

Добыча золота

Крез (595 — ок. 547 до н. э.)

Желание обладать теми или иными металлами тысячи лет подстегивало прикладную химию. **Бронза** и сталь требовались для изготовления оружия и инструментов, а при помощи золота обычно удавалось купить много олова, меди и железа для изготовления бронзы и стали. Человек с давних времен знал золото благодаря его яркой окраске, сопротивляемости всем видам коррозии, а также превосходной ковкости, которая позволяла кузнецам делать из него изделия практически любой формы и любой толщины. Все золото, когда-либо добытое человечеством (по-видимому, эта история началась еще до 3000 г. до н. э. на Кавказе, в районе современной Грузии), можно разместить на сравнительно небольшом складе. Многие древние цивилизации при помощи воды отмывали золотую пыль от каменного сора. Вероятно, первыми до этого додумались египтяне (о чем свидетельствуют их роскошные гробницы). Позже древние римляне стали добывать золото (наряду с другими металлами) уже в промышленных масштабах.

На протяжении всей истории человечества открытие золотоносной жилы всегда означало большие изменения для людей, живших рядом. Примерно в 550 г. до н. э. удача улыбнулась лидийскому царю Крезу (его земли ныне принадлежат Турции): при нем изобрели новый способ очистки металла, позволявший получать чистое золото из природного золото-серебряного сплава, называемого *электрум*. Дело скоро поставили на широкую ногу. Археологи обнаружили обширные золотые прииски на месте древнего города Сарды (столицы Лидии), где небольшая река Пактол намывала «золотые пески», приносимые с горы Тмол. Лидийские химики придумали, как использовать расплавленный свинец и поваренную соль для того, чтобы в большом количестве производить металл для монет — золото и серебро. Благодаря этим металлургам фраза «богат как Крез» в ходу до сих пор.

Химические основы процессов, которые использовались лидийцами, можно понять, проанализировав куски древних руд, металлических фрагментов, застрявших в трещинах тиглей, и даже земляного пола приисков. Никаких записей об этих методах не сохранилось (процесс наверняка считался государственной тайной), однако изучение тогдашних монет показывает, что вскоре лидийцы стали использовать чистое серебро для снижения доли золота в монетах, которые изготавливались из электрума, тем самым снижая их себестоимость, тогда как их номинальная стоимость оставалась прежней (о чем свидетельствовал специальный оттиск на монетах). И прибыль потекла рекой!

СМ. ТАКЖЕ Бронза (ок. 3300 до н. э.), Выплавка железа (ок. 1300 до н. э.), Алхимия (ок. 900), Царская водка (*Aqua regia*) (ок. 1280), *De re metallica* (1556), Электроосаждение (1805), Цианидное извлечение золота (1887).

Куски электрума из Лидии и других частей греческого мира с оттиснутыми на них изображениями царей, героев, мифологических сцен, животных. Цвет различается в зависимости от содержания серебра.



Ртуть

Цинь Шихуанди (259–210 до н.э.)

Ртуть с доисторических времен считалась штукой странной и ценной. Мало того что это один из тех элементов, которые можно без всяких дополнительных усилий найти в природе в чистом виде; это еще и единственный металл, который остается жидким при обычных температурах, благодаря чему ртути на протяжении тысяч лет приписывали магические свойства. Проблема в том, что эта блестящая и необычно тяжелая жидкость довольно ядовита. Любопытно: чистый металл не так опасен, как многие его соединения, которые куда легче усваиваются организмом. Но вдыхать пары чистой ртути — идея очень плохая. Токсический эффект этих паров практически необратим, ибо они вступают в реакции со многими серосодержащими группами на поверхности самых разных белков и других биомолекул. Когда такое происходит, действие яда становится фатальным.

Цинь Шихуанди — знаменитый «первый китайский император», а кроме того, первый в истории известный нам крупный потребитель ртути. В 1974 г. изумленные археологи обнаружили зарытую им армию терракотовых воинов, выполненных в натуральную величину. Сыма Цянь, придворный историограф династии Хань, пишет в своих «Исторических записках» (монументальном труде по истории Древнего Китая, завершеном в 109 г. до н.э.), что и прочие части гробницы были столь же впечатляющи: они в уменьшенном виде изображали пейзажи и дворцы, и посреди всего этого великолепия текли десятки ртутных рек. Пробы почвы действительно показывают, что содержание ртути здесь намного выше нормы, а значит, историк, по-видимому, не преувеличивал.

Возможно, император в конце концов отравился ртутными снадобьями, при помощи которых желал обрести бессмертие. Соединения ртути веками применялись в медицине, обычно со столь же печальными результатами. Впрочем, иногда они помогали избавиться от сифилиса. В новое время ртуть стали использовать в термометрах, а кроме того, в электрических выключателях и флуоресцентных лампах, что привело к ужасному загрязнению окружающей среды. Соединения ртути концентрируются в пищевой цепочке, доходя до потенциально опасного уровня у некоторых рыб, которые иначе считались бы вполне съедобными.

СМ. ТАКЖЕ Философский камень (ок. 800), Токсикология (1538), Серебрение зеркал (1856), Сальварсан (1909), Бораны и вакуумная магистраль (1912), Отравление таллием (1952).

Знаменитое терракотовое войско Цинь Шихуанди. Поблизости, на еще не раскопанных участках, в земле по-прежнему может содержаться достаточно ртути, чтобы вызвать резонные опасения у грядущих археологов.



Философский камень

Абу Муса Джабир ибн Хайян (ок. 721 — ок. 815)

К началу IX в. научный прогресс происходил главным образом лишь в исламской и китайской цивилизациях. Абу Муса Джабир ибн Хайян (на Западе его называли Гебером), живший на территории нынешнего Ирака, занимался медициной, **алхимией**, астрологией и нумерологией: в те времена все они считались равно достойными науками (более того, они были не так уж далеки друг от друга). Его труды привлекли огромное число последователей, многие из которых, судя по всему, попросту называли ибн Хайяна автором их собственных рукописей (что и дало начало безнадежно запутанной алхимической литературе). Мало утешает и то, что эти труды зачастую изобилуют сложными символами, возможно, вообще не поддающимися сегодня расшифровке (отсюда-то и взялось английское слово *gibberish* — «бессвязная чепуха», «бессмыслица»). К примеру, подробную методику изготовления живых скорпионов из алхимических смесей явно не следует понимать буквально, однако мы уже не можем выяснить, что все это значит на самом деле.

Впрочем, более удобочитаемые работы, подписанные именем ибн Хайяна, показывают, что он был очень трудолюбивым экспериментатором. В частности, он заверял читателя: единственный способ овладеть хоть какими-то научными знаниями и навыками — постоянно практиковаться в лаборатории (большинство современных химиков наверняка согласятся с этим). Он полагал, что металлы фундаментальным образом отличаются от неметаллов, состоят из **ртути** и различных форм серы, а также что металлы можно превращать один в другой, если удастся выяснить тайну этих смесей. Ключом к такому процессу, считал он, может служить некий мощный реагент или эликсир (позже названный философским камнем). Сия идея оказалась столь заманчивой, что запустила целую исследовательскую программу для алхимиков грядущих веков. До нас дошел манускрипт XIII в., написанный по-латыни и подписанный именем «Гебер»: в нем содержится множество теоретических рассуждений по поводу философского камня. Кем бы ни был реальный автор, он наверняка решил, что репутация ибн Хайяна по-прежнему достаточно крепка и смело позаимствовал его славное имя, несмотря на то, что после смерти знаменитого ученого прошло четыре сотни лет.

СМ. ТАКЖЕ Ртуть (210 до н. э.), Алхимия (ок. 900)

В алхимической рукописи XVI в. показан процесс изготовления философского камня — в серии загадок, ребусов и криптограмм. Может, это и впечатляет, но в современной лаборатории от такой методики проку мало.



Uuda laual: Pye pur gat: Spiritus musical
stat

Lerra

The mo... of the Coluicte

beware and thereof hemise.



Порох

Вероятно, порох открыли алхимики, пытавшиеся превратить один металл в другой или продлить человеческую жизнь, а не оружейники, старавшиеся изобрести взрывчатку. Одно внушительных размеров китайское руководство по военному делу (написанное в 1044 г. в середине правления династии Сун) перечисляет целый ряд различных рецептур пороха — похоже, в этой сфере древние химики много и активно работали. Однако первое дошедшее до нас упоминание о порохе содержится в даосском тексте середины IX в., где подчеркивается его опасная воспламеняемость. **Алхимия** придавала особое значение сере, а кроме того, в любой уважающей себя лаборатории того времени имелся древесный уголь, который использовали в качестве топлива. Третий ключевой ингредиент, окислитель нитрат калия, содержался в селитре — широко распространенном природном минерале, а также в кристаллах, вырастающих в пещерах вокруг залежей помета летучих мышей. Тот, кто впервые соединил все три порошка и поднес смесь к огню, наверняка тут же понял, что совершил важнейшее открытие. Впрочем, продление человеческой жизни, как вскоре выяснилось, не относится к числу достоинств пороха.

Сведения о новом оружии быстро распространились по всему Китаю и просочились за его пределы. Монгольские завоевательные походы XIII в. разнесли новость еще дальше — от Индии до Европы. Китайцы постоянно повышали долю нитрата калия в своем порохе, производя все более мощные взрывы. В нескольких китайских военных рукописях можно встретить и первые артиллерийские снаряды, и взрывающиеся стрелы, и целый ряд довольно жутких бомб. В своем трактате «Об искусстве верховой езды и военной стратегии» (ок. 1280 г.) сирийский химик Хасан аль-Раммак подробно описывает 107 различных взрывчатых смесей и называет нитрат калия «китайским снегом». Европейские армии быстро приняли порох на вооружение. Первая иллюстрация, на которой изображено огнестрельное оружие — примитивная металлическая пушка *pot-de-fer* (т. е., в переводе с французского, «железный горшок»), из ствола которой торчит гигантская стрела, — появляется в рукописи 1326 г., написанной английским ученым Уолтером де Мильметом. Не уверен, что это хорошо, но с тех пор человечество с огнестрельным оружием не расстается.

СМ. ТАКЖЕ Греческий огонь (ок. 672), Алхимия (ок. 900), Нитроглицерин (ок. 1847), Взрыв на заводе компании *PERCON* (1988).

Взрывы пороховых ядер во время монгольского вторжения в Японию (1274): картина написана примерно через 20 лет после битвы.



ていつと

此は國許の武士の戦
二年二九

Дагерротипы

Жозеф Нисефор Ньепс (1765–1833), Луи Жак Манде Дагер (1787–1851).

Фотография — самое знаменитое использование прикладной фотохимии. Посредством камеры обскуры (прибора, позволяющего проецировать изображения на поверхность при помощи света, линз и зеркал) французский изобретатель Жозеф Нисефор Ньепс пытался, применяя определенные химикаты, сделать то, для чего раньше обязательно требовались глаза и рука художника. В ходе процесса, который он назвал *гелиографией* («солнечным письмом»), Ньепс покрывал металлическую пластинку фоточувствительным агентом — битумом (одной из тяжелых фракций нефти, встречающихся в природе), затем помещал пластинку в камеру обскуру, чтобы спроецировать на нее изображение, и несколько часов выдерживал ее на солнце. Более ярко освещенные области затвердевали под действием солнечных лучей (вероятно, благодаря свободно-радикальной полимеризации), а затененные незатвердевшие участки смывались специальным растворителем. Так в 1826 г. появились первые «постоянные» фотографии. Но поскольку для их получения требовались долгие часы экспозиции, методика оказалась неудобной с практической точки зрения.

Французский художник и фотограф Луи Жак Манде Дагер, сотрудничавший с Ньепсом, продолжил работу коллеги и после его смерти. Он применил в качестве светочувствительного агента более перспективные вещества — соединения серебра. После многочисленных опытов Дагер получил металлические пластинки, покрытые иодидом серебра. Они оказались настолько чувствительными, что для возникновения изображения хватало нескольких минут экспозиции. Пластинку проявляли при помощи паров **ртути**, а получавшееся изображение состояло из темного сплава (амальгамы) ртути и серебра. Но после проявки такая пластинка сохраняла светочувствительность, и для того, чтобы сделать изображение долговечным, требовалось удалить непрореагировавший иодид серебра. Вскоре Дагер обнаружил, что снимкам можно придать дополнительную привлекательность (и долговечность), обработав их солями золота.

Дагерротипы, впервые явленные публике в 1839 г., произвели настоящую сенсацию, особенно после того, как процесс достаточно усовершенствовали, чтобы использовать его для создания портретов. Впрочем, время экспозиции (от 10 до 60 с) все-таки обычно приводило к тому, что портретируемые выглядели несколько скованно, даже если их снимали в самых комфортных условиях. И вообще вся эта процедура была сложной, дорогостоящей и токсичной. Но она стала самой первой — и она изменила мир.

СМ. ТАКЖЕ Ртуть (210 до н. э.), Фотохимия (1834), Свободные радикалы (1900).



Слева: дагерротипический портрет самого Дагера (1844). Справа: начальники пожарных команд фирм Phoenix Fire Company и Mechanic Fire Company (Чарлстон, Южная Каролина, ок. 1855).



F. V. H. R. 2019

Резина

Томас Хэнкок (1786–1865), Чарлз Нельсон Гудьир (1800–1860)

Резина, хорошо известный природный полимер, построена из молекул изопрена — соединения, в основе формулы которого пять атомов углерода и которое содержится в самых разнообразных растениях: как полагают ученые, оно защищает растения от теплового удара. При полимеризации изопрена вначале образуется клейкий латексный сок, выделяемый такими растениями, как южноамериканское каучуковое дерево.

Этот сок можно превратить в натуральный каучук (как и происходило сотни лет в Центральной и Южной Америке), но у натурального каучука много недостатков: в частности, он становится отвратительно липким в жаркую погоду, а в холодную трескается. Многие изобретатели пытались как-то его улучшить, превратив в нечто более полезное. После многих нищих лет, полных экспериментов, американский химик Чарлз Гудьир наконец добился в этом успеха. Добавив в исследуемое вещество серу и нагрев смесь (неизвестно, случайно или намеренно он это проделал: согласно одной из версий, он прилепил ком каучука к горячей печи), ученый обнаружил, что при этом каучук превращается в эластичную, прочную, неклеякую субстанцию. Гудьир сразу решил, что у этой субстанции великое будущее — если только удастся придумать, как производить ее в промышленных масштабах. И снова последовала многолетняя череда экспериментов. Гудьир почти истощил терпение родственников и кредиторов. К 1844 г. он успел подать заявку на патент процесса, который позже назовут вулканизацией (в честь Вулкана — древнеримского бога огня) резины, и построить фабрику по производству изделий из нее. Его судьба претерпела еще множество поворотов. Долгие годы он вел патентные бои в Европе: известнее всего стала его тяжба с английским инженером-технологом Томасом Хэнкоком, который в то же самое время экспериментировал с каучуком и получил британский патент на тот же самый процесс.

Химические основы вулканизации таковы: сера в вулканизированной резине сшивает между собой полимерные цепочки, изменяя свойства материала путем изменения характера движения молекул друг относительно друга. По большому счету, не очень-то важно, каким образом произошло открытие процесса вулканизации резины — благодаря счастливой случайности или трезвому расчету. Главное, процесс этот в огромной мере способствовал развитию промышленности и торговли. Именно он лежит в основе производства таких товаров, как автомобильные шины, шланги, подошва обуви, хоккейные клюшки, а кроме того, он задействован в создании многих деталей промышленных машин, которые производят все эти вещи.

СМ. ТАКЖЕ Полимеры и полимеризация (1839), Процесс Клауса (1883), Бакелит (1907), Полиэтилен (1933), Нейлон (1935), Тефлон (1938), Цианоакрилаты (1942), Катализ Циглера—Натты (1963), Кевлар (1964), Гортекс (1969).

Сок каучукового дерева, собираемый по-старинному.



Нитроглицерин

Кристиан Фридрих Шёнбейн (1799–1868),
Теофиль Жюль Пелуз (1807–1867), Асканьо Собrero (1812–1888),
Альфред Нобель (1833–1896)

Столетиями порох считался самым мощным взрывчатым веществом в мире — пока в 1847 г. итальянский химик Асканьо Собrero не изобрел взрывчатку, которую мы сегодня называем нитроглицерином. Собrero учился у французского химика Теофиля Жюля Перуза, работавшего с пироксилином — соединением, которое он получал с помощью обработки хлопка азотной кислотой. Как нам теперь известно, в ходе такого процесса на целлюлозных цепочках хлопка образуются сложные эфиры. Эту «нитроцеллюлозу» в 1832 г. открыл (благодаря примечательной случайности) немецкий химик Кристиан Фридрих Шёнбейн, в свое время обнаруживший **озон**: хлопчатобумажный фартук, которым он вытирал разлитую азотную и **серную кислоту**, сушился у камина и вдруг бурно вспыхнул. Но пироксилин оказался слишком опасен и нестабилен, чтобы заменить порох (как показали взрывы на его первых крупномасштабных производствах).

Собрero добился решающего перелома в своих исследованиях, пронитрировав более простой углевод — глицерин (вязкую трехуглеродную жидкость). Получившийся нитроглицерин оказался таким взрывоопасным и таким неприятным в обращении, что Собrero некоторое время не разглашал свои результаты, в письмах настоятельно убеждая коллег по возможности избегать работы с этим веществом. Не устранившись предостережений, еще один студент из лаборатории Пелуза по имени Альфред Нобель отправился на родину, в Швецию, дабы отыскать способ произвести достаточно стабильную и удобную в обращении форму нитроглицерина. Как выяснилось, для этого нужно пропитать веществом какой-то абсорбирующий материал. Так появился динамит (заложивший основу богатства Нобеля, фининсовую базу одноименной премии). Нобель наивно надеялся, что такие мощные взрывчатые вещества заставят человечество отказаться от войн, ведь иначе они будут губительны для цивилизации. Увы, он недостаточно хорошо понимал природу человека.

Некоторые нитросоединения сегодня известны как взрывчатка: ТНТ (тринитротолуол, тол) и еще более мощный гексоген широко применялись уже в годы Второй мировой войны. Причина их эффективности в том, что в их структуру особым образом встроены молекулы **кислорода** и в том, что при разложении они дают азот, весьма стабильное вещество, появление которого при взрыве приводит к высвобождению огромного количества энергии (подобное происходит, и когда при взрыве **термита** образуется оксид алюминия). Химики (по крайней мере, те, кто предпочел бы пожить подольше) знают: с любым соединением, которое легко разлагается, высвобождая азот, следует обращаться осторожно и очень аккуратно.

СМ. ТАКЖЕ Греческий огонь (ок. 672), Порох (ок. 850), Кислород (1774), Свободная энергия Гиббса (1876), Термит (1893), Процесс Габера—Боша (1909), Взрыв на заводе компании *PERCON* (1988), Поточная химия (2006).

Когда-то динамит считался новинкой, и его даже рекламировали — например, нью-йоркская Aetna Dynamite Company (1895 г.).



EDWARD PENFIELD

Дейтерий

Гилберт Ньютон Льюис (1875–1946), Гарольд Клейтон Юри (1893–1981), Фердинанд Брикведде (1903–1989)

Дейтерий («тяжелый водород») повсюду вокруг нас, но чтобы его обнаружить, нужно всмотреться пристальнее. Это один из изотопов водорода, обладающий лишь одним «лишним» нейтроном по сравнению с обычным водородом и потому совершенно стабильный (если добавить не один нейтрон, а два, получится радиоактивный тритий). Почти весь дейтерий, имеющийся во Вселенной, по-видимому, появился во время Большого взрыва. Единственная природная ядерная реакция, способная производить его в любом количестве, — водородный ядерный синтез, проходящий внутри звезд, но этот звездный дейтерий расходуется быстрее, чем производится. У нас на Земле сейчас имеется лишь около 150 атомов дейтерия на каждый миллион атомов обычного водорода.

Дейтерий удалось открыть в 1920-е гг. благодаря усовершенствованному масс-спектрометру, созданному британским физиком и химиком Фрэнсисом Уильямом Астоном. Измеренная этим прибором масса атома водорода оказалась больше (на крайне малую, но реальную величину), чем та, что была рассчитана чисто химическими методами. Получалось, «нормальный» водород содержит небольшую примесь каких-то тяжелых изотопов. Название *дейтерий* (от греческого слова, означающего «второй») предложил американский химик Гилберт Ньютон Льюис, который к тому же стал первым, кто приготавливал «тяжелую воду» — D_2O . Американский физик Фердинанд Брикведде провел в 1931 г. концентрирование дейтерия путем весьма нудного упаривания жидкого водорода, а его коллега и соотечественник Гарольд Клейтон Юри (бывший студент Льюиса) подтвердил это концентрирование спектроскопически (установив, что эмиссионный спектр дейтерия становится более отчетливым). Атомы дейтерия (более массивные, чем атомы водорода) при упаривании меньше улетучиваются, так что жидкость постепенно обогащалась дейтерием. (Такую же методику применяли для выделения тяжелых изотопов неона, обнаруженных британским физиком Джозефом Джоном Томсоном еще в 1913 г. при первом масс-спектрометрическом эксперименте.)

Дейтерий открыли за 7 недель до того, как британский физик Джеймс Чедвик открыл нейтрон. За свою работу Юри позже удостоился Нобелевской премии, но в результате у него произошла размолвка с Льюисом, который чувствовал себя обойденным (и не без оснований). Сегодня дейтерий задействован в самых разных областях — от ядерного оружия до **кинетического изотопного эффекта**.

СМ. ТАКЖЕ Фракционная перегонка (ок. 1280), Водород (1766), Пламенная спектроскопия (1859), Масс-спектрометрия (1913), Изотопы (1913), Радиоактивные метки (1923), Кинетический изотопный эффект (1947), Стереохимия ферментов (1975).

Полученное при помощи космического телескопа «Хаббл» изображение фрагмента Малого Магелланова Облака — карликовой галактики, которая находится примерно в 200 000 световых лет от Солнца. Астрономы по-прежнему активно используют дейтерий как изотопную метку для изучения эволюции звезд и галактик.



Витамин С

Джеймс Линд (1716–1794), Альберт Сент-Дьёрдьи (1893–1986)

Цингу описывали еще в V в. до н. э. Эта болезнь была особенно распространена среди солдат и моряков. Долгое время подозревали, что дело тут в их рационе. В XV столетии человечество уже знало о противоцинготном действии цитрусовых. А в 1747 г. шотландский врач Джеймс Линд провел, вероятно, впервые в истории контролируемые клинические испытания. Ему хотелось проверить свою идею, согласно которой цинга излечивается кислотами. Он кормил больных моряков различной кислотной пищей, но лишь та группа, которой давали цитрусовые фрукты, показала положительные результаты (укус оказался не очень эффективен).

Десятилетиями считалось, что сам по себе пищевой рацион еще не является лекарством от цинги, но даже после того, как цитрусовые были признаны хорошим профилактическим средством, их активный компонент оставался неведомым. В 1920-х гг. венгерский физиолог Альберт Сент-Дьёрдьи, изучая ферменты, вызывающие побурение фруктов на срезе, заметил, что лимонный сок останавливает этот процесс, однако растворенная лимонная кислота тут не работала. Поэтому ученый предположил, что здесь, возможно, задействовано то же самое противоцинготное вещество. После кропотливой экспериментальной работы, используя процесс потемнения разрезанных фруктов как индикатор, он получил небольшое количество полярного кислотного шестиуглеродного соединения, которое назвал аскорбиновой («противоцинготной») кислотой. Сегодня она широко известна как витамин С — ключевая составляющая бесчисленных биохимических процессов. Это вещество необходимо для работы фермента, позволяющего синтезировать белок коллаген (важную часть структуры хрящевой ткани и кровеносных сосудов), и для функционирования иммунной системы.

В качестве подопытных животных Альберт Сент-Дьёрдьи решил использовать морских свинок, поскольку их организм (как и человеческий) не может вырабатывать собственный витамин С. Выяснилось, что аскорбиновая кислота действительно исцеляет больных цингой животных, но ученый не сумел выделить достаточно вещества, чтобы продолжить испытания: плоды цитрусовых полны сходных соединений, не позволяющих провести хорошее разделение. Позже Сент-Дьёрдьи рассказывал, как в 1932 г. однажды вечером в отчаянии вернулся домой после очередной серии неудачных опытов, а его жена подала на стол жгучий венгерский красный перец. Он вдруг понял, что перец — один из немногих возможных источников аскорбиновой кислоты, которые он пока не проверил. Вернувшись наутро в лабораторию, он уже к полудню обнаружил, что в красном перце полным-полно легко очищаемой аскорбиновой кислоты. Не прошло и трех недель, как он добыл три фунта этого вещества. В 1937 г. он получил за эти исследования Нобелевскую премию.

СМ. ТАКЖЕ Вёлер и синтез мочевины (1828).

Кристаллы витамина С под поляризующим микроскопом (250-кратное увеличение).



Нейлон

Элмер Кайзер Болтон (1886–1968), Уоллис Хьюм Карозерс (1896–1937), Джулиан Вернер Хилл (1904–1996)

Современная химия полимеров началась с создания **полиэтилена** в Великобритании и **нейлона** в США. Природные полимерные волокна (например, в хлопке или шерсти) ясно показывали: в этой области кроется огромный потенциал. Но до некоторых пор никто не понимал, как его реализовать. Громадной популярностью пользовался недавно созданный **бакелит**, но его нельзя было вытянуть в нити. Американский химик Уоллис Хьюм Карозерс, возглавлявший лабораторию полимеров в компании *DuPont*, получил весьма полезный синтетический каучук (неопрен) и несколько полимеров, из которых можно было бы свить нити, но эти вещества имели ряд явных недостатков: например, растворялись в жидкостях, применяемых при чистке одежды.

Научная группа Карозерса обратилась было к иным проектам, однако Элмер Кайзер Болтон, тогдашний руководитель дюпоновского химического департамента, попросил Карозерса предпринять еще одну попытку. Группа воспользовалась теми же методиками вытягивания нити, которые пробовал применять Джулиан Вернер Хилл (тоже входивший в состав этого коллектива), только на сей раз они задействовали амидные связи между составляющими полимера. Так появился новый класс материалов. Ключевой частью исследования стало варьирование длины цепи углеродного скелета двух компонентов — кислотного и аминного. Когда для обоих компонентов эта длина составила 6 атомов, удалось синтезировать материал, который теперь широко известен под названием *нейлон*. Не прошло и трех лет, как уже всю работала первая фабрика, где выпускалась витая нейлоновая нить. Подобно многим другим открытиям конца 1930-х гг., это достижение вначале помогало воевать (в частности, в годы Второй мировой войны материал использовался как заменитель традиционного парашютного шелка). Как выяснилось, материал обладает высокой прочностью на разрыв, а также высокой сопротивляемостью нагреву и воздействию многих растворителей (не являющихся сильными кислотами). Сегодня нейлон — по-прежнему самое распространенное синтетическое волокно в текстильной промышленности. Его также используют для изготовления деталей механизмов (в том числе крепежных элементов), а еще из него делают посуду для приготовления пищи.

Карозерс, к сожалению, до всего этого великолепия не дожил. Он признавался, что не способен оценить всю значимость собственных находок и всегда отличался склонностью к депрессии. В конце концов он свел счеты с жизнью. Огромная потеря для научного мира! Помимо всего прочего, Карозерс умел находить таланты: именно он нанял на работу будущего нобелевского лауреата Пола Флори, который стал одним из величайших химиков-полимерщиков XX столетия.

СМ. ТАКЖЕ Полимеры и полимеризация (1839), Резина (1839), Бакелит (1907), Полиэтилен (1933), Тефлон (1938), Цианоакрилаты (1942), Катализ Циглера—Натты (1963), Кевлар (1964), Гортекс (1969).

В годы Второй мировой войны нейлоновые чулки, отслужившие свое, обретали новую жизнь: их превращали в парашюты для десантников, буксирные тросы для гидропланов и другие боевые приспособления и материалы. (Надпись на бочке: «Старые шелковые и нейлоновые чулки оставляйте здесь».)



DEPOSIT OLD SILK
& NYLON HOSE *here*



Нервно-паралитический газ

Герхард Шрадер (1903–1990)

Немецкий химик Герхард Шрадер работал в одном из крупнейших химических концернов своей страны — *IG Farben*. Он экспериментировал со фторсодержащими органическими соединениями, которые предполагалось использовать в качестве инсектицидов. Однако многие вещества, убивающие насекомых, запросто расправятся и с человеком. В 1936 г., за два дня до Рождества, вместе со своим лаборантом он как раз синтезировал одно из таких соединений. После праздников они, изучая свойства нового вещества, вдруг заметили, что у них начинается одышка и темнеет в глазах. Химики быстро вышли из лаборатории. То было мудрое решение: они чуть не оказались первыми жертвами соединения, которое мы теперь называем *табун*. Оно стало первым в мире нервно-паралитическим газом.

Многие из таких соединений на самом деле представляют собой легколетучие жидкости, а не газы. Но все они действуют одинаково — необратимо связывая важнейший фермент *ацетилхолинэстеразу*, которая убирает из организма важнейший нейротрансмиттер ацетилхолин после того, как тот высвобождается из нервных клеток. Если фермент изъять из обращения, ацетилхолин будет накапливаться в организме стремительно и фатально. Шрадер со своим лаборантом заметили этот эффект по собственным нервам, контролирующим легкие и глаза: эти органы табун поражает первыми. Ингибиторы ацетилхолинэстеразы (обратимые и куда менее мощные, чем нервно-паралитические газы) могут применяться в медицине, к тому же они являются весьма эффективными пестицидами, но их пагубное воздействие на здоровье человека заставляет с годами все больше и больше ограничивать их применение.

Во время Второй мировой Германия поставила производство нервно-паралитического газа на индустриальные рельсы (процесс их выработки ужасающе токсичен и опасен), однако эти отравляющие вещества не повлияли на ход боевых действий по целому ряду причин — в частности, из-за убежденности нацистских властей, что в случае химической атаки против союзников американцы быстро начнут производить такие же средства, чтобы использовать их в ответ. Однако в годы войны Шрадер со своей группой изготавливал все более ядовитые разновидности этих газов, а после войны и США, и Советский Союз синтезировали и складировали еще больше. С тех пор основные игроки на мировой арене официально отказались от применения таких средств, однако (отвратительный и позорный факт!) они все-таки иногда применяются другими странами в менее масштабных военных конфликтах. Вспомним и теракт в токийском метро, осуществленный членами одной безумной японской секты.

СМ. ТАКЖЕ Греческий огонь (ок. 672), Токсикология (1538), Химическое оружие (1915), Бомбардировка Бари (1943).

Костюм химической защиты, разработанный для использования во время Второй мировой, но (к счастью) так никогда и не задействованный. Впрочем, не совсем ясно, обеспечит ли он достаточную защиту от нервно-паралитических газов.



Графен

Андрей Константинович Гейм (р. 1958),
Константин Сергеевич Новоселов (р. 1974)

Казалось бы, у такого тщательно и всесторонне исследованного элемента, как углерод, вряд ли остались секреты — по крайней мере в том, что касается его чистых аллотропных модификаций. Но совсем недавно произошел ряд неожиданных событий. Фуллерены и углеродные нанотрубки стали первыми новыми формами углерода, которые явились на нанотехнологическую вечеринку, и все ждали, когда же к ним присоединится графен. Этим термином называется одиночный слой графита толщиной всего в один атом углерода — собственно, просто плоскость, заполненная подобием конденсированных бензольных колец, простирающихся во всех направлениях.

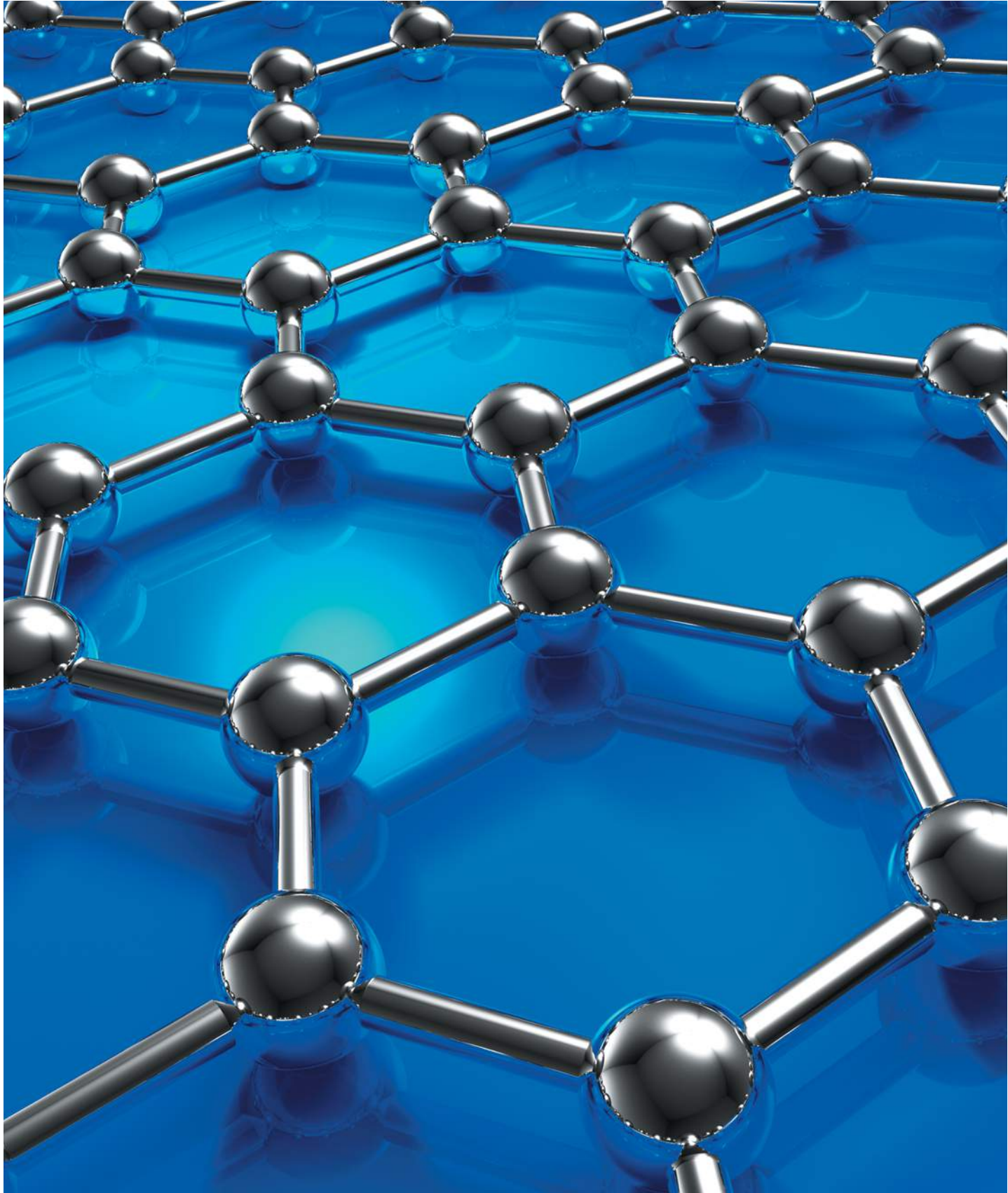
Графен — редкий пример хорошо изученного соединения, которое долго не удавалось выделить. Его успели хорошо изучить благодаря исследованиям тончайших графитовых слоев и углеродных нанотрубок, которые, в сущности, представляют собой просто цилиндры свернутых графеновых листов. Однако никто не мог убедительно продемонстрировать плоский материал толщиной в один атом. Более того, полагали, что такой материал, состоящий из атомов углерода, спонтанно свернется в нанотрубки, если его даже и получат.

Но в 2004 г. российские физики Андрей Константинович Гейм и Константин Сергеевич Новоселов получили воспроизводимые образцы углеродных листов, бесспорно представлявших собой графен. Они использовали ошеломляюще простую методику: на графит наклеивали липкую ленту и снимали с ее помощью слой за слоем. Существует несколько вариантов этой методики, но вполне достаточно следующей процедуры: слой графита помещают между двумя кусочками липкой ленты, затем их склеивают и разнимают — и так много раз. Проблема в том, чтобы обнаружить графен, когда дело дойдет до самых тонких слоев: к тому времени они становятся прозрачными.

Благодаря своей прочности, прозрачности и электропроводности графен представляет колоссальный интерес с точки зрения оптических, электрических и механических свойств, которые сейчас исследуются с поистине бешеной скоростью. Графеновые слои, осаждаемые на другие субстраты, служат обширным полем для исследования, как и углеродные слои, куда намеренно вносят дефекты и примеси: такие материалы могут обладать необычными полупроводниковыми свойствами или использоваться как основа для солнечных батарей. Аналогичные методики применяются для иных тонкослойных субстанций (например, для черного фосфора, из которого можно получить двумерный фосфорен). Сообщалось об аналогичных кремниевых и германиевых листах. Вероятно, скоро за ними последуют и монослои других элементов.

СМ. ТАКЖЕ Фосфор (1669), Бензол и ароматичность (1865), Синтетический алмаз (1953), Фуллерены (1985), Углеродные нанотрубки (1991).

Модель графена — материала, который в 200 раз прочнее стали (в пересчете на единицу массы). Подобные структуры — самые тонкие из всех возможных: это просто слой единичных атомов. Их свойства странным образом отличаются от свойств обычных — «нетонких» — твердых веществ, состоящих из тех же элементов.



Содержание

Введение 6

ок. 500 000 г. до н. э. Кристаллы 10

ок. 3300 г. до н. э. Бронза 12

ок. 2800 г. до н. э. Мыло 14

ок. 1300 г. до н. э. Выплавка железа 16

ок. 1200 г. до н. э. Очистка веществ 18

ок. 550 г. до н. э. Добыча золота 20

ок. 450 г. до н. э. Четыре стихии 22

ок. 400 г. до н. э. Атомизм 24

210 г. до н. э. Ртуть 26

ок. 60 г. н. э. Химия природных соединений 28

ок. 126 г. Римский бетон 30

ок. 200 г. Фарфор 32

ок. 672 г. Греческий огонь 34

ок. 800 г. Философский камень 36

ок. 800 г. Сталь викингов 38

ок. 850 г. Порох 40

ок. 900 г. Алхимия 42

ок. 1280 г. Царская водка (*Aqua regia*) 44

ок. 1280 г. Фракционная перегонка 46

1538 г. Токсикология 48

1540 г. Диэтиловый эфир 50

1556 г. *De re metallica* 52

1605 г. Развитие научного метода 54

1607 г. Йоркширские квасцы 56

1631 г. Хинин 58

1661 г. *The Sceptical Chymist* 60

1667 г. Флогистон 62

1669 г. Фосфор 64

1700 г. Сероводород 66

ок. 1706 г. Берлинская лазурь 68

1746 г. Серная кислота 70

1752 г. Синильная кислота
(Циановодород) 72

1754 г. Диоксид углерода 74

1758 г. Дымящая жидкость Каде 76

1766 г. Водород 78

1774 г. Кислород 80

1789 г. Закон сохранения массы 82

1791 г. Титан 84

1792 г. Иттербий 86

1804 г. Морфин 88

1805 г. Электроосаждение 90

1806 г. Аминокислоты 92

1807 г. Электрохимическое
восстановление 94

1808 г. Атомная теория Дальтона 96

1811 г. Гипотеза Авогадро 98

1813 г. Химическая нотация 100

1814 г. Парижская зелень 102

1815 г. Холестерин 104

1819 г. Кофеин 106

1822 г. Сверхкритические жидкости 108

1828 г. Бериллий 110

1828 г. Вёлер и синтез мочевины 112

1832 г. Функциональные группы 114

1834 г. Закон идеального газа 116

- 1834 г. Фотохимия **118**
- 1839 г. Полимеры и полимеризация **120**
- 1839 г. Дагерротипы **122**
- 1839 г. Резина **124**
- 1840 г. Озон **126**
- 1842 г. Фосфорные удобрения **128**
- 1847 г. Нитроглицерин **130**
- 1848 г. Хиральность **132**
- 1852 г. Флуоресценция **134**
- 1854 г. Делительная воронка **136**
- 1856 г. Пурпурный Перкина **138**
- 1856 г. Серебрение зеркал **140**
- 1859 г. Пламенная спектроскопия **142**
- 1860 г. Канниццаро в Карлсруэ **144**
- 1860 г. Степени окисления **146**
- 1861 г. Колба Эрленмейера **148**
- 1861 г. Структурные формулы **150**
- 1864 г. Процесс Сольве **152**
- 1865 г. Бензол и ароматичность **154**
- 1868 г. Гелий **156**
- 1869 г. Периодическая таблица **158**
- 1874 г. Тетраэдричность атома углерода **160**
- 1876 г. Свободная энергия Гиббса **162**
- 1877 г. Распределение Максвелла–Больцмана **164**
- 1877 г. Реакция Фриделя–Крафтса **166**
- 1878 г. Синтез индиго **168**
- 1879 г. Экстрактор Сокслета **170**
- 1881 г. *Fougère Royale* **172**
- 1883 г. Процесс Клауса **174**
- 1883 г. Жидкий азот **176**
- 1884 г. Фишер и сахара **178**
- 1885 г. Принцип Ле Шателье **180**
- 1886 г. Выделение фтора **182**
- 1886 г. Алюминий **184**
- 1887 г. Цианидное извлечение золота **186**
- 1888 г. Жидкие кристаллы **188**
- 1891 г. Термический крекинг **190**
- 1892 г. Хлор-щелочной процесс **192**
- 1892 г. Ацетилен **194**
- 1893 г. Термит **196**
- 1893 г. Боросиликатное стекло **198**
- 1893 г. Комплексные соединения **200**
- 1894 г. Моль **202**
- 1894 г. Асимметричная индукция **204**
- 1894 г. Диазометан **206**
- 1895 г. Жидкий воздух **208**
- 1896 г. Парниковый эффект **210**
- 1897 г. Аспирин **212**
- 1897 г. Ферментация зимазы **214**
- 1897 г. Гидрогенизация **216**
- 1898 г. Неон **218**
- 1900 г. Реакция Гриньяра **220**
- 1900 г. Свободные радикалы **222**
- 1900 г. Силиконы **224**
- 1901 г. Хроматография **226**
- 1902 г. Полоний и радий **228**
- 1905 г. Инфракрасная спектроскопия **230**
- 1907 г. Бакелит **232**
- 1907 г. Паутина **234**
- 1909 г. Индикаторы кислотности и pH **236**
- 1909 г. Процесс Габера–Боша **238**
- 1909 г. Сальварсан **240**
- 1912 г. Рентгеновская кристаллография **242**
- 1912 г. Реакция Майяра **244**

- 1912 г. Нержавеющая сталь **246**
- 1912 г. Бораны и вакуумная магистраль **248**
- 1912 г. Дипольный момент **250**
- 1913 г. Масс-спектрометрия **252**
- 1913 г. Изотопы **254**
- 1915 г. Химическое оружие **256**
- 1917 г. Химия поверхности **258**
- 1918 г. Радитор **260**
- 1920 г. Ловушка Дина–Старка **262**
- 1920 г. Водородная связь **264**
- 1921 г. Тетраэтилсвинец **266**
- 1923 г. Кислоты и основания **268**
- 1923 г. Радиоактивные метки **270**
- 1925 г. Процесс Фишера–Тропша **272**
- 1928 г. Реакция Дильса–Альдера **274**
- 1928 г. Реакции Реппе **276**
- 1930 г. Хлорфторуглеродные соединения (Фреоны) **278**
- 1931 г. Сигма- и пи-связь **280**
- 1931 г. Дейтерий **282**
- 1932 г. Карбоангидраза **284**
- 1932 г. Витамин С **286**
- 1932 г. Сульфаниламид **288**
- 1933 г. Полиэтилен **290**
- 1934 г. Супероксид **292**
- 1934 г. Вытяжной шкаф **294**
- 1935 г. Теория переходного состояния **296**
- 1935 г. Нейлон **298**
- 1936 г. Нервно-паралитический газ **300**
- 1936 г. Технеций **302**
- 1937 г. Дыхание клеток **304**
- 1937 г. «Эликсир сульфаниламида» **306**
- 1937 г. Механизмы реакций **308**
- 1938 г. Каталитический крекинг **310**
- 1938 г. Тефлон **312**
- 1939 г. Последний природный элемент **314**
- 1939 г. Природа химической связи **316**
- 1939 г. ДДТ **318**
- 1940 г. Газовая диффузия **320**
- 1942 г. Химия стероидов **322**
- 1942 г. Цианоакрилаты **324**
- 1943 г. ЛСД **326**
- 1943 г. Стрептомицин **328**
- 1943 г. Бомбардировка Бари **330**
- 1944 г. Восстановление по Бёрчу **332**
- 1944 г. Магнитная мешалка **334**
- 1945 г. Пенициллин **336**
- 1945 г. Герметизированный бокс (с вмонтированными перчатками) **338**
- 1947 г. Антифолаты **340**
- 1947 г. Кинетический изотопный эффект **342**
- 1947 г. Фотосинтез **344**
- 1948 г. Смертоносный смог в Доноре **346**
- 1949 г. Каталитический риформинг **348**
- 1949 г. Молекулярные (генетические) заболевания **350**
- 1949 г. Споры вокруг одного неклассического иона **352**
- 1950 г. Конформационный анализ **354**
- 1950 г. Кортизон **356**
- 1950 г. Роторный испаритель **358**
- 1951 г. Секвенирование по Сенгеру **360**
- 1951 г. Та самая таблетка **362**
- 1951 г. Альфа-спираль и бета-складки **364**
- 1951 г. Ферроцен **366**
- 1951 г. Трансурановые элементы **368**

- 1952 г. Газовая хроматография **370**
- 1952 г. Эксперимент Миллера–Юри **372**
- 1952 г. Зонная плавка **374**
- 1952 г. Отравление таллием **376**
- 1953 г. Структура ДНК **378**
- 1953 г. Синтетический алмаз **380**
- 1955 г. Электрофорез **382**
- 1956 г. Самое жаркое пламя **384**
- 1957 г. Люциферин **386**
- 1958 г. Репликация ДНК **388**
- 1960 г. Талидомид **390**
- 1960 г. Хиральная хроматография **392**
- 1961 г. ЯМР **394**
- 1962 г. Зеленый флуоресцентный белок **396**
- 1962 г. Соединения инертных газов **398**
- 1962 г. Изоамилацетат и сложные эфиры **400**
- 1963 г. Катализ Циглера–Натты **402**
- 1963 г. Синтез Меррифилда **404**
- 1963 г. Биполярное циклоприсоединение **406**
- 1964 г. Кевлар **408**
- 1965 г. Кристаллография белков **410**
- 1965 г. Цисплатин **412**
- 1965 г. Загрязнение свинцом **414**
- 1965 г. Гидрат метана **416**
- 1965 г. Правила Вудворда–Хоффмана **418**
- 1966 г. Поливода **420**
- 1967 г. ВЭЖХ (высокоэффективная жидкостная хроматография) **422**
- 1968 г. Реакция Белоусова–Жаботинского **424**
- 1969 г. Мёрчисонский метеорит **426**
- 1969 г. Гортекс **428**
- 1970 г. Поглотители углекислого газа **430**
- 1970 г. Вычислительная химия **432**
- 1970 г. Глифосат **434**
- 1971 г. Обратенно-фазовая хроматография **436**
- 1972 г. Рапамицин **438**
- 1973 г. Синтез В₁₂ **440**
- 1974 г. Фреоны и озоновый слой **442**
- 1975 г. Стереохимия ферментов **444**
- 1976 г. Позитронно-эмиссионная томография **446**
- 1977 г. Конденсация Нозаки **448**
- 1979 г. Толин **450**
- 1980 г. Гипотеза об иридии и метеоритном ударе **452**
- 1982 г. Синтез не природных соединений **454**
- 1982 г. МФТП (1-метил-4-фенил-1,2,3,6-тетрагидропиридин) **456**
- 1983 г. Полимеразная цепная реакция **458**
- 1984 г. Жидкостная хроматография/ масс-спектрометрия с ионизацией распылением в магнитном поле **460**
- 1984 г. АЗТ (азидотимидин) и антиретровирусные препараты **462**
- 1984 г. Квазикристаллы **464**
- 1984 г. Катастрофа в Бхопале **466**
- 1985 г. Фуллерены **468**
- 1985 г. МАЛДИ (матрично-активированная лазерная десорбция/ионизация) **470**
- 1988 г. Разработка современных лекарств **472**
- 1988 г. Взрыв на заводе компании *PERCON* **474**

- 1989 г. Таксол **476**
- 1991 г. Углеродные нанотрубки **478**
- 1994 г. Палитоксин **480**
- 1997 г. Координационные каркасы **482**
- 1998 г. Перекристаллизация
и полиморфы **484**
- 2001 г. Кликовые триазолы **486**
- 2004 г. Графен **488**
- 2005 г. Дефицит шикимовой кислоты **490**
- 2005 г. Олефиновый метатезис **492**
- 2006 г. Поточная химия **494**
- 2006 г. Изотопное распределение **496**
- 2009 г. Ацетонитрил **498**
- 2010 г. Направленная модификация
ферментов **500**
- 2010 г. Реакции сочетания,
катализируемые металлами **502**
- 2013 г. Снимки отдельных молекул **504**
- 2025 г. Хранилища для водорода **506**
- 2030 г. Искусственный фотосинтез **508**
- Примечания и материалы
для дополнительного чтения* **510**
- Иллюстрации* **525**
- Указатель* **527**