



Издательство  
*Знание.*

# ХИМИЯ

Новое  
в жизни,  
науке,  
технике

Подписная  
научно-  
популярная  
серия

Издается  
ежемесячно  
с 1964 г.

## В.М.Дьяков КРЕМНИЙ В ЖИЗНИ И НАУКЕ

1989/12



Новое  
в жизни,  
науке,  
технике

# ХИМИЯ

Подписная  
научно-популярная  
серия

12/1989

Издается  
ежемесячно  
с 1964 г.

В. М. Дьяков

## КРЕМНИЙ В ЖИЗНИ И НАУКЕ

(Химия элементоорганических соеди-  
нений)

РЕДАКЦИОННЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

---

### СОДЕРЖАНИЕ

Светоносный камень 3  
Живое в неживом 6  
О фармации и медицине 9  
О природе и чистоте 15  
Редакционные приложения 18



Издательство  
«Знание»  
Москва  
1989

ББК 24.23  
Д93

Автор: Валерий Михайлович ДЬЯКОВ — доктор химических наук, зав. лабораторией биологически активных соединений Государственного научно-исследовательского института химии и технологии элементоорганических соединений.

Редактор *Е. Р. ВОРОНЦОВА*

**Дьяков В. М.**  
Д93 Кремний в жизни и науке.— М.: Знание, 1989.—  
32 с. (Новое в жизни, науке, технике.— Сер.  
Химия; № 12)  
ISBN 5-07-001191-1  
15 к.

Как один из самых распространенных элементов, кремний встречается повсеместно в каменных, глинистых и песчаных породах. Это вещество принято считать главным элементом неживой природы, но, оказывается, кремний и его соединения проявляют особую биологическую активность, что было обнаружено относительно недавно и изучается с неослабевающим интересом.

1705000000

ББК 24.23

ISBN 5-07-001190-1

© Дьяков В. М. 1989 г.

Это будет рассказ о жизни и свойствах удивительного элемента кремния. Вы можете не читать эту статью, дорогой читатель, если вас не интересуют:

первые источники огня,  
первые орудия труда и войны,  
природа драгоценных камней и стекла,  
свойства песка и глины, солнечные батареи,  
сердечные клапаны,  
лекарственные препараты,  
контактные линзы,  
защита растений,  
и, наконец, сама проблема возникновения жизни на Земле...

В этой статье нет указаний, как изготовить философский камень алхимиков, но какое еще вещество может претендовать на эту роль? Какой элемент, соединение, минерал может обладать таким многообразием удивительных свойств? Вы, конечно, угадали, читатель. Речь пойдет об очень древнем и распространенном элементе неживой природы, элементе, которому мы, быть может, обязаны жизнью на этой планете.

## СВЕТОНОСНЫЙ КАМЕНЬ

Этот чудо-элемент называется кремнием, а образно говоря, это король неорганического мира. Его атомный вес более чем в 2 раза превышает атомный вес основного элемента живой природы — углерода — короля мира органического. В жизни нашей планеты кремний, можно сказать, — философский камень человеческой цивилизации. Посудите сами. Это вездесущее вещество на Земле занимает второе место по распространенности после кислорода. Каждый шестой атом в коре земной оболочки — атом кремния. Элемент входит и в состав жидкого ядра Земли. На Солнце кремний также обнаружен, о чем говорят

линии солнечного спектра. А на Луне найдены даже следы полидиметилсилоксана, не встречающегося в земной почве. В морской воде кремния содержится даже больше, чем фосфора, столь необходимого для жизни на Земле. Поистине в роли первозданного камня использовала природа этот элемент при сотворении скальных гранитов и слюды, горного хрусталя и аметиста, изумруда и аквамарина, граната и лазурита, песка и глины. Если крупные кристаллические оксиды кремния являются основой горного хрусталя и аметиста, то агат и яшма состоят из мелкокристаллических модификаций кремнезема. А вот опал, кремнь содержат в своей основе природные гидратные формы кремнезема.

Разве не поразительна эта гамма столь противоречивых свойств и явлений и в то же время гармония света и цвета. Кристаллы кварца иногда обладают такой удивительной прозрачностью, что, по свидетельству Плиния, их считали водой, застывшей под действием сильнеешего мороза. А вот радужный опал с его волшебной игрой света — действительно результат превращений воды, составляющей его пятую часть.

По преданию, ложе китайского богдыхана делалось из нефрита не ради красоты, но дабы увеличить силу Повелителя поднебесной империи. Как бы там ни было, но до сих пор нефрит считают камнем здоровья, особенно при болезнях почек.

Здесь мы должны отметить один важный и интересный факт. Особое притяжение, сродство кремния к кислороду. Эти два самых распространенных на Земле элемента являются основой нашего мироздания, теми праэлементами, которые дали жизнь не только царству минералов, но и самой планете. Как правило, в природе кремний распространен в виде оксидов, т. е. кремнеземов и их гидратированных форм.

Многие миллиарды лет назад диоксид кремния как первый неорганический пространственный полимер явился строительным кирпичиком земной оболочки — краугольным камнем неорганического мира. Но заглянем в глубь веков...

**Из глубины веков до наших дней.** Миф о легендарном Прометее, подарившем человечеству огонь (вопреки воле

богов), знает каждый школьник. Но вряд ли всем известно что-либо о древнеиндийском культе Шалаграмы. Шалаграмой называли слоистый кремневый камень из индийской реки с древним именем Гандак. Легенда о нем, солнечном боге Вишну и богине счастья и красоты Лакшми рождена в очень древние времена.

Разве не кремний подарил людям огонь! Первый случайный удар камня о камень высек искры. И возгорелось пламя. И озарило путь человечества из тьмы веков. Огонь дал человечеству силу, тепло, пищу. Пройдут тысячелетия, и человек построит солнечные батареи. Ему на помощь придет все тот же, но особо чистый кремний. Новейшее достижение техники — волоконные световоды. И это снова кремний...

Великие умы человечества утверждали, что труд создал человека. А первым орудием труда стал кремневый топор или могучий молот. Твердость кремневых орудий — еще одно полезное качество вездесущего вещества. Для наших предков незаменимым материалом для ножей, наконечников, копий и стрел стал обсидиан — природное стекло, рождаемое остывающей лавой после извержения вулканов. И в создании более совершенного оружия не обошлось без кремния. В первых кремневых ружьях для возжигания пороха применяли тот же камень. Пористые кремнеземы уже в наше время идут на изготовление динамита.

Что может сравниться с чуть ли не первым искусственным полимером, каким оказалось стекло? Универсальное и незаменимое в быту человека, силикатное стекло заменило бычий пузырь в окнах наших домов. Солнечный луч проник в обитель человека, удлинил его день, досуг. Минули века. Но и солнечные батареи и волоконные световоды не смогли обойтись без кремния. Наиболее распространенные в современной технике световоды имеют световедущую нить из плавленого кварца. Эластичность же им придают силиконовые эластомеры. Поистине кремний — каменный чародей. Линзы телескопов открыли нам окно во Вселенную, приблизив далекие планеты и звезды. А в окулярах микроскопов ожил для нас микромир. Фотоаппаратура и оптика, хрусталь и цветная бижутерия,

электрические лампы и люстры, химическая посуда, кварцевое стекло в равной мере не могут обойтись без этого материала. Думаю, вы согласитесь со мною, читатель, что стекло — окно в мир света. А известно ли вам, что такое жидкое стекло? Этот странный термин сродни белой саже. О ней речь ниже. А жидкое стекло не что иное, как растворимый в воде силикат натрия. Кстати, в состав твердого, нормального стекла дополнительно входит оксид кальция (т. е. на один моль оксидов натрия и кальция приходится по три моля диоксида кремния). Жидкое стекло используется для укрепления грунтов и бетонных автодорог. Его применяют для придания негорючести дереву и текстилю для изготовления огнеупорных замазок. Всем известен силикатный конторский клей, но это жидкое стекло в смеси с отмученным мелом является прекрасным клеем для фарфора и обычного стекла, а в сочетании с цементом склеивает даже камни, в том числе и драгоценные. И наконец, свежие яйца сохраняются длительное время при комнатной температуре в растворе жидкого стекла.

Стеклопластики в 4 раза легче стали и превосходят ее по прочности и коррозионной стойкости. Можно было бы написать отдельную главу о ситаллах, стеклоуглероде, пеностекле и особенно о керамике. Первобытные горшки — это керамика. Тепловая защита космических кораблей — тоже керамика. Эффект сверхпроводимости у неметаллов — снова керамика.

Большинство ученых склоняются к мнению, что таинственные кусочки зеленоватого стекла, так называемые тектиты, являются пришельцами из космоса. Не ясна также и природа кремней, найденных в Ливийской пустыне в виде крупных кусков стекла. Самый крупный в нашей стране кристалл кварца найден тридцать лет назад в Казахстане и весит около семидесяти тонн.

Особо чистый кремний не перестает удивлять нас своими загадочными и неожиданными свойствами до сих пор. Атомные и солнечные батареи на спутниках и космических станциях позволили человеку использовать могучую солнечную энергию особенно там, где энергетический голод — это смерть.

Вспомните, наконец, читатель, какой элемент открыл новую эру в электронике, кибернетике? Легкий, удобный транзистор и компьютер нового поколения имеют одно сердце — особо чистый кремний.

Для защиты полупроводниковых устройств в интервале от  $-60$  до  $+200$  °C используют также компоненты на основе кремния. Одна из японских фирм затмила другие, в том числе швейцарские фирмы по производству часов лишь благодаря тому, что изобрела кварцевые часы. Эти часы гарантируют точность времени до сотых долей секунды. Тот самый кварц, застывший горный лед, проявляет при этом еще одно редкое качество — пьезоэлектрические свойства, открытые у кристаллов в конце прошлого века. Вероятно, уже в конце века нашего кремниевые фотоэлементы внесут серьезный вклад в решение проблемы энергетического кризиса. Если сжечь известные запасы ископаемого топлива, то выделится энергии примерно в сто раз меньше, чем нам дает ежегодно солнце. В отличие от атомной энергии эта преобразованная энергия не грозит человечеству никакими отрицательными последствиями, ибо гелиокремниевые электростанции не будут иметь потенциально опасных отходов, технологически уязвимых узлов и линий.

Но вернемся к оксидам кремния, вернее, тем формам кремнезема, которые не обладают завидной твердостью, игрою цвета и внешним блеском.

### **Многогранные превращения удивительного вещества.**

Речь пойдет не о таинственной субстанции, а о веществе сугубо земном, известном и весьма распространенном. Состоит эта субстанция в основном из кремнезема и глинозема. И здесь те же оксиды кремния и алюминия, которые входят в состав аметиста и рубина, сапфира и сердолика, топаза и турмалина и других драгоценных камней.

Да, перед нами обычная глина. Не из нее ли бог сотворил нашего прародителя? Вы возразите, что это лишь легенда, притча, библейский миф. Но в основе одной довольно известной научной теории возникновения жизни лежит все та же глинистая субстанция.

Говорят, что у гончаров не бывает ревматизма, радикулита и отложений солей. При работе с глиной могут затягиваться порезы, заживать раны, останавливается кровотечение. А некоторые виды белой глины до сих пор являются деликатесом на восточных базарах. В древности лекари прописывали белую глину старикам и детям, ее также назначали при разных отравлениях.

Фармацевты издавна используют глину, особенно каолин (белую разновидность) для приготовления паст, мазей, таблеток, пилюль. Современная медицина множество лекарственных препаратов выпускает в виде таблеток. Основным компонентом их является глина. Это прекрасный, универсальный адсорбент.

Обезьяны в неволе весной жадно набрасываются на глину, и в результате их шерсть становится густой и блестящей, пропадает вялость и дряблость кожи.

Мы привыкли думать, что обычная, мягкая, липкая, бурая глина — вещество аморфное. На самом деле все глины являются кристаллическими минералами, правда мелкодисперсными (по длине кристаллики не больше  $0,01$  мм). А бурый цвет глине придает примесь железа. Глина бывает бурой, желтой, красной, белой, так же, впрочем, как и пески. Цвет их зависит от примесей других атомов металлов, но основными компонентами всех глинистых минералов являются оксиды кремния, алюминия. Обратите внимание на один парадокс. Вспомните алмаз и графит. Основной элемент живой природы углерод многогранен в своих проявлениях. Но у кремния и его соединений этих разнообразных и прямо противоположных свойств и качеств значительно больше. Вот, например, белая сажа. И название какое-то чудное: само словосочетание вызывает недоумение. Под сажой мы понимаем нечто черное, аморфное, остаток после сгорания. Совершенно верно, в мире кремния очень часто встречаются и существуют взаимоисключающие друг друга явления и названия. Белая сажа не что иное, как аморфный диоксид кремния (с удельной поверхностью около  $50 \text{ м}^2/\text{г}$ ). Вещество находит широкое применение в производстве резины, красок, лаков и различных смазок. Есть еще

более мелкая разновидность. Этот высокодисперсный аморфный диоксид кремния называется аэросилом. Аэросил также находит широкое применение в производстве клеев, красок, смазок, поглотителей. Однако вернемся к свойствам глины. В этой главе речь идет о мягких формах кремнезема. Одним из таких замечательных свойств является высокая удельная поверхность белой сажи и глинистых минералов. Но самое ценное качество глины, разумеется мокрой, — ее пластичность и мягкость.

Это связано, во-первых, с гидрофильностью глины (притягиванием ею молекул воды) и, во-вторых, с ее слоистостью (чередованием слоев кремнезема и глинозема). И здесь можно говорить о различных типах кристаллических решеток, о слоях, цепях или лентах оксидов кремния (тетраэдры) и алюминия (октаэдры). Но ведь мы все прекрасно знаем, что одним из замечательных свойств кремнийорганических соединений является их гидрофобность, т. е. способность отталкивать молекулы воды. Такие соединения придают различным материалам и изделиям маслостойкость, бензостойкость, грязеустойчивость. А при необходимости могут придать и термостойкость, и огнеустойчивость. Вот так, можно сказать, в одной упряжке и лед и пламень... Но обратимся к глине, точнее, к ее особому свойству — пластичности.

Смочите глину, придайте ей форму, обожгите огнем, и вдруг оживут удивительные творения природы и рук человеческих. Вспомните тончайшие белоснежные изделия китайских мастеров из фарфора. А вот рядом голубоватый саксонский и зеленоватый японский фарфор. Индийские статуэтки и греческие амфоры, тибетские дарохранилища и скифские вазы разве не поражают своей красотой и одухотворенностью?

И как не вспомнить о необычайной по красоте стеклянной мозаике и разноцветном стекле, о котором великий Ломоносов сказал: «Пою в восторге похвалу не камням дорогим, не злату, но стеклу...»

И так на протяжении многих веков не перестают нас удивлять самоцветы и стекло, фарфор и фаянс, кварц и асбест, стеклоуглерод и карборунд, волокна и нити из карбида кремния. Неживые кам-

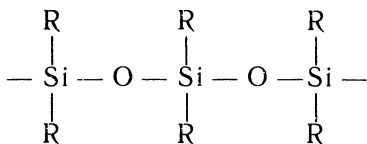
ни явились колыбелью живой материи, верно и надежно служат человечеству и поныне. И сколько тайн света, огня, цвета, энергии таит в себе это чудесное вещество...

## ЖИВОЕ В НЕЖИВОМ

На нашей прекрасной голубой планете обитает более миллиона видов живых организмов и лишь около трех тысяч минералов. Это естественно и обусловлено особенностями и скоростью эволюции живой материи и минерального царства. В отличие от химии углерода в химии кремния связи между его атомами нестабильны. Лишь силоксановые, т. е. кремнийкислородные, связи могут конкурировать по устойчивости и многообразию форм с углеродными цепями, из которых построены живые создания. Общее направление круговорота углерода и кремния, можно сказать, противоположно. Если в первом случае характерно постепенное связывание диоксида углерода, ведущее к образованию карбонатов, то во втором наблюдается, наоборот, разрушение природных силикатов и выделение свободного диоксида кремния. Итак, природа или не успела, или не смогла создать органические производные кремния. Это сделал человек чуть больше ста лет назад. Но в те давние времена, когда зарождалась жизнь на планете, неорганические соединения кремния явились матрицей для создания простейших протоорганизмов. Такой важный фактор углеродной жизни, как асимметрия аминокислот и сахаров, возник не без участия первых на планете кристаллов кремнезема — кварца. И наконец, в неживых системах именно гели поликремневой и полиалюмокремневой кислот обладают примитивной зачаточной памятью. Таким образом, кремний и жизнь как понятия и явления неразделимы, чему можно найти немало убедительных примеров.

В конце 30-х годов нашего столетия химики, скажем так, вынули из купели странный материал. На каменный скелет были посажены как бы живые углеводородные хвостики (R):





Здесь слились воедино главные элементы неорганического и органического мира — кремний и углерод. Эти высокомолекулярные соединения были названы силиконами. Их свойства зависели от соотношения атомов кремния и углерода. Так, при  $\text{R}:\text{Si} > 2$  получались вязкие жидкости, при  $\text{R}:\text{Si} \approx 2$  — каучукоподобные массы, а при  $\text{R}:\text{Si} < 2$  — твердые вещества. Материал обладал термостабильностью камня и эластичностью живой ткани. Силиконы быстро нашли практическое применение в медицине и технике. Их употребляют при лечении органов дыхания и пищеварения, при изготовлении искусственных хрусталиков глаза и клапанов сердца, в гематологии и протезировании. Силоксановая резина, названная силалпеном, совместима с живой тканью и не вызывает вредных побочных эффектов. Из силиконов делают даже искусственные артерии, сухожилия, суставы, кости. С их помощью устраняют дефекты лба, носа, подбородка, челюстей, шеи и черепа. Столь поразительная биосовместимость и биологическая инертность силиконов привела к тому, что некоторые зарубежные представительницы прекрасного пола стали делать не совсем полезные инъекции силиконовых масел в грудные железы для улучшения их формы. Эти полимеры не обладают острой и хронической токсичностью, а в ряде случаев положительно влияют на жизнедеятельность и обменные процессы живых тканей и целых организмов. Например, выживаемость инфузий при добавке полиметилсилоксанов выше, чем в чистой воде. Более детальное и подробное применение силиконов в медицине рассмотрено в ряде специальных обзоров и монографий.

Мы же хотели показать, что силиконы стали причиной чуть ли не второго рождения терапевтического кремния. Правда, это применение основано не на их физиологической активности, а, наоборот, обусловлено биологической инертностью и неожиданными, недостижимыми для углеродных аналогов физико-

химическими свойствами. Вспомним, например, фарфоровые протезы зубов, которые не уступают по красоте и устойчивости к истиранию обычным зубам. Силиконовые хрусталики для глаза легче, эластичнее, прозрачнее, долговечнее, чем таковые из других материалов.

Как ни странно, именно биологически инертные силиконы стали основой и стимулом для появления на свет биоактивных органических производных кремния.

**Растительная жизнь, или фитотерапевтическое действие соединений кремния.** По словам Луи Пастера, терапевтическому действию кремнезема принадлежит грандиозное будущее. Еще в фармацевтической практике древнеиндийской и древнетибетской медицины и позднее в народной медицине многих западных стран издавна использовались отвары, настои и экстракты из таких кремне-содержащих растений, как хвощ, крапива, горец, тысячелистник, бамбук, листовенница. К таким растениям недавно был отнесен знаменитый женьшень. Но заглянем в глубь веков...

На Древнем Востоке как особое лекарство применялось вещество, которое скапливалось в междоузлиях бамбуковых стволов. Как оказалось, это аморфный кремнезем. Так называемый банзалоган в древности использовали в смеси с различными травами. Позднее в других странах глиноподобное вещество считалось одним из лучших средств при лечении заболеваний глаз, легких, почек и желудка. В арабской литературе его именовали табаширом. С тех пор кремнезем прочно вошел в гомеопатическую практику.

Издавна в народной медицине многих европейских стран в качестве мочегонного средства, при нарушении свертываемости крови, воспалении десен, кожи используются отвары и настои из тысячелистника, хвоща, крапивы. В средневековые в западноевропейских странах туберкулез лечили экстрактами хвоща. И в настоящее время подобные препараты применяются для лечения заболеваний дыхательных путей.

В народной медицине и ветеринарии часто использовалась обычная роса. При анализе ее химического состава было найдено, что из всех природных вод роса содержит наибольшее количество раство-

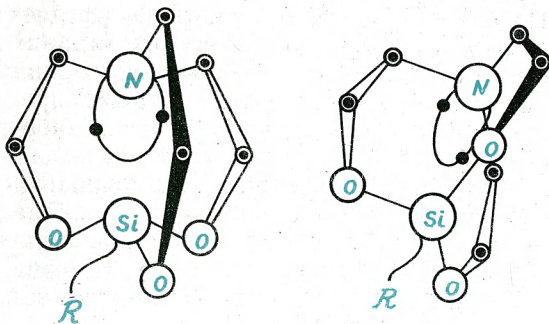


ренного кремнезема. Причем концентрация зависит от времени года: в мае его содержание в 2 раза больше, чем в августе, если иметь в виду нашу среднерусскую полосу. Хождение босиком по росе (вдали от промышленных районов) в этом смысле является не только эффективным методом закаливания, но и способствует излечиванию болезней кожи и суставов ног. Многие насекомые, птицы и звери с удовольствием пьют росу и умываются ею. Умывание лица по утрам чистой первозданной росой делает кожу мягкой, бархатной, упругой, разглаживает морщины, способствует устранению ее неровностей, прыщей, угрей. Теперь Вам понятно, дорогие читательницы, почему возник «кремниевый бум» в косметологии в последние годы? Особенно в ее применении преуспели японские, американские, корейские и французские женщины!

Пятьдесят лет назад, когда в лабораториях химиков рождались силиконы, медики пытались использовать соединения кремния для лечения туберкулеза, а агрохимики предпринимают первые попытки внедрить их в растениеводство. Но все это были отблески зари той самой кремнийорганической химии, идеи которой уже носились в воздухе.

Вторая мировая война отбросила ее рождение на два десятка лет. Лишь тридцать лет назад практически одновременно во многих странах зарождается эта новая область науки.

**Силатраны и рождение кремнийорганической химии.** В 1960 г. американские химики запатентовали новый тип кремнийорганических гетероциклов, получивших впоследствии название «силатраны». Эти многочисленные циклы обладали красивой клеточной структурой.



где роль прутьев клетки выполняли цепочки атомов азота, углерода, кислорода, а вместо канарейки в атрановой клетке порхала неподделенная пара электронов атома азота. Она была недоступна, и это привело к первому силатрановому парадоксу: эти амины не проявляли обычных свойств аминов!

Но всемирную известность и славу силатраны приобрели благодаря уникальным биологическим свойствам. В 1963 г. советские ученые обнаружили высокую токсичность арилсилатранов.

Например, фенилсилатран оказался токсичнее стрихнина, цианистого калия, кураре и других известных ядов. Природа в своих недрах не смогла создать таких совершенных ядов. Все тот же кремний в органическом обрамлении из атомов углерода, кислорода и азота вдруг обрел столь зловещие черты, что привел в замешательство многих ученых. Здесь мы сталкиваемся со вторым силатрановым парадоксом: необычайно широкий диапазон биологических свойств сочетался с отсутствием или малой острой токсичностью. Да, дорогой читатель, большая часть этих соединений менее токсична, чем аспирин, анальгин, сульфаниламиды — всем известные лекарства. И все зависит лишь от заместителя у атома кремния (R). Например, алкоксилатраны менее ядовиты, чем поваренная соль. Более того, оказалось, что жуткий фенилсилатран не токсичен для холоднокровных животных, микроорганизмов, растений и обладает видовой избирательностью, в частности, во много раз менее ядовит для обезьян, чем для уток и воробьев. Почти все арилсилатраны (в дозах ниже смертельной) вызывают возбуждение центральной нервной системы и дыхания. В принципе такие вещества способны вернуть к жизни организм, находящийся в состоянии летаргического сна или клинической смерти...

Так возникла проблема участия кремния в жизни и родился новый раздел химии. О приоритете советских ученых в этой области свидетельствуют более ста зарубежных патентов, более двухсот авторских свидетельств, десятки обзоров и три крупные монографии.

В процессе поиска советскими учеными были получены кремнийорганические со-

единения, обладающие нейтропным, ранозаживляющим, пилотропным, противоопухолевым, антимикробным, иммуностимулирующим, инсектицидным, росторегулирующим действием. Параллельно с нами французские исследователи изучали комплексы известных биогенных веществ (глицерина, салициловой кислоты) с кремнийорганическими компонентами.

Ученые одной из американских фирм обнаружили эстрогенное действие препарата, названного цисобитаном, а другая фирма даже выпустила на рынок новый родентицид на основе хлорфенилсилатрана. Западногерманские химики создают ряд модифицированных кремнием известных лекарственных средств, т. е. синтезируют кремниевые аналоги лекарственной группы дифенидола, придинола, мефенгидрамина и др.

В 1977 г. в Стокгольме состоялся Нобелевский симпозиум, посвященный биологической активности кремния и его соединений. На этом симпозиуме кремний был официально признан биологически активным элементом, а доклад советских ученых о биологической активности силатранов вызвал самый острый интерес и отклики специалистов.

В следующей главе мы расскажем о наиболее интересных работах в этой новой области науки и осветим перспективы развития ее передового края, как теперь говорят, на стыке химии и медицины.

## О ФАРМАЦИИ И МЕДИЦИНЕ

Что за странный термин «сила фармака» и что он означает? Вряд ли об этом знают даже специалисты химики и фармакологи. Кто же его придумал и когда? В этой главе автор уже не пытается удивить чем-либо читателя, но здесь нужно разбить самый трудный орешек (по кремневой терминологии — крепкий камешек). Ведь речь пойдет не о самоцветах, стекле или световодах, не об удивительных находках ученых, уже ставших реальностью. В этой трудной для автора главе (ибо неизвестно, как ее писать и даже как ее начать, чтоб не потерять повествования) речь пойдет о нашем здоровье, о жизни, о стрессах и за-

щите от них. Кто бы мог подумать, что уникальные лекарства можно создавать из песка. Вот снова парадоксы! Не кажется ли вам, читатель, что автор и сам заблудился в лабиринте столь многочисленных и неожиданных свойств одного и того же вещества.

Итак, попробуем рассказать о вторжении кремния, вернее его органических производных, в фармацию и медицину сегодняшнего дня и пометать немного о дне завтрашнем.

Лет десять назад в процессе поиска и создания кремнийорганических («сила») фармацевтических («фармака») средств родился этот столь забавный по звучанию на русском языке термин. Придумали его немецкие химики У. Ваннагат и Р. Таке. Но пионерами исследований были не они. Еще в начале нынешнего века К. Робин предположил, что соединения кремния могут выполнять защитные функции в борьбе с туберкулезом. Через три года Н. Кюн обнаружил, что некоторые соединения кремния могут замедлять развитие атеросклероза у лабораторных животных. А через полвека французские ученые М. и Ж. Лепер экспериментально подтвердили эту гипотезу. Более того, были запатентованы официальные антисклеротические препараты на основе производных (уже известных нам) силатранов. Помните красивую структуру с «хвостиком» у кремния? Французские химики разорвали одну цепочку и на этот новый конец посадили остаток фитогормона фумаровой или лимонной кислоты. Теперь у кроликов, получавших богатую холестерином пищу, атероматозные бляшки не развивались и сосуды оставались эластичными. А у контрольных животных сосуды утончались, теряли упругость, забивались, отчего и ток крови угасал. Такая же картина может наблюдаться у приматов, если их кормят жирной, калорийной пищей в избытке. Но и эти оригинальные, интересные разработки французских кремнийоргаников были лишь продолжением начатых ранее работ. А новые исследования в этой области начались в другом краю, в другой стране...

Как часто российские изобретения подхватывались за рубежом и к нам возвращались в иностранном исполнении. Затирались имена русских первопроходцев

и естествоиспытателей в своей же огромной стране, с ее неуклюжим бюрократическим аппаратом. До сих пор русская, советская наука является золотым дном, кладезем для зарубежной техники и технологий. Широка и щедра натура русская. Да ведь не только внедрять, но и продавать свои изобретения не умеем. Уж сколько раз об этом писали, говорили. Увы, внедрение новейших советских разработок в любой области науки и техники не облегчилось и сегодня. Можно, конечно, закрывать на это глаза, но ведь именно нашему поколению выпала трудная перестройка в сознании человека. Если бы автор не верил в успех самых трудных начинаний, он вряд ли сел писать эту многострадальную главу. Сколько раз мы поминали «тихим» словом генетику и кибернетику, но в конце концов ведь торжествует истина, побеждает добро. Поэтому и мы продолжим наш рассказ.

Вы уже догадались сами, дорогие читатели, что пионерские исследования биологической активности кремния проведены в нашей стране. Да, это случилось в уютной, тихой Риге и далеком Иркутске. Первые сенсационные результаты, можно сказать, родились в колбе химика Г. И. Зелчана и на операционном столе медика Г. Г. Григалиновича в стенах Рижского института органического синтеза. Исследователи были поражены, увидев, как спящие наркотизированные кошки буквально подпрыгивали на столе от ничтожных инъекций фенилсилатрана. Через пятнадцать лет на симпозиуме в Стокгольме доклад советских ученых о биологической активности силатранов был признан лучшим и вызвал наибольший интерес членов Нобелевского комитета. Вдохновитель этих работ член-корреспондент АН СССР М. Г. Воронков, ныне возглавляет Иркутский институт органической химии, в стенах которого более десяти лет работал и автор этой публикации. Здесь, в суровом таежном краю, живут и работают чудесные люди. Именно там, на берегу Байкала в Академгородке, и были найдены первые лекарственные и зооветеринарные препараты. Это было счастливое время рождения новых идей, замыслов, разработок, которые затем легли в основу нового раз-

дела химии и биологии.

Но вернемся на тридцать лет назад. Годом позже рижан американец Дж. Фессенден заменил в известном транквилизаторе (т. е. успокаивающее средство) центральный атом углерода на кремний. Кремниевый аналог мепробамата обладал свойствами транквилизатора, а его токсичность уменьшилась. Вы представляете себе, какие возможности таила эта новая область на стыке химии и медицины? Уже к концу 60-х годов биокремнийорганическая волна прокатилась по земному шару, всколыхнув всеобщий интерес к проблеме. Но это было лишь начало, а уже через десятилетие словно лавина двинулась с гор на тихую плодородную долину, какой была в те годы эта новая область. В разных точках земного шара стали возникать и расти новые биоцентры. В каждом из них рождалось свое направление, но главным объектом внимания был все тот же кремний, точнее, его органические производные. Началась серьезная работа, появились серийные сообщения из разных стран. И вот уже свершилась бескровная революция в фармации. Во Франции в фармакопею вошел первый в мировой практике кремнийорганический препарат для лечения различных воспалительных заболеваний (конженктил). Можно лишь с грустью развести руками. Ведь у нас еще в начале 70-х годов был создан и успешно прошел клинические испытания в качестве средства для лечения ран, ожогов и некоторых видов алопеции подобный же препарат (силимин). Увы, мы не стали первыми. Более того, авторы этого «средства для роста волос» в процессе его внедрения уже почти потеряли остатки своих волос. А воз и ныне там. Кто в этом виноват? Уж во всяком случае не французы. Успех профессора Дюффо, создавшего свой препарат, — конечно, не случайность. Ведь среди французских ученых — представители научной школы, рожденной еще во времена великого Пастера.

И тем не менее есть такой факт. Сейчас пострадал лишь приоритет советской науки: через десять лет уже будет страдать экономика, ибо мы будем вынуждены закупать на валюту новые эффективные лекарства, гербициды, инсек-

тициды, ретарданты на основе кремния. Аналогичная ситуация сложилась и в химии германия: несмотря на приоритетные советские работы, первые германиевые препараты были созданы и используются в клинической практике Японии.

Но вернемся к кремниевым лекарством. Как же их все-таки делают? Очень просто. Возьмите известное лекарство и замените один или несколько атомов углерода на кремний. Именно таким путем пошли уже упомянутые немецкие химики — при создании кремниевых аналогов придинола, дифенидола, мефенгидрамина. В основе этих работ лежит известная в свое время гипотеза Ф. Велера и А. Ладенбурга о том, что кремниевые аналоги не должны заметно отличаться по физико-химическим свойствам от своих углеродных родителей. Но, увы, очень часто замена углерода на кремний не приводила к успеху.

Тогда ученые попробовали просто ввести в молекулу лекарственного вещества силильные группы. Например, меняли один или несколько атомов водорода на триметилсилильную группу. И вновь пришел успех. А с ним и разочарования, поскольку этот метод тоже не универсален. Тем не менее удалось синтезировать множество силопроизводных цефалоспоринов, стероидных гормонов, пенициллинов, простагландинов, гепарина, холина, анестезина, мочевины.

Есть третий путь создания новых препаратов. Этот путь можно сравнить разве что с полетом в облаках или поиском алмазов в необъятных сибирских землях, а лучше — с поиском иголки в стоге сена. Так казалось нам в начале пути создания веществ, не имеющих углеродных аналогов. В основе всего лежали те самые силатраны, о которых здесь уже столько сказано. Начинать всегда трудно. Мы были пионерами и брели в потемках, спотыкались, падали. Сколько было неудач, разочарований, и как мы радовались крупным успехам. Не было у нас уникального оборудования, не было опыта, и в маленьком самодельном виварии животные мерзли зимой. Химики, биологи и токсикологи жили тесно, но дружно.

Как мы проводили поиск? Очень просто. Всем известно, например, что сок свежей капусты излечивает язву желуд-

ка. В нем содержится витамин У (метилметионинсульфония хлорид), т. е. серосодержащая аминокислота. Мы подумали, хорошо бы ввести в молекулу атомы серы или фосфора. Попробовали, и нам действительно удалось ввести в молекулу силатранов атом серы. Тиопроизводные проявили противовоспалительное действие. Затем мы получили набор фосфорсодержащих силатранов, среди которых обнаружили вещества, благотворно влияющие на кроветворную систему. Много труда стоило синтезировать фторо- и йодопроизводные, но зато родились новые нейролептики (средства против стрессов). Среди аминокислотсилатранов были обнаружены потенциальные противораковые средства. Силатрановые производные гетероауксина обладали высоким росторегулирующим эффектом. При этом они проявляли ранозаживляющее действие на животных. Было синтезировано более пятисот кремнийорганических соединений. При этом мы помнили про белую глину и обезьянок, про атеросклероз и процесс старения. Сперва мы пробовали лечить язвы, раны, ожоги у кроликов и морских свинок. Первый серьезный успех пришел с рождением класса хлоралкилсилатранов. Самым простым и загадочным соединением оказался хлорметилсилатран. Да, это новый препарат мивал. На его основе и была создана мазь силамин для лечения ран и ожогов. Мы-то знали, что тальк и глина ускоряют заживление ран, порезов, язв. И это подтвердил наш первый и главный опыт, проведенный над длинно-волосой морской свинкой. Это тоже действие силимина. Фото симпатичных обросших волосами зверьков обошли многие журналы мира. Потом были клинические испытания, проверка препарата зарубежными специалистами. Сейчас идут серии французских и японских патентов на применение подобных препаратов в косметологии и парфюмерии. И все-таки автор надеется, что первое средство для лечения болезней волос на основе силимина вскоре появится в нашей стране. Благодаря энтузиазму и многолетним усилиям сотрудников биофака Казанского государственного университета досконально изучен метаболизм хлорметилсилатрана, т. е. его распад в организме и поведение оскол-

ков, их влияние на микроорганизмы, взаимодействие с фауной. И вот вторая после открытия токсичности арилсилатранов поразительная находка. Хлорметилсилатран, который вот уже второй десяток лет не перестает удивлять химиков, физиков, биологов, медиков, агрохимиков, преподнес своим авторам еще один приятный сюрприз. Вещество оказалось экологически чистым биостимулятором, безвредным даже для почвенных микроорганизмов. Представьте себе, уважаемый читатель, что эти ценнейшие для народного хозяйства исследования были проведены благодаря энтузиазму казанских микробиологов, московских и иркутских биохимиков без какого-либо материально-технического обеспечения (мивал зарегистрирован как первый советский кремнийорганический регулятор роста растений, разрешенный для применения в сельском хозяйстве). Стоимость их, по зарубежным данным, составляет более ста тысяч долларов. И здесь можно открыть секрет успехов кремнийорганической химии. Нет, не удалось бы рижским, иркутским и московским исследователям поднять целину совершенно новых разработок за столь короткий (двадцать лет) исторический период. Фактически все ведущие институты страны включились в решение этой проблемы. От Ялты и Одессы до Владивостока, от Перми и Кирова до Ташкента и Душанбе. Десятки учреждений, сотни людей. Мне хочется верить, что и эта публикация вызовет интерес и поддержку научной общественности. Признаюсь вам, читатель, что цель данной статьи — сделать проблему биологической активности кремния не только увлечением небольшого числа кремнийоргаников в разных городах страны, но и достоянием научной общественности, народа и государства в целом. Проблема имеет общенациональное значение. В биоскрининге наших соединений принимали и принимают участие зарубежные фирмы «Цианамид» (США, 1978), «Кимура», «Куреха», «Сумитомо» (Япония, 1980, 1986—1987), «Велла» (ФРГ, 1983—1984) и социалистические страны по линии СЭВ. Медицинские проблемы и задачи сельского хозяйства здесь тесно переплетены, и это тоже естественно.

Каково же состояние проблемы в мире на сей день? Мы укажем лишь некоторые из разработок, ибо число публикаций в этой области только за пятилетний период превысило две тысячи, т. е. возросло более чем в сто раз. Американские ученые показали, что кремний служит структурообразующим элементом в составе коллагена и мукополисахаридов. А это значит, что элемент участвует в метаболизме соединительной ткани. Вот почему так быстро заживали раны, язвы и ожоги от мивала. Обнаружено также, что кремний может принимать активное участие в биосинтезе ДНК. Швейцарские и американские лаборатории завершили клинические испытания препарата (цисобитана) для лечения опухолей простаты. В ГДР профессор Г. Рюльман выявил новые средства для лечения болезни Паркинсона. Глубокие, серьезные работы провели западногерманские центры, где удалось получить целую серию оригинальных кремниевых аналогов известных спазмолитиков, анестетиков, антиаритмических и гистаминолитических средств. Профессор У. Ванагат из Брауншвейга в своих исследованиях посягает даже на теорию запахов: из ароматических веществ с запахом свежей рыбы были получены аналоги с запахом... цветов. Например, нежный аромат ландыша дает соединение, которое при замене углеродного атома на кремниевый приобретает запах гиацинта. Вот к чему может привести замена лишь одного атома углерода на кремний в одной и той же формуле. Разве не о таких чудесах мечтали алхимики, колдуя в своих лабораториях.

Японские химики запатентовали ряд новых малотоксичных противораковых препаратов. Аналогичные противоопухолевые средства на основе циклофосфамида в сочетании с аминокислотами предложили польские ученые. Однако впервые противоопухолевое действие кремнийорганических соединений обнаружили советские ученые за десять лет до этих работ.

Китайские исследователи еще не создали оригинальных кремниевых лекарств, но уже выбрали пути их поиска: основное внимание уделяется изучению структуры и биологической активности

силатранов.

В Индии по традиции предпочтение отдается силилированию и модификации природных соединений. Правда, профессор Р. Меротра из Джайпура успешно работает в области синтеза потенциальных физиологически активных соединений кремния и германия. Мы не знаем ничего о подобных японских, китайских, индийских лекарствах, нет пока таких препаратов в восточной медицине, но есть тенденция к их развитию. Там, на Древнем Востоке, они родились тысячелетия назад. Вспомним индийский бензалоган, он же арабский табашир. В Японии, как уже говорилось, более активно, чем в западных странах, используются соединения кремния (в основном силиконы) в косметологии. Своеобразный бум в этой области наблюдается в Южной Корее.

Один из первооткрывателей силатранов С. Фрай специально исследовал влияние соединений кремния (преимущественно силиконов) на здоровье человека и окружающую среду. Американский ученый утверждает, что молекулы силиконов имеют большие размеры и не проникают через биомембраны, а значит, не оказывают вредного воздействия на глаза (искусственные хрусталики), кожу и внутренние органы (протезы сосудов, тканей) и дыхательные пути (аэрозоль). Однако силиконы в отличие от кремнийорганических соединений (со связями  $\text{Si}-\text{O}-\text{C}$  и  $\text{Si}-\text{C}$ ) более устойчивы к гидролизу и с трудом поддаются разложению в почве, в воде микроорганизмами.

В США и Японии были проведены специальные исследования по определению остаточных количеств силиконов в воде рек, донных осадках и речной рыбе. В Японии в водах реки Нагары их содержание колеблется в пределах от 2,0 до 54,2 мкг/л. В осадках реки Потомак в США содержание силиконов составляет 0,4—3,1 мкг/г. Эти данные мы приводим не случайно. Отсюда следует важный вывод. Во-первых, бездумное использование любого изобретения человечества может привести к непредвиденным и непоправимым последствиям. Во-вторых, экологически чистые, безвредные для фауны и флоры препараты для медицины и сельского

хозяйства могут быть созданы именно на основе органических соединений кремния. Вот почему так высок интерес во всем мире к новым лекарствам и пестицидам, содержащим именно этот распространенный в природе элемент.

Мне кажется, читатель, что автор несколько утомил вас специальной химической и медицинской терминологией. Тогда давайте передохнем и расслабимся. Каким образом? Вот тут-то о вас и побеспокоились специалисты, создавшие целую серию психотропных средств, обладающих успокаивающим, обезболивающим, антистрессовым, наркотическим действием. В наш век бешеных скоростей, сумасшедшего ритма жизни, избытка стрессов и неврозов рождаются новые производные кремния, чтобы в очередной раз помочь выжить человеку. Если тысячелетия назад кремний спасал человечество от холода и голода и других испытаний дикой природы с помощью кремня, кирпича, топора, стекла, то теперь, можно сказать, от издержек современной цивилизации. Уже найдены эффективные кремниевые аналоги миорелаксантов (веществ, расслабляющих мускулатуру) и нейролептиков (веществ, устраняющих психозы). Среди известных миорелаксантов можно назвать яд кураре, а недавно были созданы подобные препараты на основе соединений кремния.

Класс их расширяется, исследования развиваются в США, ФРГ, СССР. Но значительно раньше, в начале 70-х годов, нам удалось обнаружить среди фторпроизводных силатранов вещества, благотворно действующие на ослабленную или растроянную центральную нервную систему. Так, фторпроизводные иоэтилсилатрана резко понижают двигательную активность животных и даже повышают их выживаемость от смертельных доз коразола в 2—3 раза и в 5 раз увеличивают наркотическое действие некоторых известных препаратов. Седативным (успокаивающим) и антистрессовым действием обладают силатранилпропиловые эфиры фторсодержащих кислот.

Исходя из уже полученного, можно переходить и к адаптогенам, т. е. средствам, помогающим выжить живым организмам в экстремальных условиях.



Давно известны женьшень и золотой корень (родиола розовая). А вот про кремниевые адаптогены вряд ли кто слышал. Пока нам удалось создать такие средства для растений, насекомых и микроорганизмов, о чем рассказывается в следующей главе. Подобные адаптогены для человека еще не созданы, но стимуляторы иммунной системы животных были обнаружены нами лет десять назад. Вообще наше здоровье так тесно связано с кремнием, что даже специалисты порой не могут понять, в чем тут дело. Есть основание полагать, что сам процесс старения связан с уменьшением содержания кремния в организме. Более того, такие заболевания, как туберкулез, диабет, проказа, гепатит, гипертония, дизентерия, катаракта глаза, ревматизм, артриты, язва желудка, рак, в определенной мере связаны либо с понижением концентрации кремния в крови, тканях и органах, либо с нарушением обмена его соединений. Но это уже проблемы геронтологии и медицины, а сейчас мы рассматриваем проблемы биохимии кремния. Период рождения и становления этого нового направления завершен. Первые препараты пошли в клинику, в жизнь. Мне довелось встречаться и беседовать практически со всеми ведущими специалистами в этой области в нашей стране и за рубежом. Все мы понимаем, что речь идет об очень трудной проблеме. Но всех нас, к сему причастных, не покидает чувство какой-то внутренней уверенности, радости, осознания, что труд этот важен и нужен людям. Можно надеяться, что наша страна все-таки сохранит свой приоритет в этой области.

Творческая мысль японских ученых удивляет весь мир. И пока автор этой статьи работал, в Японии были заявлены первые два патента на препараты из класса силатранов. Так, например, запатентован ряд серо- и азотсодержащих силатранов в качестве карциностатических средств. Итак, мы опередили дальновидных и изобретательных японцев в этом направлении на двадцать лет. Это на сегодня. Как хочется быть уверенным в завтрашнем дне...

## О ПРИРОДЕ И ЧИСТОТЕ

Уже в глубокой древности люди заметили, что для борьбы с болезнями и вредителями растений можно использовать определенные природные вещества. Так возникла идея химической защиты растений. Два тысячелетия назад Плиний Старший предложил не только классификацию вредных насекомых и болезней растений, но и меры борьбы с ними. Например, против гусениц виноградной лозы он рекомендует смесь оливкового масла, смолы и серы (в соотношении 2:1:1). Настоящей революцией в земледелии явилось использование минеральных удобрений.

Известно, что убытки от вредителей, болезней растений и сорняков составляют в среднем пятую часть мирового урожая. Поэтому мировой объем производства пестицидов постоянно растет. Среди них первое место занимают фосфорсодержащие пестициды. Наряду с достоинствами таких пестицидов хорошо известны и их недостатки: неприятный запах, а при злоупотреблении и токсичное, мутагенное или канцерогенное действие. Между тем изучение роли кремния в живой природе открыло широкие перспективы использования его соединений в сельском хозяйстве.

Впервые соединения кремния в сельскохозяйственной практике попытались использовать американские ученые. В растениеводстве это были полидиметилсилосканы (1957 г.), в зооветеринарии — хлорфенилсилатран (1970 г.). Правда, попытки использования соединений кремния в сельском хозяйстве предпринимались в ряде стран еще полвека назад, но война помешала развитию этих работ. И вот теперь в разных странах в этом направлении достигнуты первые реальные успехи. Но в нашей статье речь пойдет не просто о применении соединений кремния в сельском хозяйстве, но о создании и перспективах применения экологически чистых (безвредных) средств химизации сельского хозяйства. Что это такое — экологически чистые средства? Разве это новейшее изобретение науки? И да, и нет. Нет, если вспомнить такие безвредные средства защиты растений, как зола, сера, известь, настой чеснока, листьев



томатов, ромашки. Да, если мы назовем лишь печально известные ДДТ, бутифос. Эти и большая часть известных средств защиты растений не могут легко и быстро подвергаться разложению, т. е. эти вещества накапливаются в почве, водоемах, организмах растений и животных, и не просто накапливаются, а губят братьев наших меньших. Страдает фауна и флора, а в конечном итоге сам человек.

Тем не менее в обозримом будущем вряд ли человечество откажется от химизации сельского хозяйства. Поэтому мы считаем создание безвредных экологически чистых препаратов главной задачей современного сельского хозяйства. В этой главе мы не будем описывать состояние дел за рубежом по двум причинам. Во-первых, ни в одной стране мира таких средств еще нет, а точнее, их широко не применяют нигде, кроме нашей страны. На прошедшей недавно в Москве международной выставке «Химия-87» ни одна страна, ни одна фирма не представили каких-либо новых интересных сведений в этой области. Во-вторых, как бы мы ни отставали в передовых технологиях возделывания сельскохозяйственных культур, идея создания безвредных для фауны и флоры кремниевых препаратов возникла и обрела зримые черты в нашей стране. Выразителем этих идей является и автор настоящей работы. Идея витала в воздухе еще десять лет назад, но лишь глубокие и детальные исследования казанских микробиологов и генетиков подтвердили реальность высказанной идеи. Ну об этом чуть позже. А пока мы приведем вам такие устрашающие цифры, опубликованные всего четыре года назад американскими экономистами: сроки создания и внедрения одного препарата (от лаборатории до поля или клиники) увеличились с 5 лет в 50—60-е годы до 12 лет в 70—80-е, а стоимость всех работ возросла более чем в 10 раз. Мы уже сетовали на трудности внедрения разработок в практику в нашей стране. У нас эти сроки доходят до двух десятков лет, к тому же ассортимент препаратов довольно беден. В чем же причины? Прежде всего в подходе к проблеме, в психологии разработчиков. Скажем, специалисты мно-

гие годы стремились не к созданию собственных оригинальных средств, а к модификации уже известных за рубежом, частичному повтору зарубежных патентов. В области создания пестицидов основное внимание было направлено на поиск таковых среди хлорорганических соединений и производных фосфора. Аналогичный поиск среди соединений кремния начался с открытием высокой токсичности силатранов практически одновременно в США и в СССР. В отличие от американцев наш интерес был сосредоточен на изучении возможности применения таких веществ в растениеводстве. О свойствах и применении уже известного биостимулятора — мивала — писали в прессе. Это был только научный поиск. В настоящее время ситуация резко изменилась к лучшему. Благодаря личной инициативе заместителя министра Минхимпрома С. В. Голубкова и директора Государственного научно-исследовательского института химии и технологии элементоорганических соединений Е. А. Чернышева на базе балашихинского отдела института была создана лаборатория биокремнийорганической химии, которую возглавил автор этих строк. А в лабораторию приглашены молодые талантливые ученые: химики, технологи, биологи. Затем была создана лаборатория токсикологии и биоскрининга. Конечно, проблем у нас хватает, но за эти неполные пять лет московским исследователям удалось сделать то, что не удалось осуществить иркутским первопроходцам более чем за пятнадцать лет усилий. Поставив конкретную задачу, мы разработали технологию получения мивала, оформили техническую документацию, создали установку и наладили его опытно-промышленный выпуск. Все это позволило завершить государственные испытания препарата в растениеводстве и все доклинические исследования для его передачи фармацевтам. Это не значит, что в арсенале советских кремнийорганических нет других интересных разработок. В каждом из крупных центров (рижском, иркутском, московском) есть оригинальные новинки, но степень их проработки не выходит за пределы лабораторий, клиник или опытного поля, поэтому писать о них рано.

Государственные испытания мивала на хлопчатнике были успешно завершены еще четыре года назад, а через год началось его производственное использование в Узбекистане. Позднее мивал уже использовался не только в Узбекистане, но и в Казахстане, Киргизии, Азербайджане. Что же дает применение препарата на хлопчатнике? Прежде всего повышается его урожайность на 2,5—8,0 ц/га, сортность хлопка-сырца и качество хлопкового волокна. Но главное в другом. Этот кремниевый препарат придает семенам и проросткам устойчивость к почвенной влаге, весенним заморозкам, корневой гнили, обеспечивая тем самым дружность всходов. Экономится элитный семенной фонд, отпадает острая необходимость в тяжелой болезненной и убыточной кампании пересева. Молодой энергичный председатель колхоза «Правда» Ташкентской области Е. Н. Насибаев рискнул и оставил под мивалом поле «мокро» весной без пересева. Поле отблагодарило людей полноценными ранними и дружными всходами хлопчатника, когда земля в других хозяйствах была еще мертва. Колхоз уже весной сэкономил несколько тысяч рублей только на семенном элитном фонде. Ну а осенью такое поле дало дополнительный урожай — прибавку в 4,0 ц/га хлопка-сырца. Так, впервые в мировой сельскохозяйственной практике началось применение препаратов нового поколения.

Нельзя не отдать дань уважения и благодарности специалистам Госагропрома СССР Ю. А. Вяткину, А. А. Виноградову и бывшему председателю РНПО «Узсельхозхимия» А. А. Уркинбаеву, ставших выше ведомственных страхов и опасений. Основную же трудность внедрения вынес на своих плечах узбекский специалист-хлопковод У. Н. Мадраимов. В это же время казанские микробиологи А. Н. Фаттахова и Е. Н. Офицеров показали, что мивал не угнетает почвенные бактерии и может утилизироваться штаммом деструктором — дрожжами. На фоне глюкозы, этанола, метанола, сукцината и глицерина осуществляется полное разложение мивала в течение суток. Причем дрожжи используют силатран в качестве единственного источника азо-

та, но не углерода. И самое главное — выделены и идентифицированы метаболиты хлорметилсилатрана. Повторяем, эти биохимические исследования выполнены в инициативном порядке руками энтузиастов. Года три назад известный западногерманский кремнийорганик Р. Таке писал: «Замена атома углерода на кремний в молекуле физиологически активных соединений представляет новую стратегию создания лекарственных средств. Однако результаты этих модификаций требуют детальной проверки, так как до сих пор не исследован метаболизм кремнийорганических соединений». В этом плане исследования казанских ученых представляют особый стратегический интерес, поскольку дают право стране смело выходить на мировой рынок. Попытки изучения метаболизма кремнийорганических соединений предпринимались и ранее. Американские ученые показали, например, что триметилсиланол и гексаметилдисилоксан при введении в организм крыс или обезьян выводятся за сутки полностью. Циклотетрасилоксаны выводятся через двое суток в виде различных кремнийсодержащих спиртов (силанолов). Тонкие эксперименты касались определения содержания кремния в различных тканях и органах животных и его влияния на живые организмы. Все эти работы, однако, не позволили сделать вывод о возможности создания безвредных для человека и окружающей среды кремниевых средств защиты растений.

Лишь проведенные за последние два десятилетия исследования (влияния силатранов на хлореллу и планарий, дафний и карпов, диатомей и дрожжей на сообщества почвенных микроорганизмов) на десятке поколений столь любимой генетиками всего мира знаменитой мушки-дрозофиллы могут свидетельствовать о правомерности высказанных автором настоящей работы взглядов.

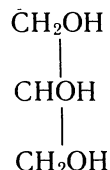
Видимо, не стоит утруждать читателей изложением результатов этих сложных экспериментов. Но поверьте мне, что плодовитость, жизнеспособность водорослей, червей и рыбок, мушек и пчел изменились в лучшую сторону. Могу вас заверить, что мы изучали даже ка-

чество продукции после применения кремнийорганических биостимуляторов. Помидоры и огурцы, яблоки и абрикосы, картофель, кукуруза, сахарная свекла и редис не теряли своих вкусовых качеств, а во многих случаях повышалось содержание аскорбиновой кислоты (витамина С) и углеводов. Кстати, улучшались качества шелковой нити гусениц тутового шелкопряда и качество хлопкового волокна. Мы с удовольствием пробовали куриные яйца после скармливания курам мивала или мигугена. Можно было бы привести многочисленные цифры, табличные данные, где доказано, что хлорметилсилатран и другие биоактивные соединения кремния не обладают мутагенной активностью, не оказывают канцерогенное, тератогенное действие. Все это мы описали в советских и зарубежных научных журналах, защитили авторскими свидетельствами и зарубежными патентами. Но хочется показать и другую сторону этой проблемы — проблему использования экологически чистых средств защиты растений, и прежде всего регуляторов роста растений.

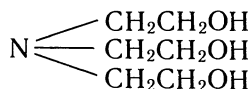
В погоне за повышением урожайности основных сельскохозяйственных культур в нашей стране резко увеличился расход азотных удобрений. К чему это привело? Теперь уже многие испробовали горькие дыни, безвкусные арбузы или огурцы, кто не удивлялся странному вкусу или запаху картофеля, томатов, салата, редиски? Вся эта продукция плохо хранится, быстро разлагается. Мы стали бояться химии. Слово-то стало нарицательным. Выход из этого тупика есть. Если использовать адаптогены и регуляторы роста, то можно резко снизить дозы внесения азотных удобрений в почву, изъять значительную часть химикалий из обихода земледельца при сохранении уровня урожайности сельскохозяйственных культур на современном уровне. Такие эксперименты в течение ряда лет мы проводили на хлопчатнике в Ташкентской области, на картофеле под Москвой, на сахарной свекле на Украине.

Кремнийорганические биостимуляторы могут выступать в роли адаптогенов, т. е. повышать устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды,

например к засухе или к заморозкам. В этом направлении интересные результаты уже получены специалистами Ялты на виноградной лозе и специалистами Казани на пшенице. Одним из специфических свойств кремнийорганических соединений является их гидрофобность, т. е. антипатия к воде, отталкивание воды. В этом плане весьма перспективными кажутся исследования наших коллег по гидрофобизации семян озимых злаков. Если на яровых применение регуляторов роста дает прибавку урожая в 2—5 ц/га при урожайности 18—40 ц/га, то на озимых прибавка составляет 10—12 ц/га при урожайности 55—65 ц/га. А чтобы эти цифры не показались выдумкой, фантазией, сошлемся на работы казанских биологов по изучению влияния мивала на водообмен растений. В опыте наблюдалось уменьшение общего количества воды, и прежде всего замерзающей воды. Знаете ли вы, почему лягушка зимой спит себе спокойно при  $-40^{\circ}\text{C}$  и не замерзает. У нее в крови большое количество глицерина. Это трехатомный спирт:



Ну а в молекуле силатранов тоже остаток трехатомного спирта — триэтанол-амина:



Растение или живая ткань гибнет от того, что кристаллики льда внутренней воды (крови, лимфы) разрывают эту ткань. Если генетикам, селекционерам требуются десятки лет упорной работы по выведению зимостойких сортов пшеницы, то обработка семян кремнийорганическими криопротекторами может экономично, быстро и эффективно решить проблему. Более надежный, но трудоемкий и дорогой процесс сочетает в себе гидрофобизацию семян и опрыскивание проростков.

Следовало бы сказать несколько слов

и о предполагаемом механизме действия силатранов на клетку, на биомембраны. Хочется показать, как они влияют на аминокислоты и белки, рассказать о влиянии силатранов на окисление липидов, на терморегуляцию и фотосинтез в растениях, поведать об увлекательном поиске кремнийорганических гербицидов и антидотов. Можно было рассказать и о перспективах замены злополучного дефолианта хлопчатника бутифоса безвредными кремниевыми дефолиантами (дихлосил и ситрел) и о многом другом. Но это будет уже другая работа. Мне не хотелось бы, чтобы читатель расценил эту главу как очередную хвалебную песнь, но уже не глине, стеклу, керамике, а силатранам или мивалу. Нет, здесь мы предприняли попытку ознакомить читателя с проблемой создания экологически чистых средств защиты растений. Ответ даст сама жизнь.

## РЕДАКЦИОННЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

### В поисках новой сверхпроводящей керамики\*

Как и в любом другом случае, когда мы имеем дело с твердым веществом и пытаемся искать взаимосвязи его состава с различными свойствами (т. е. занимаемся тем, что называется химией твердого тела), их важнейшими характеристиками являются именно кристаллохимические. Знание точных положений атомов в решетке, величин межатомных расстояний, наличия и характера дефектов (распределения катионных и анионных вакансий, искажения координационных полиэдров вокруг атомов) — все это дает возможность с достаточной достоверностью предсказывать свойства сложного вещества.

Характерным примером этому служит пара двойных оксидов  $\text{BaNiO}_3$ — $\text{BaCoO}_3$ . Было известно, что первый из них имеет гексагональную структуру, в которой вдоль оси  $c$  расстояния никель—никель короче, чем в металлическом никеле,

и характеризуется металлической проводимостью с анизотропией вдоль различных кристаллографических направлений. Предполагалось, что если второй оксид имеет ту же структуру, то должен также обладать аналогичными характеристиками. Почти одновременно это было подтверждено экспериментально несколькими исследователями — все оказалось именно так. Двойной оксид (хотя и был получен с дефектами в анионной подрешетке) проявлял металлическую проводимость с анизотропией параллельно и перпендикулярно кристаллографической оси  $c$ , а расстояния кобальт—кобальт действительно оказались короче, чем в металлическом кобальте (кстати, несмотря на хорошие электрические свойства, оба оксида не обнаруживают сверхпроводящих свойств по крайней мере выше 4,2 К).

В случае же оксидных высокотемпературных сверхпроводников, особенно при обычном соотношении входящих в них элементов (1—2—3), где не только наличие анионных дефектов, но и характер их упорядочения играет определяющую роль в сверхпроводящих свойствах соединения, кристаллохимический аспект выступает на первый план. Это тем более важно, что до сих пор нет строгой корреляции между параметром элементарной ячейки и точным содержанием кислорода. Например, у известного соединения  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  наиболее высокой температурой перехода обладают образцы с величиной  $x$ , равной 0,05—0,12 при значениях параметра  $c$  в области 11,64—11,70 Å. Однако выявить определенную зависимость параметра решетки от значения кислородного индекса пока не удалось. В частности, это связано с невысокой точностью определения последнего. При этом надо также учитывать, что определенное влияние на сверхпроводящие свойства соединения могут оказывать смещения катионов от их идеального положения в структуре и отклонения от стехиометрического соотношения катионов.

Следует также учитывать, что в целом вследствие возможности постоянного обмена кислорода между веществом и воздухом твердая фаза может быть в истинном представлении набором нескольких фаз (характеризующихся лишь не-

\*Продолжение (см. предшествующую брошюру).

значительным различием в кислородном индексе, но различным упорядочением дефектов в ближнем или дальнем порядке). Наличие такого кислородного обмена установлено во многих исследованиях, хотя количественные оценки его кинетики и диффузии в сверхпроводнике немногочисленны и противоречивы. Это также связано с различной плотностью исследуемых керамических образцов. Наблюдаемое в ромбической фазе сверхпроводника двойникование и образование доменов еще больше усложняют понимание истинной картины.

Возможно, что наблюдаемые фазовые переходы (как при гидростатическом давлении, так и в его отсутствие) также связаны общим механизмом обмена кислородом и упорядочением дефектов. То, что эти фазовые переходы обуславливают изменения критической температуры сверхпроводника, только подтверждает все сказанное выше. Если учесть, что проводимая различными исследователями термообработка керамических образцов в кислороде (в широком интервале парциальных давлений и температуры) также вносит дополнительные штрихи в еще незаконченную картину, то можно говорить только о влиянии различных факторов. Полного же объяснения пока дать не удастся. И конечно же, потеря кислорода во всех этих процессах также вызывает различные фазовые переходы, сопровождающиеся изменением критической температуры.

Действительно, кинетические исследования кислородного обмена приводят иногда к неоднозначным результатам. Суть этого, по-видимому, заключается в том, что двойникование в исходных образцах вызывает и некоторые изменения в ориентации зерен керамики относительно друг друга. Поэтому получаемые результаты можно по-разному объяснить. В ряде случаев следует трактовать наблюдаемое явление как упорядочение анионной подрешетки в кристаллографическом направлении  $c$ , а в других можно рассматривать преобладание этого упорядочения в плоскости  $ab$ . Как уже говорилось, очень точное определение индекса также не способствует полной ясности рассматриваемого явления.

Попытки применения различных физи-

ческих методов к успеху пока еще не привели. Например, dilatометрические исследования в атмосфере кислорода, воздуха и аргона дают интересные результаты, но опять же мешает не точное определение кислородного индекса. Исследуемый образец имел ромбическую структуру с известными параметрами элементарной ячейки и критической температурой 92 К. Во всех трех изученных атмосферах наблюдался фазовый переход при 400 °С. Второй же фазовый переход уже зависит от состава атмосферы — в кислороде и на воздухе вблизи 700 °С, тогда как в атмосфере аргона около 550 °С. Очевидно, что здесь сказывается прямое влияние кислородного обмена. Подтверждением этого является также существование гистерезиса перехода, не наблюдаемого на воздухе и в кислороде. В области температур 400—600 °С был зафиксирован высокий коэффициент линейного расширения. В многократных повторных экспериментах был установлен переход низкотемпературной ромбической фазы с соотношением параметров элементарной ячейки  $a < b = c/3$  в высокотемпературную ромбическую фазу с соотношением параметров  $a < b < c/3$ . Подобный фазовый переход можно в первом приближении сравнить с диффузией кислорода из одной кристаллографической позиции (0; 1/2; 0) в другую (1/2; 0; 0).

Примерно такая же картина наблюдается в низкотемпературной области при измерении теплопроводности или удельной теплоемкости, хотя природа переходов здесь уже не связана непосредственно с удалением кислорода из исходной ячейки. Тем не менее в зависимости от предыстории подготовки образца и чувствительности измерительной аппаратуры, при различных температурах, фиксируются некоторые аномалии. При сравнении данных, полученных различными методами, температура таких аномальных явлений совпадает только в точке перехода в сверхпроводящее состояние, хотя наблюдается и несколько других общих точек. Как уже говорилось, очень часто наблюдается аномалия вблизи 220 К. Некоторые исследователи приписывают это наличию остаточного карбонат-иона при синтезе карбоната

бария. Существует также мнение о фазовом переходе в керамическом образце. Возможно, что в этой точке сказывается влияние двух эффектов.

Приложение к образцам гидростатического давления также оказывает влияние на наличие фазовых превращений, прежде всего за счет заторможенности различных внутрискруктурных превращений. В целом для керамических образцов указанного типа приложение давления повышает удельное электросопротивление в 2—3 раза при давлении до  $\sim 2$  ГПа меняет форму зависимости этих величин. При внешнем давлении  $> 1$  ГПа участок зависимости от 140—120 К до начала сверхпроводящего перехода часто имеет вид, характерный для полупроводника. Приложение давления также сказывается на температуре перехода сопротивления в нуль и ширине сверхпроводящего перехода. Для рассматриваемых образцов при повышении давления от нуля до 1,5 ГПа ширина перехода увеличивается вдвое при сохранении температуры начала перехода или (что удивительно) даже при некотором увеличении ее на 1—3 К в области давлений до 1,5 ГПа. Дальнейшее повышение давления приводит к расслоению образца при давлениях более 2 ГПа, что сопровождается образованием фаз неизвестной структуры, и разложению сверхпроводника. Одним из необъяснимых пока факторов действия высоких давлений на указанные керамические сверхпроводники является выделение металлической меди в продуктах разложения.

Вообще, как стало ясно после двухгодичного исследования, высокотемпературные сверхпроводники плохо переносят любые воздействия прежде всего из-за своих структурных особенностей.

Воздействие  $\gamma$ -излучения несколько зависит от мощности источника и времени облучения, а также от микрооднородности сверхпроводника, но конечные результаты воздействия все же сопоставимы. При определенной мощности облучения наблюдается резкое понижение температуры перехода в сверхпроводящее состояние. Для образца с критической температурой 95,3 К наблюдалось ее снижение на 5 К, но при даль-

нейшем облучении наблюдается сдвиг в сторону ее увеличения с заметным сужением величины перехода. Такой результат довольно хорошо воспроизводится, причем иногда фиксируют изменение металлического хода проводимости на полупроводниковый. Примерно так же результаты отмечены и при воздействии рентгеновского излучения на сверхпроводящую керамику указанного состава.

Интересные результаты получены при воздействии на образцы ионами  $\text{He}^+$  с энергией 3,6 МэВ. При этом наблюдали значительное увеличение параметров элементарной ячейки — объем ячейки увеличивался при сохранении критической температуры и практически постоянном кислородном индексе. При облучении образцов электронами обнаружена диффузия кислорода. Взаимодействие сверхпроводящей керамики с позитронами приводит к образованию дополнительных дефектов за счет аннигиляции позитронов с электронами химических связей, причем позитроны преимущественно делокализованы в рядах упорядоченных стехиометрических вакансий.

Интересны результаты исследования взаимодействия образцов с парами воды. Обычно этот процесс протекает с немонотонным изменением массы в течение времени воздействия паров воды. Через несколько суток эксперимента наблюдается резкое увеличение массы керамического сверхпроводника, которое сопровождается визуальным расслоением. В продуктах разложения обнаруживаются в основном  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Y}_2\text{BaCuO}_5$  и  $\text{CuO}$ . Вместе с тем по данным некоторых исследований в объеме образца происходят другие изменения, и керамика в объемной части не теряет сверхпроводящих свойств, а лишь несколько меняет свои характеристики. Возможно, это связано с тем, что молекула воды или гидроксил как бы встраивается в структуру сверхпроводника, располагаясь между плоскостями. При воздействии же паров воды в смеси с углекислым газом эффект воздействия на сверхпроводник (деградация сверхпроводника) заметно повышается. Основным механизмом этого явления служит внедрение и

распределение углерода по границам зерен.

Было проведено всестороннее исследование влияния внешних воздействий на высокотемпературные сверхпроводники, для чего использовалась рентгено-электронная спектроскопия в сочетании с ионным травлением. Для объективной оценки исследовалось более ста образцов, полученных в разных лабораториях различными методами и содержащих разное количество кислорода. Оказалось, что состав поверхности высокотемпературного сверхпроводника существенно отличается от состава в объеме керамического сверхпроводника и весьма заметно зависит от предыстории подготовки исследуемого образца. Для подавляющего большинства образцов наблюдались следующие закономерности.

1. Зафиксировано наличие недостатка меди и избытка бария на поверхности сверхпроводника. Удаление поверхностного слоя механическим соскабливанием не меняет существенно образом картину распределения катионов на поверхности. Первой очевидной причиной (подтвержденной в ряде исследований химическим анализом) является образование карбоната или гидроксида бария на поверхности образца вследствие взаимодействия с атмосферой, содержащей одновременно пары воды и углекислый газ. Недостаток атомов меди на поверхности сверхпроводника, по-видимому, объясняется высокой подвижностью металла в цепочках медь—кислород. В целом глубина изменения перераспределения катионов составляет сотни ангстрем. При этом в качестве дополнительного эффекта на поверхности керамического сверхпроводника обнаружены адсорбированные молекулы воды, диоксида углерода и кислорода.

2. При длительном хранении на воздухе начинается образование несверхпроводящего соединения  $Y_2BaCuO_5$ , что обуславливает повышение относительно содержания иттрия в поверхностном слое. Этот процесс имеет тенденцию распространения в объем образца. При отжиге керамики во влажном кислороде наблюдаются те же эффекты, только более интенсивные. Глубина изменений в объеме увеличивается, однако причиной

также является образование указанного выше соединения.

3. При воздействии воды или ее паров при обычных температурах наблюдается уменьшение содержания иттрия на поверхности при сохранении повышенного содержания бария в виде гидроксида. При этом фиксируется также образование двойного оксида  $BaCuO_2$ . Собственно, наличие карбоната бария наблюдается не только в поверхностном слое, но и в объеме образца, что определяется исследованием свежего разлома объемной таблетки образца.

Рассмотренная выше метастабильность и быстрая деградация соединений вызвали широкий поиск новых материалов, которые обладали бы высокотемпературной сверхпроводимостью, но при этом были бы значительно устойчивее, что крайне важно для их практического использования. В различных поисковых исследованиях были сделаны попытки заменить медь другим переходным металлом, поскольку многочисленные попытки изоморфного легирования исходных соединений к сколько-нибудь заметному успеху не привели. Примером тому служит, в частности, исследовательская работа немецких ученых.

Многочисленные попытки добиться стабилизации сверхпроводников введением других элементов с частичным замещением меди (здесь были использованы цинк, кадмий, алюминий, скандий, мидий, галлий, титан, германий, цирконий, олово, свинец, ванадий, ниобий, тантал, хром, молибден, вольфрам, марганец, рений, железо, кобальт, никель, серебро, золото, рутений, радий, палладий, иридий, платина — как мы видим, чуть ли не половина периодической системы) оказались безуспешными. Также не привели к успеху попытки заменить часть кислорода (на фтор, хлор, серу и селен) — ожидаемой стабилизации не произошло, иногда наблюдали даже обратный эффект. Наступило время поисков новых составов, включающих медь, поскольку при обобщении многочисленных результатов стало очевидно, что перенос заряда происходит в бесконечных цепочках, образуемых медью и кислородом.

Толчком к поиску новых сверхпроводников послужило, по-видимому, появив-



шееся два года назад сообщение о существовании сверхпроводимости в системе Bi—Sr—Cu—O с температурой перехода 22 К. На первых порах, в условиях бума «азотных» сверхпроводников, этот результат не вызвал особого интереса, но когда в обозримой дали стал обозначаться тупиковый путь, то к этому соединению обратились взоры некоторых исследователей, и традиционным путем вариации добавок и замещений исследователи быстро пришли к высокотемпературным сверхпроводящим фазам.

Сейчас трудно восстановить приоритет, но первым, кто, по-видимому, вышел на нужный состав, был коллектив японских ученых, который в начале прошлого года опубликовал сообщение о существовании высокотемпературного сверхпроводника в системе Bi—Ca—Sr—Cu—O с температурой начала перехода 100 К. Забегая вперед, скажем, что при тщательном дальнейшем исследовании все оказалось не так просто, и по сей день в этой системе не удается выделить однофазный (в химическом смысле этого определения) сверхпроводник. Это обусловлено целым рядом причин и не в последнюю очередь кристаллохимическими факторами.

В настоящее время в такой системе выделена серия сверхпроводников с общей формулой  $\text{Bi}_2(\text{Ca}, \text{Sr})_{n+1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n+4}$  и различной критической температурой. В этой серии соединение с  $n=2$  (его в литературе часто называют 2212) имеет нулевое сопротивление при 90 К, причем наблюдается хорошее совпадение результатов для поликристаллических и монокристаллических образцов. Точный состав этой сверхпроводящей фазы, однако, несколько изменяется при сопоставлении результатов разных лабораторий (к сожалению, не в каждой лаборатории проводится элементный химический анализ). Указанное соединение наиболее устойчиво в этой серии. Истинная структура соединений этой серии псевдоромбическая (параметры  $a$  и  $b$  практически одинаковы) и весьма похожа на оксидные фазы  $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}(\text{A}_{n-1}\text{B}_n\text{O}_{3n+1})^{2-}$ , где А — титан, а В — тоже титан или другой переходный элемент.

Следующим шагом было выделение сверхпроводника с  $n=3$ , который уда-

лось получить почти однозначно, поскольку, исходя из экспериментальных данных для соединения с  $n=1$ , можно менять его критическую температуру простым изменением соотношения кальция и стронция. В определенной степени это явилось ключевым моментом для всей системы. Оказалось, что более обогащенные кальцием составы имели тенденцию к образованию более однофазных продуктов. Найденные на начальной стадии исследования висмутсодержащие оксидные сверхпроводники обычно при описании температурной зависимости сопротивления характеризовались двумя критическими точками при 110 и 80 К. Это было обусловлено сосуществованием двух различных сверхпроводящих фаз. Первая представляла собой  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+\delta}$  (или твердые растворы на ее основе), а вторая являлась сверхпроводником с  $n=3$ . Количество этой фазы в выбранных условиях синтеза было невелико, а при определенных технологических режимах и просто пренебрежимо мало. В смеси с фазой с  $n=2$  новая сверхпроводящая фаза  $\text{Bi}_2(\text{Ca}, \text{Sr})_4\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$  (часто называемая 2223) имеет критическую температуру 105 К, но ее содержание в смеси не превышает 20—30 %. В последнее время удалось замещением части висмута на свинец (20—25 %) стабилизировать фазу с  $n=3$  и выделить ее практически в чистом виде. Ее критическая температура составляет 105—112 К.

Общая характеристика составов высокотемпературных сверхпроводников в системе, включающей висмут, кальций, стронций, медь и кислород, дает возможность увидеть тенденцию повышения критической температуры с ростом. При возрастании индекса от единицы до трех критическая температура принимает следующие значения:  $60 \pm 20$ ,  $85 \pm 5$  и  $107 \pm \pm 3$  К. Все эти фазы изоструктурны, однако параметр  $c$  с ростом  $n$  увеличивается примерно на 6 Å при переходе к каждой последующей фазе. Легко было бы соблазниться и, построив график зависимости критической температуры от указанного индекса с учетом прибавления 20 К на единицу, рассчитать, при какой его величине будет достигнута критическая температура, близкая к комнатной. Мы предоставляем

читателю возможность выполнить эту работу самому.

На деле все оказалось не так просто. Фаза с  $n=4$  имеет критическую температуру в пределах 110—114 К, а сверхпроводник с  $n=5$  пока синтезировать не удалось, но авторы берут на себя смелость предсказать, что его критическая температура будет ниже или такой же. Здесь речь идет не только об увеличении слоев структуры (т. е. величины  $n$ ), но об образовании несоизмерных модуляций, сверхструктуры дальнего порядка (взаиморасположения двойников и других факторов).

В другой системе получен ряд соединений с общей формулой  $Tl_2Ca_{n-1}Ba_2Cu_nO_{2n+4}$ . Это соединения, похожие на аналогичные висмутсодержащие сверхпроводники, имеют тетрагональную структуру также с шагом параметра  $c$  6,5 Å с ростом  $n$ . Поэтому соединения с  $n=1$ ,  $n=2$  и  $n=3$  (называемые часто 1021, 2122 и 2223) имеют параметр решетки  $c$  (основное направление наращивания слоев в структуре) ~23, 29,5 и 36 Å соответственно. Как и в висмутсодержащих сверхпроводниках, критическая температура в этом ряду также растет и составляет ~80 К, 122—125 К и 125 К. Причем последнее соединение подбором технологических условий удастся выделить рентгенографически однофазным, и этот результат постоянно воспроизводится. Читатель и в этом случае может построить экстраполяционную зависимость, но мы его должны огорчить. Уже синтезирован следующий член семейства с  $n=4$  с критической температурой всего 104 К. В последнее время появились сведения о синтезе соединения с  $n=5$ , но выделить его в достаточно чистом виде не удалось и характеризовать его в данной работе не приходится. Здесь также можно предсказывать, что этот член гомологического ряда будет иметь критическую температуру в пределах 125—140 К. Общность структур висмут- и таллийсодержащих высокотемпературных сверхпроводников позволяет и в последнем случае введением свинца вместо части таллия стабилизировать фазы и добиваться практически однофазного продукта, особенно в случае соединения  $n=3$ .

Сверхпроводниковые композиции на

основе висмута и таллия также пытались легировать другими элементами. Замещение проводили по каждому из входящих в состав композиции катионов, кроме меди (сказался богатый опыт, полученный на предшествующих соединениях). Пока что установлено, что введение любого катиона (кроме свинца) ухудшает сверхпроводящие свойства керамического материала. Лучший результат достигнут на соединении  $TlCa_{0,5}Ln_{0,5}Sr_2Cu_2O_y$ , где  $Ln$  — редкоземельный элемент или иттрий, критическая температура для ряда таких соединений близка к 90 К.

Мы уже указывали на тот факт, что для ряда соединений наблюдается прямая зависимость между содержанием меди в определенной степени окисления и критической температурой образца. Значит ли это, что формальная степень окисления меди ответственна за высокотемпературную сверхпроводимость? Да, конечно, но это не единственный определяющий фактор. В хороших образцах  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  где  $x \leq 0,1$ , содержание меди со степенью окисления, равной трем, доходит за 24—28 % от ее общего количества. Однако существует и экспериментальный факт наличия сверхпроводимости у  $YBa_2Cu_3O_{6,5}$  (с критической температурой 35—40 К), в котором формально вся медь только в степени окисления, равной двум. Комментарий тут неоднозначен, но по крайней мере две версии есть: либо ошибка в определении индекса кислорода на самом деле маскирует его истинное содержание (больше 6,5), либо существуют домены с различным содержанием кислорода (в пределе от 6 до 7), и тогда могут сосуществовать все три формальных состояния меди.

Химическим анализом уже доказано, что медь (III) есть и в сверхпроводниках систем  $Bi-Ca-Sr-Cu-O$  и  $Tl-Ca-Ba-Cu-O$ , правда, в меньших количествах, чем в первых соединениях. Сразу оговоримся — пусть читатель не думает, что в описываемых сверхпроводниках медь существует в виде некоего изолированного иона  $Cu^{3+}$  с электронной конфигурацией  $d^8$ . Нет-нет, это крайне маловероятно. Повышение среднего заряда на атомах меди объясняется наличием анионных дефектов (дырок) в

структуре оксидного высокотемпературного сверхпроводника и частичным переносом заряда для электростатической компенсации решетки в целом. Поэтому на самом деле, говоря о формальной степени окисления металла в сверхпроводниках, следует иметь в виду наличие сложных электронных взаимодействий в системе в целом и существование условного нецелочисленного заряда на атоме меди.

И еще один результат, для авторов обидный тем, что запоздал на два года. В лаборатории Р. Д. Кавы был получен «безмедный» сверхпроводник  $Ba_{1-x}K_xBiO_3$ . Причем при  $x=0,4$  удалось достичь критической температуры 30 К. До сообщения из лаборатории Д. Беднорца и К. А. Мюллера эти сведения произвели бы настоящую сенсацию. Но и теперь это соединение интересно тем, что в нем предполагается трехмерная сверхпроводимость в отличие от двухмерной для медьсодержащих сверхпроводников, а отсутствие переходного металла (меди) облегчает создание корректной теории высокотемпературной сверхпроводимости.

В данном случае нельзя сказать: «В заключение хотелось бы...» Ведь исследования сверхпроводящей керамики расширяются стремительно.

В одном из последних интервью академик Ю. А. Осипьян сказал: «Я надеюсь, опираясь на личный опыт, что за оставшиеся 11 лет (до 2000 года) удастся получить материалы, сверхпроводящие при комнатной температуре. Количество сверхпроводников уже очень велико, и вероятность «натолкнуться» на материал с более высокой температурой сверхпроводящего перехода возрастает.

С большей уверенностью можно говорить о создании за эти годы модели, объясняющей физику явления. Теория даст возможность очертить круг поиска».

*И. С. Шаплыгин*

## Периодическая и справочная литература по химии

*Как показал опрос читателей, многие из тех, кто занимается изучением или преподаванием современной химии, нуждаются в периодических и справочных изданиях по самым разнообразным разделам химических наук. Действительно, новые данные далеко не сразу попадают в учебники, справочники и энциклопедии, но систематические обзоры публикуются в периодических изданиях, т. е. журналах, посвященных важнейшим направлениям экспериментальной и теоретической химии. Может быть, не все читатели знают о том, в каких журналах следует искать соответствующие обзоры, так же как о том, что существует довольно много специальных справочных изданий, относительно недавно опубликованных в нашей стране. Среди них и те, которые необходимы всем химикам в повседневной работе, и те, которые могут понадобиться для всевозможных дополнительных справок.*

## Аналитическая химия

Журнал аналитической химии.— М.: Наука (с 1946 г. ежемесячно).— 3000 экз.

Заводская лаборатория.— М.: Металлургия (с 1932 г. ежемесячно).— 9000 экз.

Приборы и техника эксперимента.— М.: Наука (с 1956 г. раз в два месяца).— 6700 экз.

Теоретические основы химической технологии.— М.: Наука (с 1967 г. раз в два месяца).— 1200 экз.

Журнал структурной химии.— Новосибирск: Наука (с 1960 г. раз в два месяца).— 900 экз.

Атлас масс спектров органических соединений / Под ред. В. А. Коптюга.— Новосибирск, 1977—1984.— Вып. 1—13.

Атлас спектров органических соединений / Под ред. В. А. Коптюга.— Новосибирск, 1977—1986.— Вып. 1—35.

Атлас спектров углеродного магнитного резонанса / Под ред. В. А. Коптюга.— Новосибирск, 1981—1986.— Вып. 1—5.

Коренман И. М. Органические реагенты в неорганическом анализе.— М.: Химия, 1980.— 448 с.

Лазарев А. И. Органические реактивы в анализе металлов.— М.: Металлургия, 1980.— 232 с.

Любопытнова Н. С. Электронные спектры поглощения органических соединений.— М.: Наука, 1977.— 191 с.

Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии.— М.: Химия, 1979.— 480 с.

Маличенко Б. Ф. Молекулярные диаграммы органических соединений.— Киев: Наукова думка, 1982.— 126 с.

Маслов А. И. и др. Справочник по нейтронному активационному анализу.— Л.: Наука, 1971.— 312 с.

Меднис И. В. Справочные таблицы для нейтронно-активационного анализа.— Рига: Зинатне, 1984.— 410 с.

Мусакин А. П. Таблицы и схемы аналитической химии.— Л.: Химия, 1975.— 135 с.

Нефедов В. И. Рентгеноэлектронная спектроскопия химических соединений.— М.: Химия, 1984.— 255 с.

Перри Дж. Справочник инженера-химика.— Л.: Химия, 1969.— Т. 1—2.

Ситтиг М. Извлечение металлов и неорганических соединений из отходов.— М.: Металлургия, 1985.— 408 с.

Справочник по свойствам, методам анализа и очистки воды.— Киев: Наукова думка, 1980.— 1206 с.

Стриганов А. Р., Одинцова Г. А. Таблицы спектральных линий атомов и ионов.— М.: Энергоиздат, 1982.— 312 с.

Уильямс У. Д. Определение анионов: Справочное издание.— М.: Химия, 1982.— 622 с.

Указатель литературных данных по спектроскопии ядерного магнитного резонанса ЯМР—<sup>1</sup>H / Под ред. В. А. Коптюга.— Новосибирск, 1976—1983.— Вып. 1—14.

Шагидуллин Р. Р. и др. Атлас ИК-спектров фосфорорганических соеди-

нений.— М.: Наука, 1984.— 335 с.

Электронно-колебательные спектры ароматических соединений / Под ред. Я. М. Колотыркина и Д. Н. Шигорина.— М.: Наука, 1984.— 182 с.

Ядерно-физические константы для нейтронного активационного анализа.— М.: Атомиздат, 1969.— 326 с.

### *Физическая химия*

Журнал физической химии.— М.: Наука (с 1930 г. ежемесячно).— 1900 экз.

Кинетика и катализ.— М.: Наука (с 1960 г. раз в два месяца).— 1200 экз.

Электрохимия.— М.: Наука (с 1965 г. ежемесячно).— 1800 экз.

Химия высоких энергий.— М.: Наука (с 1967 г. раз в два месяца).— 700 экз.

Химическая физика.— М.: Наука (с 1982 г. ежемесячно).— 800 экз.

Агеева Д. Л. Диаграммы состояния неметаллических систем.— М.: ВИНТИ, 1966—1976.— Т. 1—11.

Белюсов В. П. и др. Тепловые свойства растворов неэлектролитов.— Л.: Химия, 1981.— 264 с.

Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей.— М.: Наука, 1972.— 720 с.

Веденеев В. И. и др. Константы скорости газофазных мономолекулярных реакций.— М.: Наука, 1972.— 164 с.

Денисов Е. Т. Константы скорости гомолитических жидкофазных реакций.— М.: Наука, 1971.— 711 с.

Диаграммы плавкости солевых систем: Справочное издание / Под ред. В. И. Посыпайко и Е. А. Алексеевой.— М.: Металлургия, 1977—1979.— Ч. 1—3.

Диаграммы плавкости солевых систем: Многокомпонентные системы / Под ред. В. И. Посыпайко и Е. А. Алексеевой.— М.: Химия, 1977.— 216 с.

Диаграммы плавкости солевых систем: Тройные взаимные системы / Под ред. В. И. Посыпайко и Е. А. Алексеевой.— М.: Химия, 1977.— 391 с.

Добаш Д. Электрохимические константы.— М.: Мир, 1980.— 365 с.

Зайдель А. Н. и др. Таблицы спектральных линий.— М.: Наука, 1969.— 782 с.

Каталитические свойства веществ: Справочное издание / Под ред. В. А. Ройтера.— Киев: Наукова дум-

ка, 1968—1977.— Т. 1—4.

Кожевников и др. Теплофизические свойства материалов при низких температурах: Справочное издание.— М.: Машиностроение, 1982.— 328 с.

Кондратьев В. Н. Константы скорости газофазных реакций: Справочник.— М.: Наука, 1971.— 351 с.

Кусаков М. М. и др. Ультрафиолетовые спектры поглощения ароматических углеводородов: Справочник.— М.: Изд-во АН СССР, 1963.— 270 с.

Несмеянов А. Н. Давление пара химических элементов: Справочник.— М.: Изд-во АН СССР, 1961.— 396 с.

Огородников С. К. и др. Азеотропные смеси.— Л.: Химия, 1971.— 847 с.

Осипов О. А. и др. Справочник по дипольным моментам.— М.: Высшая школа, 1971.— 414 с.

Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества: Справочное издание / Под ред. А. А. Абрамзона.— Л.: Химия, 1984.— 392 с.

Ривкин С. Л. Термодинамические свойства воздуха и продуктов сгорания топлив.— М.: Энергоиздат, 1984.— 104 с.

Спектры и хроматограммы элементоорганических соединений: Атлас.— М.: Химия, 1976.— Вып. 1—3.

Справочник по расплавленным солям.— Л.: Химия, 1970—1974.— Т. 1—3.

Справочник по электрохимии / Под ред. А. М. Сухотина.— Л.: Химия, 1981.— 486 с.

Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно-солевых систем / Под ред. А. Д. Пельша.— Л.: Химия, 1973—1983.— Т. 1—5.

Термические константы веществ: Справочное издание / Под ред. В. П. Глушко.— М.: ВИНТИ, 1968—1981.— Вып. 1—10.

Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания: Справочник / Под ред. В. П. Глушко.— М.: ВИНТИ, 1971—1980.— Т. 1—10.

Термодинамические свойства индивидуальных веществ.— М.: Наука, 1978—1982.— Т. 1—4.

Термодинамические характеристики неводных растворов электролитов: Справочное издание / Под ред. М. Г. Пол-

торацкого.— Л.: Химия, 1984.— 302 с.

Физико-химические свойства индивидуальных углеводородов: Справочное издание / Под ред. М. Д. Тиличева.— М.—Л.: Госоптехиздат, 1945—1957.— Вып. 1—6.

Энергии разрыва связей, потенциалы ионизации и сродство к электрону / Под ред. В. Н. Кондратьева.— М.: Наука, 1974.— 354 с.

## Неорганическая химия

Журнал неорганической химии.— М.: Наука (с 1956 г. ежемесячно).— 1600 экз.

Координационная химия.— М.: Наука (с 1975 г. ежемесячно).— 700 экз.

Кристаллография.— М.: Наука (с 1956 г. раз в два месяца).— 1200 экз.

Радиохимия.— Л.: Наука (с 1969 г. раз в два месяца).— 900 экз.

Геохимия.— М.: Наука (с 1956 г. ежемесячно).— 1200 экз.

Антонова М. М. Свойства гидридов металлов: Справочник.— Киев: Наукова думка, 1975.— 126 с.

Алексеев А. Г. и др. Свойства, получение и применение тугоплавких соединений: Справочное издание.— М.: Металлургия, 1986.— 928 с.

Бернштейн М. Л. и др. Металловедение и термическая обработка стали.— М.: Металлургия, 1983.— 747 с.

Благородные металлы.— М.: Металлургия, 1984.— 592 с.

Вол А. Е. Строение и свойства двойных металлических систем.— М.: Наука, 1974—1979.— Т. 1—4.

Гордиенко С. П. Термодинамика соединений лантанидов.— Киев: Наукова думка, 1979.— 373 с.

Дриц М. Е. Свойства элементов.— М.: Металлургия, 1985.— 671 с.

Коррозия / Под ред. Л. Л. Шрайера.— М.: Металлургия, 1981.— 632 с.

Коррозия и защита химической аппаратуры / Под ред. А. М. Сухотина.— Л.: Химия, 1969—1974.— Т. 1—9.

Кузьменко А. Л. Справочник по общей и неорганической химии.— Минск: Высшая школа, 1974.— 144 с.

Лепилина Р. Г. Термограммы неорганических фосфатных соединений.—



Л.: Наука, 1984.— 333 с.

Мазурин О. В. и др. Свойства стекла и стеклообразных расплавов.— Л.: Наука, 1973—1981.— Т. 1—4.

Матвеев М. А. и др. Расчеты по химии и технологии стекла.— М.: Стройиздат, 1972.— 239 с.

Мельник Б. Д. Инженерный справочник по технологии неорганических веществ.— М.: Химия, 1975.— 542 с.

Основные свойства неорганических фторидов: Справочное издание / Под ред. Н. П. Галкина.— М.: Атомиздат, 1976.— 400 с.

Проценко П. И. и др. Справочник по растворимости нитратных солевых систем.— Л.: Химия, 1971.— 272 с.

Рачев Х. Справочник по коррозии.— М.: Мир, 1982.— 510 с.

Свойства неорганических соединений : Справочное издание / Под ред. В. А. Рабиновича.— Л.: Химия, 1983.— 389 с.

Справочник по редким металлам.— М.: Мир, 1965.— 946 с.

Справочник по экстракции / Под ред. А. М. Розена.— М.: Атомиздат, 1976—1978.— Т. 1—3.

Стекло : Справочное издание / Под ред. Н. М. Павлушкина.— М.: Стройиздат, 1973.— 487 с.

Туфанов Д. Г. Коррозионная стойкость нержавеющей сталей, сплавов и черных металлов.— М.: Metallurgia, 1982.— 352 с.

Физика и химия редкоземельных элементов.— М.: Metallurgia, 1982.— 338 с.

Энергия разрыва химических связей: Потенциалы ионизации и сродство к электрону.— М.: Изд-во АН СССР, 1962.— 215 с.

### Органическая химия

Журнал органической химии.— Л.: Наука (с 1965 г. ежемесячно).— 1500 экз.

Высокомолекулярные соединения.— М.: Наука (с 1959 г. ежемесячно).— 1500 экз.

Нефтехимия.— М.: Наука (с 1961 г. раз в два месяца).— 1200 экз.

Коллоидный журнал.— М.: Наука (с 1935 г. раз в два месяца).— 1500 экз.

Биохимия.— М.: Наука (с 1936 г. ежемесячно).— 2400 экз.

Васильев И. А. и др. Термодинамические свойства кислородсодержащих соединений: Справочное издание.— Л.: Химия, 1984.— 239 с.

Дринберг С. А. и др. Растворители для лакокрасочных материалов.— М.: Химия, 1986.— 205 с.

Китайгородский и др. Строение органического вещества: Данные структурных исследований.— М.: Наука, 1980.— 982 с.

Мельников Н. Н. и др. Справочник по пестицидам.— М.: Химия, 1985.— 351 с.

Методы анализа лакокрасочных материалов.— М.: Химия, 1974.— 468 с.

Мищенко Г. Л. и др. Синтетические методы органической химии.— М.: Химия, 1982.— 440 с.

Радиационная стойкость органических материалов: Справочное издание / Под ред. В. К. Милинчука и др.— М.: Энергоатомиздат, 1986.— 268 с.

Рахманкулов Д. Л. и др. Физико-химические свойства 1,3-диоксанов.— М.: Химия, 1980, 1984.

Справочник по пластическим массам / Под ред. В. М. Катаева.— М.: Химия, 1975.— Т. 1—2.

Справочник по физической химии полимеров / Под ред. Ю. С. Липатова.— Киев: Наукова думка, 1984—1985.— Т. 1—3.

Справочник по химии полимеров.— Киев: Наукова думка, 1971.— 536 с.

Тезаурус органических реакций.— М.: Наука, 1980.— 279 с.

Химикаты для полимерных материалов: Справочное издание / Под ред. Б. Н. Горбунова.— М.: Химия, 1985.— 351 с.

Юнусов С. Ю. Алкалоиды (Справочник).— Ташкент: Фан, 1981.— 418 с.

Яцимирский К. Б. и др. Константы устойчивости комплексов металлов биологандами: Справочник.— Киев: Наукова думка, 1979.— 225 с.

### Общая химия

Журнал общей химии (до 1931 г. Журнал Русского физико-химического общества).— Л.: Наука (с 1869 г. ежемесячно).— 1700 экз.

Журнал прикладной химии.— Л.:

Наука (с 1928 г. ежемесячно).— 2000 экз.

Химическая промышленность.— М.: Химия (с 1924 г. ежемесячно).— 3700 экз.

Журнал Всесоюзного Химического общества им. Д. И. Менделеева.— М.: Химия (с 1956 г. раз в два месяца).— 5700 экз.

Доклады Академии наук СССР.— М.: Наука (с 1933 г. три раза в месяц).— 3000 экз.

Известия Академии наук СССР. Серия химическая.— М.: Наука (с 1936 г. ежемесячно).— 1700 экз.

Успехи химии.— М.: Наука (с 1932 г. ежемесячно).— 2600 экз.

Волков В. А. Химики: Биографический справочник.— М.: Наукова думка, 1984.— 735 с.

Химический энциклопедический словарь.— М.: Советская энциклопедия, 1983.— 792 с.

Потапов В. М., Кочетова Э. К. Химическая информация: Справочник.— М.: Химия, 1988.— 224 с.

## ДЕКЛАРАЦИЯ

### **XIV Менделеевского съезда по общей и прикладной химии**

Участники XIV Менделеевского съезда по общей и прикладной химии обращают внимание химиков мира на необходимость объединения усилий, чтобы предотвратить губительные для существования всего человечества региональные и глобальные экологические изменения в результате антропогенных воздействий на природу.

Дискуссии в рамках съезда по проблемам кислотных дождей, озонного слоя атмосферы, нерационального использования пестицидов и минеральных удобрений, пресс-конференция по экологическим проблемам химических отраслей промышленности высветили не только несовершенства многих существующих химико-технологических процессов и низкий уровень культуры ряда химических производств. Они указали и на ограниченность наших знаний о локальных химических изменениях состава и структуры почвы, водоемов и атмосферы, приводящих в конечном итоге к глобальным экологическим катастрофам. Научные знания о химических процессах в окружающей среде необходимы для выработки общей стратегии деятельности человека в масштабах всего мира.

В настоящее время, когда региональные экологические изменения все в большей мере перерастают в глобальные, становится очевидной необходимость создания региональных и международных банков экологических данных, а также унифицированной международной системы физико-химической диагностики и контроля окружающей среды, обеспечивающей стандартизацию полученных в разных регионах мира данных, автоматизацию обработки информации на современном уровне. Замедление решений



этих вопросов может привести к весьма нежелательным и опасным последствиям.

Обмен научно-технической информацией между различными странами о химико-экологических процессах в регионах в настоящее время нельзя считать удовлетворительным. Эти вопросы трудно успешно решать в отсутствие единого международного органа, координирующего экологическую деятельность химиков различных стран.

XIV Менделеевский съезд по общей и прикладной химии считает необходимым включение вопросов экологически безопасного развития химии и химических аспектов экологии в качестве основных для рассмотрения и обсуждения на следующих Менделеевских съездах, а также других конференциях и совещаниях ученых-химиков.

Съезд поручает руководству Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева разработать конкретную программу международного сотрудничества с участием химических обществ других стран с целью резкого снижения негативного воздействия на природную среду и здоровье человека.

## ОБРАЩЕНИЕ

### XIV Менделеевского съезда по общей и прикладной химии

Мы — делегаты XIV Менделеевского съезда по общей и прикладной химии, в работе которого приняли участие 1630 представителей химической науки, высшего образования и промышленности из 126 городов нашей страны и 130 иностранных ученых, руководителей и представителей химической промышленности из 24 стран мира, обращаем внимание Верховного Совета и Совета Министров СССР, широкой общественности на тревожное положение с развитием химии в нашей стране, явную недооценку роли химизации в деле повышения эффективности экономики в целом, решении задач экономической и политической перестройки нашего общества.

Химия как одна из фундаментальных областей знания в большей мере определяет существование и развитие других приоритетных направлений науки и техники — биологии, медицины, физики, электроники и радиотехники, информатики и вычислительной техники, энергетики, транспорта и многих других.

Однако по уровню обеспечения химической науки и химического образования современными приборами и оборудованием, вычислительной техникой, реактивами и материалами, денежными ресурсами, высококвалифицированными кадрами мы существенно отстаем не только от передовых стран мира, но и от многих развивающихся государств.

Вследствие низких темпов развития химии наша страна по общему объему производства химической продукции переместилась со второго на третье место в мире. Доля химической продукции в общем объеме производства нашей страны в 2—3 раза ниже, чем в других промышленно развитых странах. Мы

единственная из них с недопустимо низким процентом производства и использования неметаллических конструкционных материалов и композитов, которые в большинстве передовых стран и по объему производства, и по темпам прироста намного опережают выпуск металлических материалов. Недопустимо низкими являются степень и глубина использования природных и сырьевых ресурсов в нашей стране. При этом именно прогрессивные химические материалы и процессы необходимы для решения сложных проблем экологии и здравоохранения, ресурсо- и энергосбережения, выполнения продовольственной и жилищной программ, насыщения рынка товарами народного потребления. Без химии не может существовать ни одно производство, ни одна отрасль современной экономики и социальной сферы.

Однако уровень обеспечения потребностей народного хозяйства в химической продукции за последние 15 лет снизился с 80 до 60—70 %.

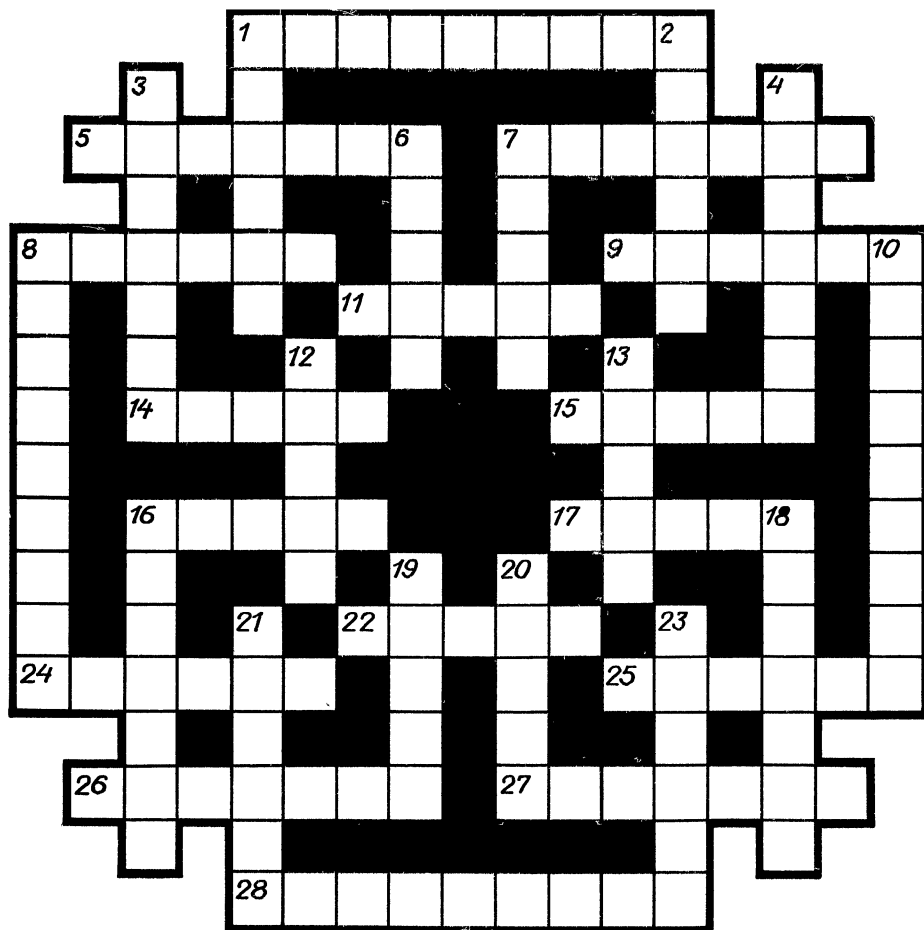
Для реализации намеченных I Съездом народных депутатов СССР приоритетных направлений социально-экономического развития страны выпуск химической продукции в предстоящие 10 лет должен быть увеличен в 1,8—2 раза. Это потребует обеспечения среднегодовых темпов прироста ее на уровне 6—6,5 %. Очевидно, что достигнуть этого можно лишь при комплексном внедрении достижений современной науки и техники, создания принципиально новых продуктов и технологий, коренной модернизации и реконструкции действующих производств. В свою очередь это требует приоритетного финансового и ресурсного обеспечения химии. Без решения этих вопросов важнейшие социально-экономические программы обречены на провал.

Мы должны стремиться не к «закрытию химии» и замедлению темпов ее развития, а к резкому сокращению объемов вредных химических выбросов и отходов предприятий как химико-лесного комплекса, так и других отраслей промышленности, энергетики, транспорта, сельского хозяйства на основе оперативного и комплексного использования достижений современной химической науки и технологии.

Существенное улучшение экологической обстановки во многих регионах страны, повышение степени использования природных ресурсов также требуют приоритетного развития химии. Необходимо в ближайшее время существенно увеличить капиталовложения в природоохранные мероприятия, доведя их до уровня, сравнимого с инвестициями, выделяемыми для этих целей за рубежом.

Решение этих непростых проблем развития химической науки и технологии требует не только совместных усилий многих специалистов, но и непременно-го понимания их важности со стороны руководства страны и общества в целом.

*Ташкент, 11—15 сентября 1989 г.*



### ХИМИЧЕСКИЙ КРОССВОРД (№ 12)

**По горизонтали.** 1. Систематическое название неорганических оснований. 5. Руда алюминия, название которой произведено от греческого слова «облако», потому что при погружении в сильную кислоту минерал становится мутным. 7. Спирт, содержащий десять атомов углерода. 8. Минерал группы шпинели, названный почти так же, как и металл, который в нем содержится. 9. Одна из естественных наук. 11. Фармакологическое название фенилсалицилата как внутреннего антисептического средства. 14. Гидрид мышьяка. 15. Металл, входящий в состав бронзы. 16. Разрывной снаряд, начиненный взрывчатым веществом. 17. Минерал редкоземельного металла, названный в честь астероида, которому было присвоено имя римской богини плодородия. 22. Составная часть поташа. 24. Сладкий сок цветковых растений. 25. Изготовитель керамических изделий. 26. Драгоценный

ценный силикат циркония, названный так же, как и красный садовый цветок. 27. Русский физик, доказавший существование светового давления. 28. Растение, экстракт из корней которого служит успокаивающим средством. **По вертикали.** 1. Немецкий химик, известный как автор руководства, с дополнениями переиздававшегося более века и ставшего крупнейшим справочным изданием по неорганической химии. 2. Мембранное разделение низко- и высокомолекулярных соединений, используемое в медицине как метод удаления токсичных веществ. 3. Все реже применяемый стеклянный сосуд, ставший символом химических исследований. 4. Пищевой продукт, получаемый упариванием протертых с сахаром ягод или фруктов. 6. Алкан, содержащий девять атомов углерода. 7. Тривиальное название тетраметилбензола. 8. Мономер галогенсодержащего каучука. 10. При-

бор для измерения остроты слуха. 12. Один из создателей термодинамики, со дня рождения которого исполнилось 150 лет. 13. Систематическое название олефинов. 16. Кондитерское изделие из теста, получаемого смешением муки со взбитыми яйцами и сахаром. 18. Советский химик-органик, именем которого назван академический институт. 19. Единица веса драгоценных камней, равная одной пятой грамма. 20. Тривиальное название изопропилкрезола. 21. Русский химик-органик, установивший правило отщепления галогеногидридов и воды. 23. Металлический денежный знак.

## Ответы на кроссворд (№ 11)

**По горизонтали.** 4. Углеводород. 7. Карбид. 8. Стерин. 10. Скандий. 14. Толуол. 16. Дيامид. 17. Трион. 18. Структура. 19. Аспарагин. 22. Колье. 24. Струна. 25. Тиофос. 26. Тартрат. 28. Пиллюля. 29. Эбонит. 30. Фенантролин.

**По вертикали.** 1. Эллипс. 2. Лоуренсий. 3. Протий. 5. Лакмус. 6. Пикрат. 9. Вольтметр. 11. Катаракта. 12. Ионосфера. 13. Уилкинсон. 15. Лактоза. 16. Динамит. 20. Плотность. 21. Куприт. 23. Боксит. 26. Талант. 27. Табель.

---

Научно-популярное издание

---

**В. М. Дьяков**

### КРЕМНИЙ В ЖИЗНИ И НАУКЕ

Редактор Е. Р. Воронцова  
Мл. редактор О. В. Березкина  
Худож. редактор М. А. Бабичева  
Техн. редактор О. А. Найденова  
Корректор В. В. Каночкина

ИБ № 10355

Ордена Трудового Красного Знамени Чеховский полиграфический комбинат Государственного комитета СССР по печати 142300, г. Чехов Московской области

Сдано в набор 23.10.89. Подписано к печати 17.11.89. Т18617. Формат бумаги 70×100<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага книжно-журнальная. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,60. Усл. кр.-отт. 5,52. Уч.-изд. л. 2,87. Тираж 21787 экз. Заказ 2539. Цена 15 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 896012.

Адрес подписчика:

Издательство «Знание» —

крупнейшее в стране  
издательство  
по выпуску  
научно-популярной  
литературы.

Издательство выпускает  
40 серий подписных  
научно-популярных брошюр



Издательство  
«Знание»

Подписная  
научно-  
популярная  
серия

Дорогой читатель!

**ХИМИЯ**

Брошюры этой серии в розничную продажу не поступают,  
поэтому своевременно оформляйте подписку.

Подписка на брошюры издательства «Знание» ежеквартальная,  
принимается в любом отделении «Союзпечати».

Напоминаем Вам, что сведения о подписке Вы можете  
найти в «Каталоге советских газет и журналов»  
в разделе «Центральные журналы»,  
рубрика «Брошюры издательства «Знание»

Цена подписки на год 1 р. 80 к.

Наш адрес:  
СССР,  
Москва,  
Центр,  
проезд Серова, 4