

621.039

Г 61

ЯГОЛОВАНОВ

Ты же не стыдишься
в
(СТРАНУ
УРАНА

Я. Голованов

**ПУТЕШЕСТВИЕ
В
(СТРАНУ
УРАНА**



Г 61

«Путешествие в страну урана» — это рассказ об увлекательном пути замечательного химического элемента из земных недр в «толки» атомных электростанций, в лаборатории ученых. В книжке рассказывается о добыче урана и его переработке на обогатительной фабрике. Вместе с автором читатели совершат экскурсию на завод ядерного горючего, побывают на уникальных установках, использующих энергию атома, познакомятся с «чудесами» лабораторий Института физической химии Академии наук СССР и Объединенного института ядерных исследований в г. Дубне.

Книжка написана простым языком и не требует специальной подготовки читателя.

Фотографии И. Гричера

ПРЕДИСЛОВИЕ

Невиданными темпами идет в нашей стране развитие атомной науки и техники. Коммунистическая партия и Советское правительство всегда уделяли и уделяют огромное внимание развитию атомной энергетики в нашей стране. В Программе КПСС специально предусматривается строительство новых атомных электростанций, продолжение и расширение научно-исследовательских работ в области ядерной физики.

Первая в мире атомная электростанция открывает строй советских энергетических атомных предприятий. Первый в мире атомный ледокол «Ленин» по праву стал флагманом нашего ледокольного флота. Советские ученые разрабатывают ряд новых атомных реакторов, новые методы широкого применения в народном хозяйстве радиоактивных изотопов, добиваются значительных успехов в работе по получению новых химических элементов.

В нашей стране выросли замечательные научные и технические кадры атомников: ученых, инженеров, конструкторов, техников, рабочих — разносторонних специалистов, — беззаветно преданных своему делу.

В книжке Я. Голованова «Путешествие в страну урана» рассказывается о различных предприятиях и учреждениях нашей атомной промышленности и науки. Это не отчет ученого, а репортаж журналиста. Популярный рассказ о научных и технических проблемах перемежается с рассказами о людях. Как бы вместе с автором совершает читатель путешествие в забой уранового рудника, в цеха завода, где рождается ядерное горючее для новых атомных электростанций, в лаборатории ученых. Думается, что популярный и живой язык, а также конкретность изложения делают эту книжку и полезной, и интересной.

А. ПЕТРОСЬЯНЦ.

В этой книжке нет такой главы, в которой обычно читателя вводят в курс дела, знакомят с историей вопроса. Атомная энергия — наша современница. Многие люди, которые стояли у ее колыбели, живут среди нас. Возможно, сегодня в одном автобусе с вами ехал человек, который принимал участие в пусковых испытаниях реактора первой атомной электростанции, а вчера в кино вы сидели рядом с конструктором первой водородной бомбы.

Рентген и Беккерель, Склодовская-Кюри и Резерфорд — люди, написавшие первые строки бесконечной биографии атома, могли быть знакомы с вашими родителями. Они жили в то время, которое школьные учебники определяют как новейшую историю. Галилей и Ньютон — это почти легенды. Мы смотрим на старинные гравюры, вглядываемся в потемневшие полотна и лишь усилием воображения заставляем себя представить улыбку Лавуазье или походку Ломоносова. А Энрико Ферми смотрит на нас не с гравюр, а с фотографий. Фредерик Жолио-Кюри живет в тысячах метрах кинохроник. Игорь Васильевич Курчатов читал свою знаменитую лекцию в Харуэлле в апреле 1956 года; ребятишки, которые родились тогда, только сели сейчас за парты.

История научных идей, открытий, школ и направлений измерялась веками, а то и тысячелетиями. Математика и медицина родились вместе с человеком. Историк, изучающий эти науки, должен быть не только археологом, но и антропологом. Жрецы и звездочеты древности вели свои наблюдения в те времена, когда на месте Парфенона была заросшая кустами поляна, когда не родился еще прапрадед Колумба. А химия? Медь — это целая эпоха. О сере писал еще Гомер. Даже такой редкий элемент, как селен, был открыт раньше, чем Антарктида.

Можно продолжить эти примеры. Но зачем? Вряд ли надо доказывать, что атомная энергия обязана своим рождением и древней математике, и астрономии: ведь частицы,

обладающие самой большой энергией, идут к...
моса — стихии астрономов. Она также в...
и перед химией, давшей ей уран, радий, торий. Атомная
энергия родилась не раньше и не позже, чем она была
и должна была родиться. Атомный реактор — тоже же
закономерное и необходимое звено в цепи человеческого
прогресса, как колесо или паровая машина.

И вот нам с вами, читатель, посчастливилось жить
в атомном веке.

Атомный век... Да, его называют так. Как, впрочем,
называют космическим веком, веком радио, веком кибер-
нетики. Вероятно, все-таки, у атома больше прав на опре-
деление нашей эпохи. Атом — ее символ. Атом — это мир
или война, счастье и процветание миллионов людей или
спящее сияние атомных взрывов, несущих людям смерть.
Атом — короткое слово, но какой большой смысл вобрало
оно в себя! По-гречески оно означает неделимый. Мы знаем
сегодня, что это не так, что атом могуч, именно когда он
расщеплен. А сила людей — в единстве, в непреклонном
желании заставить его служить счастью.

Задолго до трагедии Хиросимы и Нагасаки, в 1922 го-
ду, замечательный русский ученый, академик В. И. Вер-
надский говорил: «Недалеко время, когда человек получит
в свои руки атомную энергию, такой источник силы, кото-
рый даст ему возможность строить свою жизнь, как он
захочет...

Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, на-
править ее на добро, а не на самоуничтожение? Ученые
не должны закрывать глаза на возможные последствия их
научной работы, научного процесса». Эти слова тридцать
три года спустя были начертаны на стендах Международ-
ной научно-технической выставки в Женеве. За это время
сбылось пророчество В. И. Вернадского — человек получил
в свои руки атомную энергию. Ее применение определяет
теперь совесть ученых, истинную суть политики прави-
тельств.

Первую атомную бомбу, сделанную в США, сбросил
с американского самолета американский летчик.

Первую атомную электростанцию построили и пустили
в СССР, в русском городе Обнинске, советские ученые,
инженеры и рабочие.

Все это вписано в книгу истории навсегда. Все это зна-
ют современники, об этом никогда не забудут потомки.

И никакими пропагандистскими «топорами» не вырубать строк из книги истории.

История атома многотомна и разноязычна. Ее писали ученые Англии и Франции, Италии и Дании, США и СССР, немецкие и японские ученые. В начале нашего столетия ее писали отдельные люди. Теперь ее пишут тысячи людей.

Мне и моему товарищу И. Гричеру, никогда не расстающемуся с фотоаппаратом, как корреспондентам газет «Комсомольская правда» благодаря помощи и поддержке со стороны руководителей советской атомной промышленности и ученых довелось побывать там, где сегодня пишется эта история, познакомиться с теми, кто ее пишет. Мы совершили несколько путешествий в страну урана. Самые настоящие путешествия на самолете, в вагоне поезда, в машине, пешком. Об этих путешествиях мы и хотим рассказать в этой книжке.

не выру

е писали

и, США

е нашего

ь ее пи

не рас

м газет

оддержк

омышлен

д пишес

р. Мы со

а. Самы

е поезд

отим рас

СОЛНЕЧНАЯ РУДА



Клеть бросила нас вниз, в черную бездну шахтного ствола. Пулей пронеслись у самого лица желтые лампы-призраки, бросая на влажную серую, летящую вверх бетонную стену дрожащие пятна света. Рождающийся где-то внизу свист переходил в шипение, чтобы снова обернуться свистом уже высоко над головой. Мы стояли молча, плотно прижавшись друг к другу. Шахтерские лампы освещали то полу робы, то голенище резинового сапога, то такую чуждую всей этой серьезной обстановке желтую на молниях сумку с фотоаппаратами.

Клеть остановилась на 405-м горизонте. Четыреста пять метров отделяют нас от света дня... Эйфелеву башню можно закопать «с головой». Молочные трубки дневного света освещали просторный рудный двор с вереницами вагонеток, в которых влажно поблескивали темно-серые куски руды.

— Что это?

Шедший тутъ впереди начальник участка молодой
Юрий Мягкохлебов обернулся:
— Это уран. Вернее, урановая руда.
— До обидного просто, как говорят: это чугуны или
пшеница.

* * *

Химический элемент, один из «замыкающих» в длинном строю Менделеевской таблицы, еще вчера был известен только фабрикантам красок и посудным «королям». «Урановую желть» знали стеклодувы Богемии. Они при-мешивали эту краску к стеклу, из которого рождались чудесные желто-зеленые бокалы. Саксонские фарфоровых дел мастера, творцы знаменитых сервизов, отмеченных эмблемой скрещенных мечей, использовали окись урана, чтобы украсить тарелки и блюда затейливым бархатно-черным рисунком. Сегодня уран стал показателем научного и технического потенциала государства. Элемент, которым недавно интересовалась лишь малая группа физиков и химиков, известен сегодня всем. И имя его про-износят ныне не только в тиши научных лабораторий, но и в секретных кабинетах генеральных штабов и в гулких залах международных конференций. Десятью второй в таблице Менделеева, он стал первым элементом в новой, самой молодой энергетике земного шара.

Мы сидим в просторном кабинете директора одного из предприятий по добыче и переработке урана. Хозяин кабинета, высокий седой человек, безупречно одетый, согласно кивает головой:

— Правильно, надо писать об уране. О наших людях. Они достойны того, чтобы рассказать о них. И не только о том, как они работают, но и о том, как отдыхают, учатся, развлекаются.

Неделю провели мы в городе, назовем его Ураноградом, где живут и работают люди, добывающие и перерабатывающие ядерное горючее. Конечно, это очень короткий срок. За это время не под силу разобраться в десятках сотнях чисто технических вопросов, которые возникали у нас на каждом шагу и под землей, и на земле. За неделю трудно узнать жизнь целого города, пусть даже небольшого. Тем более трудно хорошо узнать людей. И все-таки за этот короткий срок многое можно если не понять до конца, то почувствовать сердцем. Говорят, первые впечатления обманчивы. Думается, здесь, в Уранограде, они не обманули нас.

угун или

в длин-
был изве-
«королям».
Они при-
ожидались
рфоровых
меченных
сь урана,
бархатно-
лем науч-
Элемент,
рушна фи-
его про-
торий, но
в гулких
о второй
м в новой,

одного из
озяин ка-
ий, соглас-

их людях.
не только
от, учатся,

Ураногра-
и перера-
короткий
десятках
икали у нас
ею трудно-
шого. Тем
за этот ко-
нца, то по-
ния обман-
манули нас

— Руда нашего месторождения лежит в земле **660** миллиардов лет, — рассказывает главный **660** предприятия Борис Герасимович. Мы понимающе **660** представить себе эту цифру нельзя: величина астроно- **660** ческая, необозримая, мысль «буксует».

Два миллиарда лет назад... Ученые до сих пор спорят том, существовала ли тогда жизнь на Земле, тогда, далекую эпоху архея, как называют геологи древнейшую эру. Проносились века, условно собранные сегодня учеными в «обоймы» геологических эпох. Земная кора сжималась в складки, возникали горные страны, чтобы миллионы лет спустя в эпоху неогена и палеогена стать дном морей, названия которым люди дали тогда, когда они уже исчезли. Моря отступили, а под двадцатиметровым слоем осадочных пород остался древний драгоценный клад — урановая руда. Подземные катаклизмы невиданной силы, вздыбившие когда-то горы, подняли из глубин Земли растворы урановых солей. Замещая слабые, растворимые породы, просачиваясь в щели между слоями вновь образованных гор, уран рвался на поверхность. И если бы ножом невиданного великана вспороть земную кору там, где добывают уран, его руды предстали бы перед нами стремящимися вверх языками пламени, горящего где-то на пока недоступной нам глубине, в ядре гигантского шара планеты. Место, где эти языки достигают доступных человеку глубин, геологи отмечают на карте кружочком нового месторождения.

Специалисты до сих пор спорят о том, сколько урана содержится в земной коре. Спор очень важный — ведь за этой цифрой скрываются перспективы развития атомной энергетики сегодняшнего дня. Большинство ученых согласны с тем, что содержание урана в коре составляет от 0,0002 до 0,0004%. Пусть вас не смущает строй нулей в этой дроби, это не мало. Об уране часто говорят как о редком элементе, а это совсем не так. Вряд ли кто-нибудь возводил в ранг редких металлов серебро. Действительно, серебряная ложка — не музейная редкость. А между тем серебра в земной коре меньше, чем урана. Почему же вы никогда не видели урановую ложку? Право же не потому, что радиоактивный элемент — не совсем подходящий материал для ложек.

Дело не в редкости урана, а в его рассеянности в земной коре. Мощные месторождения урановых руд, подобные месторождениям железа или меди, неизвестны. Но уран находят и его добывают на всех континентах.

Европа: Яхимов — богатейшие залежи урановой смоляной руды в Чехословакии; Корнуэллс — урановая кладовая на Британских островах; урановый минерал клеверит добывают в Скандинавии, уран есть в Португалии.

Америка: в штате Юта США расположено знаменитое месторождение Мерисвейл. В последние годы чемпионом по добыче урановой руды в капиталистическом мире стала Канада. Основная часть руды идет из шахт, расположенных на берегу Большого Медвежьего озера; уран добывают в Британской Колумбии, Блайнд-Ривере и других районах Канады.

Африка: месторождение Шинколобве в Катанге было открыто в 1915 году, а в 1953 году Катанга давала половину всего урана, добываемого в капиталистических странах. Ее хозяином был, разумеется, не народ Конго, а заправила «Юнъон миньер дю О'Катанга» — компании, занимавшей, как известно, не последнее место в длинных списках палачей Патриса Лумумбы, душителей национально-освободительного движения народов Конго.

Кстати, коль речь зашла об урановых богатствах Катанги, небезынтересно привести такую цифру: в годы второй мировой войны девять десятых всей добываемой в Катанге урановой руды уплывало за океан — в США.

Австралия: Рам-Джангл и Радиум-Хилл — одни из крупнейших месторождений урановых руд.

Разработки урановых месторождений ведутся в Перу Колумбии, Бразилии, на острове Мадагаскар, в Индии, Японии.

Есть на земном шаре уголки, «облюбованные» тем или другим элементом. В Малайе, например, находятся редчайшие по своим запасам залежи олова. Уран не отличается, как видите, таким «постоянством». Около ста минералов содержат свыше одного процента урана: настурит, карнотит, клеверит, отенит, уранинит, торбернит и другие. Советские следопыты урана обнаружили ряд неизвестных ранее минералов. Им присвоены имена деятелей нашей науки и культуры: лермонтовит, менделеевит, пржевальскит, обручевит. Уран есть везде: в гранитах, в углях, в нефти, в воде морей и рек. Если бы удалось извлечь

ти в зем-
подобные
Но уран

ой смоля-
ая клудо-
а клевет
ни.
наменитое
чемпионом
мире стала
сположен-
ран добы-
и других

анге было
вала поло-
ских стра-
нго, а за-
пании, за-
з длинных
националь-

ствах Ка-
годы вто-
обываемой
США.
— одни из

я в Перу,
в Индии,

е» тем или
дятся ред-
е отличает

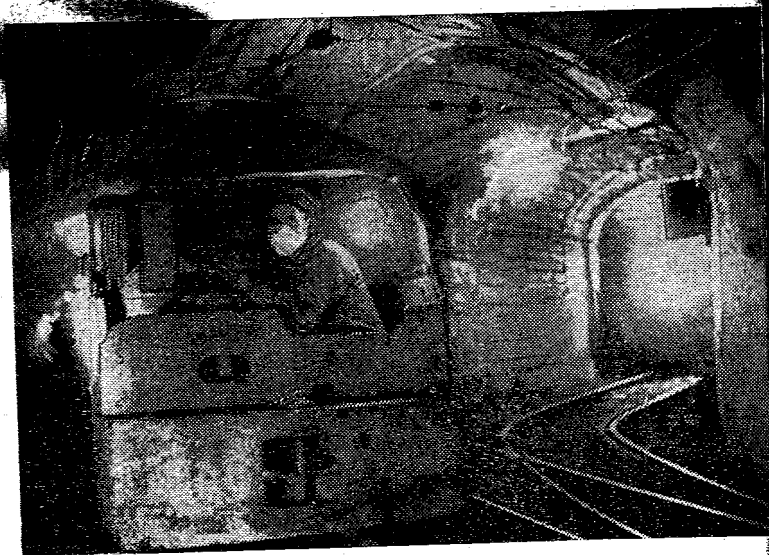
та минера-
настуран,
и другие
известных
лей нашей
пржеваль-
х, в углях
сь извлечь

весь уран, растворенный в океанах, этот драгон
Нептуна составил бы четыре миллиарда тонн.

Уран — элемент жизни. Еще не выяснена роль в физиологических процессах, но уже известно, что он неотъемлемая часть живого. Существуют растения, способные интенсивно поглощать уран из почвы и накапливать его в себе. Уран содержится в зародыше человека. В нашем организме тоже есть уран, ведь мы потребляем его с пищей в среднем 0,000002 грамма каждый день. Кроме того, он входит в состав тканей человеческого тела. Правда, его ничтожно мало — все граждане нашей страны, например, «владеют» всего четырьмя килограммами такого «органического» урана. Четыре килограмма на 225 миллионов! Но он все-таки есть. Академик Ферсман называл углерод вездесущим элементом. Уран тоже может претендовать на такое звание...

И вот мы стоим на пороге страны урана. Здесь, на глубине 405 метров люди добывают знаменитый металл; вот эти влажно-блестящие серые камни — урановая руда, которой больше двух миллиардов лет. О, эти цифры: миллионы тысячелетий, миллионные доли грамма, они будоражат воображение, но они абстрактны — не увидишь, не «потрогаешь». Но вот уже нечто конкретное — смеющиеся глаза Мягкохлебова под козырьком шахтерской каски, лужи воды под ногами, свист сжатого воздуха, звон электровозов-циклопов с ярким «глазом» — прожектором. Перед походом под землей перекур у диспетчера — главного командира электровозов. На пульте диспетчера — банка, простая стеклянная банка с букетом цветов. Георгины. Пустыковая, в общем-то, деталь, но и этот пустяк раскрывает настрой человеческих душ здесь, на глубине 405 метров. Я не был на урановых рудниках других стран, но когда в газетах читаешь о Катанге, трудно поверить, что в шахтах Шинколобве тоже стоят цветы, хотя в тропиках они, вероятно, пышнее и ярче.

Трогаемся в путь. Впереди, изредка оглядываясь, — не отстаем ли, — широко шагает Владимир Александрович Веселов, главный инженер шахты. Проходим рудничный двор, сияющий от ламп дневного света, идем навстречу звону груженных рудой вагонеток и, наконец, сворачиваем с этой центральной «улицы» шахты. Тут нет такого оживленного движения. Темно. Теперь уже только наши лампы освещают путь.



Глубина 405 метров. Со звоном проносятся электровозы с вереницами груженных урановой рудой вагонеток.

— Это недалеко,— успокаивает Веселов,— сейчас вниз пять лестниц, а потом еще восемь. Короче, метров семьдесят вниз... Посмотрим, откуда начинается уран.

...Узкая железная лестница стоит вертикально. Темно, сыро. Главная забота — чтобы тот, кто спускается следом, не отдал тебе сапогами рук. Моему коллеге с фотоаппаратами не до шуток: штатив, лампа все время за что-то цепляются, струйки воды норовят попасть именно в объективы. Кажется, не будет конца: площадка, лестница, площадка, лестница, новая площадка и новая лестница.

Но вот, наконец, забой. Блики света от шахтерских ламп блещут на гладких сколах низкого свода. Здесь работает прославленная на шахте бригада коммунистического труда Федора Попенко. Людей не видно: из темноты навстречу движется созвездие огоньков. А через минуту, усевшись тесным кружком, знакомимся с бурильщиками: Николай Шкворец, Анатолий Музыченко, Николай Кныш, Евгений Бидюк, Николай Павличук — веселые молодые лица. И вовсе не чумазы. В кино шахтеры, нефтя-

ники, бурильщики всегда куда больше переживают в жизни.

— Из Москвы? Ну как там столица? Дворец съезжали видели? А космонавтов? Неужели знакомы? Живете...

Получилось интервью «наоборот».

— Да нам-то о чем рассказывать? — искренне удивляется Федор. — Нормально... Работаем... Сто пятьдесят процентов нормы. С сентября работаем уже в счет будущего года... Как это получается? Да что говорить, — и обернувшись к друзьям, предложил, — покажем ребята, а?

Снова поплыли в темноте огоньки шахтерских ламп. И вдруг забой загрохотал. Впечатление такое, будто здесь невидимые в темноте работают двигатели нескольких самолетов. Это включились бурильные молотки — высокочастотные телескопические перфораторы. Их тонкие долота впились в черные своды забоя. В минуту долото делает 2800 ударов о породу. Работая, перфоратор одновременно смачивает породу распыленной водой, в которой растворены специальные химические вещества. Вода очищает воздух от пыли — бича любой шахты. А тут пыль — это не просто пыль...

Разговор о радиации зашел у нас в другом забое, где работает бригада Петра Оноприенко — ученика Федора Попенко. Зашел после того, как молодой геофизик Вадим Князев протянул мне наушники: «Послушай...»

Металлического урана в руде ничтожно мало. И, конечно, отличить «на глаз» урановую руду от руд сопутствующих металлов нелегко даже очень опытному специалисту. Но, оказывается, то, что нельзя увидеть, можно услышать.

На груди Вадима небольшая пластмассовая коробочка — радиометрический прибор, или, попросту, радиометр. Над белой шкалой с цифрами колеблется стрелка. В руках металлическая палка, по форме напоминающая хоккейную клюшку. Такой переносный радиометр весит всего около трех килограммов. Батарея питания рассчитана на 200 часов работы. На голове геофизика наушники. Вадим может и не смотреть на шкалу — о процентном содержании радиоактивного элемента ему расскажет... сам уран. Опытное ухо отличает по тону и громкости «голос» руды от «голоса» окружающего фона.

Каким же образом камень «говорит»?



Стальные жала высокочастотных перфораторов впились в толщу пласта урановой руды.

Конеч чуткой «клюшки», или, как ее официально называют, зонда, представляет собой металлический цилиндр, наполненный газом. Внутри него натянута металлическая нить. Изоляторы не дают ей касаться стенок цилиндра. Проведен к цилиндру и нити ток высокого напряжения. Разряда не будет — мешают изоляторы. Но представьте себе, что цилиндр находится рядом с неким источником радиоактивного излучения (пусть очень слабым). Любая частица такого излучения, например бета-частица, столкнувшись с молекулой газа породит пару ионов. Эти ионы — разорванные «осколки» недавно существовавшей электрически нейтральной молекулы — вызывают ионизацию других молекул газа. Микромир внутри цилиндрика переживает катастрофу: нарастает, беспредельно ширится ионная лавина. Электрически нейтральная среда становится проводимой, происходит разряд, который, разумеется, можно было бы зарегистрировать. Далее вся трудность сводится к тому, чтобы погасить этот разряд до появления следующей частицы. Это физики тоже научились делать. Разряд дергает стрелку на измерительном пульте — коротко на груди Вадима. Одновременно радиометр производит акустическую индикацию поступающих импульсов и наушники головного телефона транслируют «голос» урана. — Держи! — Вадим протянул мне наушники и стал медленно вводить коней своей «клюшки» в только что возбужденный в своде забоя шпур. Треск, похожий на разряды школьной электрической машины, нарастал. Потом конец «клюшки» вошел в шпур на боковой стене забоя. Треск в наушниках сменился отдельными сухими щелчками: пласт урановой руды был расположен вертикально.

— Самый громкий голос во всем этом хоре, — рассказывает Вадим, — голос радия. Радий чрезвычайно рассеян. Дзяковский прав, помните: «В грамм добыча, в год труды». В самом лучшем случае в десяти тоннах чистого минерала держится три грамма радия. Руды же считаются богатыми, если в тонне будет несколько миллиграммов значительного элемента...

Спутник радия — радиоактивный газ радон. Обычно в земной коре на один кубический сантиметр приходится один атом радона. Вы, наверное, слышали о нем: радоновые ванны, припоминаете? Врачи используют его в виде концентрированных препаратов, грязей, ванн. Радон быстро

распадается через 3 дня 19 часов 48 минут его количество увеличивается вдвое. Особенно сильно выделяется радон из того, как разбуренный пласт подрывают; руда измещается, площадь соприкосновения ее с воздухом увеличивается, концентрация радона в воздухе резко возрастает. Но ведь горняки не могут ждать несколько дней пока радон распадется. Шахта не могла бы работать с такими перебоями. Тогда... Вот тогда и зашел у нас разговор о радиации с ребятами из бригады Петра Оноприенко.

— Тогда людей в шахте нет, — рассказывает Петр. — Мощные вентиляторы быстро отсасывают воздух из района взрыва. Компрессорная станция обеспечивает подачу трех кубометров воздуха на каждую тонну добываемой руды. Все время — вы, наверное, видели сами — в штреках работают распылители-увлажнители, осаждающая мелкую пыль урановой руды. (Я вспомнил, действительно, иногда откуда-то на тебя словно прыскали из гигантского пульверизатора.)

— Кроме того, вот это, — он покосился на грудь. Там белела снятая во время беседы маска «лепесток». Свое поэтическое название эта маска-респиратор получила, наверное, и за ничтожный вес: «лепесток» весит всего десять граммов. Тем не менее он прекрасно охраняет легкие человека от пыли и продуктов распада радона.

Но Петр не сказал тогда о самом главном, потому что это главное считается как бы само собой разумеющимся. Он сказал о совершенной технике, которой отечественная промышленность оснащает советские урановые рудники.

От вибрирующих жал пневматических перфораторов руда самотеком идет в вагонетки. В отдельных случаях там, где принцип самотека применить нельзя, вагонетки нагружает машина. Мы долго наблюдали за работой одной из них. Этот скрепер убирает за смену 200 тонн руды. Только искры летят из под блестящей стали. Электровозы тянут составы вагонеток. Основных, «этажных», путей откатки около 30 километров, вспомогательных, «подэтажных» — более 100 километров. Хоть создавай свое подземное ведомство путей сообщения! А ведь эти цифры относятся лишь к одной шахте.

На-гора руду отправляет тоже машина. Вагонетки сами катятся по эстакадам к РКС — радиометрической контрольной станции. Автоматический прибор с радиометром «Стрела», не прикасаясь к руде, определяет сорт, переключает стрелки рельс: к какому механическому

количество
яется радон
т; руда из
вздухом уве
резко возра
олько дней
ботать с та
нас разгово
приенко.
ает. Петр.—
ух из района
подачу трех
аемой руды
греках рабо
ю пыль ура
да откуда-то
веризатора.
грудь. Там
». Свое по
чила, навер
всего десяти
легкие чело

потому что
еющимся. Н
твенная про

удники.
ерфораторо
ых случаях
я, вагонетки
ботой одно
тонн руды
Электровоз
ных», путе
х, «подэта
свое подзе
цифры отно
гонетки сам
еской конт
с радиоме
ределяет
еханическом



Сейчас клеть поднимет их на поверхность. Начальнику участка Юрию Мягкохлебову, бригадирам Петру Оноприенко, Федору Попенко, Савелию Дидку и комсору шахты Виктору Назаренко есть о чем поговорить после смены.

прокидывателю какой вагонетке идти. А дальше бесконечные ленты транспортеров бегут на обогатительные фабрики, в бункеры, из которых руда пойдет на перерабатывающий завод. Люди рядом, но только рядом. Всегда у людей в работе с ураном есть посредники: машины, приборы, автоматы...

Обо всем это Петр Оноприенко не сказал, это просто подразумевается само собой. Разговор у нас шел не об автоматах и приборах, а о людях. В 1959 году Петр решил перейти в отстающую бригаду. Почему так решил? Ну, трудно сказать; наверное, чтобы бригада не была больше отстающей. Пришел. Встретили не сказать, чтобы ласково. Ребята все норовистые, с характером. Работа в бригаде клается, заработки по здешним понятиям никудышные. Тут еще новый прыткий бригадир. Петр посмотрел, как работают, понял: сами виноваты. Можно бурить меньше, руды получать больше. Вся хитрость в расположении

лиуров. Предложил новый способ, машут руками: «Нам так хорошо». Вот попробуй и переубеди! Потом Саша Зинилов говорит: «Ладно, давайте попробуем». Попробовали — пошло. Ребята глядят веселее. Раньше такие разговоры: «Если заработаем, дадим план», теперь поняли: дадим план — значит заработаем. Работал в бригаде Олег Казакевич. Трудный парень, из детдомовский. В шахте 10 лет, а закваски шахтерской не было. Дисциплина хромает. Оноприенко ушел в отпуск, а ребята посовещались между собой и после очередного прогула выгнали Олега из бригады. Петр вернулся — Олега нет. Плохо дело: парню податься некуда, кому охота с таким возиться. Вернул Олега в бригаду. Вот так и жили. Работали, ходили сначала вместе на стадион, потом в гости друг к другу стали ходить. Потянуло ребят к книгам. Поняли: без образования в наше время человеку хода нет. С четырьмя классами новой техникой не овладеешь, будешь копаться, как крот под землей. Сейчас в бригаде двенадцать человек, одиннадцать учатся. Валя Афанасьев к примеру, думает стать радиотехником. Ну, что ж, тоже хорошая профессия. Уйдет из бригады? Жалко, конечно. Но придут другие. Вот Владимир Шкляров, Николай Ушаков, Петр Нецветный — давно ли из армии пришли сюда новичками. А сейчас? Да таких ребят поискать еще надо...

Вот такой разговор шел у нас в штреке во время перекура на глубине 405 метров. Может быть, многим он покажется чересчур заурядным для людей столь романтической профессии. Может быть, добывающие «солнечную» руду люди должны жить в вашем представлении особой «солнечной» жизнью. Нет, это не так. Вспомните космонавтов. О них много, подробно, хорошо написано. Ведь они совсем непохожи на сверхлюдей, эти люди, познавшие состояние невесомости.

Да, в работе, мыслях, взаимоотношениях ребят из бригады Петра Оноприенко есть много общего с работой мыслями, взаимоотношениями тех, кто трудится в угольных шахтах Кузбасса, в медных рудниках Казахстана, в соляных пластах Березников. И в этом не слабость их, а сила! Сила потому, что они понимают: уран — часть нашего общего большого дела...

Однако разговор о радиации, который мы впервые начали в бригаде Петра Оноприенко, еще не окончен. Не-

т: «Нам
ом Саша
Попро-
е такие
ь поня-
бригаде
овских.
Дисципли-
а посо-
да вы-
а нет.
таким
Рабо-
гости
Поня-
а нет.
удешь
двена-
асьев,
тоже
ечно.
колай
шли
еще
пере-
юка-
ской
руду
неч-
тов.
сов-
тоя-
из
той,
оль-
ана,
их,
на-
ые
Не-



Самые молодые жители Уранограда. Им всего два дня.

сколько раз возвращались мы к нему за время недолгого пребывания в Уранограде. Возвращались не случайно, радиация — вещь серьезная, а порождает подчас не совсем серьезные разговоры. Хотелось разобраться во всем самому. Разобраться объективно и неспеша. Разговор этот мы продолжили несколько дней спустя, проходя по усыпанным желтыми листьями аллеям медицинского городка.

Наши собеседники, начальник санитарного отдела предприятия Тамара Александровна и главный врач больницы Руфина Николаевна, с понятной гордостью рассказывают о своем детище — городке здоровья Уранограда.

Невысокие светлые здания перечеркнуты черными ветками деревьев, уже расставшихся с листвой. В небольшом гараже — белые машины с красными крестами. В городке есть все необходимое для врачей, правильнее сказать, для больных, первоклассное медицинское оборудование (одних рентгеновских аппаратов четыре штуки!). Здесь же расположены профилактории, родильный дом.

— Рождаемость у нас намного выше, чем в среднем по Союзу, — улыбается Тамара Александровна, — это тоже о многом говорит. Посмотрели бы вы, какие малыши! Тридцать три богатыря! А папаш мы дважды в год обследуем с ног до головы. Я работаю в Уранограде одиннадцать лет. За это время не было ни одного случая заболевания какой-либо болезнью. Даже намек на «лучевку» нет. Живет народ у нас хорошо, в достатке. Рабочие на рудниках получают бесплатный обед. Обязательный закон: под землю спускаться, только плотно поев. И дело не только в питании. Видели наш город, дома, цветы? Условия жизни рабочего в Уранограде такие, что в нашем медицинском городке мы рискуем остаться «безработными»...

Об этих словах мы вспомнили вечером того же дня, когда побывали в гостях у бригадира проходчиков Савелия Дидка. Трехкомнатная квартира. Ванная. «Вот телефонная правда, нет», — виновато улыбнулся хозяин квартиры. Подхожу к книжному шкафу. Сверху донизу стоят книги: Толстой, Салтыков-Щедрин, Шолохов, Гладков, Войнич... «Покупаю, — поясняет Савелий. — Книжный магазин у нас богатый». ...На стене репродукции с картин Брюллова, Крамского... «Познакомьтесь, это мои «три сестры». Обсуждаю. В дверях лесенкой выстроились головки дочурок. Смушенно улыбаются...

— Вы вот в шахте о радиации тогда спрашивали. Я вспомнил мне Савелий беседу в бригаде Петра Оноприенко. — Посмотрите на меня. Больше десяти лет в забое. Опять же дочери... Вот так, значит, дело с радиацией обстоит...

Больше мы не спрашивали о радиации.

Но познакомиться с ней, конечно, заочно нам пришлось.



...я лихорадка, каучуковая лихорадка. Если бы ка-
...будь банкиру пришло в голову вкладывать свои капиталы
...урановую руду, его бы сочли за сумасшедшего. Никто
...же толком не знал атомного веса «бесполезного» эле-
...мента. Считали, что он равен «что-то около 120». Эта
...фра ломала строй периодической системы элементов,
...ее гениальный автор Дмитрий Иванович Менделеев за-
...интересовался ураном. Он принял, что атомный вес урана
...равен 240 (сейчас мы знаем уточненный атомный вес ура-
...на — 238,03).

«Юность» урана — это самый конец прошлого века.
...1896 году Анри Антуан Беккерель открыл радиоактив-
...ное излучение этого элемента. Впрочем, термин «радио-
...активный» тогда еще не существовал. Он появился не-
...сколько месяцев спустя, после опытов замечательной поль-
...ской исследовательницы Марии Склодовской-Кюри. Вме-
...сте с мужем Пьером Кюри Мария пополнила столь бедный
...тогда список радиоактивных элементов полонием и радием.
...В Англии Резерфорд попытался воздействовать на неви-
...димые лучи, излучаемые ураном, магнитным полем, и уста-
...новил их сложную природу. Три первые буквы греческого
...алфавита стали именами трех видов радиоактивного излу-
...чения: альфа, бета, гамма.

Но прежде чем уран получил признание в промышлен-
...ности, т. е. стал таким, каким мы знаем его сегодня, по-
...требовались годы труда зарубежных физиков: Резерфорда
...и Чедвика, Бота и Беккера, Жолио-Кюри и Ферми, совет-
...ских ученых: Курчатова, Александрова, Алиханова, Лей-
...тунского, Скобельцына, Флёрова, и многих, многих дру-
...гих ученых, инженеров, рабочих.

— Многих, очень многих, разве вспомнишь сразу имена
...всех, кто создавал нашу урановую промышленность, —
...Семен Григорьевич, главный технолог перерабатывающего
...завода Уранограда, задумчиво смотрит в окно, за которым
...поднимаются стены корпусов. — Помнишь, Владимир Фи-
...липпович, — он обернулся к директору, — помнишь, как мы
...начинали? В 1935 году я работал в одной лаборатории.
...В год мы давали несколько килограммов урановых солей.
...И те куда девать, не знали. Кустарная работа. А «специа-
...листы» — помнишь? Одному молодому инженеру дали
...60 килограммов соли для очистки — он возвращает 12 ки-
...лограммов. А где остальные? «Шут его знает, — говорит, —
...вроде бы некуда им деться...»

— А первый «завод»?.. — перебивает Владимир Филиппович. — Разгар войны. Каждый кусок металла, каждый прибор — проблема! «Завод» — одно название. Сегодня вспоминать смешно. Нужны были чаны, а их нет. Но все нашли выход из положения... И не верится, что все это было каких-нибудь 20 лет назад!

Люди, сидящие перед нами, — живая история развития советской урановой промышленности. Рассказывая о вчерашнем дне, они показывают день сегодняшний — перерабатывающий завод Уранограда.

* * *

Одно из самых жестких условий ядерной реакции — чистота делящегося вещества. Если в урановом стержне есть «атомы-чужаки», нейтроны — основа ядерного процесса — при соударении с их ядрами или теряют энергию или поглощаются ими. Реакция идет вяло, а при некотором (и, надо сказать, весьма незначительной!) доле примесей может вообще не пойти. Поэтому прежде чем урановая руда, добытая в шахте, превратится в урановые стержни атомных реакторов, она претерпевает длинную цепочку всевозможных превращений. Каждое звено этой цепочки обязано удовлетворять главному требованию: концентрация урана должна увеличиваться, количество примесей — уменьшаться. Перерабатывающий завод — это, пожалуй, не звено, а кусочек такой цепочки.

Чтобы не запутаться в технологических процессах и хотя бы в самых общих чертах представлять себе, «что куда идет» и «что во что превращается», мы попросили Владимира Филипповича и Семена Григорьевича прочитать на маленькую вводную лекцию. Указка скользит по листам ватмана, на которых разноцветные линии — магистраль трубопроводов, конвейеры — соединяют квадратики и кружочки — дробилки, шнеки, ванны, отстойники, печи. Как все понятно, когда слушаешь рассказ специалистов! Просто удивительно, как это люди раньше не додумались до таких простых вещей. Короткая импровизированная лекция окончена. Переодевшись в черные халаты и зеленые береты (символично, что конечный продукт, выходящий из цехов завода, тоже имеет черно-зеленый цвет) — поводя дневную форму инженеров завода, — вместе с Владимиром Филипповичем и Семеном Григорьевичем входим в цех.

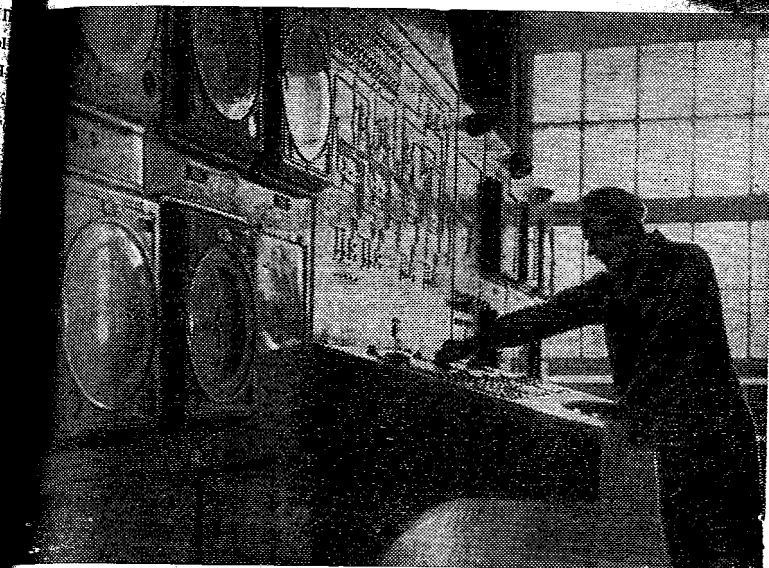
мир Филипп
ма, кажды
е. Сегодн
Но все ж
то все эт

и развити
швая о е
ий — пе

акции —
стержне
ого про
энергию
которой
примесей
рановая
стержни

цепочку
цепочки
центра-
сей —
жалуй,

и хо-
о куда
влади-
ь нам
истам
рали,
кру-
Как
Про-
до
лек-
ные
из
все-
ром



Это только один пульт управления только одного участка перерабаты-
вающего завода Уранограда.

Людей не видно. Мы хотели сфотографировать маши-
ны вместе с человеком: на снимке должен быть какой-то
масштаб. Искали, искали, нашли минут через десять. И это
показательно. Человек может быть спокоен: техника не под-
ведет и без присмотра, если все делается точно и своевре-
менно. Грохот. Нет, даже не грохот, а какой-то рокошущий
скрежет. словно где-то под полом цеха идет борьба каких-
то сказочных титанов. Это работают дробилки. Они бес-
прерывно заглатывают с конвейера куски руды и также
беспрерывно сыплют на другой конвейер уже измельченные
куски.

— Вот эта непрерывность, — Владимир Филиппо-
вич старается перекрыть скрежет дробилок, — самое важ-
ное!

Начатую дробилками работу продолжают шаровые
мельницы. Внутри барабана, сделанного из марганцовистой
стали, вместе с кусками руды, которые принес в барабан
конвейер от дробилки, перекатываются сотни стальных ша-
ров. Шары перетирают руду в порошок.

— Право же, было бы нетрудно добиться нужной толкосте помола, — продолжает свой рассказ директор завода, — если бы у нас была не такая крепкая руда. Вы были в шахте? Заметили, что никаких подпорок и креплений в забоях нет? Обходиться без крепильщиков — это, конечно, хорошо. Расходы на добычу каждой тонны руды значительно снижаются. Но попробуй смолоть в порошок руду, куски которой царапают стекло! Горняки для определения твердости пород часто пользуются так называемой шкалой профессора Протодяконова. А мы не можем: по твердости наша руда выходит за рамки шкалы.

Из цеха в цех по металлическим, похожим на корабельные, трапам, по бетонному полу и по белым кафельным плиткам, от одного гигантского агрегата к другому проходим мы «рука об руку» с ураном. Он здесь, рядом. Вот в этих химических реакторах его перемешивают, растворяют в кислоте. Вот огромные наклонные шнеки, — извивающаяся змеей громада стали, — очищают его от песка. Вот, наконец, уран попадает в цепкие «руки» ионитов — ионообменных смол. Эти удивительные вещества способны обменивать свои ионы на определенные ионы окружающего раствора. Было бы неверно сказать, что они «впитывают» уран, как губка впитывает воду. Ведь мокрая губка остается губкой. Никаких химических преобразований она не претерпевает. Ионообменные смолы, поглощая уран, изменяют свой состав, свою природу, даже свою структуру.

У цилиндрических аппаратов, внутри которых происходит таинство ионообменного процесса, заметили одинокую фигуру в комбинезоне. Подошли, поздоровались: Мелехов Владимир. Несколько лет назад Владимир окончил... философский факультет Московского университета! Молодой специалист был направлен на работу в горком партии. Новорожденного инструктора промышленного отдела редко можно было застать за своим столом. Его рабочим местом стали цеха и участки предприятий. Но работать с людьми, труд которых для тебя «книга за семью печатями», нельзя. Владимир все глубже и глубже вникал в тонкости производства и... все больше и больше его увлекала работа химика. Сейчас Мелехов один из опытейших производственников, студент третьего курса Технологического института. А философия? Философия всегда пригодится, и химик у нее нужнее, чем представитель любой другой профессии.



Аппаратчики Василий Кругмалев, Иван Андупов и комсорг смены Михаил Егельский рассматривают «урановую кашу».

Многоэтажный цех. Аппараты так велики, что не помещаются на одном этаже. Сверху вниз, снизу вверх тянутся бесконечные трубопроводы. Когда первый раз попадаешь вот в такое средоточие техники, невольно испытываешь чувство беспомощности и робости. Работающие же здесь люди кажутся людьми, посвященными в некую тайну, доступную только избранным. Смотришь на все это великолепие и думаешь: и год тут просидишь, все равно ни в чем не разберешься. Потом тебе начинают терпеливо, как ребенку, объяснять, и ты, поминутно сам этому удивляясь, начинаешь что-то понимать! Тут обязательно впадешь в другую крайность: ба, да оказывается все это так просто! Непонятно, над чем же тут работали столько времени. Даже неспециалисту ясно, что именно вот этот вариант технологического процесса, машины, аппарата, прибора — самый лучший, совершенный, экономичный. Ясно, что истина лежит

где-то между этими граничными суждениями. Но найти быстро в незнакомой обстановке нелегко.

В руках у молодого парня в комбинезоне маленькая колба. Рядом стояли два его товарища. Все трое с интересом рассматривали содержимое колбы. Это содержимое было на вид очень невзрачным: нечто напоминающее разваренную пшеничную кашу. «Пшеничная каша» — это кристаллики ионообменной смолы, впитавшие уран.

Ох, как нелегко сварить такую «кашу»!

В химическом производстве главное — точно выдерживать заданные параметры процесса: давление, температуру, состав. Это мастера умеют делать ребята из бригад аппаратчиков, которыми руководят ударники Василий Кругмелев, Иван Анцупов, комсорг смены Михаил Егельский. Большинство членов этих бригад учатся. Иначе нельзя техника требует. У Михаила, например, из десяти членов его бригады учатся семеро. Удивительно ли, что друзья аппаратчики прославились на весь завод своими рационализаторскими предложениями. Только одно предложение («не помню я, сколько подал...» «Десять?» «Да может больше...») Ивана Анцупова дало заводу экономию в четырнадцать тысяч рублей. Подсчитано, например, что за девять месяцев работы завод сэкономил 550 000 рублей.

— Заводские рационализаторы — люди беспокойные, — говорит Семен Григорьевич. — Вот уедешь в командировку на неделю, возвращаешься — уже есть новое. За все время работы завода я не помню месяца, чтобы что-то не устанавливалось, не опробовалось, не пускалось.

Директор и главный технолог с нескрываемым удовольствием говорят о молодежи завода. Но как молодые сверкают глаза этих людей, давно вышедших из комсомольского возраста, когда они рассказывают об огромном, всю стену пульте управления заводом, о счетно-решающих машинах, которые сами будут поддерживать оптимальные параметры работы аппаратов и установок, о телевизионных установках для наблюдения за их работой, о будущем своего замечательного завода, который никогда не позволит им отставать...

* * *

В июне 1961 года я прочитал интересную заметку в французском журнале «Сьянс э ви». В ней рассказывалось об открытии ученых югославского Института технологии минерального сырья, которые обнаружили в урановой

уде микроорганизмы. Крѣшечные существа, мельчай-
шие искры жизни не погибали от воздействия радиации!
Значит радиация вовсе не губительна для всего живого,
как об этом говорилось и писалось многие годы, и жесткие
излучения вовсе не исключают жизнь! Более того, юго-
славцы установили, что эти «бесстрашные» микробы не толь-
ко преспокойно живут в уране, но и способствуют преобра-
зованию урана в раствор, из которого его несложно извлечь
с помощью известных и опробованных технологических про-
цессов. В журнале высказывалась мысль, что подобный же
микробиологический процесс, очевидно, можно использо-
вать и для выделения чистого урана, что сделало бы про-
изводство последнего более быстрым и дешевым. Я вспо-
мнил об этой интересной заметке, проходя по цехам перера-
батывающего завода.

Возможно, наступит день, когда одним из главных лиц на таком заводе будет специалист с дипломом микробиолога, пока там полновластно хозяйничает химик. Созданные им трудами ионообменные смолы поглощают уран из растворов, очищают его, увеличивая концентрацию элемента. В результате сложного химического процесса специальные органические реагенты «отнимают» уран у смолы, кристаллизуя его в виде окислов. Кристаллы — очень красивого канареечного цвета — прокаливают в печах. Печь гасят яркие краски, и черно-зеленый порошок, попав из нее в специальные контейнеры, начинает новый этап своего длинного пути...

Все это называется обыденно: технологический процесс. Он хорошо и подробно описан в специальной литературе, наверное, нет нужды рассказывать о пути урановой руды от заводских цехов. Но неискушенный в химии читатель может заподозрить автора в полной безграмотности. Посудите сами: сначала мы руду растворяем, потом поглощаем из раствора уран, потом уран растворяем, потом его выпариваем. Нельзя ли сократить цепочку на несколько звеньев? Именно этот вопрос я и задал.

— Сами об этом думаем, пробуем, — говорит начальник Центральной научно-исследовательской лаборатории (ЦНИЛ) завода Лариса Николаевна Веселова (ее муж — главный инженер шахты — был нашим главным «гидом» под землей).

Заметили деталь? «Центральной»! А в каждом цехе своя лаборатория. Колбу, которую рассматривали бригади-



Лаборант Неля Дегтярева испаряет крохотные пробы окислов урана, чтобы по линиям спектра на фотографиях разглядеть мельчайшие следы примесей.

ры аппаратчиков, мы увидели потом в одной из таких цеховых лабораторий. Накануне в шахте мы «слышали» радиацию, здесь ее уже можно «увидеть»: зерна ионообменной смолы, насыщенной радиоактивным элементом, светятся в темноте, как южные жуки-светлячки, ровным зеленым светом.

В одной из комнат ЦНИА другой свет — жаркий, слепящий. Лаборант Неля Дегтярева испаряет пробы окислов урана, чтобы на фотографиях по линиям спектра выявить мельчайшие следы примесей, исчисляемые сотыми, тысячными долями процента.

А аппараты, на которых работают комсомолки Рая Романовская и Тамара Хмырова, перемигиваются радостными, праздничными огоньками. Здесь, в радиометрической лаборатории, проверяют радиоактивность руды разных шахт, участков, забоев. Небольшие коробочки с пробой руды запирают в свинцовом домике. От домика к приборной панели тянутся провода. Щелчки и перемигивание лампочек — это «внешний эффект»: на специальной шкале от

схлопываются в конкретную цифру — уровень радиации породы.

Сотрудниками радиометрической лаборатории разработан новый метод очистки шахтных вод. Ведь в этих водах тоже есть уран. Раньше он терялся безвозвратно. Теперь из шахтных вод получают «даровой» металл. В промышленных условиях подобная очистка вод с одновременной добычей урана применяется впервые. Благодаря работе сотрудников ЦНИА завод только за два года в три раза уменьшил расход основных химикатов, увеличил на шесть процентов извлечение уранового концентрата, чуть ли не вдвое снизил себестоимость продукции.

Чисто заводские, привычные термины: сэкономили, увеличили, снизили себестоимость... Мы сжились с ними, но здесь, на перерабатывающем заводе Уранограда они кажутся обидно обыденными. А ведь этой обыденности, наперное, нужно радоваться: значит, производство урана уже равно выросло из лабораторной колыбели, переросло масштабы научно-исследовательских институтов. Потому и появилась на заводе «обыденная» производственная терминология, что «сказочный», «романтический» уран примерно так же добывают и обрабатывают, как, скажем, «прозаическую» медь. За одинаковостью терминологии стоит не бедность языка технологов и экономистов, а прежде всего сходные масштабы производств. Тут как-то совсем по-новому начинаешь представлять себе значение простых слов: атомная промышленность...

Мы рассказали о самых первых шагах урана, призванного на службу людям. Прежде чем он начнет работать, ему предстоит пройти еще долгий и сложный путь постепенных превращений, в результате которых из концентрата будет выделен чистый металл.

Задача химиков и инженеров усложняется тем, что требуется получить продукт, примеси в котором не должны превышать миллионных долей процента. Особенно опасны примеси бора, индия, кадмия, ядра которых поглощают свободные нейтроны, ломают стройный процесс ядерной реакции. Но и после того, как пройдя через вереницу сложнейших аппаратов, рождение каждого из которых — крупная инженерная победа, урановый концентрат превращается в уран или в одно из его простейших соединений, до атомного реактора ему еще далеко: ведь даже химически совершенно чистый металл не удовлетворит атомников-энер-

гетиков, физиков-экспериментаторов. Им нужен, если по так выразиться, физически чистый уран, иными словами, разделенные изотопы одного и того же химического мента. Очень нелегко распознать и разлучить «близнецы» уран-238 и уран-235 — важнейшее ядерное горючее. Уже бессильны любые ухищрения химиков: ведь урана урана химическими методами отделить нельзя. Надо пользоваться для разделения изотопов новые методы, позволяющие «поработать» «близнецы» в ахиллесову пяту. Пята — различие в массе, крохотное различие в массе, ачит и в физических свойствах, связанных с массой. Ученые инженеры разработали ряд методов разделения. Наиболее часто применяются методы термодиффузии, центрифугирования, электромагнитной сепарации и газовой диффузии. Если кого-нибудь из читателей этой книжки заинтересует подробности и описание этих методов, рекомендуем почитать книгу П. Т. Асташенкова «Атомная промышленность». Там есть глава, которая так и называется: «Разлучают близнецы».

* * *

...Мы уезжали из Уранограда утром. На прощанье раз проехали по улицам города, мимо красивого, может быть, даже чересчур красивого Дворца культуры, стеклянной призмы широкоэкранный кинотеатра, мимо бассейна стадиона (накануне вечером на залитом электрическим током поле состоялась жаркая схватка футболистов-горняков с командой одного из крупнейших городов страны), мимо корпусов новых домов, где живут инженеры и рабочие. Александр Степанович, один из руководителей всего предприятия, опытный горный инженер, обернулся к нам:

— Хорош город? Вот вы и познакомились с бригадой коммунистического труда, были на заводе, — уверенно скоро завоюет право называться заводом коммунистического труда, а пройдет немного времени — и весь город наш станет городом коммунизма. Ведь уран, который сейчас здесь под нами, в забоях, будет работать и через 20 лет. Уран мы обязательно возьмем в коммунизм!

Об этих словах вспомнили мы через несколько месяцев, продолжая путешествие в страну урана.

РОЖДЕНИЕ «АТОМНОГО ОГНЯ»



В наш век у мифологических героев древности свои судьбы. Судьбы, отличные от тех, которыми наделили их поэты сотни лет назад. Но поэты тут не виноваты. Новые судьбы древним богам нарекли ученые и инженеры. Бог войны Марс остался ненавистным символом, мишенью карикатуристов. Рожденный богиней Земли Геей Уран — отец титанов и сторуких исполинов — знаменует сегодня важнейшее направление научного и технического прогресса, новые энергетические принципы.

Атомная электростанция... Нам уже кажется обычным это название. Строительство или открытие новой атомной электростанции уже не воспринимается как некое чудо. А ведь первая в мире атомная электростанция еще не отмечала своего десятилетия. Атомный реактор стал таким же заурядным, как телескоп. И отношение примерно такое же, как и телескопу: «Очень интересно! Масштабно. Хочется потрогать руками, но чему же тут, простите, удивляться?»

Я. Голованов.

А ведь удивляться есть чему. И, скажем откровенно, мы все время удивлялись, когда наше путешествие в страну урана привело нас на завод ядерного горючего.

Рассказ об этом заводе хочется начать с воспоминаний издалека. Издалека, правда, чисто географически: из Заполярья.

* * *

В мае в Мурманске белые ночи. В полночь на улице можно читать газету. К этому нелегко привыкнуть, и заснуть трудно. Спать мешает не только свет за окном: перебивая друг друга перекликаются в порту корабли. Порт никогда не спит. Кого-кого, а мурманчан кораблем не удивишь. Видели тут и огромные транспорты, и большие морозильные траулеры, и другие суда. Все видели, кажется. Но тысячи людей идут в эти майские дни в порт. Там в порту, — атомный ледокол «Ленин».

Весной 1960 года атомоход совершил свой первый рейс из Ленинграда в Мурманск. Пройдя 2300 миль, он израсходовал всего полкилограмма атомного горючего — урана-235. Для такого перехода обычному кораблю понадобилось бы около 3000 тонн мазута или 4200 тонн угля. Вспоминаю волнение, охватывающее всякого, кто впервые вступил на борт чудесного корабля. Мы встретили ледокол у губы Тюва на входе в Кольский залив. Медленно двигался атомный богатырь вдоль темных каменистых берегов, с которыми лучи майского солнца сводили белые пятна снега. Вспоминаю неторопливый рассказ о походе Павла Акимовича Пономарева — первого капитана первого атомного корабля. Вспоминаю экскурсию, которую устроил нам Александр Калинин — главный инженер-механик. Вспоминаю, с какой гордостью за свой корабль водил нас из отсеков в отсеки, показывая и каюты, и клуб, и музыкальный салон, и столовые, и даже спортзал в трюме, комсорт «Ленин». Володя Поройков. Я слушал его рассказы и подмечал, как пополнялся с приходом на флот мирного атома морской словарь. Вода второго контура, нейтронное поле, гамма-фон — ведь эти термины еще вчера жили только в специальных физических лабораториях...

И о другом думалось. В Москве в Третьяковской галерее висит картина художника Ярошенко «Кочегар». Красный отблеск озаряет лицо старика, усталостью налились большие мозолистые руки. Этот кочегар стал историей. И

енно, мы
в страну

минаний
из За-

а улице
е, и зас-
м: пере-
и. Порт

не уди-
шие мо-
дажется.
т. Там,

ый рейс
зрасхо-
ана-235.
ось бы
минаю
пил на

у губы
а атом-
оторых
спомин-
ча По-

рабля.
др Ка-
минаю,
отсека
салон,
енина»

а, как
орской
гамма-
специ-

гале-
Крас-
ались
и. Но

сейчас при слове «кочегар» встает перед глазами жаркое
его угольной топки или соляровая форсунка, у которой
ботает белозубый парень в перепачканной до черноты
башняшке. Кочегар... Может быть через несколько десят-
ков лет и вовсе исчезнет это слово. А может и останется.
Услышав слово «кочегар», люди будут представлять себе
молодого моряка в белоснежном халате у пестрой россыпи
кнопок на пульте управления...

Да неужели же несколько десятков килограммов урана
способны дать жизнь всему этому кораблю? — спрашивал
себя.

Оказывается, не один я испытывал подобное чувство
«недоверия» к урану. Из Мурманска в Москву вместе с
нами летели физики — несколько молодых ребят, которым
руководителя-академики поручили «присмотреть» за атомной
установкой ледокола: дело новое, научный глаз нужен.

Рядом со мной сидел один из них, румяный, кругло-
лицый, очкастый. Он все время расспрашивал о Москве,
новой премьере у вахтанговцев, концерте Рихтера, фильмах,
книгах и вообще о «чем-нибудь этаким...» И очень трудно
было заставить рассказывать его. Рассказывать об атомо-
ходе.

— Ты видел сам, — сказал он наконец, — это большой
корабль. А на стапеле, где я его впервые увидел, он казался
еще больше. Борт его поднимался вверх, как нависшая над
путником стена горного ущелья. Сооружение весьма вну-
шительное. И вот, когда я увидел его первый раз и вспом-
нил об урановых стержнях его реактора, знаешь, какая не-
приятная мысль промелькнула у меня? — Не пойдет! Не смо-
гут эти «карандаши» сдвинуть его с места. Конечно, я по-
нимал, что это не так. Я сам подсчитывал и знал, что это
не так. Но воображение на секунду одержало победу над
знаниями...

Знаменитый Уатт сказал владельцу паровой машины,
запретившему изобретателю отрегулировать двигатель, что-
бы он тише работал: «Шум пробуждает у невежды пред-
ставление о силе». Но Уатт не совсем прав. Дело не столько
в невежестве, сколько в слепой вере в жизненный опыт
прошлого. Весь опыт предков выработал у нас своеобраз-
ный инстинкт: силе и мощи обязательно должно сопутство-
вать нечто исполинское и громоподобное. Этот парадокс
сознания родился, наверное, в те очень далекие годы, когда
первые художники рисовали на стенах закопченных пещер

мамонтов и бизонов. Рост мамонта был пропорционален его силе. Физика нашего века, нарушив многое, что еще вчера казалось незыблемым и бесспорным, сломала в нашем сознании и это геометрическое представление о мире. Когда люди впервые узнали об энергии, тающейся в недрах атома, когда журналы начали писать, что на спичечном горючке некоего таинственного горючего автомобиль может проехать год, мало кто понимал это. Просто были люди, которые верили, и были люди, которые не верили. Верить была слепая, как в палочку-выручалочку, как в лампу Адама: «она все может». Ядерная техника сегодня, проникнув все глубже в самые различные отрасли промышленности, быта, — это не только переворот в энергетике и технология многих производств. Это и глубокий переворот в сознании человека, помогающий ему еще больше уверовать в свои силы, в свою власть над природой.

Вот этот разговор в самолете, летящем из праздничного майского Мурманска, и вспомнил я, когда впервые увидел стержни с ядерным горючим, которым предстоит развивать сотни тысяч киловатт на вновь возводимых атомных электростанциях. Но прежде, чем рассказать, как создают «карандаши» (из терминологии моего мурманского знакомого), сделаем последнее отступление.

* * *

Немного науки. Совсем немного, чтобы можно было похвастаться по заводу, не «спотыкаясь» на терминологию. В реакторах атомных электростанций используется реакция деления атомных ядер под действием нейтронов. Именно в результате такого деления и высвобождается огромная энергия: двести миллионов электронвольт на каждое разделившееся ядро. Осколки ядер сталкиваются с атомами окружающей среды. Их кинетическая энергия при этом переходит в энергию тепловую. При делении атомного ядра вылетают нейтроны, способные в свою очередь вызвать деление новых ядер и т. д. Иными словами, при определенных условиях может начаться цепная ядерная реакция.

Мы сказали осторожно: при определенных условиях. А что это за условия? Их много. Слишком много для нашего рассказа. Об этих условиях можно написать отдельную книжку, потолще этой. Впрочем, такая книжка (и одна) уже написана. Скажем об одном, главном условии: уран должен занимать строго определенный объем. Ина

количество нейтронов, вылетающих наружу и не расколовших ядра атомов; может быть настолько велико, что цепная реакция затухнет. (Строго говоря, придерживаясь законов физики, она не может затухнуть, так как до этого не может спыхнуть.) Понятно, что чем больше будет урана, тем больше будет «бесплодных» нейтронов, тем вероятнее цепная реакция.

Допустим, урана достаточно много. Реакция началась. Она растет и ширится, энергия нарастает лавиной, с каждым мгновением ее выделяется все больше и больше. Как говорят механики, «машина пошла вразнос». Что делать? Надо каким-то образом обуздать реакцию, поглотить часть нейтронов. Поглотить нейтроны! Так появился термин «поглотители» — вещества, с помощью которых люди научились управлять реакцией по своему желанию. И последняя деталь, чисто техническая. Уран разогревается в результате цепной реакции. Тепло у него надо отобрать, перенести в другое место и там использовать. Значит, нужно задумать и о теплоносителе.

После этого маленького вступления нам легче будет путешествовать по цехам завода. Но для такого путешествия нужно надеть белые халаты. Без них в цех нельзя, таков порядок. Надели? Вот теперь, пожалуйста.

* * *

Самые первые впечатления. Высокий светлый зал. Людей немного. Никакой торопливости, суеты. Вверх поднимаются металлические конструкции. Там площадки с пультами. У пультов два-три человека. Не слышно обычных «заводских» шумов. Бесшумная вентиляция. Почти нет обычных, знакомых по другим заводам, станков.

Один из лучших рационализаторов цеха Николай Пальгунов показывает нам стержни для Новозоронежской атомной электростанции. Длинные блестящие трубки. Вспомнил своего мурманского знакомого: они действительно чуть толще обычного карандаша. Трубки изготовлены из сплава циркония и ниобия.

Цирконий... Вы, конечно, слышали о нем. Этот металл применяют как легирующий элемент — «витамин металлургии» — при производстве броневых, нержавеющей и жаропрочных сталей. Это не простое улучшение стали, это рождение по существу нового материала, более прочного, твер-

дого, вязкого. Цирконий вы найдете в деталях самолетов, турбин и изоляторах, в осветительных ракетах и тугоплавком стекле. Он настолько стоек против коррозии, что в некоторых сплавах может заменять платину.

На заводах мирного атома цирконий нашел, пожалуй, самое широкое применение. Высокая температура плавления (около 1830 градусов), стойкость против коррозии, большое поперечное сечение захвата нейтронов (иными словами, большая нейтронная прозрачность металла) — вот те данные из «рабочей характеристики», которые позволили ему наиболее эффективно «проявить себя» в урановом реакторе. Цирконий «прозрачен» для нейтронов только совершенно чистый цирконий. Это обстоятельство чрезвычайно усложнило работу металлургов. Дело в том, что в природных соединениях цирконий обычно встречается вместе с гафнием. По атомному весу гафний почти вдвое тяжелее циркония, но их физические свойства очень схожи. Поэтому разделить цирконий и гафний трудно. А сделать это нужно обязательно, потому что гафний не только не «прозрачен» для нейтронов, а наоборот, способен их интенсивно поглощать. Тем не менее, советским металлургам и химикам удалось справиться со всеми этими трудностями.

Было бы неправильным считать цирконий редким металлом. На земле циркония не меньше, чем меди. Другое дело, что он более рассеян. И, конечно, ни одна из залежей циркониевых руд не может сравниться в этом смысле с медными рудниками.

Любопытно, что цирконий открыт тем же ученым, что и уран, — немецким химиком Клапротом и в одном и том же 1789 году. Много лет спустя современная атомная энергетика вновь свела вместе двух «одногодков»: цирконий и уран.

Другой наш новый знакомый — ниобий. Пропуск ниобия в атомный реактор выписан ему тоже не случайно. Из тугоплавких металлов ниобий обладает самой малой способностью захвата нейтронов. Высокая температура плавления (2415 градусов), химическая стойкость, инертность по отношению к расплавленным металлам и хорошая способность обрабатываться и свариваться делают этот металл желанным гостем на любом заводе. Однако трудность заключается в том, что ниобия мало. В настоящее время известные запасы его сравнительно невелики.

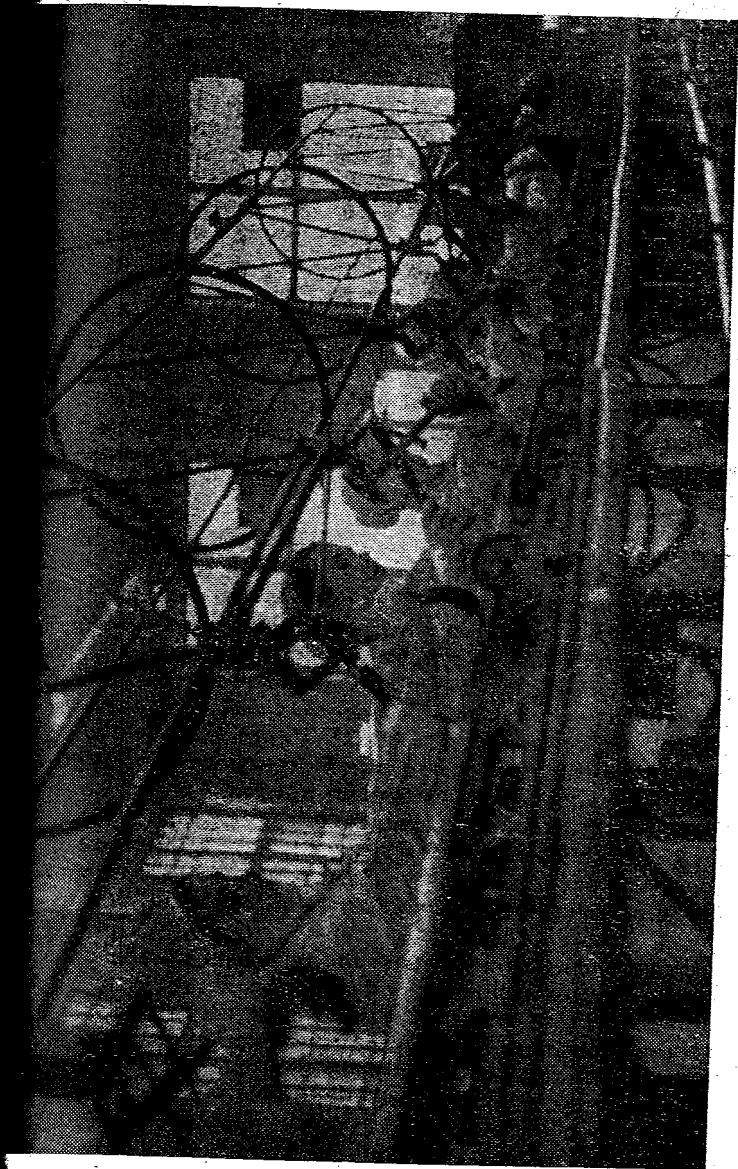
молетны
тугоплав
что в не

пожалуй
давлени
ни, мало
ами, не
из е
ду наиб
торе. Н
тый цир
о работ
динения
По атом
но их хи
шь цирко
зательно
нейтра
. Тем н
справит

дким ме
. Друг
залеже
де с ме

ным, чт
и том я
ая эне
рконий

опуск
Из все
лой сп
а плавл
ность в
способ
метал
ность э
е врем



Здесь собирают необычные изделия — трубки, заряженные ядерным горючим.

Итак, снаружи урановые стержни для атомных реакторов вовсе не урановые, а циркониево-ниобиевые. А внутри Вы будете удивлены, но и внутри они не урановые.

В реакторе Нововоронежской электростанции будет «гореть» двуокись урана, обогащенного до 1,5 процента, — сроднение несравненно более дешевое, чем чистый металл. Длинной всего одна циркониево-ниобиевая трубка, заполненная двуокисью урана, собирается в шестигранную кассету. Трубки расположены на строго заданном расстоянии друг от друга. Это обеспечит нормальный ход реакции, предотвратит местный перегрев. Между трубками пропускают теплоноситель — воду. Теплоноситель отдает тепло в парогенераторе воде второго контура, которая, превращаясь в пар, идет в турбины электростанции. Всего в атомном реакторе будет 349 таких кассет. Управлять реакцией можно под давлением и опусканием части кассет, снабженных поглощающим веществом и стержнями автоматического регулирования.

Когда ученые подсчитали, сколько же топлива будет «гореть» в реакторе, оказалось, что общий вес конструкций и двуокиси урана, которые нужно будет менять, составляет 200 килограммов в сутки. Тепловая электростанция равной мощности поглощала бы ежедневно 4 000 000 килограммов угля. По весу в двадцать тысяч раз больше!

Итак, «начинка» атомного реактора — циркониево-ниобиевые трубки с двуокисью урана. Но прежде чем трубка превратится в стержень, ей уготованы десятки различных операций и испытаний. Ни в одной сказке самый разборчивый принц не выбирает с такой тщательностью невесту, с какой здесь на заводе выбирают трубки. Они не должны иметь ни малейшей царапины, изгиба, трещинки. Обладают строго постоянным внешним и внутренним диаметром. Ни цеха (а мы побывали в нескольких), где бы они не проходили многократного, всестороннего и тщательного контроля.

Характерен такой случай. За одним из столов в белом снежном халате, перчатках, с белой маской, прикрывающей нос и рот, сидел рабочий. Перед ним несколько трубок. Слушая объяснения сопровождающего нас начальника цеха, машинально взял со стола одну из трубок. Когда мы уходили от стола, я положил ее обратно.

— Нет, нет, — вежливо, даже извиняющимся тоном сказал начальник цеха, — сюда нельзя. Эта трубка снова должна пройти все операции контроля и очистки.

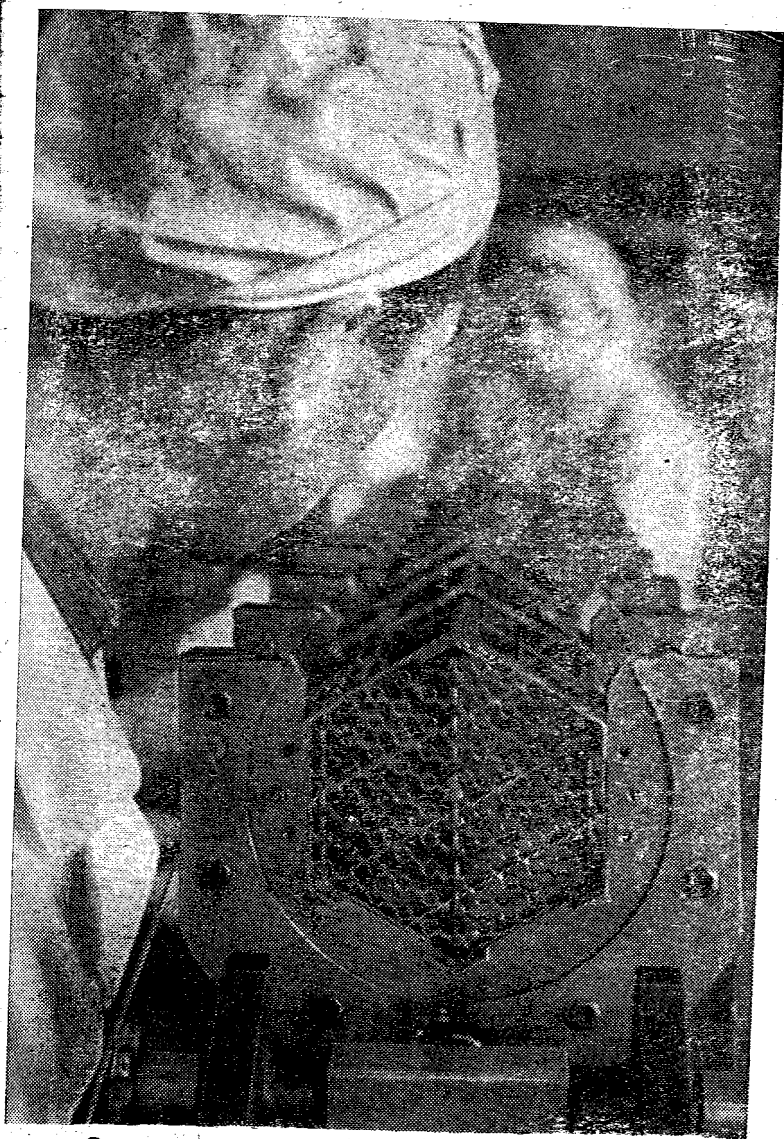
реакто-
утири?

т «го-
— сое-
л. Де-
енная
ссету.
и друг
едотв-
т теп-
ароген-
в пар,
акторе
подъе-
ющим
вания.
будет
струк-
остав-
анция
кило-
е!

о-нио-
рубка
ичных
азбор-
весту,
ажны
аадать
и. Нет
прохо-
конт-

бело-
ющей
убок.
щека,
и от-

ска-
дол-



С торца кассета стержней для Нововоронежской атомной электростанции похожа на пчелиные соты.



Тщательный контроль — закон производства на этом необычном предприятии.

Завод ядерного горючего — своеобразная испытательная станция для совершеннейшего оборудования, которое работает в его цехах. Одна из девушек, занятая, как и многие ее подруги по цеху, контролем трубок, уже заполненных черными высотой со спичку столбиками двуокиси урана, сказала:

— Не фотографируйте. Это старый аппарат, неудобно... На заводской марке аппарата стояла дата выпуска: 1959 год.

К началу 1962 года аппарат считался уже устаревшим. Лучшее из лучшего, что создается в наших научно-исследовательских институтах, лабораториях, конструкторских бюро, — первые экземпляры уникальных станков и приборов получают путевку на завод ядерного горючего. Вот один из них — электронно-сварочный автомат.

Видели вы, как, вооружившись увеличительными стеклами, выжигают мальчишки на садовых скамейках свои инициалы? Конечно, видели. А теперь замените солнечные лучи потоком быстрых электронов, увеличительное стекло — тонко настроенной фокусирующей системой, садовую скамейку — циркониево-ниобиевой трубкой.

Сварщик Николай Рогачев подводит нас к глазу уникальной советской машины. Он нажимает кнопку, и в тот же миг катод электронной пушки, напряжение на котором достигает десятков тысяч (!) вольт, начинает излучать электроны. Трубка служит анодом. Через глазок видно, как на месте будущего шва вспыхивает яркая точка. Если бы Николай не протянул мне темный светофильтр, на нее было бы больно смотреть. Вращаясь, постепенно наливается малиновым жаром торец трубки. Короткий щелчок — все кончено.

Электронная сварка ведется в камере с высоким вакуумом. Давление за стеклышком глазка равно ничтожной величине — пять—десять стотысячных долей миллиметра ртутного столба. Другими словами, это примерно в десять миллионов раз меньше давления окружающего нас воздуха. Поэтому было бы очень неэкономично после сварки каждой трубки открывать камеру, вынимать готовую трубку, вставлять новую заготовку, вновь герметизировать камеру и снова создавать в ней высокий вакуум. Делают иначе: в сварочный аппарат вставляют целую обойму трубок-заготовок.

Как только заканчивается сварка одной трубки, специальная фокусирующая система — «лупа электронов» — нацеливает невидимый электронный луч на другую трубку. Камеру разгерметизируют, когда будут сварены все трубки.

Казалось бы и вакуум, и автоматика, и технология сварки — передовые из передовых. Зачем тут контроль? Оказывается, контроль только здесь по-настоящему и начинается. И контролеры тут такие, которых «проести» невозможно.

Вот, к примеру, только одна контрольная операция. Циркониево-ниобиевую трубку помещают в камеру, в которую под давлением подается инертный и легчайший после водорода газ — гелий. При малейшем изъеме в сварочном шве гелий проникает внутрь трубки. Далее трубку нагревают и помещают в другую, теперь уже вакуумную камеру. Если в трубке находится гелий, высокий вакуум «вытащит» его наружу. А здесь уже за атомами гелия «охотится» неусыпный контролер — масс-спектрограф. Он обязательно засечет даже незначительное количество инертного газа. Отклонение стрелки прибора явится сигналом — брак сварного шва.

Но и на этом не успокаиваются: каждый десятый сварной шов разрезается, и его структура изучается под биноклярной лупой.

Качество продукции — дело чести всех, кто работает на заводе, — от подсобного рабочего до директора. Люди неформально следуют заданной технологии, они глубоко осознавали необходимость такой проверки. Ведь стержни атомных реакторов работают в очень тяжелых условиях. И работают долго. В этом заключается одно из преимуществ атомной энергетики. Надежность и долговечность для нее жизненно необходимы. Брак в тоненькой трубке может свети на нет всю работу, угрожать здоровью, жизни людей. Об этом не просто знают, этим живут на заводе ядерного горючего.

И понятна гордость рабочих и инженеров, когда они показывают свою продукцию. Они сделали все для того, чтобы она была отличной.

— Мы на «Вы» со своей продукцией, — сказал в разговоре с нами директор завода.

Я уже сравнивал предприятия атомной промышленности с другими предприятиями нашего народного хозяйства, когда хотел отметить размах этой новой, совсем молодой отрасли, подчеркнуть ее нынешнюю соразмерность со старыми отраслями, имеющими большие традиции и многолетнюю историю. И вот теперь, услышав от директора эти слова, я снова не могу удержаться от сравнения. Вот если бы, например, наши строители, мебельщики, швейники, обувщики, рабочие других профессий, которые призваны создавать и украшать то, что зовем мы неудачным, безликим словом «быт», а говоря проще, отдавать свою продукцию не полям, заводам, кораблям и электростанциям, а самим людям, работающим на этих полях, заводах, электростанциях, вот если бы они так же нетерпимо относились ко всякой халтуре и браку в своей работе! Если бы с такой же любовью думали они вот об этих людях — творцах «атомного огня», — с какой люди эти думают о будущих гигантах-реакторах!

Быть на «Вы» со своей продукцией — хорошее, правильное дело.

* * *

Если стержни Нововоронежской атомной электростанции мы сравнивали с обычным школьным карандашом,

вар-
ино-

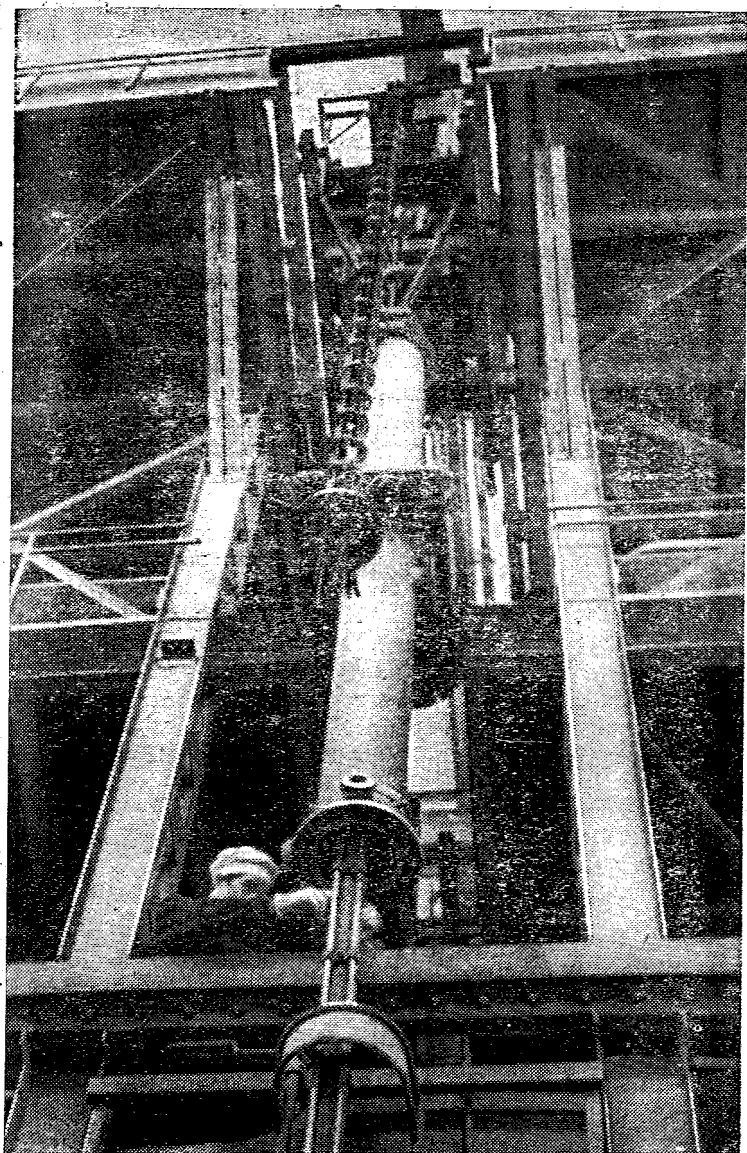
т на
не
осо-
том-
рабо-
еств
нее
све-
дей.
ного

они
того,

зго-

ости
ства,
одой
ста-
ного-
эти
Вот
ики,
ваны
зли-
про-
иям,
х и
тно-
и бы
вор-
уду-
пра-

стан-
и, то



Оборудование «переросло» цех — рабочие трудятся на разных этажах.

стержни для Белоярской АЭС имени И. В. Курчатова — это уже указка учителя географии. Но дело не только в величине. Их конструкции также имеют принципиальные отличия.

Упрощенно уральские стержни — это две трубки, вставленные одна в другую. Теплоноситель — вода первого контура под давлением 155 атмосфер — проходит по внутренней трубке и в реакторе превращается в пар, который в теплообменнике нагревает воду, идущую по трубам второго контура к турбине мощностью 100 тысяч киловатт. Проходящая через реактор и ставшая радиоактивной вода никуда дальше теплообменника не идет и, циркулируя все время по трубам первого контура, не соприкасается с водой второго контура. Поэтому люди, работающие с оборудованием, расположенным за теплообменником, не нуждаются в защите от радиации. Итак, теплоноситель идет в стержнях по внутренней трубке. Со всех сторон ее окружает магний, в котором в определенной последовательности распределен уран, т. е. эти металлы находятся в зазоре между внешней и внутренней трубками. Тринадцатиметровые трубки стержней изготавливают из стали. Сама трубка, следовательно, дешевле, чем у воронежцев, но наполнитель у уральцев — магний и уран — дороже, нежели двуокись урана.

— Различные конструкции стержней, — рассказывает директор завода, — плод долгих поисков коллективов наших физиков. Конечно, каждый из них считает, что их вариант более удачен. А мы считаем так: спор решит работа стержней...

Новая конструкция — новые трудности. Тринадцатиметровая трубка должна быть так же «непогрешима» в смысле отсутствия царапин и вмятин, как и ее воронежская «сестра». Ясно, что выполнить строжайшие требования, предъявляемые к качеству, здесь труднее.

Магний, как известно, на воздухе быстро окисляется. Поэтому заливать металл в стержни нужно в вакууме. Заливать очень умело, без единой даже самой крохотной раковинки, с идеальным сцеплением с ураном. И контролировать такую громадину посложнее. Отделение Геннадия Маркова, которое борется за звание бригады коммунистического труда, проверяет, например, качество сцепления магния с ураном. Контролер, чтобы провести свои наблюдения, садится в... лифт. Медленный подъем вдоль трубы, медленный спуск...

— Для новых станций начнем работать, — шутят ребята в цехе, — наверное, на воздушном шаре летать придется.

Из шести стержней собирают обойму — единый компактный канал. В один реактор Белоярской АЭС загружают 1000 каналов. После этого крышку его можно будет не поднимать больше двух лет! Снова какое-то смещение понятий, теперь уже не геометрических, а временных.

* * *

У людей, не связанных в своей повседневной работе с радиоактивными веществами, существуют две противоположные и одинаково ошибочные точки зрения на радиацию. Сторонники одной точки зрения, назовем их условно «оптимистами», считают, что «все это ерунда», пустые страхи, перестраховка, требующая излишних затрат времени и средств. В пору «детства» атома влияние радиации на человеческий организм было исследовано очень мало, и некоторые ученые того времени жестоко поплатились за пренебрежение к радиоактивным веществам. Пальцы Марии Склодовской-Кюри были покрыты незаживающими язвами — следами работы с солями радия. Анри Беккерель, которому как раз и принадлежит честь открытия радиоактивности, отправился в Лондон читать лекции о своем открытии, положив в жилетный карман ампулку с радием. Он получил сильный ожог груди. Ученый Рейс забыл в кармане препарат радия и поплатился за это жизнью. И тем не менее, «оптимисты» встречаются и сейчас. Вряд ли надо говорить, что подобный «оптимизм», с одной стороны, может принести неприятности самим «оптимистам», а с другой, — нанести ущерб, дискредитируя большое и важное дело.

Просчеты «оптимистов» моментально берут на вооружение «пессимисты». Создавая из любой радиоактивной мухи радиоактивного слона, они являются носителями бесконечного количества... нет, не сведений, а слухов об опасности радиоактивного облучения, подстерегающего нашего современника на каждом шагу.

Один из крупных деятелей нашего государства, непосредственно руководивший ответственными направлениями развития атомной промышленности, хорошо сказал на этот счет:

— Конечно, работа с радиоактивными веществами опасна. Но разве работа с электрическим током высокого напряжения не опасна? Тоже опасна! Но значит ли это, что мы должны работать лишь с напряжением в несколько десятков вольт? Наоборот, ученые и инженеры стараются повысить напряжение сколь возможно больше, потому что это экономически выгодно при передаче электроэнергии на большие расстояния. Значит, дело не в опасности, а в ясном понимании протекающих процессов, в умении надлежащими средствами локализовать вредные последствия радиоактивного облучения...

Он горячо поддержал идею опубликования репортажей из страны урана, считая, что правдивый рассказ о том, как живут и работают «люди атома», нанесет удар по различным сплетням и кривотолкам, окружающим этих людей.

И вот, когда я подумал, что, наверное, не стоит писать о радиационной защите на заводе, просто потому, что есть тут вещи более интересные, я вспомнил этот разговор в большом светлом кабинете. Вспомнил и подумал: попадет книжка в лапы какого-нибудь матерого обывателя... Он почитает, улыбнется и скажет: «Та-а-а! Трубочки, стерженьки, цирконий, ниобий, гелий, а об охране здоровья, значит, ни гу-гу? Понятно, не маленькие...» А где-нибудь в очереди подытожит: «Болеют люди-то на урановых заводах. Да-а-а вот-те и цирконий!»

Я изображал такого обывателя, а мои слушатели — аппаратчик Борис Иванович Сафонов (опытнейший производитель, спортсмен первого разряда, — в городе три ста диона), наладчик Валерий Иванович Гуляев (работает 1955 года, студент-заочник, второй разряд по лыжам, дочка пяти месяцев), аппаратчица комсомолка Фаина Пахомова (отец и два брата работают на заводе, студентка-заочница активная общественница), сварщик комсомолец Юрий Сивнев (активист цеховой дружины по охране общественного порядка, из тех, о которых говорят: «косая сажень в плечах») — от души смеялись.

Естественно, что работа с ураном предъявляет серьезные требования к заводской технике безопасности. Рабочие носят специальную одежду, после смены — обязательный душ, каждые три месяца непременно проходят медицинский осмотр.

Государственной санитарной инспекцией СССР и Государственным комитетом по использованию атомной энергии

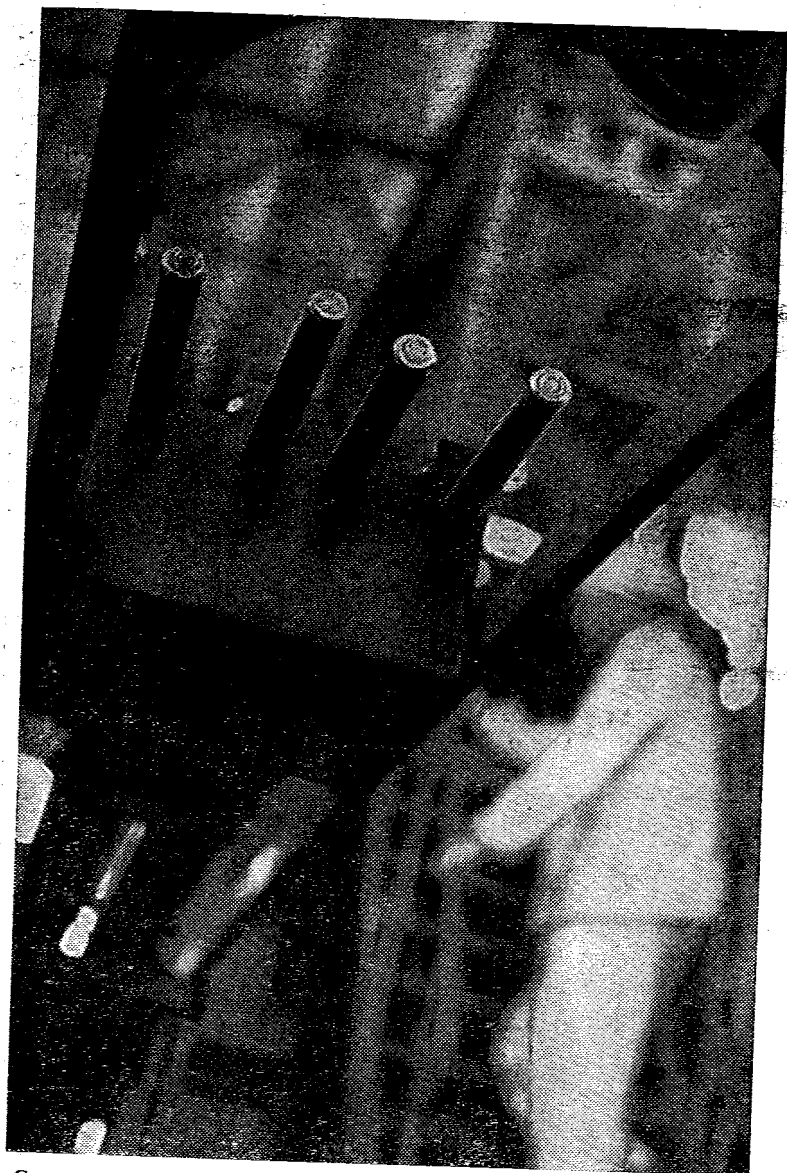
опас-
го на-
о, что
ко де-
ся по-
что
ии на
ясном
щими
актив-

гажей
том,
о раз-
юдей.
исать
о есть
ор в
падет
и по-
жень-
тачит,
ереди
а-а-а,

— ап-
звод-
ста-
ет с
дочка
омава
ница,
и Си-
дного
плас-

рьез-
Рабо-
тель-
меди-

Госу-
ргии



Стальные «мускулы» крана подняли и понесли обойму урановых стержней.

СССР утверждены и широко опубликованы предельно допустимые концентрации радиоактивных веществ в воде открытых водоемов и источников водоснабжения, в воздухе населенных пунктов и рабочих помещений. Для рабочих помещений, например, предельно допустимое содержание естественного урана не должно превышать двух сотых миллиграмма на кубический метр. Две сотых миллиграмма — это вес пылинки.

На заводе ядерного горючего концентрации радиоактивных веществ на самом деле в несколько раз ниже этих предельно допустимых норм.

В одном из цехов рабочие после окончания смены и горячего душа проходят через небольшую комнатку, в которой стоит серый ящик с рычажками и кнопками. От него к маленькой коробочке тянется провод. Рабочий кладет руку на коробочку, а среди рычажков и кнопок вспыхивает сигнал. Самый короткий и полный ответ на все вопросы о радиации. Всегда один и тот же ответ. На зеленом фоне вспыхивают белые буквы: «чисто».

* * *

Мы были свидетелями последних контрольных — самых суровых — испытаний атомных стержней. При температуре несколько сот градусов и давлении 100 атмосфер их выдерживают пять суток. Наблюдали, как красят трубки красивым синим лаком, чтобы яснее была видна малейшая царапина, которая может появиться при сборке трубок в каскеты. Видели, как сваривают в среде аргона циркониевые решетки, в ячейки которых вкладываются стержни-«карандаши», как образуется эта кассета, похожая с торца на печелиные соты. Видели, как внимательно, словно перед глазами драгоценнейший камень или редчайшее насекомое, просматривают все 46 сварных шва огромного канала для реактора Белоярской АЭС.

Переходя из цеха в цех, мы увидели весь процесс рождения атомного огня.

На глазах у нас ставили пломбы на контейнер, в котором доставят урановое горючее на Нововоронежскую атомную электростанцию. Мы видели, как мостовой кран поднимал огромные пеналы-контейнеры, в которых спеленатые и упакованные лежали уральские твэлы. То, что мы легкомысленно называли стержнем, каналом, «карандашом» и «указкой», имеет строгое и красивое название: твэл (тепло-

но до-
де от-
воздух
абочия
жание
мил-
ма —
иоак-
этих
и го-
кото-
него
руку
сиг-
о ра-
спы-

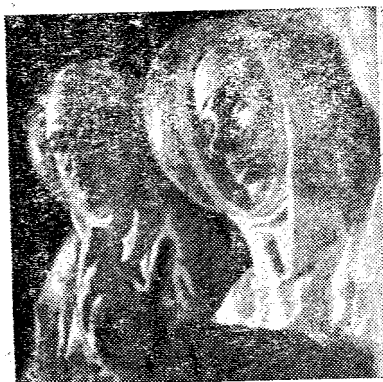
...деляющий элемент). Контейнеры так велики, что для перевозки вагоностроители создали специальные железнодорожные вагоны. Ведь им предстоит далекое путешествие на Урал.

На наших глазах мирный атом засучивал рукава. Впереди у него много дел. Он занимает свое место в рядах строителей коммунизма. И самое прямое отношение к нему имеют слова, прозвучавшие на всю нашу страну с трибуны XXII съезда КПСС: «За работу, товарищи!»

■

амых
атуре
идер-
кра-
я ца-
в кас-
евые
аран-
пче-
лаза-
про-
реак-
рожд-
кото-
атом-
под-
чатые
егко-
м» и
епо-

«ДЕМОБИЛИЗОВАННАЯ» БОМБА



Тревога! О невидимой, неслышной, всепроникающей опасности истошно кричат пронзительные звонки. Красные шары сигнальных ламп конвульсивно мигают, и в эти мгновения по лицам людей, по белым халатам пробегает легкий, цвета утренней зари, отсвет... Тревога!

— Спасибо, Юрий Александрович, выключайте... — кричит Дмитрий Самойлович Пинхасик. И обернувшись к нам, добавляет: «Ну, вот вы и увидели, что будет, если нарушится фон радиации».

Звонки и лампы установлены в коридорах, в лабораториях, на стендах и в большом зале, где и находится то самое, что может заставить их бить тревогу: реактор на быстрых нейтронах. Замечательный советский аппарат родился летом 1958 года в Обнинске — тогда небольшом городке окруженном калужскими лесами. На его замечательных улицах и площадях и сегодня поднимаются красавицы сосны, протянув к окнам светлых многоэтажных домов зеленые лапы ветвей. В этом городке, похожем на новенький

макет из архитектурной мастерской, проектирующей ансамбли будущего, с 1954 года побывали гости из 70 стран мира: Обнинск стал настоящей Меккой физиков-атомников. Здесь действительно можно увидеть одно из чудес мира; затмевающее легендарный «черный камень» Каабы, — первую атомную электростанцию нашей планеты. Рядом с ее корпусом, известным теперь каждому по фотографиям и кино, стоит другое такое же скромное и такое же удивительное здание. В нем живет БР-5 — быстрый реактор, или реактор на быстрых нейтронах.

Что же это такое?

В предыдущей главе мы рассказали о заводе ядерного горючего. На нем создается топливо для реакторов атомных электростанций. И хотя реакторы эти разные и различны конструкции тепловыделяющих элементов, но принцип их работы одинаков. Реакторы и первой атомной электростанции в Обнинске, и АЭС в Сибири, и Белоярской и Нововоронежской АЭС относятся к одному и тому же типу: они работают на тепловых нейтронах. Чтобы в недрах этих реакторов родилась цепная реакция деления, масса заключенного в них урана должна быть равна определенной величине, так называемой критической массе. Тепловые нейтроны захватываются ядрами урана и вызывают их деление. В результате этого выделяется тепло и испускаются быстрые нейтроны. Последние замедляются до тепловых энергий в так называемом замедлителе, затем попадают в урановый стержень и т. д. Величина критической массы зависит в свою очередь от энергии нейтронов, вызывающих деление ядер. Эта энергия и регулируется замедлителями — водой, графитом, бериллием.

У быстрого реактора замедлителя нейтронов нет, как нет его в атомной бомбе. В качестве ядерного топлива в нем может применяться плутоний или высокообогащенный уран, опять-таки как в плутониевой бомбе. Энергия нейтронов в быстром реакторе в миллионы раз выше, чем в тепловом. Казалось бы, ничего хорошего от такого реактора (как и от бомбы!) ждать нечего: вместо управляемого процесса, как в тепловом реакторе первой АЭС, мы рискуем получить на этой установке — страшно подумать! — ядерный взрыв.

Но вот уже несколько лет быстрый реактор работает, а взрыва нет. И какая бы сверхнепредвиденная авария ни произошла, его все-таки не будет: сама природа процесса иная, он не может привести к взрыву. Возможно другое:

перегрев, и тогда взрыв уже не ядерный, а тепловой. И «возможное невозможно»: сработают четыре независим друг от друга системы остановки реактора.

Итак, быстрый реактор работает. Более того, оказалось что он имеет перед всеми другими типами ядерных установок очень существенные преимущества.

Подсчитано, что атомные электростанции с тепловыми реакторами, располагая всеми разведанными на сегодня запасами делящихся веществ, смогут дать человечеству лишь 10 процентов общего количества энергии. Из каждого десяти киловатт девять будут обязаны своим рождением углю, нефти, торфу, ветру, рекам... Конечно, и 10 процентов это очень и очень немало. Но... с этой цифрой ученые примириться не могли. А природа упорствовала. Она оказалась очень «скупой», когда речь зашла об уране. Вернее об уране вообще, а об уране-235. Природный уран, о котором мы рассказывали, — это смесь урана разных сортов или, скажем строже и грамотнее, изотопов. Все различие между ними в количестве нейтронов в ядре атома. Чаще всего встречаются в природном уране тяжелый уран-238 и более легкий уран-235. Уран-235 наиболее ценный изотоп. Именно в нем рождается цепная реакция деления. И именно здесь природа оказалась «скупой»: на каждый килограмм природного урана она «отпустила» только семь грамм урана-235. А уран-238 — это «зола» атомной печки.

Законы природы — суровые законы. «Обойти» нельзя. Неужели нельзя создать такой реактор, в котором «сгорало» бы все ядерное горючее? Оказалось, можно. И является реактор на быстрых нейтронах, быстрый реактор на плутонии — «высококалорийном» ядерном горючем. Любопытна судьба этого элемента. Он был искусственно получен в 1940 году американскими учеными из атомов урана. Лишь несколько лет спустя этот «инкубаторный» элемент был обнаружен в природе. Но никто тогда не пытался добыть плутоний из руд. Это просто невыполнимая задача. Мы уже упоминали о богатых урановых рудах в Конго. Даже в этих отличных африканских рудах один грамм плутония приходится на четыре миллиона тонн урана. И несмотря на это, люди научились получать плутоний. И не граммами, а килограммами и десятками килограммов. Как? Сейчас все узнаете. Итак, в твэлах быстрых реакторов — плутоний. Управляют ходом реакции и келевые отражатели нейтронов. Если их убрать, нейтро-

вой. Не разбегутся» из активной зоны реактора, цепь реакции деления разомкнется, реактор остановится. Подъемом и опусканием отражателей ведают автоматы.

— Ну, а если они испортятся? — спрашиваем мы Дмитрия Самойловича Пинхасика.

— Их работа дублируется, — отвечает инженер.

— А если не сдублируется? Например, внезапно прекратится подача электроэнергии к механизмам перемещения отражателей. Реактор срочно надо остановить, а тока нет. Что тогда? — не унимаемся мы.

— Тогда аппаратура получит питание от специальных аккумуляторных батарей.

— А если откажут батареи?

Есть такой английский анекдот. Экзаменуют стрелочника. Спрашивают: «Что ты будешь делать, если увидишь, что поезд приближается к месту, где разобран путь?»

— Буду махать красным флажком, — отвечает стрелочник.

— А если нет флажка?

— Тогда платком.

— А если дело происходит ночью?

— Зажгу фонарь.

— А если спички забыл в будке?

— Сбегаю за спичками.

— А если их нет в будке?

— Позову сестру.

— Зачем?

— Скажу: «Погляди, сестренка, какое сейчас будет разрушение».

Вот и нам казалось, что сейчас Пинхасик начнет «звать сестренку». Но не тут-то было! С таким же невозмутимым видом он ответил:

— Если откажут батареи, отражатели упадут вниз сами под действием собственного веса. Закон всемирного тяготения действует в любую погоду, днем и ночью, независимо от того, испортилась линия, подводящая электроэнергию, или она исправна.

Нам ничего не оставалось, как сдаться «на милость победителя».

Но отсутствие замедлителей — это еще не самое главное преимущество реакторов на быстрых нейтронах. У них есть более важное свойство, которое заставляет специалистов всего мира предсказывать им большое будущее.

Еще в 1949 году советский ученый А. И. Лейпунский показал в своих работах, что реактор на быстрых нейтронах может использовать весь имеющийся в распоряжении атомных электростанций уран. Это заставило по-новому взглянуть на перспективы развития ядерной энергетики. Энергетические запасы, снижение затрат на добычу и нового горючего и его обогащение — все претерпевало резкий количественный скачок. Одновременно было показано, что работа быстрого реактора сулит огромные качественные выгоды.

Представьте себе: топится обычная русская печь. Представьте хорошие березовые дрова. Вокруг печи предусмотрительный хозяин сложил мокрые, трухлявые осиновые дрова — пусть-де пообсохнут, чтобы лучше горели. И вот проходит некоторое время и трухлявая осина превращается в отличную березу, причем хороших дров получается больше, чем сожгли в печи. Справедливым становится удивительное уравнение: один кубометр березы в печи плюс полтора кубометра осины вокруг печи дают тепло плюс полтора кубометра березы. Чудо!

Если это и возможно, скажет читатель, то только с помощью сказочной печки-самоходки, на которой ездил по рекомендациям влиятельной Шуки хитрый Иванушка, прикидывавшийся дурачком.

Но оставим фольклор в стороне. Расчеты физиков показали, что плутоний в быстром реакторе может отдавать часть образовавшихся нейтронов урану-238, превращая его в новый изотоп — уран-239. Далее уран-239 распадается, образуя новый элемент — нептуний. И, наконец, происходит последнее, самое важное превращение: нептуния в плутоний. Так «зола» атомного реактора — уран-238 — превращается в «высококалорийное» топливо — плутоний. Одновременно идут два процесса: воспроизводство ядерного топлива и его выгорание. Отношение числа атомов вновь образованного ядерного топлива к числу атомов израсходованного физики называют коэффициентом воспроизводства. В уран-графитовых реакторах этот коэффициент равен 0,9. В быстрых реакторах он может достигать величин 1,3—1,7.

В первый момент может показаться, что нарушаются незыблемые законы природы, что «изобретен» вечный двигатель. Спешим вас успокоить: все абсолютно «по науке». Из ничего ничего не рождается. На 82-й странице кратко

энциклопедии «Атомная энергия» вы можете найти уравнение, знаки равенства которого убеждают, что воспроизводство ядерного горючего не досужий вымысел. Да что там энциклопедия! Вот он, реактор на быстрых нейтронах, уже годами подтверждающий своей работой все сказанное.

* * *

Водя красивой пластмассовой указкой по листам ватмана, начальник установки инженер Дмитрий Самойлович Пинхасик и научный руководитель профессор Олег Дмитриевич Казачковский объясняют нам схему работы реактора. Плутоний, вернее, окись плутония заключена в стальные трубки. Трубки собираются в пакеты. Восемьдесят пакетов образуют активную зону реактора — атомную топку будущей электростанции. Совсем маленькая эта топка: цилиндр диаметром и высотой 28 сантиметров. И такая «малютка» позволяет развить тепловую мощность 5000 киловатт! «Подсчитано, — говорит Олег Дмитриевич, — что мощность в миллион киловатт можно снять с активной зоны реактора объемом в кубометр».

Конечно, это очень здорово: такие мощности в таких объемах. Воображение уже рисует компактные реакторы на быстрых нейтронах на самолетах, автомобилях, переносные электростанции в чемодане. Но оптимистическое настроение улетучивается, когда задумываешься над вопросом: а как же из такого маленького объема отвести такое количество энергии? Отвести же надо обязательно, иначе ядерный жар уничтожит, расплавит атомную топку, реактор «покончит жизнь самоубийством». В тепловых реакторах эту работу выполняет вода. В быстром реакторе ее применить нельзя: вода — замедлитель нейтронов, она «искалечит» весь процесс. В роли теплоносителя был бы хорош газ. Но тепла так много, что газ не может обеспечить требуемого теплосъема.

Ученые и инженеры нашли выход: между трубками с плутонием течет расплавленный натрий. Этот удивительно активный металл, который хранят под слоем керосина (он быстро окисляется на воздухе), обладает очень подходящими для роли теплоносителя свойствами. Когда по трубам течет натрий, можно не бояться, что они будут быстро ржаветь. Низкая температура плавления (98 градусов) исключает необходимость подогрева коммуникаций, высокая теплоемкость позволяет натрию «унести» из реактора боль-

ибе количество тепла. Когда насосы прогоняют его со скоростью пять метров в секунду через рабочую зону реактора, температура натрия повышается до 500 градусов. Случись это на воздухе, он моментально вспыхнул бы. Но воздуха в трубопроводах нет. Роль бдительного «пожарника» выполняет инертный газ аргон. Однако даже ничтожное количество воздуха в этой системе грозит большими неприятностями, так как приведет к образованию окислов. Режим теплоотвода нарушится, реактор начнет «перегреваться». Поэтому на магистралях натрия предусмотрены специальные ловушки для улавливания окислов. Прибавьте ко всему этому то, что, проходя через активную зону реактора, натрий становится радиоактивным. Значит все его магистрали, теплообменники, ловушки окислов, насосы для человека под запретом. Как и в тепловых реакторах, где в качестве теплоносителя применяется вода, на БР-5 есть первый — радиоактивный и второй — нерадиоактивный, безопасный для людей контур. Натрий первого контура передает тепло сплаву натрия с калием, сплав — воде. Вода, превращенная в пар, может работать в турбине.

На установке турбины нет: это исследовательский инженерный реактор. Здесь изучают различные активные и конструкционные материалы. Его продукция — не киловатты, а научные отчеты физиков. В одной из таких работ сказано: «Возможность создания экономически выгодных атомных электростанций с быстрыми реакторами успешно подтверждается опытом эксплуатации реактора БР-5». С этим выводом согласен выдающийся советский специалист в области атомной энергии директор Института атомной энергии имени И. В. Курчатова академик Анатолий Петрович Александров, который пишет: «Реакторы с сильно расширенным воспроизводством ядерного горючего предназначаются для создания энергетики широчайшего масштаба. К концу нашего столетия существенная часть мировой энергетики должна быть связана с ядерными электростанциями на быстрых нейтронах».

Это уже не пожелание, не научный прогноз, а программа работы. Быстрые реакторы выходят из лабораторий в мир, где с помощью их предстоит решать конкретные вопросы нашего коммунистического строительства.

В ноябре 1962 года с трибуны Пленума ЦК КПСС президент Академии наук СССР академик Мстислав Всеволодович Келдыш сказал:

«Важнейшее значение имеет исследование и создание энергетических ядерных реакторов и, в частности, реакторов на быстрых нейтронах. По мнению наших физиков, решение этой задачи обеспечит широкое применение ядерной энергии, необходимость использования которой уже сейчас очевидна для ряда отдаленных районов нашей страны».

Я читал в «Правде» речь М. В. Келдыша и думал: вот построены у нас гидроэлектростанции циклопической мощности. Но никогда не померкнет в свете их огней слава Волховской ГЭС имени В. И. Ленина — прообраза гигантов Волги и Ангары. Пройдут годы, мы построим мощные атомные электростанции с быстрыми реакторами, но где бы ни выросли их корпуса, — они родились на БР-5, под соснами Обнинска...

* * *

Вся активная зона реактора величиной с уличный почтовый ящик. Но было бы наивным думать, что атомная установка в 5000 киловатт — это нечто миниатюрное.

Быстрый реактор имеет размеры: бетонный цилиндр высотой четыре и диаметром четыре с половиной метра. Чугунная и бетонная щита погребли в своих недрах плутониевые стержни. Размеры этого бастиона, воздвигнутого на пути жестких излучений, объясняет один ответ профессора Казачковского.

— Скажите, Олег Дмитриевич, — спросил я, — если бы реактор работал, а защита была бы снята, как долго мог бы находиться в зале человек без опасности для жизни?

Профессор поднял брови: с точки зрения здравого смысла физика-атомника вопрос был диким.

— Это можно подсчитать... Та-ак, та-ак... Через каждый квадратный сантиметр в секунду проходит 10^{15} нейтронов. Значит, — он на секунду задумался, — в нашем распоряжении менее одной тысячной доли секунды!

— Да-а-а... Значит убежать не успеешь, — разочарованно подытожил я.

— Я не знаю, как вы бегаєте, — с улыбкой отпарировал Казачковский...

За все время работы реактора не было ни одного случая переоблучения персонала, несмотря на то, что отдельные ремонтные работы приходилось вести в активной зоне

и среди магистралей радиоактивного натрия. Специальные защитные костюмы — вы видите их на обложке — предохраняют легкие и кожу человека от радиоактивных газов и пыли.

Эта «атомная одежда», называемая пневмокостюмом, полностью изолирует человека от окружающего воздуха. Чистый воздух подается в костюм через специальный шланг, из-за которого человек в таком облачении становится похожим на водолаза. Впрочем у этого «сухопутного водолаза» есть что-то общее и с космонавтом, наверное благодаря прозрачному плексигласовому шлему. Любопытно, что пневмокостюмы, изготовленные из поливинилхлорида не шьют а... сваривают! Специальные аппараты высокочастотной сварки выполняют роль швейных машин. Сварка — надежная гарантия того, что пневмокостюм будет полностью герметичен.

Однако есть такие места на БР-5, куда не войдешь и в пневмокостюме. Когда реактор перезаряжают или с какой-либо другой целью снимают в отдельных местах биологическую защиту, тут уж никакой пневмокостюм не сможет предохранить человека. Здесь царит всепроникающий поток нейтронов и гамма-лучей. В этом случае на выручку приходят механизмы дистанционного действия. Пульт управления ими расположен наверху главного реакторного зала и защищен толстой бетонной стеной. Такой толщины мог бы позавидовать в годы войны любой дот. Наблюдение за работой дистанционно управляемых механизмов ведется через иллюминатор. Свинцовое стекло окрашивает мир в желтоватый цвет, но видимость отличная. Отказываешься верить, что толщина стекла в этом окошке 70 сантиметров!

— Да такое стеклышко и пуля не возьмет! — поразились мы.

— Что там пуля, нейтроны не берут!

И верно, устарело уже это определение мощи, прочности: «пуля не берет». Атомный век дает новые сравнения. И действительно, то, что является преградой для пули, может быть с легкостью пробито быстрым нейтроном. Нейтрон опаснее пули...

Суровые законы дозиметристов, ответственных за безопасность людей в здании, где работает БР-5, распространяются не только на реакторный зал и помещения, в которых находятся магистрали, насосы, ловушки окислов и др.

альные
редо-
газов

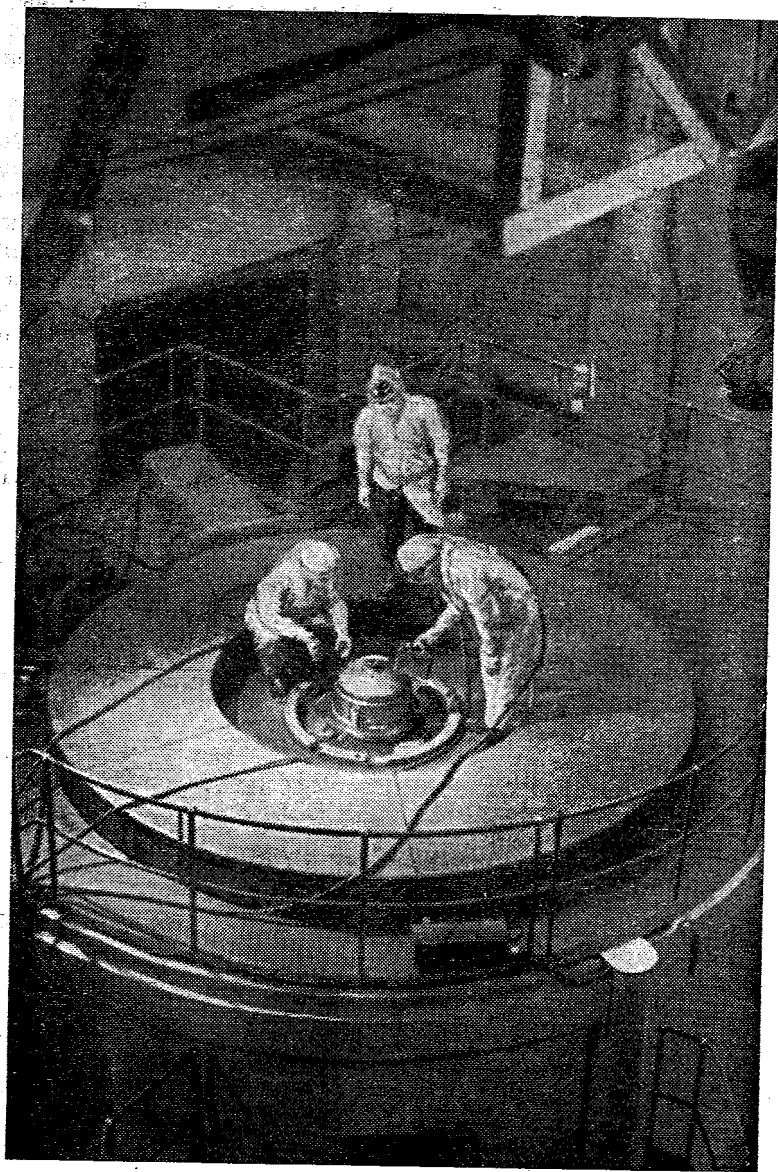
мом,
духа.
ланг,
я по-
дола-
даря
пнев-
пьют,
отной
деж-
гер-

шь и
с ка-
био-
смо-
ощий
учку
уп-
ного
олще
юде-
в ве-
ивает
азы-
сан-

рази-

про-
авне-
для
итро-

без-
тра-
ото-
ру-



Под толщей бетона реактор на быстрых нейтронах БР-5.

гое оборудование радиоактивного натрия первого контура. Без белого халата, шапочки и специальной обуви вас не выпустят даже в коридор. Но если вас и впустили, то... могут не выпустить. Все сотрудники, работающие на установке (не считая экспериментаторов, ее обслуживает всего семь человек), выходят по окончании рабочего дня через одну дверь. Ее охраняют неусыпные стражи — радиационные счетчики. Если на вас есть малейший след радиации, вспыхивает лампа счетчика. Взгляните на табло и вы увидите, где он, этот след: на ноге, руке, груди, на плече. Счетчик не просто регистрирует, он показывает. И вот тут простите, вас не выпустят. Вас будут скрести и мыть в душевой, пропускать одежду через специальные камеры до тех пор, пока счетчик не «смиловится».

Очень многие детали, бросающиеся в глаза даже при беглом осмотре БР-5, показывают, с какой последовательной настойчивостью ищут здесь все новые и новые пути обеспечения полной безопасности обслуживающего персонала. Возьмем, например, пол в зале, где установлен реактор. Он специально покрыт светлым пластиком, который можно мыть и протравливать самыми «злыми» кислотами, доводя его до хирургической чистоты. Кстати, он действительно напоминает своей чистотой пол операционной. Малейшее увеличение фона активности приводит в действие всю разветвленную систему звуковой и световой сигнализации. Помните начало этой главы? Старший инженер-дозиметрист Юрий Александрович Уралец по нашей просьбе включил ее, чтобы показать, «что будет, если...». Но «если» не бывает. На все вопросы о радиационной опасности дозиметристы ответили сразу:

— У нас на БР-5 стократный запас безопасности.

* * *

В одной из научных статей Лейпунского, Казачковского и Пинхасика, обобщающих опыт работы на БР-5, есть такие слова: «Установка оказалась весьма спокойной...»

Так пишут о живом существе. За многие годы работы люди, создавшие этот замечательный реактор, полюбили его «по-человечески». Так писатели любят выстрадавшие строки книг, художники — редкие, им одним известные мазки на холсте. Быстрый реактор Обнинска родился не на пустом месте. До него в нашей стране работали экспериментальные, скорее, лабораторные реакторы на быстрых нейтронах.

Первый из них был пущен в 1955 году. За три последующих года были пущены еще два подобных реактора, в том числе и БР-5 — самый крупный. Подобные работы велись и ведутся за рубежом, наиболее интенсивно в США и Англии. И все-таки, когда речь зашла о реакторе, мощность которого равна 5000 киловатт, возникли десятки, сотни вопросов.

— Сейчас нам это кажется уже далекой историей, — вспоминает Олег Дмитриевич Казачковский, — а я помню, какие жаркие споры шли у нас по такому немаловажному вопросу: сколько надо закладывать в реактор плутония, какова критическая масса в условиях БР-5? Расчеты — расчетами, но ведь такого эксперимента еще никто не проводил. Правильность расчетов должен был доказать опыт... Кроме того, а вдруг ошибка? Достаточно превысить критическую массу на доли процента, и возникнет неконтролируемый разгон всей системы, вспышка радиации. Сборка любого реактора производится с большими предосторожностями, при тщательном, непрерывном контроле состояния системы. А тут быстрый реактор, да еще на плутонии! И вот представьте себе такую картину: в активную зону добавляются все новые и новые стержни. У пульта управления люди склонились над приборами. Нервное напряжение все увеличивается: стрелки на приборах дрожат, ползут по шкалам... Все чаще и настойчивее стучит «щелкун». Звук, как у метронома перед поверкой времени по радио. «Щелкун» предупреждает: приближаемся к критической массе. Последние десять минут перед пуском были как вечность. И вдруг веселые возгласы, поздравления. Особенно все поздравляют физика Льва Николаевича Усачева. Оказывается, перед пуском после долгих споров о точном значении критической массы наша молодежь (а молодежь — это почти все участвовавшие в пуске) заключила негласное круговое пари. Каждый записал на бумажке свое число критической массы и расписался. И теперь «оптимисты», записавшие слишком мало, проиграли. А победителем пари оказался как раз Усачев...

Ученые создали реактор, реактор растил ученых. Несколько лет назад приехала на работу в Обнинск группа выпускников различных институтов страны. За три года работы на БР-5 они стали настоящими физиками. Не по диплому, а по делам, опыту, знаниям. У бесчисленных knob и тумблеров главного пульта реактора в пестром свете

сигнальных ламп (как потом сами признались, на диво журналистам вкляючили все, что можно) мы познакомились с двумя молодыми физиками, рабочий стаж которых был не намного больше «рабочего стажа» реактора. Начальник смены Рудольф Баклушин недавно окончил Ивановский энергетический институт имени В. И. Ленина, старший инженер Владимир Любарский — выпускник Томского политехнического института. К сожалению, поговорить подробно нам не удалось: ученые правы, установка «весьма спокойная», но, согласитесь сами, главный пульт управления реактором на быстрых нейтронах не совсем подходящее место для того, чтобы брать интервью.

* * *

Запомнился еще такой разговор с профессором Казачковским.

— Понимаете, — говорил Олег Дмитриевич, — есть специалисты, которые до сих пор считают, что тепловой реактор удобнее и надежнее. Мы не спорим. То есть нет, мы, конечно, спорим. Спорим, потому что верим в наш реактор. Теперь, впрочем, даже многие наши научные «противники» признают большую перспективность быстрых реакторов. Но это все научный спор, бои мнений, иногда, к сожалению, авторитетов. С нами можно соглашаться, можно упорствовать. Но нет среди советских ученых ни одного, кто бы не хотел, не мечтал отдать в наше распоряжение весь имеющийся в стране плутоний. Все мы мечтаем о мире, работаем для его победы и торжества. Но, понимаете, разоружение, полное и всеобщее разоружение, за которое борются все честные люди земли, просто необходимо для развития нашей области ядерной техники! «Демобилизовать» атомные и водородные бомбы — значит получить плутоний, получить возможность дать людям энергию, свет, тепло...

Потом, уже в Москве, рассматривая подаренную схему установки, мы задумывались над новым репортажем из страны урана. Схема была сложная, и нам казалось, что самым трудным будет рассказать о том, как работает реактор на быстрых нейтронах. Но слова ученого очень просто объясняли нечто гораздо более важное: для чего он работает.

И вспоминаются другие слова другого большого ученого, коммуниста, верного друга нашей страны. Тридцать лет назад Поль Ланжевен писал: «Исследование в этой об-

ласти едва только начинается, оно таит в себе множество сюрпризов и колоссальные возможности в виде использования огромных ресурсов внутриядерной энергии, высвобождаемой в результате ядерных реакций. Прометей, который научил бы людей, как зажечь этот молниеносный костер ядерных реакций, еще не появился, и это, возможно, к лучшему...

Ланжевен хорошо знал мир, в котором он жил. Война, смерть и горе были для него не абстрактными понятиями. Он знал, чем может грозить человечеству факел войны, подожженный от этого костра. Он не мог знать, что в 1949 году американский физик Гарольд Юри скажет: «Мы можем смести с лица Земли вражеские города и завладеть миром, занять его своими армиями и начать управлять согласно нашим собственным идеям». Конечно, он не знал, что будут говорить заокеанские физики в 1949 году, но, повторяю, он хорошо знал мир, в котором жил, и потому писал: «...и это, возможно, к лучшему».

Раскрепощенная энергия атома задавала ученым не только задачи, решаемые с помощью формул и экспериментов. Уже нельзя работать, чтобы просто знать. Для чего знать? — вот вопрос, который требовал ответа. Очень много лет назад великий французский писатель Франсуа Рабле сказал: «Знание без совести — это крушение души». Эти слова словно напоминание, обращенное к современным физикам, прометеям, научившим людей разжигать молниеносные костры ядерных реакций. И не только в битвах идей загораются они, но и в поединках мировоззрений. Идет бой сил мира с силами войны, бой реактора с бомбой.

ОХОТНИКИ ЗА ЖАР-ПТИЦЕЙ

Широкая, обсаженная деревьями аллея — главная улица, образуемая зданиями Объединенного института ядерных исследований в Дубне, не имеет названия, а на стоящих по обе ее стороны корпусах нет привычных номеров домов. Не нужны номера, а вот название аллеи дать нужно. И хочется назвать ее аллеей Открытий...



Летом 1962 года мы позвонили директору лаборатории ядерных реакций члену-корреспонденту Академии наук СССР Георгию Николаевичу Флëрову: «Хотим написать о работах по синтезу 102-го элемента...»

— А писать еще не о чем, — ответил известный советский физик. — Нет еще 102-го... Звоните месяцев через пять...

Звонили еще несколько раз, и всегда один и тот же ответ: «Рано, только готовимся к наступлению».

И вот, наконец, долгожданное: «Приезжайте!»

...В истории получения заурановых химических элементов нет другой главы, которая бы переписывалась и правилась физиками разных стран так часто, как глава о 102-м. Поправки вносили и аппаратура, и методика экспериментов, и система обработки полученных результатов. В этой главе судьбы изотопов 102-го элемента переплелись с судьбами людей. Но прежде чем рассказать об этом, надо посвятить несколько слов алхимии. Да, да, той самой алхимии, которой занимались ученые и, к сожалению, мошенники в средние века. И те, и другие считали главной своей задачей превращение одного химического элемента в другой, а точнее, получение золота из чего угодно. Алхимики проводили сотни опытов. Казалось, вот-вот в стеклянном шаре реторты блеснут искры драгоценного металла. Ну, конечно, вот они! Рядом, за тонким стеклом! Надо осторожно выпарить раствор и все! Неслыханное богатство затопит грязный, серый подвал лаборатории. Богатство неограниченное, беспрестанно умножаемое. Короли и кардиналы будут просить милостыню у этого порога... Но золотой мираж рассеивался и разочарование было единственным итогом многолетних поисков.

И тем не менее очень долгое время считалось, что неудачи алхимиков случайны и преходящи: превращение одного элемента в другой признавалось вполне реальным делом.

То же признается наукой и сегодня: да, превратить один элемент в другой можно. Как же так? Неужели алхимики были правы и им просто «не везло»? Нет, дело тут не в невезении. Алхимики старались получить один элемент из другого путем различных чисто химических реакций. В этих реакциях участвовали лишь электронные оболочки атомов. Их бесконечное «перекраивание» не могло изменить главнейшие свойства, определяющие природу элемента, потому что носителем этих свойств являются не электронные оболочки, а атомное ядро. Для того чтобы изменить его природу, требовались не реторты, а современные ускорители. То, что было мечтой для алхимиков, стало явью для представителей новой науки, рожденной в нашем веке, — ядерной физики. И «алхимики XX века» действительно умеют превращать ртуть в золото. Пусть это золото было получено в ничтожных количествах, но тут уж, как говорится, дело в принципе!

Но не золото интересует сегодня физиков. Мир транс-

уранидов, мир искусственно синтезируемых, не существующих в природе элементов овладел в наши годы умами ученых...

В предыдущей главе мы упоминали лишь о плутонии, полученном в 1940 году, и нептунии — промежуточном звене ядерного процесса, происходящего в недрах реактора на быстрых нейтронах. «Семья» трансурановых элементов насчитывает сегодня 10 «членов». Продолжительность их жизни, или, как говорят ученые, период полураспада (время, за которое количество вещества уменьшается в два раза), исчисляется тысячами, годами, днями, часами, минутами, секундами... Работа по получению трансурановых элементов — это и конструирование грандизоновых циклотронов, и химический анализ ничтожного количества вещества, и хитроумнейшие схемы его безошибочной фиксации, и выработка новых приемов защиты от радиоактивных излучений. Короче, в этой работе, как в капле воды, отражается все многообразие той страны, по которой мы путешествуем, — страны урана. В этом новом путешествии нам, я думаю, здорово повезло. «Было бы весьма интересно, — писал великий русский ученый Д. И. Менделеев, — присутствовать при установке данных для доказательства превращения элементов друг в друга». Вот нам как раз и пришлось присутствовать при таком доказательстве.

* * *

Владислав Щеголев, студент Ленинградского политехнического института, приехал в Дубну в тот самый вечер, когда в Нью-Йорке над зданием газеты «Нью-Йорк таймс» вспыхнули метровые электрические буквы: «Открыт элемент 102! Он окрещен нобелием!» Владислав об этом, разумеется, не знал, равно как не знала о его существовании «Нью-Йорк таймс». Потребовалось шесть лет, чтобы между этими столь далекими друг от друга событиями определилась связь...

Летом 1957 года в одной из лабораторий Нобелевского института в Стокгольме был поставлен интересный опыт. Искусственно созданный за тринадцать лет до этого зауроновый элемент кюрий был облучен изотопами углерода. Англо-американо-шведская группа ученых сообщила о том, что при этом образовался новый элемент, претендующий на 102-ю клетку Менделеевской таблицы. В пятидесяти опытах

было получено, по словам экспериментаторов, 12 атомов невиданного элемента с массовым числом 253 и периодом полураспада 10 минут.

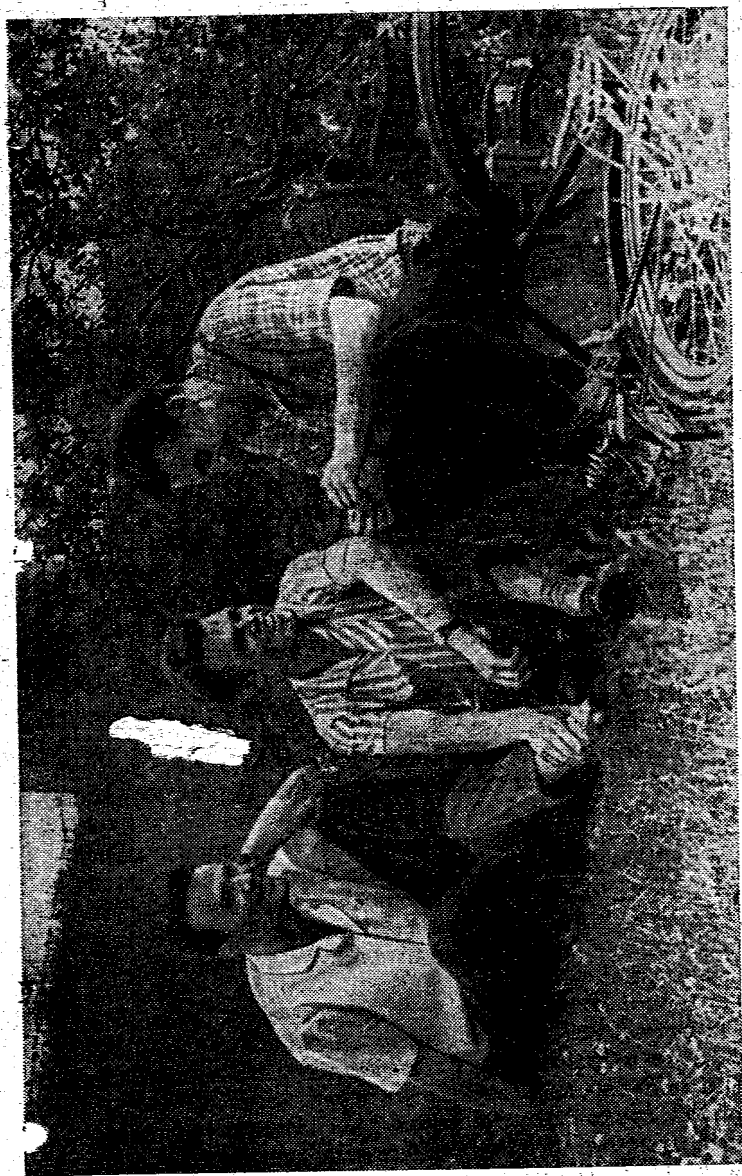
Двенадцать атомов вызвали двенадцатибалльную рекламную бурю в газетах и журналах. И вдруг... Осенью того же года группа советских ученых под руководством Георгия Николаевича Флёрова, облучая плутониевую мишень ядрами кислорода, также получила изотоп 102-го. Но оказалось, что данные советских ученых и зарубежной группы сильно расходятся. Например, период полураспада «нашего 102-го» измерялся не минутами, а секундами.

Спор помогли разрешить американские ученые из Калифорнийского института в Беркли. Весной 1958 года группа физиков во главе с Гленном Сиборгом, лауреатом Нобелевской премии и крестным отцом чуть ли не всех трансурановых элементов, точно повторила стокгольмский опыт. Они получили несколько десятков атомов 102-го с массовым числом 254, но также живущего несколько секунд.

Разрушение кюриевой мишени и все неприятности, которые возникают, когда радиоактивное вещество «выходит из повиновения», задержали дальнейшие опыты в Беркли. А опыты были нужны: легендарный 102-й вошел в науку вместе с целой армией вопросительных знаков всех калибров. И чтобы эту «армию» победить, требовалась тяжёлая артиллерия микромира — ускорители частиц. Поэтому в лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований в Дубне по инициативе Г. Н. Флёрова при горячей поддержке И. В. Курчатова рождалась новая машина — ускоритель многозарядных ионов огромных энергий.

...А тем временем ленинградское землячество в лаборатории Г. Н. Флёрова росло (может быть потому, что сам директор ее по старой памяти неравнодушен к ленинградцам). Трое из них: Владислав Щеголев, Евгений Донец, Виктор Ермаков разрабатывали один из возможных вариантов получения 102-го.

Когда в мае 1963 года во всех газетах опубликовали сообщение о том, что в Дубне получен новый изотоп 102-го элемента, этим троим было очень трудно. Они не привыкли давать интервью и позировать перед фотообъективами. А Георгий Николаевич в этом деле совсем не помогал, наоборот, даже «отфутболивал» к ним все новых и новых корреспондентов. И они снова и снова объясняли...



— В задачу работы входило получение нового изотопа 102-го элемента с массовым числом 256. Тонкую пластинку урана бомбардируют ядра неона, разогнанные в ускорителе. Ядро неона попадает в ядро урана, и вместо взрыва один раз на 100 миллионов случаев происходит «сверхмикроскопическое чудо» — рождение 102-го.

Ядра 102-го, выбитые из урановой мишени, тормозятся в газе и оседают на движущуюся ленту, где и коротают свою недолгую жизнь. Но, умирая, они рожают другой элемент — фермий и альфа-частицы. При этом ядро фермий переносится с ленты на так называемый сборник ядер отдачи. Теперь сборник надо поскорее вынуть из ускорителя и по количеству и распределению ядер фермий на нем судить о 102-м. Подобно тому, как по костям вымерших животных палеонтологи восстанавливают их облик, по ядрам фермий «восстанавливали» 102-й. Опыт был многократно повторен, что исключало возможность ошибки... Ну, вот, пожалуй, и все...

И они замолкают.

А корреспонденты еще пишут в своих блокнотах некоторое время, а потом задают вопросы.

— Какова сила притяжения магнитов ускорителя?

— 1000 тонн!

— А сила тока в обмотках электромагнита?

— 2600 ампер!

— А эта вот пластиночка действительно из урана?

— Действительно...

Они рассказывают очень толково и понятно. Они рисуют схемы, пишут формулы, показывают графики. И хочется задать этим ребятам (они молоды и не обидятся, что их так называют) только один глупый вопрос:

— Ну, а как же все это случилось?

Появлению на свет нового химического элемента предшествовала огромная работа большого коллектива ученых и инженеров. Каждый новый опыт требовал совершенствования конструкции, предъявляя все более жесткие условия к работе источника ионов в ускорителе, требовал все более глубокого вакуума. Поэтому в качестве «родителей» 102-го элемента по праву можно назвать руководителя группы пуска Ю. Ц. Оганесяна, начальника группы источников А. С. Пасюка, начальника группы вакуума В. Г. Рогозинского, начальника эксплуатации А. Н. Филипсона и многих других. Это они разра-

Когда рука уставала нажимать кнопку отсчета по каналу анализатора, приспособились нажимать ее ногой. Анализатор работал, не выключаясь, помногу дней. Не спать много дней нельзя. Оставлять прибор без наблюдения тоже нельзя: пожарники запрещают. Уговорить пожарников — это уже чистая фантастика. Тогда на дверь рядом с крокодилом вешали плакат: «Осторожно! Нейтроны! Опасно для жизни!» и ложились спать. (Сейчас, когда об этом прочтут пожарники, у ребят, наверное, будут неприятности!).

Они помнят день, когда анализатор дал 80 первых импульсов: так они узнали о рождении первых 80 атомов изотопа с массовым числом 256. Они тут же решили кое-что подправить и что-то сломали, но чинить уже не могли. Просто не могли. Нарисовали в пасти крокодила цифру 80 и ушли из лаборатории. Потом Алеша купил бутылку вина, и они выпили... Могут сказать, что эта бутылка к ядерным превращениям никакого отношения не имеет и писать о ней не следует. Это верно, конечно. Но мне не хотелось бы, чтобы эти трое выглядели «голубыми», какими-нибудь «сверхчеловеками». Они такие же, как все? Да, почти такие же. Просто они очень любят свое дело. И все. Поэтому нет большой беды в том, что они купили вина, когда анализатор дал первые 80 импульсов...

В апреле 1963 года в одной из своих статей американский физик Свен Юханссон предсказывал, что изотоп 256 102-го элемента будет иметь период полураспада 0,01 секунды. Опыты в Дубне показали совсем другое время, близкое к восьми секундам.

Можно ли на основании изучения тех сотен атомов, которые уже были получены, представить себе внешний вид этого вещества? Какое оно: светлое или темное? Матовое или с металлическим блеском?

Женя Донец ответил:

— Оно ослепительное. Если бы можно было как-то получить кусочек 102-го, он тут же взорвался бы с яркой вспышкой. настолько насыщено внутренней энергией это вещество.

Когда он так сказал, я невольно подумал, что это не природа, а сами они — Женя, Слава и Виктор — «перенасытили» его, отдали часть своей неиссякаемой молодой энергии. Но я ничего не сказал, чтобы они не смеялись. Ничего не сказал, и мы пошли вниз. Надо было торопиться.

ся: через несколько минут начинался доклад Е. Д. Дони на Ученом совете Объединенного института ядерных исследований о синтезе нового изотопа 102-го элемента.

В вестибюле лаборатории только что вывесили новую стенную газету. Кстати, о 102-м элементе в ней написано меньше, чем, наверное, в любой другой газете или журнале Советского Союза. Вот как написано:

ХРОНИКА

13 мая. У Тишиных родился сын. Привет новому гражданину СССР!

20 мая Центральное радиовещание сообщило о работах
Донца, Шеголева и Ермакова по 102-му элементу.

21 мая. Поздравляем Оганесяна, Тер-Акопянова, а также Тиграна Петросяна со званием чемпиона мира по шахматам...

Есть, правда, в той же газете заметка Жени Донца о 102-м. Она так кончается:

«...Задача была решена — мы поймали жар-птицу. Она сидит у нас в клетке, мы к ней привыкли, и нам она все больше напоминает курицу. Будем ловить новую!»

Вечером после доклада мы снова вернулись в лабораторию. «Много работы...», объяснили ребята. Они выходили из зала, где установлен ~~установлен~~ источник многозарядных ионов, утром, когда уже ~~начался~~ новый рабочий день. У вакуумного шлюза уже работала новая смена: физики готовили очередной опыт. И так каждый день... Вот почему стоит назвать зеленую дубнинскую аллею аллеей Открытий.

НЕИЗВЕДАННЫЙ МИР

Через толстое желтоватое стекло небольшого окна видно, как двухпалая стальная «рука» подкралась к дверце шкафчика, в котором стояли аналитические весы, и отодвинула задвижку. Весы вздрогнули длинной, острой как спица стрелкой. «Рука» потянулась к ящичку разновесов, на секунду остановилась в раздумьи, перебирая пальцами над блестящими, словно капли ртути, головками маленьких гирек, высовывающихся из своих деревянных гнезд. Выбрала одну, вытащила из гнезда, понесла в шкафчик, на тарелку весов. Взвесив маленькую металлическую пластинку, покрытую рыжим бархатом ржавчины, положила ее на металлический столик. И вот уже две «руки» с удивительной ловкостью счищают напильничками и наждачной бумагой ржавчину с металла. Их осмысленные движения настолько напоминают живое существо, что даже как-то неприятно смотреть. Вначале кажется, что они живут самостоятельно, независимо, и за



толстым желтоватым стеклом воплотилась в явь мистика сказок Гофмана. Я обернулся и увидел напряженное лицо Климента Яндушкина. На секунду оторвав глаза от окна, он улыбнулся и в этот момент «руки» за окном замерли. Но Климент снова кладет пальцы на чувствительные, рычажки манипулятора и снова оживают «руки» за желтоватым стеклом...

Там, за этим стеклом светло, нормальная комнатная температура и обычное давление воздуха. Там пахнет озоном, свежо и остро, как в жаркий день в смолистом сосновом бору. Аккуратно расставленные склянки и приборы создают своеобразный лабораторный уют, такой милый сердцу каждого химика. И все-таки там, по ту сторону окна, человека нет и не должно быть. Стекло — граница, за которой властвуют законы жестких излучений — губителей живого. Но стекло не только граница двух миров: живого и неживого. Не менее важно и то, что, подчиняясь тем же законам, неживое меняет свою природу. Мир знакомых веществ с незнакомыми свойствами лежит по ту сторону стекла. Недоступный человеку физически, он доступен его разуму, послушным ему аппаратам, машинам, приборам.

Линзы телескопа устремили глаза человека через миллионы километров навстречу звездной бесконечности. Пальцы манипулятора открыли двери в неизведанный мир облученного вещества. Наше путешествие привело нас на границу этого мира, туда, где наука ведет бой с неизвестным.

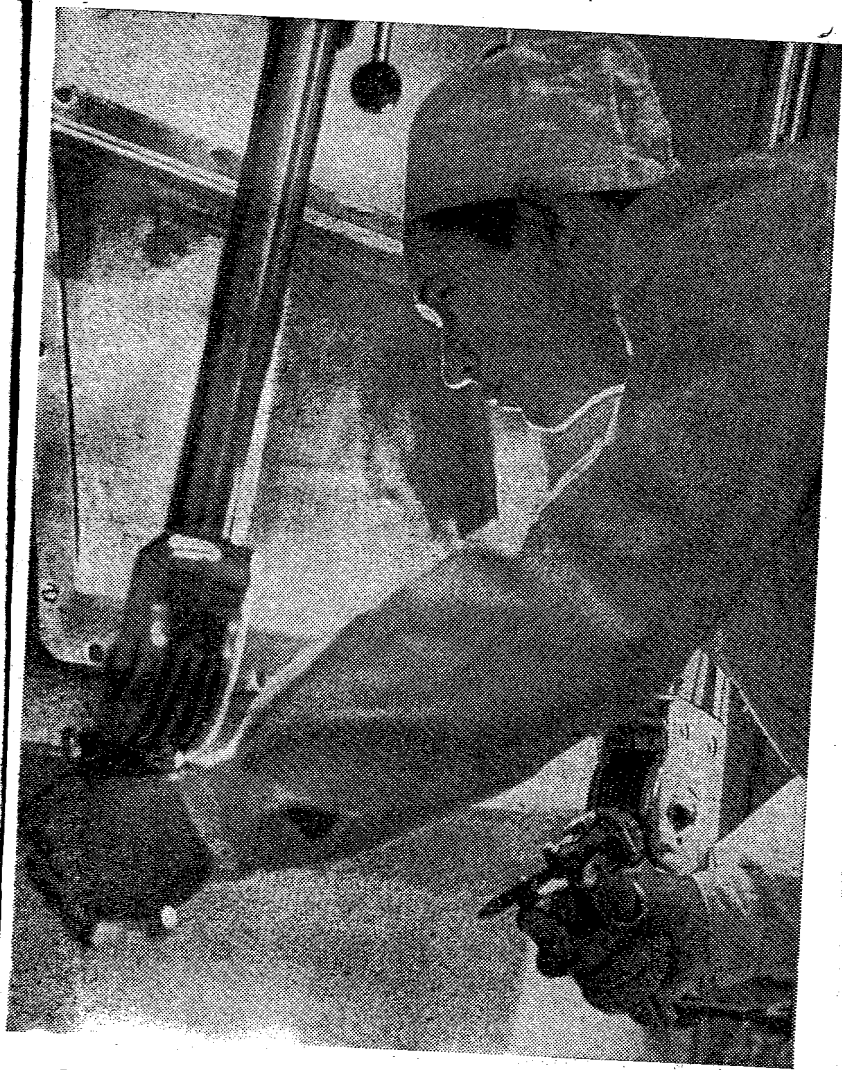
* * *

Уже не первый раз говорим мы в этой книжке о радиации. Это и не удивительно: радиация ведь постоянный житель в стране урана. Представьте себе на миг, что никакой радиации не существует. Ведь это было бы чудесно. Действительно, если, несмотря на те жесткие условия, которые предъявляет радиация, все-таки существуют атомные реакторы десятков различных конструкций, если плавают атомные корабли и подводные лодки, если в технической литературе обсуждаются проекты атомных реакторов как источников энергии для двигателей самолетов и автомобилей, то что было бы, если бы не существовало радиации?! Тяжелая, громоздкая биологическая защита —

тика
ицо
кна,
рли.
ры-
ато-

ная
озо-
сос-
оры
ый
ону
ида,
уби-
ров:
ясь
зна-
ту
до-
там,
ил-
сти.
ый
нас
еве-

ра-
ый
ни-
но.
ко-
ые
ла-
ни-
то-
и
ало
—



Климент Яндушкин работает на границе, разделяющей два мира,

бич всех конструкторов — была бы не нужна. Человечество получило бы мощный, чрезвычайно компактный, не требующий частых подзарядок и обновления источник энергии. Мечта фантастов и фантазеров о спичечном коробке, в котором заключена сила сказочного джина, осуществилась бы на сто процентов.

Но радиация существует. Избежать ее не удастся. Еще Беккерель заметил, что испускаемые ураном лучи не отражаются и не преломляются. Он проделывал десятки опытов. Замораживал и нагревал уран, выставлял его на свет и прятал в темноту, следил за интенсивностью лучей много дней и пришел к выводу, что она не зависит ни от температуры, ни от освещенности, не ослабевает со временем. Анри Антуан Беккерель проводил свои опыты в феврале 1896 года. Прошло почти семьдесят лет, но и сегодня ученые еще не знают, каким способом можно прекратить процесс радиоактивного распада.

Сталкиваясь с радиацией во время путешествия по стране урана, мы все время становились по отношению к ней в оборонительную позу. Человек защищался «лепестками» и увлажнителями, герметическими пневмокостюмами и бетонными стенами, манипуляторами и дистанционно управляемой аппаратурой. И, конечно, невольно возникала мысль: если человек все время должен оберегать себя от радиации, значит, ничего хорошего от нее не жди.

Однако такой вывод — заблуждение. И в этом вы убедитесь сами после того, как прочтете эту главу и совершите вместе с нами путешествие по лабораториям Института физической химии Академии наук СССР, которым руководит известный советский ученый, академик Виктор Иванович Спицын.

* * *

Помню, мальчишкой я видел в Политехническом музее в Москве опыты с жидкими газами. Подумать только — жидкий воздух! Уже одно это — чудо. Молоток из замороженной ртути вбивал в доску гвоздь. Резиновая трубка, вынутая из сосуда Дьюара, разбивалась на мелкие осколки как стеклянная. Это казалось удивительным, но все же объяснимым: нечто реальное — жидкий газ с очень низкой температурой — переделывал природу вещества. Мальчишеское удивление тех лет кажется сегодня наивным. Через несколько лет такими же наивными покажутся наши сегодняшние восторги по поводу изменения свойств веществ

под воздействием жестких излучений. Оправдать нас может чисто человеческое восприятие: там — окруженный белым паром дьюаровский сосуд, голубой воздух, плескающийся как вода, обжигающие капли, туманными шариками скатывающиеся с ладоней, а тут вроде бы ничего нет, никаких «внешних эффектов». В то же время изменения, происходящие с веществом под действием радиации, более глубоки, чем те, которые происходят под действием низких температур.

Возьмем хотя бы материалы, из которых построен реактор. Ведь когда реактор работает, он облучает сам себя. Что происходит под обстрелом нейтронов с его конструктивными элементами? Вопрос, сами понимаете, не праздный. От правильности его решения зависит надежность работы реактора, безопасность обслуживающего персонала. Не случайно в одном из сборников по атомной энергии, изданном в 1956 году, было написано: «В настоящее время основным тормозом в развитии реакторостроения, несомненно, является недостаточная изученность поведения материалов в нейтронном поле и отсутствие достаточно разработанных материалов и конструкций, способных длительное время противостоять разрушающему действию нейтронного излучения».

Специалисты, например, предполагали, что конструктивные элементы реактора БР-5 под влиянием бесчисленных ударов плотного потока нейтронов будут изуродованы наклепом. Оказалось, однако, что одновременно происходят наклеп и отжиг. Последний, получающийся в результате высокой температуры, уменьшает вредное влияние переродов. Оказалось, что в урановых реакторах под действием радиации стержни слегка вытягиваются, а графитовые замедлители распухают, резко меняют свою теплопроводность. Сталь закаливается, упрочняется, но становится хрупкой. Органические вещества, применяемые в реакторостроении, претерпевают более глубокие изменения. Резина твердеет и колетса, как та, что побывала в жидком воздухе. Некоторые пластмассы становятся пористыми, рыхлыми, выделяют газы. Даже у таких прозрачных для нейтронов металлов, как цирконий, изменяются физические свойства. А в воде, если она содержит какие-либо примеси или мельчайшие пузырьки воздуха, под действием ядерных излучений образуется перекись водорода и гремучая смесь кислорода и водорода.

Еще и десятой доли порождаемых радиоактивностью чудес не было известно людям, когда Альберт Эйнштейн с прозорливостью гения писал: «Явления радиоактивности — самая революционная сила технического прогресса за все время с тех пор, как доисторический человек открыл огонь». История подтверждает слова великого физика — радиоактивность дарит человеку мир новых веществ с новыми свойствами.

Наше путешествие по лабораториям Института физической химии мы начали от свинцового стекла камеры, в которой комсомолец аспирант Климент Яндушкин, в недавнем прошлом — выпускник Чебоксарского пединститута, исследует коррозию образцов металлов. Часть этих образцов предварительно подвергли сильному облучению нейтронами. И оказалось, что именно на этих образцах рыжие хлопья ржавчины растут быстрее, словно поток нейтронов одобрил их почву — кристаллическую решетку металла.

На первый взгляд наш пример может показаться неудачным: Эйнштейн писал о революционной силе технического прогресса, мы собирались рассказывать о «добродетелях» радиации, а оказалось, что излучение способствует коррозии. Но в науке каждый новый факт — это победа. Даже если он не дает ожидаемого ответа на поставленные вопросы. Даже если этот ответ имеет знак минус. Более быстрая коррозия облученного металла сможет помочь быстрее и проще находить «лекарства» против ржавчины.

Ржавчина — это окислы железа. Ржавление в переводе на язык химиков — это окисление. Окисление — целая группа очень важных химических реакций, которые подчас с трудом поддаются регулированию. Радиация позволит держать реакцию окисления под контролем, будет диктовать ее темп, регулировать ход процесса.

Кандидат химических наук Галина Григорьевна Рябчикова показывает нам пробирки с буровой жидкостью. Это смесь сложных органических веществ, все семейство которых химики называли «непредельными углеводородами». Если нефть называют «черным золотом», то эти вещества — «сливки» нефти, самое дорогое, что она содержит, нечто более дорогое, чем это «золото». Непредельные углеводороды — сырье для получения особо высококачественных

нефтепродуктов. Но не из любой нефти можно их получить: крекинг — процесс дробления сложных органических соединений, — в результате которого образуются эти вещества, оказался очень капризным. Кроме того, он требует дорогой аппаратуры, высоких температур и т. п.

Радации оказалось под силу «перевоспитать» крекинг. Институт физической химии совместно с Институтом нефтехимического синтеза провел исследования и доказал, что в результате облучения низкосортного нефтяного сырья происходит цепная реакция его разложения. Процесс, требовавший высоких температур, идет в обычной комнате. Вместо громоздкой аппаратуры — компактный источник гамма-лучей. Да и сам процесс куда более экономичен: из одного и того же количества нефти при облучении в ядерном реакторе образуется больше бензина, чем при крекинге на нефтеперерабатывающем заводе. Каждые 100 электронвольт — неуловимо ничтожное количество энергии, в шестьдесят миллионов миллиардов раз меньшее одного джоуля, — вызывают превращения десятков тысяч молекул. Даже человеку, незнакомому с процессами нефтепереработки, ясно, что дадут в перспективе эти опыты после их внедрения в производство.

Перерождение нефтяного сырья в результате облучения — пример далеко не единственный. Облученный полиэтилен даже трудно называть полиэтиленом: это совершенно новое, неизвестное ранее вещество, с неизмеримо более ценными для человека свойствами. Температура плавления его повышается на 100—150 градусов, улучшаются электроизоляционные свойства, он становится гораздо менее восприимчивым к действию растворителей. Если необлученный полиэтилен бросить, например, в кипящую серную кислоту, он моментально обуглится. Облученный — лишь слегка почернеет с поверхности.

Все шире входят в нашу жизнь различные синтетические материалы. На Пленуме ЦК КПСС в ноябре 1962 года Н. С. Хрущев сказал: «Было время, когда мощь государства определялась количеством производимого металла. Для своего времени этот критерий был правильным. Но сейчас, когда созданы другие материалы, конкурирующие с металлом, этого критерия уже недостаточно. Именно химия дает материалы более дешевые, более стойкие и более доступные. Эти материалы — полиэтилен, стеклопласты, синтетические смолы и волокна, пластмассы — находят ши-

рое применение и в промышленности, и в строительстве, и в производстве бытовых вещей».

Оказывается радиационная химия может сделать такие материалы еще более дешевыми, еще более стойкими, еще более доступными.

В основе изготовления пластмасс, например, лежит химический процесс — полимеризация. При этом процессе огромное количество молекул, называемых мономерами (или по-русски — одномерами) объединяются вместе, создавая одну гигантскую молекулу — полимер (многомер). Чтобы произошли подобные превращения, надо прежде всего ускорить движение молекул и сблизить их. Из школьного учебника известно, что скорость движения молекул и определяет температуру тела. Иными словами, мономеры надо нагреть при высоком давлении. Но чтобы реакция полимеризации началась, этого еще недостаточно. Нужен катализатор — вещество, которое, само не участвуя в реакции, помогает мономерам соединяться в полимер. Таковы «классические» условия, необходимые для полимеризации.

Радиационная химия предусматривает другую технологию для получения пластмасс. Высокой температуры и давления не требуется. Уже одно это расширяет ассортимент мономеров. Ведь многие из них, например этилен, пропилен — так называемые труднополимеризуемые мономеры — как раз плохо переносят воздействие высоких температур. Катализаторов тоже не требуется. Радиация действует лучше катализаторов. Излучение, воздействуя на молекулу, разбивает ее на «осколки»: мономер превращается в свободные радикалы. Эти свободные радикалы и объединяются в полимерную молекулу.

Регулировать «классический» процесс нелегко: изменение температуры и давления дает очень «грубую» регулировку. Радиация — гораздо более тонкую. Наконец, радиация создает такие вещества, которые никакими другими способами получить было бы нельзя. Например, полиперфторопропилен, полиперфторобутadiен, полиперфторокрилонитрил и другие пластмассы, содержащие фтор, обязаны своим рождением радиации.

Исследования, которые проводились различными научными коллективами в нашей стране и за рубежом, показали, что при облучении органические вещества в зависимости от их строения претерпевают одно из двух превра-



Кандидат химических наук Ирена Михайленко и лаборант Юрий Воронин работают в горячей камере. Они заняты приготовлением катализатора.

щений. Или происходит процесс «сшивания» отдельных молекул (так, например, при комнатной температуре под действием радиации вулканизируется каучук), или, наоборот, химические связи рвутся, полимер распадается. Последний процесс называется радиационной деструкцией. Материалы, полученные в результате этого процесса, также находят широкое применение в народном хозяйстве.

Всем известен пенопласт. Чудесный, воздушный материал. Красивый, легкий, звуконепроницаемый, отлично обрабатываемый, короче, у пенопласта идеальная «трудовая характеристика». Пенопласт можно получить различными способами, но радиационный, пожалуй, самый простой. Если взять прозрачный, похожий на лед, кубик полиметилметакрилата и облучить его нейтронами, кубик начнет расти. Из него будут выделяться газы. Именно они после нагревания вспенивают материал, превращают монолит в пористую губку, напоминающую уже не лед, а, скорее, снег.

Подобно тому, как садоводы, скрепляя различные сорта плодовых деревьев, получают новые, невиданные плоды, радиация позволяет скреплять неживое. Есть даже термин «привитые полимеры» — словно речь идет о яблонях. Впрочем, ни один садовод не будет скреплять яблоню с сосной. А химики сумели привить полимеру одного химического состава и строения молекулы совершенно другого состава и строения, получив полимер с новыми свойствами. Никакое механическое смешивание не дает подобных результатов.

На перерабатывающем заводе в Уранограде мы познакомились с ионообменными смолами. Но они применяются не только при обогащении урана. Например, отнимая у морской воды соли, они превращают ее в пресную, пригодную для питья.

В установках для опреснения воды применялась механическая смесь полиэтилена и полистирола. А когда попытались привить полистирол к полиэтилену, новое вещество оказалось значительно прочнее и лучше по своим эксплуатационным качествам.

Ну, а как смешать древесину сосны, например, со стиролом? Ведь сосну мы тоже можем рассматривать как некое «органическое соединение». Оказалось, что при пропитке древесины стиролом сосна приобретает твердость дуба, отличается высокой химической стойкостью.

В Институте физической химии нам рассказали о вещах столь удивительных, что даже мелькнула мысль: а не подшучивают ли над нами? Оказалось нет, не подшучивают. Вполне серьезное дело.

С помощью радиации удалось привить различные органические соединения к веществам неорганическим! Это кажется диким — срастить, например, дерево с металлом, пень с топором. Не просто соединить, не склеить, а срастить. С пнями и топорами в лаборатории не работают, а вот полимерные цепи поливинилхлорида, полиметилметакрилата и других органических соединений оказалось возможным привить к минеральным частицам: саже, окислам некоторых металлов.

Автомобильная покрывка, в которой мельчайшие пылинки сажи сращены с каучуком, способна работать в несколько раз дольше. В повестке дня — создание руками человека воистину необыкновенных веществ «органическо-неорганического» мира.

Радиация — отличная помощница не только в лаборатории химиков. Машиностроение и медицина, пищевая промышленность и сельское хозяйство, биология и горное дело — да разве перечислишь все области применения радиоактивных излучений.

В промышленности, например, только за последние пять лет применение различных приборов и методов, основанных на использовании радиоактивных излучений, возросло в сотни раз. По данным Института экономики Академии наук СССР, применение в народном хозяйстве, в том числе в машиностроении, металлургии, котлостроении, приборостроении, судостроении, нефтедобыче, на бумажных и кондитерских фабриках и т. д. радиоактивных изотопов и ядерных излучений позволяет экономить ежегодно более 200 миллионов рублей.

Мы назвали эту книжку «Путешествие в страну урана», но ведь, образно говоря, «страна урана» — это вся наша страна. География мирного атома охватывает все республики, самые отдаленные области. На Украине в цехах Криворожского Южного горнообогатительного комбината гамма-электронное реле помогает автоматизировать производственные процессы. Подобные реле работают и в Грузии на Чиатурском марганцевом комбинате, и в Латвии на стекольном заводе «Саркандаугава».

На Алтын-Топканском свинцово-цинковом комбинате гамма-пульпомеры осуществляют контроль и автоматическое регулирование плотности пульпы.

Под Москвой на гамма-поле биологи и селекционеры исследуют влияние излучения на наследственные свойства растений. А в городе Ленина на заводе «Красный Выборжец» радиоактивные толщиномеры помогают увеличивать производительность прокатных станов. Подобные толщиномеры на Магнитогорском металлургическом комбинате и на заводе «Запорожсталь» позволили выпускать стальную ленту с допуском 15 микрон!

Радиоактивный изотоп хрома трудится в мартенах Кузнецкого металлургического комбината. Нефтяники Азербайджана, Туркмении, Грозного и Майкопа используют в своей работе метод радиоактивного каротажа, который позволяет лучше вести буровые работы. Радиоактивные приборы исследуют техническое состояние скважин, контролируют качество их ремонта.

В Киргизии радиоаквационный анализ определяет в сырье содержание алюминия и кремния. Скорость этого анализа по сравнению со скоростью анализа химического все равно, что скорость экспресса по сравнению со скоростью телеги, запряженной быками.

В десятках городов Советского Союза работают медицинские радиоактивные установки различной конструкции и назначения.

Кобальт-60 помогает в лечении злокачественных опухолей, радиоактивный иод определяет состояние щитовидной железы, фосфор-32 дает возможность исследовать состав крови, а радиоактивный натрий измеряет скорость кровотока.

Некоторые медицинские препараты портятся при термической стерилизации. Радиоактивные изотопы заменили высокие температуры: микробы гибнут, поражаемые невидимыми лучами. Но помимо вредных микробов, есть микробы полезные. И тут тоже применяется радиация.

Оказалось, например, что после облучения в дрожжах образуется значительно больше органических соединений, содержащих фосфор. Такие дрожжи вырабатывают гораздо больше эргостерина — продукта, из которого получают витамин D и некоторые медицинские препараты.

Если подвергнуть облучению знаменитый микроскопический грибок пенициллиум, получится новый грибок, из которого можно получить в сотни раз больше пеницилина, чем из грибка необлученного.

Впрочем давайте остановимся. Ведь простое перечисление различных методов использования радиации может занять целую главу, а рассказ о каждом из этих методов — целую книгу. Вот теперь и попробуйте представить себе, что никакой радиации не существует. Так ли это хорошо, как рисовалось нам в начале экскурсий в неизведанный мир за свинцовым стеклом?

* * *

Начальник группы источников ионизирующих излучений Института физической химии Петр Яковлевич Глазун и старший научный сотрудник Алексей Константинович Пикаев показали нам ускоритель, в котором рождаются пресловутые «лучи смерти», которые, как видите, могут отлично работать на благо жизни. Аппарат весьма внуши-

делает в
ть этого
мического
со ско-

ют меди-
струкции

ных опу-
штитовид-
овать со-
скорость

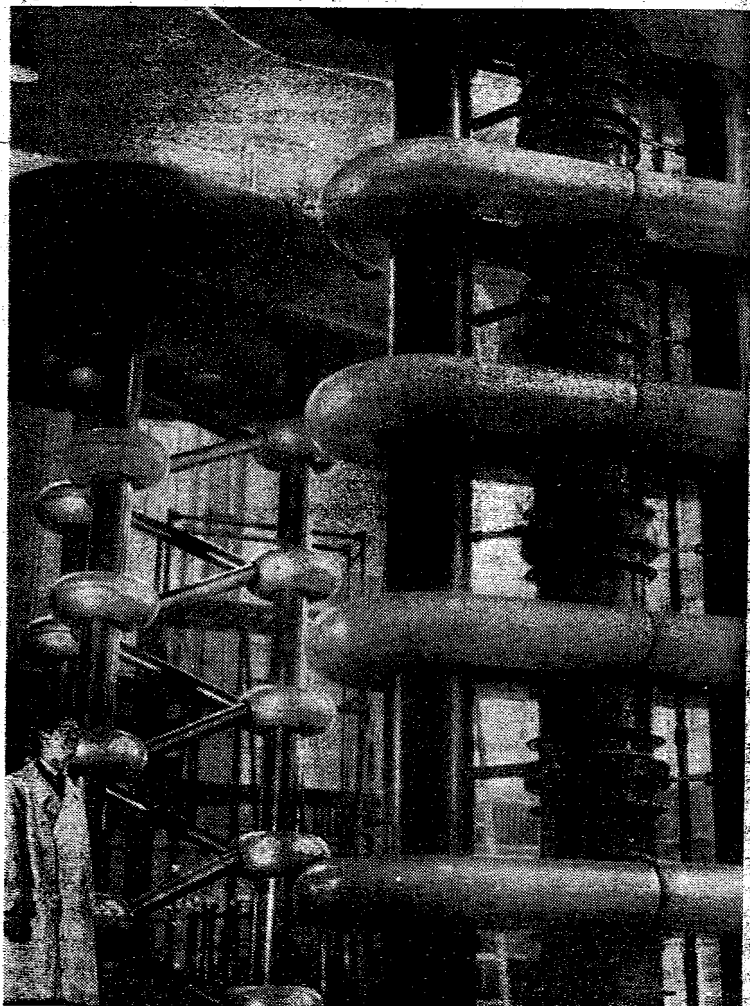
при тер-
заменили
ые неви-
есть ми-
ция.

дрожжах
единений,
т гораздо
учают ви-

кроскони-
рибок, из
циллиана,

перечисле-
может за-
методов —
вить себе,
о хорошо,
веданный

х излуче-
ич Глазу-
истантино-
ождаются
те, могут
а внуши-



Алексей Константинович Пикаев показал нам ускоритель, в котором рождаются пресловутые «лучи смерти».

тельных размеров просился на обложку научно-популярного журнала: так необычны были его формы.

— Для преобразования различных материалов под действием излучения, — рассказывают ученые, — совсем необязательно строить на заводах специальные ускорители. Сегодня мы окружаем реакторы атомных электростанций толстыми стенами биологической защиты, которые просто поглощают излучение. А завтра мы сможем заставить их сначала поработать, а потом уже поглотиться для нашей безопасности...

Представьте себе, что на месте бетонного блока биологической защиты расположена ванна, в которую налит раствор солей редких, очень дорогих металлов, например платины или палладия. Следовательно, раствор будет подвергаться воздействию излучений из реактора.

Платина — не только металл, на редкость стойкий к воздействию самых активных химических соединений даже при высоких температурах, но и прекрасный помощник химиков на заводах. Мы уже упоминали в этой главе о катализаторах. Платина — один из самых лучших в их ряду. С помощью этого элемента, например, из аммиака и воздуха в специальных аппаратах получают азотную кислоту.

Палладий — родной брат платины. Он тоже обладает замечательными свойствами катализатора. Если просто смешать в колбе при комнатной температуре два объема водорода и один объем кислорода, ничего не произойдет, смесь останется смесью. Но если в ту же колбу поместить кусочек палладия, в ней быстро образуется вода.

Но не будем перечислять удивительные свойства этих элементов — не о них наш рассказ. Опыты академика В. И. Спицына и его сотрудников показали, что подобные катализаторы можно готовить принципиально новым методом. Если облучить наш раствор солей частицами высокой энергии, из него выпадет чистый металл в виде тонкого порошка. Но дело не только в новой, более простой технологии получения дорогих катализаторов. Важно также, что активность работы катализаторов, полученных таким способом, в различных химических процессах возрастает. Иными словами, процессы эти идут быстрее. На том же оборудовании можно получить больше продукции — производительность труда на химических предприятиях резко увеличивается.

На белой бумажке — маленький кусочек блестящей металлической фольги. Кандидат химических наук Анна Федоровна Кузина держит бумажку с такой осторожностью, словно на ней сидит готовая вспорхнуть и улететь редкостная бабочка. Это можно понять: в ее руках технеций — элемент, занимающий сорок третью клетку периодической системы элементов Д. И. Менделеева, — один из самых редких металлов на Земле. Свойства этого элемента были предсказаны великим Менделеевым еще в прошлом веке, но сам металл не давался в руки ученым. В 1925 году по всему миру пронеслось сенсационное сообщение: «Таинственный 43-й открыт!» Но проверка показала, что это ошибка: технеций ускользнул. Лишь через двенадцать лет итальянцам Сегре и Перье удалось обнаружить радиохимическими методами некоторое число атомов этого металла. Именно обнаружить, потому что технеция было так мало, что его невозможно было даже взвесить.

Редчайший металл нельзя добыть так, как добывают медь или золото. Самое название элемента, образованное от греческого слова «технетос» — искусственный, говорит о том, что его не добывают, а создают. В Институте физической химии технеций выделяют из облученного нейтронами (опять радиация!) молибдена.

Как видите, радиация не только изменяет до неузнаваемости свойства уже известных веществ. Различные виды излучений оказались чудесными ключами к сокровеннейшим тайникам природы, способными распахнуть перед человеком двери в мир совершенно неизведанный. Уже можно говорить сегодня о практическом применении технеция. Первые опыты показали, что он способен создавать на поверхности металлов защитную пленку, которая и по своей прочности, и по красоте значительно превосходит никель.

* * *

В научных журналах тридцатых годов вы даже не найдете такого термина: «радиационная химия». Подсчет показывает, что сейчас каждый день в мире публикуется одна работа по этой отрасли науки. Многие удивительные открытия уже выпали на ее долю. И все-таки, как и в каждой настоящей науке, главные победы еще впереди. Они не-

легко даются, эти победы: ведь человек стоит здесь у границы, за которую его не пускают неумолимые законы природы. Он будет отодвигать эту границу все дальше и дальше, завоевывая силой своего разума мир за свинцовым стеклом.

В фантастических романах космонавты отправляются в путешествие к далеким мирам, чтобы привезти на Землю секреты чудесных сплавов и невиданных пластмасс. В скромном здании Института физической химии люди в белых халатах тоже в далеком и трудном походе. Они идут в неизвестное.

гра-
при-
не и
овым

отся
млю
ром-
слых
в не-

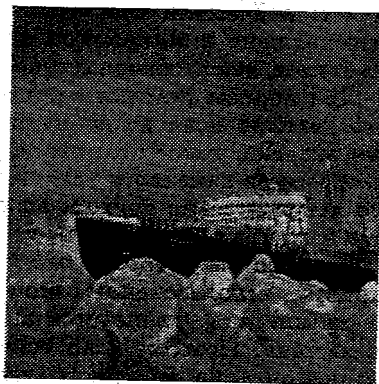
ДОРОГИ БЕЗ КОНЦА

Над туристами часто посмеиваются: много ли можно увидеть из окна автобуса, много ли можно понять, знакомясь с достопримечательностями? Посмеиваются, а потом запакуют чемоданы и са-

ми отправляются в туристскую поездку. Потому что все равно интересно.

Мы тоже были туристами в стране урана. И записки эти больше всего похожи на впечатления туристов. Если их прочтут специалисты, они могут остаться недовольны. Они наверняка найдут здесь неточности, им обязательно покажется, что чего-то главного нет, а что-то второстепенное незаслуженно занимает много места в этом рассказе. И, конечно, они будут правы.

Но ведь книжка эта совсем не рассчитана на специалистов. Она отнюдь не претендует на полноту освещения вопросов и безгрешность научно-технической терминологии. Великий датский физик, один из «крестных отцов» атомного



века, Нильс Бор говорил: «Я до сих пор удивляюсь, когда смотрю на атомный реактор». Видите, даже Бор удивлялся. Удивительно ли, что удивляются другие? Так и родились эти записки: то, что довелось нам увидеть, было очень интересно, и об этом захотелось рассказать другим. Захотелось, чтобы молодые читатели задумались над этим рассказом, а потом... потом запаковали бы чемоданы и сами отправились в страну урана. Но уже не туристскую поездку, вроде нашей, а на постоянное место жительства. В этой молодой стране их ждет масса интересного. Ведь они будут в сущности пионерами, которым предстоит осваивать очень много никем еще не виданных «земель». Там есть где развернуться, приложить свои силы и способности.

В освоении энергии атомного ядра сделано уже немало. И все-таки это только первые шаги. Пока что люди осмыслили и подчинили себе сравнительно простые процессы, происходящие в микромире. Нужно идти дальше. Это не пожелание, это необходимость. Судите сами.

При полном делении одного килограмма урана (а полного деления пока не добились) выделяется такое количество энергии, какое получится, если сжечь около 2 000 000 килограммов каменного угля. Кажется, что это очень много. Это действительно немало, но и не так много, если заглянуть в завтра.

По данным Второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии, производство электроэнергии удваивается за десять лет и удесятится за 33 года. Поэтому если сейчас в мире сжигается 1 700 миллионов тонн каменного угля, то к началу XXI века нужно будет сжигать 17 миллиардов тонн угля или надо полностью «сжечь» 8500 тонн урана. Иными словами, при таких темпах, например, всех разведанных запасов урана во Франции хватит на 12 лет.

Добыча угля и нефти с каждым годом будет обходиться все дороже: ведь взамен истощенных верхних слоев земной коры придется осваивать недоступные пока глубины земных недр. Бесспорно, что мировые запасы урана велики. Велики, но не неисчерпаемы. И не случайно поэтому все чаще и чаще приходится слышать слова: термоядерная энергия.

Управляемая реакция синтеза ядер дейтерия — изотопа водорода — сулит человечеству практически неисчерпаемые источники энергии. В одной из своих статей старейшина

советских атомников академик Игорь Васильевич Курчатов приводил такие цифры: в ближайшие 15 лет ежегодная добыча угля и нефти в нашей стране достигнет в сумме около миллиарда тонн. Только 400 тонн дейтерия потребовалось бы для замены этого количества топлива. Не случайно Программа нашей партии поставила перед советской наукой как одну из важнейших задач «решение проблемы управления термоядерными реакциями».

А дальше — еще более грандиозные перспективы. Энергия и масса вещества — это лишь разные формы материи. Формула Эйнштейна говорит, что теоретически каждый грамм вещества может перевоплотиться в $(3 \cdot 10^{10})^2$ эргов энергии. В книге известного советского ученого П. П. Лазарева «Энергия, ее источники на Земле и ее происхождение» приводится интересный подсчет: «Оказывается, один грамм любого вещества может породить энергию в количестве, большем, чем дают в течение суток все электростанции, расположенные на Ниагаре и питающие прилежащие части США и Канады».

Один грамм! Лист бумаги, на котором напечатаны эти слова, весит больше. Чтобы эту энергию получить, надо осуществить в промышленных масштабах так называемый процесс аннигиляции — реакцию, похожую на столкновение позитрона с электроном, при котором эти частицы погибают, рождая два гамма-кванта.

При взаимодействии вещества с антивеществом рождается энергия. В лабораториях уже получены первые античастицы. Их нелегко получить, но еще труднее сохранить. Но ведь вы уже немного знакомы с историей урана. Вы помните: первый реактор заработал 20 лет назад. Разве можно сомневаться, что и эти новые цитадели природы падут под ударами самого мощного оружия — человеческого разума?!

Вот куда ведут дороги страны урана. И нет им конца. И некогда даже присесть по-русскому обычаю, отправляясь в дальний путь: надо торопиться. Наш разговор, читатель, на ходу. Мы идем вместе, и мне очень не хочется расставаться с тобой: ведь самое интересное впереди.

Если вы хотите узнать более подробно о некоторых вещах, упоминавшихся в этой книжке, советуем вам посмотреть перечисленную ниже литературу. Для чтения большинства этих книг не требуется специальной подготовки.

* * *

Асташенков П. Т. Атомная промышленность. М., Госатомиздат, 1962.

Атом для мира. Сборник статей. М., Изд-во АН СССР, 196.

Буянов А. Ф. Ядра, атомы, молекулы. М., Госатомиздат, 1962.

Данин Д. С. Добрый атом. М., Изд-во «Молодая гвардия», 1957.

Закутинский Д. И., Парфенов Ю. Д., Селиванова Л. Н. Справочник по токсикологии радиоактивных изотопов. М., Медгиз, 1962.

Корякин Ю. И. Биография атома. М., Госатомиздат, 1961.

Лаврухина А. К., Золотов Ю. А. Трансурановые элементы. М., Изд-во АН СССР, 1958.

Лазарев П. П. Энергия, ее источники на Земле и ее происхождение. М., Изд-во АН СССР, 1959.

Лейпунский А. И., Казачковский О. Д., Пинхасик М. С. Будущее быстрых реакторов. «Атомная энергия», 11, вып. 4, 370 (1961).

Орлов В. И. Богатырский атом. М., Изд-во «Советская Россия», 1962.

Применение атомной энергии в мирных целях. Сборник статей. М., Изд-во АН СССР, 1956.

Прочтите интересные книги об ученых-атомниках:

Бикар П. Фредерик Жолио-Кюри и атомная энергия. М., Госатомиздат, 1962.

Ферми Л. Атомы у нас дома. М., Изд-во иностр. лит., 1959.

Шаскольская М. Жолио-Кюри. М., «Молодая гвардия», 1959.

Юнг Р. Ярче тысячи солнц. М., Госатомиздат, 1960.

их ве-
смот-
боль-
овки.

гомиз-

6.
1962.
1957.
а н о-
изото-

61.
менты,

проис-

н х а-
огия»,

ссия»,

гателей.

Гос-

9.
1959.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Солнечная руда	7
Путь к реактору	22
Рождение «атомного огня»	33
«Демобилизованная бомба»	52
Охотники за жар-птицей	66
Неизведанный мир	75
Дороги без конца	91

Ярослав Кириллович
Голованов

ПУТЕШЕСТВИЕ В СТРАНУ УРАНА

Редактор Н. П. Ковалев
Оформление художника Н. А. Пашуро
Художественный редактор
А. С. Александров
Техн. редактор Е. И. Мазель
Корректор Т. А. Галахова

*

Сдано в набор 12/VIII 1963 г. Подписано в
печ. 13/XI 1963 г. Бумага 84×108 Физ. печ.
л. 3. Привед. п. л. 4,92. Уч.-изд. л. 4,8.
Заказ изд. 941. Тираж 54 000 экз. Т-13976.
Цена 14 к. Заказ тип. 02331.
Госатомиздат, Москва,
Центр, ул. Кирова, 18.

*

Издательство и комбинат печати
«Радянська Україна»
Киев, Довженко, 1.