачивается (особенно в покое) так много энергии?

Реакции расщепления сложных органических молекул являются источником энергии для процессов жизнедеятельности. Они начинаются еще в кишечнике, продолжаются в печени, но основная энергия высвобождается непосредственно в клетке — ее главном потребителе. Очень важно отметить, что эта энергия не может быть использована для физиологической работы непосредственно. В результате ряда сложных «сопряженных» реакций в клетке синтезируется особое вещество — аденоинтрифосфорная кислота (АТФ). Гидролиз АТФ и обеспечивает энергией физиологические процессы.

Эти общие закономерности подробно изучены современными биохимией и биофизикой. Однако механизм образования АТФ, так называемый процесс фосфорилирования, пока еще остается неясным. Недостаточно изучена и довольно редко рассматривается физиологами и биохимики проблема различных видов физиологической работы и специфиности их энергообеспечения. Между тем, с точки зрения биоэнергетики, это важнейшая проблема. Действительно, какие виды физиологической работы в организме известны?

В основе всех разнообразных и очень сложных проявлений жизнедеятельности у животных и человека лежат только три основных вида работы, а именно:

перемещение ионов через биологические мембранны против электрического потенциала на границе клетки, химическая работа синтеза различных органических соединений и сократительная работа мышц.

В нервных клетках концентрация ионов натрия значительно выше, чем в оклоклеточном пространстве. В общем, неравенство ионных концентраций, которое создается работой так называемого «ионного насоса», приводит к тому, что между внутри- и межклеточной средой возникает разность электрических потенциалов около 100 мВ. Толщина клеточной мембранны, разделяющей эти ионные бассейны, близка к ста ангстремам. В таком случае, напряженность электрического поля, которая объясняется ионным равновесием, выражается числом почти фантастическим для живой ткани: около 100 тысяч вольт/см!

Понятно, что требуется значительная работа для поддержания этого градиента и перемещения ионов против этой разности потенциалов которая определяет всю деятельность нервной клетки и нервной ткани в целом: прием, обработку и передачу информации. Поддержание разности потенциалов лежит в основе возбудимости и сократительной работы мышц. Перемещение ионов против разности потенциалов составляют важнейшую часть деятельности почек и ряда желез.

По нашим экспериментальным данным и расчетам, в головном мозге примерно половину всей расходуемой энергии потребляют нейроны — нервные клетки. Около 70 % всей этой энергии затрачивается в нейронах на перемещение ионов.

Второй вид работы — синтез различных соединений. Как известно, состав любого тела живого организма постоянно обновляется. Так, например, все эритроциты крови меняются каждые 3—4 месяца. Белки крови обновляются значительно быстрее. Период полуобновления клеток печени составляет у разных животных от 2-х до нескольких суток. Кроме того, в живом организме постоянно синтезируются различные секреты, гормоны, медиаторы, которые выводятся после того, как сыграют свою роль.

Однако самая энергоемкая работа заключается в синтезе АТФ. Попытаемся представить некоторые числа.

При постельном режиме потребление энергии человеком среднего веса и возраста составляет примерно 1800 ккал в сут-

ки. Энергия для непосредственных физиологических рабочих процессов, как мы уже знаем, доставляется только с помощью АТФ.

Синтез АТФ происходит в организме с определенными потерями энергии. Забегая несколько вперед, скажем: что к. п. д. этого синтеза составляет около 50 %, т. е. только половина затраченной энергии получается в виде химической энергии АТФ. Следовательно, гидролиз АТФ может доставить организму около 900 ккал ежесуточно. Молекулярный вес АТФ равен 506. При расщеплении одной граммомолекулы АТФ в результате гидролиза освобождается примерно 8 ккал.

Легко подсчитать, сколько должно быть в организме синтезировано АТФ, чтобы обеспечить энергетические потребности организма даже при полном мышечном покое. Для этого надо разделить 900 ккал на 8 и умножить на 506 (молекулярный вес АТФ). Это дает 50 925 г, то есть почти 60 кг!

Этот расчет, между прочим, может продемонстрировать слабость некоторых количественных представлений в современной медицине. Хорошо известно, что врачи часто предписывают пациентам внутримышечные инъекции АТФ. Применяется обычно впрыскивание 1 мл однопроцентного раствора динатриевой соли АТФ.

Указанное вещество при таком введении оказывает слабое фармакологическое действие на кровеносные сосуды и кровяное давление. Однако врачи часто объясняют цель такой процедуры желанием «улучшить энергетический бюджет». Такое мнение распространено. Согласно сделанному выше расчету, 20 мг АТФ, которые поступают в организм с одной инъекцией, теоретически недостаточны для обеспечения жизни даже в течение 0,1 сек. Практически не будет и этой пользы, так как АТФ не проникает в клетку из крови, а образуется только внутри нее.

Третий вид работы — мышечные сокращения, которые совершаются в покое. В постоянном напряжении находятся мышцы оболочки кровеносных сосудов, бронхов, протоков желез. Сократительная работа постоянно совершается мощной мускулатурой кишечника и желудка, а также дыхательной мускулатурой. Различные мышцы туловища и конечностей даже при полном видимом покое обнаруживают определенное тоническое на-

пряжене. Сердце отдыхающего человека за час перекачивает из вен в артерии, да еще при значительном гидравлическом сопротивлении, 300—350 л крови, что поглощает 11—13 % всего энергетического бюджета организма.

В технике важнейшим показателем экономичности служит коэффициент полезного действия. Для современного двигателя внутреннего сгорания он равен примерно 40 %, а для электромотора близок к 98 %.

К. п. д. мышечной работы зависит от ее вида. Наиболее производительная работа вращение педалей велоэргометра имеет к. п. д. 15—20 %. Наименее производительная работа (подъем груза на высоту) имеет к. п. д. всего 3—7 %. Однако фактически к. п. д. мышечной работы значительно меньше.

Расход энергии определяют по потреблению кислорода организмом (1 л соответствует освобождению 4,7—5 ккал). Даже после кратковременной работы средней тяжести потребление кислорода организмом может оставаться несколько повышенным еще 1—1,5 часа, а после длительной тяжелой работы — сутки и более. Следовательно, точное определение расхода энергии требует очень длительных измерений потребления кислорода. Несоблюдение этого правила значительно «зазывает» к. п. д. Однако дело не только в этом. В трудовом процессе человек выполняет мышечную работу с определенными паузами. Если учесть все неизбежные энергозатраты во время этих пауз, а также во время дневного отдыха и ночного сна, то истинный к. п. д. мышечной работы в сутки составит единицы или даже доли процента!

Конечно, сразу же возникает важный вопрос о причинах такого низкого к. п. д. Объясняется ли он высокими «накладными» расходами, обусловленными энергозатратами на дыхание, кровообращение, управление мышцами со стороны центральной нервной системы и т. д. Ведь все эти «расходы» необходимы для успешной работы мышц. Или же сама по себе сократительная функция мышц отличается сравнительно низким к. п. д.?

Вопрос принципиальный для энергетики живого организма. Ответить на него позволяют лишь исследования изолированной мышцы. Такие измерения сделать, однако, очень трудно. Для этого необходимо создать для изолированной мышцы условия работы, близкие к физио-

логическим. Вот почему таких исследований мало и они дают неоднозначные результаты.

В течение нескольких лет мы разрабатывали метод исследования изолированных мышц. В наших исследованиях изолированная скелетная мышца белой крысы получала в избытке кислород и питательные вещества естественным путем через мельчайшие мышечные артерии и капилляры. Она работала при температуре тела животного — 37 °С. Был найден способ учета и измерения всех основных источников энергии в мышце («запас» АТФ, энергия дыхания, энергия гликолиза). Общий расход энергии и производимая механическая работа определялись одновременно. Оказалось, что при длительной нагрузке средней тяжести изолированная мышца имеет к. п. д. всего 8 %. Изолированное сердце животных имеет почти такой же к. п. д. Согласно многим экспериментам, он составляет 7—10 %. Недавно особым, довольно сложным способом, удалось измерить к. п. д. сердца у нормального здорового человека. Он оказался близким по величине к. п. д. сердца животных и составил 9—11 %.

Значительная доля энергии поглощается при синтезе АТФ. Как отмечалось выше, на это затрачивается почти половина всей энергии, освобожденной при расщеплении сложных органических молекул пищи. Однако сократительная функция миофибрилл (сократительные элементы мышечного волокна) на основе уже «готовых» молекул АТФ имеет свой к. п. д. Тогда к. п. д. составит 12,5 %. Надо дополнительно учесть некоторые расходы энергии на процесс возбуждения (то есть энергию активации) и на работу покоя мышцы. В результате общий к. п. д. составит 9—10 %. Это очень близко к результатам непосредственного экспериментального определения к. п. д.

Значительно сложнее вычислить или измерить к. п. д. двух других видов физиологической работы: синтеза органических соединений и перемещения ионов против градиента концентраций. О синтезе АТФ мы уже говорили. На основании данных из научной литературы можно сказать, что синтез белка, углеводов, липидов и других органических соединений протекает с к. п. д. примерно 10—15 %. Можно полагать, что и перемещение ионов происходит приблизительно с таким же к. п. д. или с еще более низким. Надо заметить, что причины сравнительно

низкого к. п. д. на уровне непосредственных рабочих процессов (сокращение миофибрилл, например) до сих пор неизвестны. Эти проблемы, как нам кажется, составляют наиболее интригующую и увлекательную часть современной биоэнергетики.

Итак, оказывается, что к. п. д. целого организма значительно ниже к. п. д. машин и механизмов, созданных человеком. Мы часто считаем живой организм непревзойденным образцом совершенства. Почему же его к. п. д. оказывается ниже, чем у паровой машины? Нет ли в наших измерениях и расчетах какой-то принципиальной, драматической ошибки? Попытаемся разобраться в этой удивительной ситуации.

Прежде всего отметим, что такое сравнение не совсем корректно. Ведь живой организм много энергии тратит на поддержание температуры тела (и вообще на гомеостаз). Кроме того, преобразование в работу химической энергии АТФ не аналогично преобразованию в тепловых машинах — используются разные методики расчета. Вот несколько конкретных примеров.

Если в бензобак современного автомобиля залить сырью нефть, он, конечно, не сдвигается с места, так как его двигатель способен использовать только бензин, продукт сложной и дорогой очистки и обработки сырой нефти. Понятно, что в расчете к. п. д. двигателя эти расходы не учитываются. В живом организме пища тоже не может служить непосредственным «топливом» для жизнедеятельности. Она требует сложной многоступенчатой обработки и синтеза АТФ. Процесс этот, как мы уже знаем, очень «дорог».

Для поддержания двигателя в рабочем состоянии требуется уход за ним: смазка, текущий, средний, капитальный ремонт с заменой износившихся или случайно вышедших из строя деталей. Все это имеет определенную стоимость, но не учитывается при расчете к. п. д.

Сердце человека выполняет за жизнь огромную работу и при этом ни разу не останавливается для «ремонта». Тем не менее, «смена деталей» в нем происходит. Клетки сердца в течение жизни обновляются много раз. Это и есть «ремонт». Почки «на ходу» стоит недешево. Ведь к. п. д. синтеза органических соединений не очень высок.

Двигатель всегда можно остановить и даже законсервировать. Живой организм

постоянно потребляет энергию даже при полном покое. Эти расходы всегда суммируются с затратами энергии на работу. В скелетной мышце они невелики и составляют 3—10 % от расходов энергии при средней нагрузке. Но для сердца, например, составляют от 20 до 30 %. Для мозга основной расход энергии связан с поддержанием его жизнеспособности. У человека во сне и при интенсивной умственной деятельности потребление энергии мозгом практически одинаково. Очевидно, значительный энергетический бюджет «покоя» имеет место и в других тканях и органах.

И, наконец, необходимо учитывать еще одно обстоятельство. Техническое устройство всегда предназначено для выполнения какой-либо специфической, узкой задачи. А вот живой организм обнаруживает огромное разнообразие функций. Даже сложнейший робот бесконечно далек по этому признаку от сравнительно примитивного животного. Можно с уверенностью сказать, что попытки резко расширить функции автономного робота поставили бы перед инженерами неразрешимые энергетические проблемы.

Замечательной способностью живого организма является регуляция к. п. д. физиологической работы. Мы знаем, что длительная специальная тренировка спортсменов совершенствует мышечную деятельность. Но вот что может регулироваться к. п. д. самого мышечного сокращения, стало известно совсем недавно. При этом увеличить к. п. д. организм может лишь совсем немного.

Зато в сторону понижения возможности довольно значительные. Конечно, возникает вопрос, в чем смысл такой регуляции? Наиболее четко подобные сдвиги прослеживаются у сравнительно мелких «теплокровных» животных после длительного привыкания к холода. В общем, организм может повышать свою теплопродукцию для защиты от охлаждения. Происходит это за счет специфической сократительной деятельности мышц — холодовой дрожи. У маленьких животных, в силу ряда особенностей, повышение теплопродукции мышц — единственно эффективная защита от холода. Благодаря особым веществам — гормонам и нервным медиаторам — они понижают к. п. д. мышечного сокращения в 2—3 раза. Соответственно возрастает и теплопродукция терморегуляционного мышечного тонуса.

Надо сказать, что сначала факт снижения к. п. д. мышечной работы, который был впервые установлен в нашей лаборатории в Ленинграде и одновременно нашими коллегами в Новосибирске, не вызвал доверия. Ситуация выглядела слишком необычно. Впоследствии факт был подтвержден многими лабораториями. Интересно, однако, что совсем недавно, он получил новое освещение.

В энергетике человеческого организма существует проблема избыточного веса или ожирения. В нашем теле имеется регулятор веса. Как он действует — до сих пор неизвестно. Но точность его поразительна. Многие люди, начиная со зрелого возраста и до глубокой старости, сохраняют вес неизменным. Другие — с возрастом полнеют. Регулятор «ошибается», но погрешность эта минимальна. Если человек весит 70 кг, то ежедневная «ошибка» регулятора на 0,05 %, то есть на 35 г, приведет через год к избыточному весу в 12,6 кг!

Но как регулируется вес тела при избыточном поступлении пищи в организм? Оказалось, путем снижения к. п. д. организма в целом. Довольно давно было установлено, что у некоторых животных имеется так называемая бурая жировая ткань. При угрозе переохлаждения эта ткань усиленными темпами «сжигает» жиры. В результате энергия расщепления жира трансформируется в тепло и покидает организм. Однако часть продуктов расщепления, а именно жирные кислоты, попадают в кровь, достигают мышц и там окисляются.

Биологи и физиологи часто используют черты сходства между техническими системами и живыми организмами, чтобы лучше понять и представить механизмы регуляции физиологических функций и биологических процессов.

Безусловно, энергетика живого вещества имеет неповторимые и еще плохо изученные особенности. Их механизмы часто остаются скрытыми от глаз исследователя. Только дальнейшие упорные скрупулезные исследования позволят нам раскрыть замыслы природы и использовать их в практике.

РАЗВИВАЮЩИЕСЯ СТРАНЫ: ЭНЕРГИЯ ИСТОЧНИК ЖИЗНИ

Развитие общества и рост потребления энергии всегда были тесно взаимосвязаны. Сегодня мировая добыча первичных энергоресурсов достигает 9 млрд. тонн условного топлива в год. В пересчете на уголь для перевозки столь большого количества энергетического сырья потребуется 150 млн. железнодорожных вагонов. Такой состав мог бы 60 раз опоясать земной шар по экватору или трижды «дотянуться» до Луны и вернуться на Землю.

ЭНЕРГИЯ И «КАЧЕСТВО» ЖИЗНИ

Как распределяется это гигантское количество энергии по странам мира?

Крайне неравномерно. Развивающиеся страны, в которых проживает три четверти населения планеты, потребляют лишь одну четвертую ее часть и производят при этом 25—28 % совокупного мирового валового внутреннего продукта (ВВП). В то же время, промышленно развитые страны «поглощают» более 70 % энергии, производя 72—75 % мирового ВВП.

Не случайно, в странах с развивающейся экономикой не только в 10 раз (в среднем) меньше потребляется энергии на одного жителя, чем в промышленно развитых странах, но и в 11—12 раз ниже национальный доход на душу населения. При-

чем энергоэкономические связи общества не ограничиваются одной этой зависимостью, а распространяются и на «качество» жизни.

Наряду с действием других факторов (природные ресурсы, климатические и географические условия, технологические возможности), низкий уровень потребления энергии в развивающихся странах влечет за собой уменьшение продолжительности жизни и высокую детскую смертность (в 6—10 раз выше, чем в промышленно развитых странах).

Именно показатель детской смертности служит широко принятым критерием оценки хронического недоедания, болезней. Взгляните на карту планеты. Более трети территории континентов окрашено в черный цвет, цвет голода. Сегодня в развивающихся странах Африки, Азии и Латинской Америки голо-

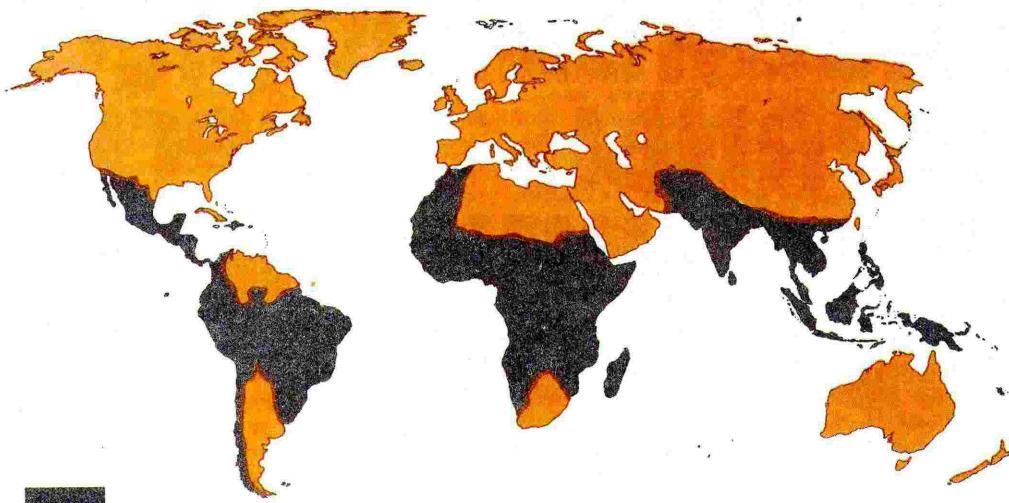
Кандидат
экономических
наук
А. Л. ГОРШКОВ

дают 600 млн. человек, 1 млрд. проживает на границе нищеты.

Особенно разителен контраст между промышленно развитыми капиталистическими странами и рядом государств африканского континента. В таких странах, как Бурунди, Бенин, Гвинея-Бисау, Заир, Конго, Мали, Малави, Нигер, Руанда, Того, Эфиопия, Чад, Уганда, Центральноафриканская Республика уровень потребления энергии на одного человека в 50 раз ниже среднемирового и в 100—500 раз ниже, чем в США; национальный доход на душу населения в 20—100 раз меньше, чем в США. А ведь только в перечисленных странах проживает более 300 млн. человек.

В чем же причины огромного отставания в экономическом развитии этих молодых государств?

Прежде всего в том, что



Территории, где потребление энергии на 1 человека меньше 1 тут в год, смертность в возрасте до 1 года выше 50 человек на 1000

имperialism постоянно стремится покрепче сжать их «тисками» неоколониалистской экономической зависимости, отводя развивающимся странам роль сырьевого приданка капиталистического мира.

Нынешнее «благополучие и процветание» промышленно развитых стран Запада не в последнюю очередь обеспечено за счет эксплуатации развивающихся государств, которые несут огромный ущерб из-за неравноправного положения в системе мирового капиталистического хозяйства.

«ДВОЙНОЙ» ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КРИЗИС

Фактор отсталости и зависимости обуславливает характер и специфику энергетических проблем развивающихся государств, а также существенные различия между ними и промышленно развитыми капиталистическими

странами в структуре потребления энергетических ресурсов.

В то же время, все развивающиеся страны можно разделить на две категории: экспортёры и импортёры нефти. В этих группах не только различная энергетическая ситуация, но и различные возможности для социально-экономического развития.

Крупнейшие экспортёры нефти — Саудовская Аравия, Кувейт, Объединённые Арабские Эмираты, Бахрейн, Ливия получают колоссальные доходы от ее продажи (в Кувейте, Саудовской Аравии и Бахрейне самый высокий в мире национальный доход на душу населения, равный 17—21 тыс. долларов), а на вырученные «нефть-доллары» осуществляют широкие программы индустриализации, повышают комфортность условий проживания.

В этой немногочисленной группе (17 стран) сконцентрировано более

половины совокупного ВВП развивающихся стран Африки и Азии, в то время как на страны, плохо обеспеченные энергетическими ресурсами, приходится 35—38 % совокупного ВВП, а на слаборазвитые государства — только 10—12 %.

Большинство же развивающихся государств (90 из 120) в той или иной степени зависят от импорта нефти, в том числе для 64 стран эта зависимость является жесткой, то есть за счет импорта нефти здесь покрывается свыше 70 % внутренних потребностей в энергии.

Таким образом, энергетическая проблема для большей части развивающихся стран неразрывно связана с необходимостью закупок нефти. Только в 1981 г. они истратили на импорт нефти 80 млрд. долларов — столько же, сколько на импорт продовольствия. Затраты на покупку нефти на 30 % превысили суммарные по-

ступления этих стран от экспорта и в 3 раза общий объем внешней помощи.

В развивающихся странах с низким уровнем национального дохода (менее 700 долларов на человека в год), которым нефть «не по карману», энергия, в основном, производится за счет сжигания традиционных энергоносителей (дров, навоза и т. п.). Доля их в общем потреблении в ряде стран весьма существенна: в Мали — 97 %, Буркина Фасо — 94, Танзании — 94, Нигере — 87, Камбодже — 85, Непале — 69. Особенно велико значение традиционных источников энергии для стран тропического пояса. В Африке удельный вес таких энергоносителей в общем производстве энергии составляет 70—90 %, в тропических странах

Азии — 50—65, в странах Центральной Америки — 30.

Многие развивающиеся страны уже испытывают дефицит лесных ресурсов ввиду интенсивного их использования в качестве топлива. Это порождает проблему истребления лесов, эрозию и засоление почв. По оценкам, для покрытия потребностей этих стран в древесном топливе только для целей приготовления пищи и обогрева жилищ необходимо воспроизвести леса на площади 50 млн. га, что в 4—5 раз выше мировых масштабов лесонасаждений в настоящее время.

Таким образом, проблема импорта нефти для региона развивающихся стран усугубляется проблемой воспроизводства лесных ресурсов. В этой связи в западной прессе фигурирует даже специальный термин: «двойной

энергетический кризис».

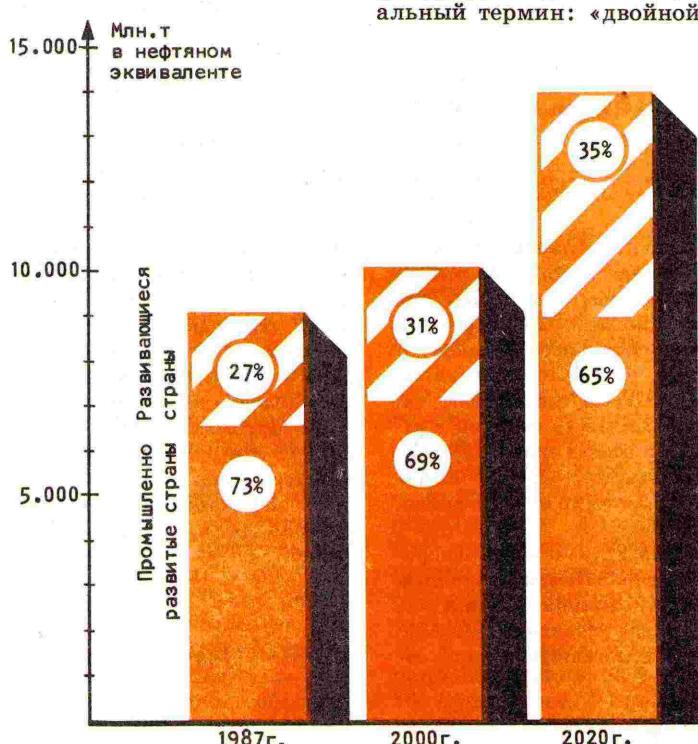
Еще одно существенное различие между промышленно развитыми и развивающимися странами — совершенно несравнимая структура распределения энергии. Если в развитых капиталистических странах на долю промышленности и транспорта приходится 50—60 % общего энергопотребления, то в странах с низким уровнем национального дохода примерно половина всей производимой энергии используется в домашнем хозяйстве, и только к 2000 г. структура распределения энергии в этой категории стран будет сравнима с той, которая была в промышленно развитых капиталистических странах в 1975 г.

Правда, в составе развивающихся стран появилась прослойка так называемых «новых индустриальных государств», но рассмотрение их экономической политики выходит за рамки этой статьи и требует отдельного анализа.

В целом же регион развивающихся стран характеризуется не только очень низким абсолютным и относительным уровнем потребления энергии, но и чрезвычайно некачественной, непрогрессивной структурой ее использования.

СОКРАТИТЬ РАЗРЫВ

Какими же реальными возможностями располагают развивающиеся государства для увеличения



Мировое потребление первичной энергии до 2020 г.

энергопотребления, а, следовательно, и для обеспечения дальнейшего экономического роста?

Темпы экономического развития этих стран, превышая в среднем в 1,5 раза аналогичный показатель для развитых капиталистических государств, сопровождаются, однако, и более высокими темпами роста численности населения.

При достаточно стабильной демографической ситуации в промышленно развитых капиталистических странах (увеличение численности населения на 160 млн. человек за 1975—2000 гг.), в развивающихся странах ожидается демографический «взрыв», который должен привести к приросту населения в 1,6 млрд. человек. К 2000 г. там будет проживать 78 % населения земного шара, а к 2020 г. этот показатель может увеличиться до 82 %.

Рост народонаселения тесно связан с развитием

в этих странах процессов индустриализации и урбанизации, с миграцией сельского населения в города, с качественным изменением структуры энергопотребления. Все эти факторы вызовут объективную необходимость роста потребления энергии в развивающихся странах как в абсолютном объеме, так и в расчете на душу населения.

Какие усилия потребуются этим странам, где среднее потребление энергоресурсов на одного человека составляет 0,7 тут в год, для того, чтобы достичь современного среднемирового уровня, равного 1,8 тут/человека в год?

Только для стран Латинской Америки объем инвестиций в собственное энергетическое производство и затраты на импорт энергоносителей в этом случае составили бы 3 трлн. долл.

Могут ли в такой ситуации развивающиеся страны утолить энергетиче-

ский голод, сократить гигантский разрыв между ними и промышленно развитыми странами, или, хотя бы, сохранить «статус quo»?

Ответ однозначен: нет, не могут.

Решение проблемы лежит в пересмотре существующих в мире систем хозяйственных связей, в перераспределении доходов между богатыми и наиболее бедными странами мира, в пересмотре системы и условий финансирования наименее развитых стран, условий погашения ими огромной задолженности, в прекращении гонки вооружений, втягивающей в свою орбиту и развивающиеся страны.

Такая организация мирового хозяйства возможна лишь на основе равноправия стран с различными системами собственности, взаимной выгоды, отказа от политики ультиматумов, уважения национального суверенитета, добровольного сотрудничества народов.

ПРЕСС-КЛИП

РАБОТАЮТ МИКРООРГАНИЗМЫ

Нидерландская фирма «Клэир Тек» предложила любопытный метод очистки воздуха, загрязненного промышленными отходами (такими, как сероводород, меркаптан, насыщенные кислородом растворители, амины, аммиак), с помощью микроорганизмов.

Поток воздуха с вредными примесями проходит через реактор, состоящий из нескольких секций, в которых

находятся шарики из полистирола. В каждой секции помещены специально подобранные микроорганизмы, способные перерабатывать опасные примеси в безвредные химические вещества. Перед подачей в реактор воздух нагревается до температуры 25—40 °C, увлажняется до 99 % и фильтруется.

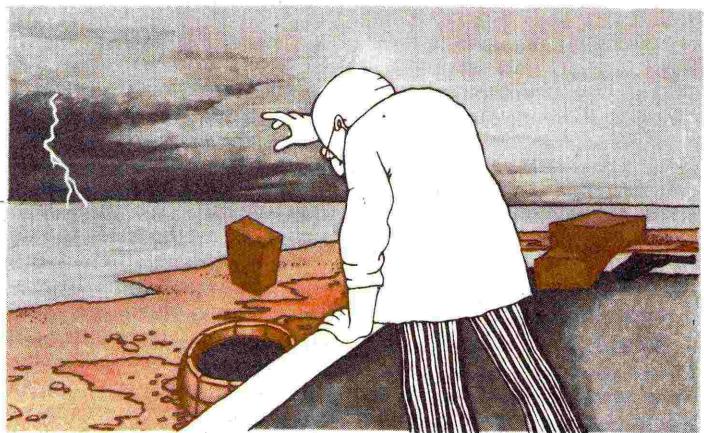
Для удаления сероводорода используются различные виды бактерий *Thiobacillus*, которые усваивают часть серы, а оставшаяся сера от-

фильтруется и нейтрализуется известью. Разложение углеводородов на двуокись углерода и воду осуществляется с помощью микроорганизмов *Actinomyces* и *Pseudomonas rhodococcus*.

На сегодняшний день созданы две модификации «бактериальных» реакторов производительностью 3,4 тыс. м³ и 100 тыс. м³ в час.

«Chemical Engineering», 1987, v. 94, № 9

«ЧЕРНОЙ МОЛНИИ ПОДОБНЫЙ»



Если в бочку с водой бросить кирпич, бочка уцелеет. Но если в нее выстрелить из пистолета, вода мгновенно разорвет обручи. Дело в том, что жидкости практически несжимаемы. Сравнительно медленно падающий кирпич позволяет воде успеть среагировать: уровень жидкости несколько повысится. А вот когда в воду врезается стремительная пуля, вода уже не успевает подняться, в результате резко подскакивает давление, и бочка разваливается.

Нечто похожее произойдет, если в бочку угодит удар молнии. Конечно, такое случается редко. Но вот в озере или речку «падения» бывают чаще. Лев Александрович Юткин в детстве стал свидетелем такого события. То ли потому, что в этом

возрасте все воспринимается гораздо ярче, то ли картина была уж очень впечатляющая, только мальчик запомнил на всю жизнь сухой треск электрического разряда и высоко взметнувшиеся буруны воды.

Случайно подсмотренное явление природы заинтересовало его на всю жизнь. Позднее он смоделировал в домашних условиях электрический разряд в жидкости, установил многие его закономерности, окрестил его электрогидравлическим эффектом и придумал, как можно использовать «прирученную молнию» на благо человека. В прошлом году посмертно вышла капитальная монография Л. А. Юткина «Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности». В ней отраже-

ны работы замечательного исследователя и изобретателя, несколько десятилетий изучавшего оригинальный способ преобразования электрической энергии в механическую.

Оказалось, что электрогидравлический эффект может с пользой освоить множество профессий: штамповать и сваривать металлы, очищать детали от окалины и сточные воды от микробов, дробить камни и бурить шурфы, образовывать эмульсии и выжимать из жидкостей растворенные в них газы, излечивать почечнокаменную болезнь и повышать плодородие почвы...

Безусловно, еще и сегодня мы не знаем всех возможностей этой универсальной технологии, позволяющей решать многие энергетические и экологические проблемы.

Новое дело очень часто настораживает и отпугивает pragmatичных хозяйственников. Поэтому появление книги признанного знатока электрогидравлического эффекта очень своевременно. Ведь именно сейчас, когда наша промышленность планирует выход на передовые рубежи, практическое освоение электрогидравлики может дать заметный вклад в научно-технический прогресс. Наша страна является пионером разработок в этой области, и будет обидно, если в очередной раз отечественными идеями раньше воспользуются за рубежом.

Р. ЛЕОНИДОВ

В УСЛОВИЯХ ВРЕМЕННОГО ДЕФИЦИТА ЭНЕРГОСУРСОВ

Кандидат
юридических
наук
А. М. ШАФИР

ЕСЛИ ДЕФИЦИТНЫМ СТАНОВИТСЯ ТЕПЛО

Для потребителей тепловой энергии с 1 октября сроком на 1 год составляются два вида графиков. При недостатке тепловой мощности или топлива вводится график, ограничивающий тепловую нагрузку, отпуск пара и горячей воды. При аварии или явной угрозе её возникновения, когда нет времени ввести в действие графики ограничения, начинает действовать график отключения потребителей от паропроводов и теплофикационных сетей.

Очередность отключения потребителей по мощности, а также размер ограничиваемой нагрузки по пару и сетевой воде (количество и параметры) устанавливаются энергоснабжающей организацией. Её диспетчерский персонал обязан сообщить дежурному диспетчеру потребителя время начала и окончания ограничения или отключения. При возникновении дефицита тепловой мощности потребители должны быть извещены за 10 ч до на-

чала ограничения, а при дефиците топлива — за 24 ч.

ОСОБЫЕ РЕЖИМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

По очередности обеспечения газом потребители делятся на две группы. В первую очередь газом обеспечивается население, коммунально-бытовые потребители, котельные, не приспособленные к работе на других видах топлива, а также потребители, у которых отключение газа или понижение его давления приведёт к нарушению технологического процесса.

Потребители второй группы — электростанции и промышленные предприятия, снабжение которых может регулироваться переводом их на резервные виды топлива.

Графики перевода предприятий на резервные виды топлива составляют и утверждают Советы Министров союзных и автономных республик, исполнкомы краевых, областных, Московского и Ленинградского городских Советов народных депутатов при участии газоснабжающих

организаций, Госгазнадзора и потребителей. Утвержденные графики направляются в Мингазпром, доводятся до сведения всех потребителей и вступают в действие при похолодании, когда плановая поставка газа не обеспечивает нормального снабжения потребителей первой группы.

В случае аварии на магистральных газопроводах Советы Министров союзных и автономных республик, исполнкомы краевых, областных, Московского и Ленинградского городских Советов народных депутатов разрабатывают и утверждают графики снабжения потребителей газом и очередь их отключения от газовых сетей. Утвержденные графики направляются в Мингазпром. Руководствуясь ими, Центральное диспетчерское управление ЕСГ СССР даёт указание газоснабжающим и газосбытовым организациям о соответствующем изменении нормы суточной подачи газа.

Если аварийная ситуация не позволяет предварительно известить потреби-

бителей, графики вводятся в действие немедленно. В остальных случаях газоснабжающая организация обязана сообщить газосбытовой организации о предполагаемом сокращении не позднее, чем за 12 ч, а последняя — потребителю не позднее, чем за 6 ч.

ЗА НАРУШЕНИЯ НАДО ОТВЕЧАТЬ

Как уже говорилось, в некоторых случаях ограничение или прекращение подачи энергии и газа может стать юридической санкцией за нарушение потребителем своих обязанностей.

Если, перерасходовав суточный лимит газа, потребитель немедленно не выполнил требований о снижении газопотребления, то снабжающая организация вправе принудительно ограничить подачу газа до установленного суточного лимита.

Применить эту меру мо-

гут и органы государственного газового надзора. Главный инспектор по газовому надзору в СССР и его заместители полномочны принять решение о полном прекращении подачи газа потребителю, не выполняющему требований Госгазнадзора об устранении нарушений правил пользования газом.

Право принудительно ограничить подачу газа и электроэнергии предоставлено энергоснабжающим организациям и в случае, если потребитель не выполняет распоряжения о введении в действие графиков ограничения потребления.

При превышении установленного суточного лимита электроэнергии (если перерасход не компенсируется потребителем в течение трёх суток), энергетические системы ограничивают отпуск электроэнергии на величину перерасхода. Кроме того, по представлению энерго-

снабжающей организации, потребители могут быть переведены в первую очередь на выключение по аварийному графику, а при систематических нарушениях планов и режимов потребления выключение может быть произведено немедленно.

Если потребитель не выполняет распоряжения о введении в действие графика, ограничивающего теплопотребление, энергоснабжающая организация после предупреждения (а в аварийных случаях и без предупреждения) вправе полностью или частично отключить его. Кроме того, подача тепловой энергии может быть прекращена полностью или частично в случае её расточительного использования или хищения, а также в случае превышения установленных планов потребления тепла и обусловленных договором максимальных часовых нагрузок.

ПРЕСС > КЛИП

ОКОЛО 3000 СЛУЧАЕВ...

В 1986 г. на американских АЭС было зарегистрировано около 3000 случаев выхода из строя оборудования и аварий, причём в 678 случаях аварии были настолько серьёзными, что приходилось отключать оборудование станций. По меньшей мере, в одиннадцати случаях фирмы, эксплуатирующие АЭС, были вынуж-

дены ставить в известность о случившемся конгресс.

Главные причины инцидентов: отказы техники и ошибки персонала.

*«Die Presse»,
09.09.1987*

ТЕНТ ДЛЯ СУДНА

Инженеры японской фирмы «Мицуи» предложили судостроителям специальный тент, который позволяет уменьшить сопротивление

воздуха при движении корабля. Тент, понижающий аэродинамическое сопротивление, был испытан на океанском грузовом судне «Космос венчер». Он был натянут от носа до вершины надстройки корабля, придав ему обтекаемую форму.

Испытания показали, что в зависимости от силы ветра энергетические затраты можно сократить на 3—7 %.

*«Наука и техника»,
1986, № 46*

Сказка о короле Мурдасе

Станислав ЛЕМ

После доброго короля Геликсандра на трон вступил его сын Мурдас. Подданные впали в уныние, ибо был он честолюбив и пуглив: решил прозвище Великого заслужить, а боялся сквозняков, привидений, воска — ведь на вощеном полу ногу сломать недолго, родных, что в деле правления мешают, а пуще всего — предсказаний. Будучи коронован, тут же велел он по всему государству двери закрыть, окон не открывать, гадательные шкафы уничтожить, а изобретателю машины, которая привидения устранила, пожаловал орден и пенсион. Машина и вправду была хороша — привидений он не увидел ни разу.

Не выходил он и в сад, чтобы его не прородило, и прогуливался лишь по дворцу; дворец же имел он весьма обширный. Однажды, прохаживаясь по коридорам и анфиладам, забрел Мурдас в старую часть дворца, куда ни разу еще не заглядывал. Сначала прошел в залу, где стояла личная гвардия его прадеда, вся заводная, тех еще лет, когда об электричестве и не слыхивали. Во второй зале увидел он паровых рыцарей, тоже давно заржавевших, но и в этом не было для него ничего любопытного. И уже хотел король идти обратно, как вдруг заметил маленькую дверцу с надписью: «Не входить!»

Покрывал ее толстый слой пыли, и ко-

роль даже бы не притронулся к двери, если бы не эта надпись. Больно уж она его осердила. Это как же? Ему, королю, держащему запреты устанавливать! Не без труда отворил он скрипучую дверцу и по крутое лесенке в заброшенную башню поднялся. А там стоял старый-престарый шкаф с рубиновыми индикаторами, ключиком и заслонкой.

Понял король: перед ним гадательный шкаф, и разгневался пуще прежнего, что вопреки его воле оставили шкаф во дворце; но вдруг подумал, что один-то разочек можно испробовать, как бывает, если шкаф гадает. Повернул несколько раз ключик, а когда ничего не случилось, постучал по заслонке. Шкаф хрипло вздохнул, заскрежетал всем своим механизмом и зыркнул на короля рубиновым глазком, как бы искоса. Припомнился тут Мурдасу косой взгляд дяди Ценандра, бывшего прежде его наставником. «Верно, дядя и велел этот шкаф поставить мне назло,— подумал король,— иначе с чего бы шкафа косить?»

Странно сделалось у него на душе, а шкаф, заикаясь, стал потихоньку наигрывать унылый мотив — точь в точь, будто кто-то лопатой железное надгробие обступивал, и из-под заслонки выпал черный листок с желтыми, как старые кости, строчками.



Рисунок И. Мельникова

Испугался король не на шутку, однако не мог перебороть любопытства. Схватил листок и побежал с ним в опочивальню. Когда же остался один, вынул его из кармана. «Взгляну-ка, осторожности ради, одним только глазом», — решил он, да так и сделал. А там было написано вот что:

Царству на горе скепилась родня,
Сестры в раздоре, меж братьев резня,
Шурин в гробу, дед на дыбу.
Крут кипяток — прыгай, сынок.
Родичи ропщут, дядья — за ножи,
близятся бунты, грозят мятежи.
Ненадежны внук и зять,
ну-ка, внука с зятем — взять.
Левой хлоп, правой трах,
дядю в лоб, брата в пах,
Придержите-ка отца,
пусть утонет до конца.
Умер зять — трупов пять,
следом тесть — стало шесть,
Тетке плетка, внуку кнут,
деверя на казнь ведут.
Нам родные хоть и милы,
но милее их могилы,
Ибо семья — роковая змея,
горе твое и погибель твоя.
Всех изведи и повсюду укройся,
Бойся не гроба, а снов своих бойся.

До того перепугался король Мурдас, что в глазах у него потемнело. Проклинал он свое легкомыслie, побудившее его завести гадательный шкаф. Но времени на сожаления не было — знал он, что нужно действовать, дабы не дошло до самого худшего.

По правде говоря, неизвестно, так ли все в точности было, как мы рассказываем. Во всяком случае, события последовали за этим печальные и даже леденящие кровь. Король повелел казнить всю родню, один только дядя его, Ценандр, в последний момент сбежал, переодевшись пианолою. Это ему нисколько не помогло: в скором времени был он схвачен и обезглавлен. На этот раз король подписал приговор с чистым сердцем, ибо дядю схватили, когда он уже затевал заговор против монарха.

Осиротев столь внезапно, Мурдас облялся в траур. Но недолго длилась безмятежная королевская скорбь: пришло ему в голову, что могут быть родственники, о которых он ничего не знает. Любой подданный мог оказаться в далеком родстве с ним; поэтому время от времени

Мурдас казнил то одного, то другого. Но это его вовсе не успокаивало: нельзя быть королем без подданных, как же тут изведешь всех?

Такой он сделался подозрительный, что велел припаять себя к трону, дабы никто его оттуда не свергнул, спал в бронированном колпаке и все думал без устали, что бы такое учинить. Наконец сотворил он дело необычайное, настолько необычайное, что вряд ли сам до него додумался. Говорят, будто подсказал ему эту мысль бродячий купец, переодевшийся мудрецом, а может, мудрец, переодетый купцом — разное в народе сказывают.

Одно несомненно: однажды Мурдас созвал всех придворных строителей, электрицарских мастеров, лейб-наладчиков и стальмайстеров и велел им увеличить его особу. Да так, чтобы вышла она за все горизонты. Повеления эти были выполнены с поразительной быстротой, потому что директором проектной конторы назначил король заслуженного палача. Колонны электроздюхов и киберпрорабов принялись доставлять во дворец проволоку и катушки.

А когда расширявшийся король заполнил собою все здание так, что был одновременно на всех этажах, в подвалах и флигелях, пришел перед соседних с дворцом строений. Два года спустя распространился Мурдас на весь центр. Дома недостаточно представительные, а значит, недостойные вмещать монаршую мысль, сравняли с землей, и на их месте воздвигли электронные резиденции, именуемые усилителями Мурдаса. Король разрастался постепенно и неустанно — многоэтажный, искусно смонтированный, усиленный личностными подстанциями — пока не стал, наконец, всею столицей, остановившись на ее заставах.

На душе у него полегчало. Родных уже не было; ни масла пролитого, ни сквозняков он теперь не боялся, ведь тому, кто сразу пребывает везде, и шагу ступить нечем. «Государство — это я», — говорил он, и не без оснований: кроме него, населявшего рядами электрозданий площади и проспекты, никого не осталось в столице — не считая, конечно, придворных обеспыльщиков и собственных его величества подметальщиков, что ухаживали за королевским мышлением, из здания в здание перетекавшим. Беспредельно

довolen был Мурдас тем, что удалось-таки ему достичь величия материального и буквального и притом укрыться повсюду, как наказывало гаданье, ибо отныне он был вездесущ во всем государстве. Особенно живописно выглядел король-великан по вечерам, когда, разгораясь электrozаревом, переливался огньками-размышлениями, а потом постепенно гас, погружаясь в заслуженный сон.

Но мрак беспамятства первыхочных часов сменялся опять мерцанием пробегавших через весь город огней. То начинали роиться монаршии сны. Лавины сновидений королевских обрушивались на здания, и загорались во тьме окна, и целые улицы мигали друг другу то красным, то фиолетовым светом, а придворные обеспильщики, вышагивая по пустым тротуарам, вдыхая чад разогревшихся царственных кабелей и заглядывая украдкой в окна, в которых что-то сверкало, перешептывались меж собой:

— Ого! Не иначе кошмар какой мучает нынче Мурдаса — как бы нам потом не влетело!

Как-то ночью, после особенно хлопотливого дня (король обдумывал проекты новых орденов, которыми собирался себя наградить), приснилось Мурдасу, будто дядя его, Ценандр, прокраился в столицу и бродит по улицам, выискивая пособников для подлого заговора. Вылезали из подземелий заговорщики в масках, и было их столько, и такая кипела в них жажда цареубийства, что Мурдас задрожал и пробудился в великом страхе. Рассвело, и солнышко уже золотило белые тучки на небосклоне, так что Мурдас, успокоившись, сказал себе: «Сон — морока, и только», и занялся снова проектированием орденов, а те, что выдумал накануне, развесивали на террасах его и балконах.

Однако вечером, едва лишь задремав, увидел он цареубийственный заговор в полном разгаре. Случилось так вот почему: от изменнического сна Мурдас пробудился не весь; городской центр, в котором и угнездилось крамольное сновидение, вовсе не просыпался, но по-прежнему почивал в объятиях ночного кошмара. А наяву Мурдас ничего об этом не ведал. Между тем изрядная часть его королевской особы, а именно, кварталы Старого Города, не отдавая себе отчета в том, что дядя-злодей и все его происки суть види-

мость и мираж, продолжали упорствовать в кошмарном своем заблуждении.

В эту вторую ночь увидел Мурдас во сне, что дядя лихорадочно злоумышляет, скликая родню. Явились все до единого, поскрипывая посмертно шарнирами, и даже те, у коих недоставало важнейших частей, подымали мечи против законного повелителя! В подвалах и подземельях шили мятеjhники черные стяги бунта, варили яды, вострили топоры, отливали медяшки-смертяшки и готовили решительную расправу с ненавистным Мурдасом.

Король испугался вторично, пробудился, весь трепеща от страха, и хотел уже вызвать Золотыми Воротами Уст Королевских все свое войско на помощь, дабы изрубило оно бунтовщиков на куски, но тут же сообразил, что не будет от этого проку. Не вступит же войско в его сновиденье, чтобы подавить вызревающий там мятеjh. Тогда попытался он одним лишь усилием воли пробудить те четыре квадратные мили своего естества, что упорно грэзили о мятеjhе, но напрасно. Впрочем, по правде, не знал он, напрасно или же нет, ибо в бодрствующем состоянии не замечал крамолы, подымавшей голову лишь тогда, когда его одолевал сон.

Бодрствуя, король был лишен доступа во взбунтовавшиеся кварталы; оно и понятно: явь не способна проникнуть в сон, только другой сон мог бы туда внедриться. При таком обороте решил Мурдас заснуть и пригрезить себе контрсон, да не какой-нибудь, а монархический, верный до гроба, с развевающимися знаменами. Только этот коронный сон, сплотившийся вокруг трона, сможет стереть в порошок самозванный кошмар.

Взялся Мурдас за дело, однако со страху не мог заснуть; тогда начал он считать про себя камешки, пока его не сморило. И оказалось, что сон во главе с дядей не только укрепился в центральных кварталах, но даже начал мерещить себе арсеналы, полные мощных бомб и фугасных снарядов. А сам он, как ни тужился, смог выснить одну лишь кавалерийскую роту, да и ту в пешем строю, с расстроенной дисциплиной и крышками от кастрюль вместо оружия.

«Делать нечего — подумал король, — не вышло, придется начать все сначала!» Стал он тогда просыпаться, нелегко ему

это давалось, наконец, очнулся Мурдас совершенно, и тогда-то ужасное зародилось в нем подозрение. В самом ли деле вернулся он к яви или же пребывает в другом сне, переживая только видимость бодрствования? Как поступить в ситуации столь запутанной? Спать или не спать? Вот в чем вопрос.

Допустим, он спать не будет, почитая себя в безопасности, ведь наяву заговора нет и в помине. Оно бы неплохо — тогда тот, цареубийственный сон сам себе выяснится и доснится, а с окончательным пробуждением монаршее величие восстановится во всей своей полноте. Прекрасно. Но если он не пригрезит себе контрсон, полагая себя пребывающим в безоблачной яви, а эта мнимая явь окажется вовсе не явью, но еще одним сном, соседствующим с тем, дядеватым, то может случиться беда! Ибо в любую минуту вся эта банда проклятых цареубийц во главе с мерзайшим Ценандром способна ворваться из того сновидения в это, прикидывающееся явью, чтобы лишить его трона и жизни!

«Конечно,— думал он,— лишение совершится только во сне; но если заговор охватит всю мою царственную персону, если воцарится он в ней от гор до океанов, если — о ужас! — мне и не захочется просыпаться, что тогда?! Тогда я навеки буду отрезан от яви, и дядя сделает со мной все, что пожелает. Выдаст на муки и поругание. О тетках и говорить нечего, они мне не спустят, что бы там ни было. Такой уж у них был норов. Был? Вернее, снова есть в этом ужасном сне! Впрочем, что толковать о сне! Сон бывает лишь там, где есть также явь, в которую можно вернуться; там же, где яви нет (а как я вернусь, если им удастся запереть меня в снах?), где нет ничего, кроме сна, там сон — единственная реальность, стало быть — явь. Вот ужас! И причиной всему, разумеется, фатальный избыток моей персональности, моя духовная экспансия, будь она неладна!»

Отчаявшись, видя, что промедление смерти подобно, спасение усмотрел он единственно в срочной психической мобилизации. «Я должен пригрезить себе верноподданные толпы, горящие энтузиазмом, переполненные обожанием, полки, преданные мне до конца, гибнущие с моим именем на устах, и хорошо бы выснить

какое-нибудь чудо-оружие, ведь во сне ничего невозможного нет: к примеру, средство для выведения близких, противодядинную артиллерию или что-нибудь в этом роде. И если даже крамола появится, хитростью и обманом переползая из сна в сон, я сокрушу ее в мгновение ока!»

Вздохнул король Мурдас всеми проспектами и площадями своего естества, до того это было непросто, и приступил к делу, то есть заснул. Ожидал он увидеть построенные в каре стальные полки, ведомые поседевшими в боях генералами, и толпы, кричащие «ура» под треск барабанов и звон литавр, а увидел только малюсенький шуруп. Самый обыкновенный шуруп, с краешка слегка выщербленный. Что с ним делать? Прикидывал король так и этак, и вдруг его осенило: «Да это же рифма на «труп»!»

Весь задрожал король. Так, значит, символ конца, смерти, распада, значит, и вправду банда родных уже начала украдкой, молчком, подкопами, прорытыми в том его сне, пробираться в теперешний — а он того и гляди рухнет в изменническую пропасть, сном подо сном вырытую! Так, стало быть, конец уже близок! Смерть! Гибель! Но откуда же? Как? С какой стороны?

Засияли огнями десять тысяч личностных зданий, задрожали подстанции Величества, увешанные орденами, опоясанные лентами Великих Крестов, мерно позвякивали награды по ночному ветру — столь тяжко боролся король Мурдас со снявшимся ему символом гибели. Наконец переборол его, пересилил, и улетучился тот без остатка, будто и не было его никогда. Смотрит король — где он? Наяву или в другом сновиденьи? Вроде бы, наяву, но как же удостовериться? Впрочем, может быть, сон о дяде перестал уже сниться, и все тревоги напрасны. Но опять же: как об этом узнать? Иного способа нет, как только обшаривать снами-шпионами, выдающими себя за мятежников, все закоулки своей державной особы, все царство своего естества. И никогда уже не обретет король- дух покоя, вечно будет грозить ему заговор, снявшийся где-то там, в отдалнейшем уголке его колоссальной персоны!

Так за дело же! Воплотим поскорее в явь благонамеренные сновиденья, при-

грезим себе верноподданические адреса и многолюдные депутатии, сияющие ореолом благонадежности, обрушимся снами на все до единой персональные наши ложбинки, закутки, разветвления, так, чтобы никакой подвох, никакой дядя не мог бы укрыться в них ни на миг! И вправду — послышалось милое сердцу шуршанье знамен, дяди и след простыл, родных не видать, кругом одна только верность — кланяется и благодарит неустанно; звенят, обтачиваемые на станках, золотые медали, искры вылетают из-под резцов, которыми скульпторы памятники ему высекают. Возвеселилась душа монаршья при виде штандартов с гербами, и ковриков, из окон вывешенныхых, и орудий, готовых к салюту; а трубачи уже медные трубы к губам подносят.

Но когда присмотрелся он повнимательней к этой картине, заметил: что-то там вроде не так. Памятники — конечно, но как будто не очень похожие; в перекошенных лицах, в косом взоре статуй есть что-то от дяди. Знамена шуршат — правда; тольковшита в них ленточка, маленькая, неотчетливая, как будто бы черная, а если не черная, так грязная, во всяком случае, грязноватая. Это еще что? Не намеки ли?

Боже праведный! Да ведь коврики — вытертые, с проплешинаами, а дядя — он был плешив... Не может этого быть! «Долой! Назад! Проснуться! Очнуться! — подумал король. — Трубить побудку, и вон из этого сна!» — хотел он закричать, но когда все исчезло, легче ему не стало. Впал он из сна в сон — новый, снявшийся предыдущему, а тот еще более раннему пригрезился, так что этот, теперешний, был уже третьей как бы степени; уже совершенно явно все оборачивалось тут изменой, пахло отступничеством; знамена, словно перчатки, из королевских на изнанку черную выворачивались, одредна были с резьбой, словно шеи обезглавленные, а из сверкающих золотом труб не музыка боевая звучала, но дядин смех громыхал ему на погибель. Взревел король гласом иерихонским, кликнул войско — пусть хоть пиками колют, только бы разбудили! «Ущипните!! — требовал он громогласно, и снова: — Яви мне! Яви!!» — впустую. И опять из цареубийственного, крамольного сна попытался он пробиться в коронный, но расплодилось

уже в нем снов что собак, шныряли они повсюду как крысы, ширился повсеместно кошмар как чума, разносилось по городу —тишком, полушепотом, втихомолку, украдкой — неведомо что, но такое ужасное, что господь сохрани!

Стоэтажным электронным громадам снились шурупы, трупы, медяшки-смертьишки, и в каждой личностной подстанции короля гнездилась шайка родных, и в каждом его усилителе хихикал дядя; задрожали этажи-миражи, сами собой перепуганные, и выроилось из них сто тысяч родни, самозванных претендентов на трон, инфантов-подкидышей двоедущных, узурпаторов косоглазых. И хотя никто из них толком не знал, кто кому снится и зачем, и что из этого выйдет, но ринулись они на Мурдаса, а на уме у них плаха, топор — весь разговор, воскресить, казнить опять, раз, два, три, четыре, пять, хочешь, смеяйся, хочешь, плачь, снимет голову палач...

Так вот и низвергался лавиной рой мыслей монарших, пока не сверкнула от перенапряжения вспышка. Не сияющееся, а настоящее пламя поглотило золотые отблески в окнах королевской особы, и распался король Мурдас на сто тысяч снов, которые ничто уже, кроме пожара, не связывало — и полыхал долго...

Перевод с польского
К. В. ДУШЕНКО

Ответы на кроссворд,
опубликованный в № 12 за 1987 г.

ПО ГОРИЗОНТАЛИ: 5. Энергосистема.
8. Волна. 10. Томсон. 11. Модуль.
15. Демпфер. 17. Сфера. 18. Апекс.
19. Мазер. 20. Фотон. 21. Мagma. 23. Астат.
24. Сельсин. 27. Циклон. 28. Момент.
29. Басов. 32. Электромобиль.

ПО ВЕРТИКАЛИ: 1. Олово. 2. Анион.
3. Геофон. 4. «Метеор». 6. Биэнергетика.
7. Солнцестояние. 9. Лампа. 12. Лебедев.
13. Мезолит. 14. Раман. 16. Канал.
22. Льюис. 25. Ролкер. 26. Молния.
30. Адрон. 31. Осмос.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

академик

В. А. КИРИЛЛИН**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**Ответственный секретарь
Е. И. БАЛАНОВЛётчик-космонавт СССР
кандидат психологических наук
Г. Т. БЕРЕГОВОЙЧлен-корреспондент АН СССР
Л. М. БИБЕРМАНАкадемик
Е. П. ВЕЛИХОВКандидат экономических наук
Д. Б. ВОЛЬФБЕРГКандидат экономических наук
А. Г. ГАДЖИЕВАкадемик
К. С. ДЕМИРЧЯНЗаместитель главного редактора
А. Б. ДИХТИЯРЬЧлен-корреспондент АН СССР
И. Я. ЕМЕЛЬЯНОВАкадемик
В. А. ЛЕГАСОВДоктор физико-математических наук
Л. В. ЛЕСКОВ

Академик

А. А. ЛОГУНОВПервый заместитель министра
энергетики и электрификации СССР
А. Н. МАКУХИНЗаместитель главного редактора
кандидат физико-математических наук
С. П. МАЛЫШЕНКОЧлен-корреспондент АН СССР
А. А. САРКИСОВДоктор экономических наук
Ю. В. СИНЯКАкадемик
М. А. СТЫРИКОВИЧЧлен-корреспондент АН СССР
Л. Н. СУМАРОКОВДоктор технических наук
В. В. СЫЧЕВРедактор отдела
кандидат военных наук
В. П. ЧЕРВОНОБАБАкадемик
А. Е. ШЕЙНДЛИНГлавный художник
С. Б. ШЕХОВДоктор технических наук
Э. Э. ШПИЛЬРАЙНРедактор отдела
Р. Л. ЩЕРБАКОВ

На второй стр. обложки —

В снежном море

Фото Л. Вейсмана

На третьей стр. обложки —

Январь.

Фотоэтюд П. Лихеда

Обложка художника

С. Стихина

Художественный редактор

М. А. Сепетчян

Заведующая редакцией

Т. А. Шильдкрет

Над номером работали

художники:

А. Балдин,

И. Максимов,

И. Мельников,

С. Стихин

В номере использованы

фотографии

Л. Вейсмана,

В. Немировского,

А. Плесского,

И. Фаткина

Номер готовили редакторы:

А. А. Вавилов

И. Г. Вирко

В. И. Ларин

С. Н. Пшироков

Е. М. Самсонова

В. П. Червонобаб

Р. Л. Щербаков

Корректоры

Н. Р. Новоселова

В. Г. Овсянникова

Адрес редакции:

111250, Москва, Е-250

Красноказарменная ул., 17а,

тел.: 362-07-82, 362-51-44

Ордена Трудового

Красного Знамени

издательство «Наука»

Москва

Сдано в набор 24.11.87

Подписано к печати 24.12.87

Т—15844

Формат 70×100¹/16

Офсетная печать.

Усл. печ. л. 5,2

Усл. кр.-отт. 507 тыс.

Уч.-изд. л. 6,4

Бум. л. 2

Тираж 30.000

Заказ 3331

Ордена Трудового

Красного Знамени

Чеховский

полиграфический комбинат

ВО «Союзполиграфпром»

Государственного

комитета СССР

по делам издательств

полиграфии и книжной

торговли.

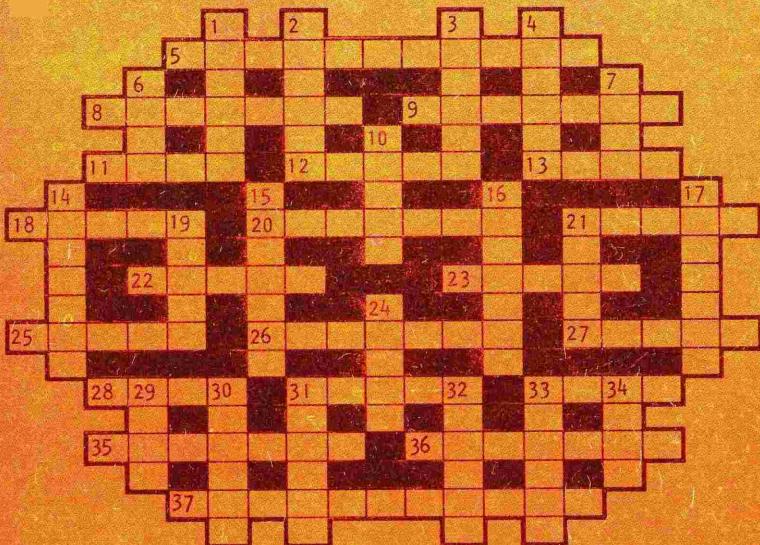
142300, г. Чехов,

Московской области



Цена 45 коп.

Индекс 71095



ПО ГОРИЗОНТАЛИ: 5. Восстановление организмом повреждённых или утраченных органов, тканей. 8. Элемент конструкции здания. 9. Раздел механики. 11. Гоночный микролитражный автомобиль. 12. Движение воздуха относительно земной поверхности. 13. Тонко скрученная пряжа. 18. Радиолокатор. 20. Твёрдое мелкозернистое вещество. 21. Строительный материал. 22. Химический элемент, металл. 23. Сильная буря. 25. Знак пункта на местности с известной абсолютной высотой. 26. Лётчик-космонавт СССР. 27. Транспортное средство, предназначенное для перевозки грузов по железной дороге. 28. Планета Солнечной системы. 31. Вертикальная часть здания, помещения. 33. Порода лошадей. 35. Устройство для присоединения электроприборов к сети. 36. Многоугольник. 37. Обработка изделий для получения малой шероховатости поверхности.

ПО ВЕРТИКАЛИ: 1. Устранение неисправностей. 2. Русский учёный, основоположник теории термической обработки стали. 3. Неподвижная деталь машин, механизмов. 4. Клапан в духовом музыкальном инструменте. 6. Сильный холодный ветер. 7. Наклонная горная выработка. 10. Часть плюга. 14. Редкая вещь. 15. Густая масса различного состава, применяемая в технике. 16. Один из профилей проката. 17. Советский лётчик, Герой Советского Союза. 19. Вращающаяся часть электрической машины. 21. Советский архитектор, разработавший способ изготовления синтетических сверхпрочных материалов. 24. Сторона прямоугольного треугольника. 29. Мельчайшая частица химического элемента, сохраняющая его свойства. 30. Точное воспроизведение предмета, скульптуры. 31. Часть сооружения, устройства. 32. Душистый, приятный запах. 33. Инструмент, применяемый при чистовой обработке деталей. 34. Инертный газ.

