

ЖИЗНЬ

1996

7—8



Редакционный совет:

Г.И. Абелев,

М.Е. Вольпин,

В.И. Гольдманский,

Ю.А. Золотов, **В.А. Коптюг**,

Н.Н. Моисеев, Л.М. Мухин,

О.М. Нефедов, Р.В. Петров,

Н.А. Платэ, П.Д. Саркисов,

А.С. Спирин, Г.А. Ягодин

Редколлегия:

И.В. Петрянов-Соколов

(главный редактор),

А.В. Астрин

(главный художник),

К. Булычев, Г.С. Воронов,

А.А. Дулов, В.И. Иванов,

А.Д. Иорданский

(зам. главного редактора),

С.Н. Катасонов, В.И. Рабинович,

М.И. Рохлин

(зам. главного редактора),

Н.Д. Соколов

(ответственный секретарь),

С.Ф. Старикович,

Л.Н. Стрельникова

(зам. главного редактора),

Ю.А. Устынюк, М.Б. Черненко,

В.К. Черникова, Ю.А. Шрейдер

Редакция:

В.М. Адамова, Б.А. Альтшулер,

В.В. Благутина, Л.И. Верховский,

Е.А. Горина, В.Е. Жвирблис,

Ю.И. Зварич, М.Б. Литвинов,

Т.М. Макарова, А.Е. Насонова,

С.А. Петухов

Набор и верстка – Издательство
«Наука» РАН

Подписано в печать 00.12.1996

Отпечатано в ОАО Типография
«Новости». Заказ

Издательство «Наука» РАН

Адрес редакции: 117049 Москва,
ГСП-1, Мароковский пер., 26.

Телефоны для справок:

238-23-56, 230-79-45.

Отдел рекламы: 238-23-56

При перепечатке материалов ссылка
на «Химию и жизнь» обязательна

О ВЕЩАХ И ВЕЩЕСТВАХ

Стены нашего дома

<i>В. Цукерман.</i> От Кижей к аэропорту	5
<i>С. Константинова.</i> Оживающий? Отживающий? Вечный?	9
<i>Л.М. Сулименко.</i> Портланд-цемент	15
Полезные советы	21
<i>А.М. Виктор.</i> То, что казалось камнем.....	26
<i>Н. Коловрат.</i> Древнее искусство фрески.....	27
<i>Л. Кузнецова.</i> Дионисий: легенды и открытия.....	33
Беседа с Сикейросом	38

Знакомые незнакомцы

<i>В. Мей.</i> Три века часов.....	42
<i>Л. Стрельникова.</i> Возьмите в руки карандаш.....	48
<i>И.А. Леенсон.</i> Жизнеописание лабораторного термо- метра.....	54

Кости и зубы

<i>С.А. Вольфсон, В.П. Павлов.</i> Диалог об артропластике, или где взять запасные суставы..	64
<i>В.А. Поляков.</i> Костяная нога.....	68
<i>М. Ларин.</i> Голова или поясница?.....	71
<i>В.Р. Окушко.</i> История с зубами	72

Дышите глубже

<i>Р. Подольный.</i> Одно неизвестное и двадцать гипо- тез	78
<i>Н.Д. Трейгер.</i> Так много теорий.....	83
<i>Е.К. Бахтин.</i> Кто как нюхает	92
<i>Ф. Романов.</i> Разговоры, разговоры... ..	98
<i>С. Старикович.</i> Почему скунс топает ногами?	100
<i>Б.В. Шеврыгин.</i> Человек в мире запахов	101
<i>В. Ягодинский.</i> Запахи воспоминаний.....	104
<i>В.Скобелев.</i> Чем пахнет селедка?	107
<i>Ю.М. Вакулин.</i> Ароматическое кино	108
<i>В. Чубуков.</i> Чем пахнут деньги	110
<i>В. Батраков.</i> И у человека есть нюх	111

Что мы едим, что мы пьем

<i>И. Вольпер.</i> Запах хлеба.....	113
<i>А.Д. Зимон.</i> Хлеб, мука и адгезия.....	115
<i>Ф.М. Кветный, В.В. Щербатенко.</i> Словно из печи...	118
<i>Д. Алексеев.</i> Тяжелый хлеб legionера.....	123
<i>С.Б. Давидянц.</i> Темное царство меланоидинов	124
<i>Т. Перстенева.</i> Шоколад в утешение	128
<i>Ю. Клюквина.</i> Синяки на картошке.....	129
<i>В. Гельгор.</i> Сахарные близнецы.....	131
<i>М. Богачихин.</i> Чашка чая	134
<i>Н. Молодкина.</i> Чаепитие по-японски	138

Следствие ведут знатоки

<i>Н.Д. Трейгер.</i> «Когда необходимы специальные познания...»	141
<i>Г.А. Самойлов.</i> Следы запаха	147
<i>Б. Свадковский, Я. Шестопал.</i> Дело Катюши Мас- ловой.....	150
<i>В.Б. Сапунов.</i> Снежный человек с точки зрения кри- миналистики	154

Художественный язык химических формул

<i>Д. Владимиров.</i> Химизация поэзии и поэтизация хи- мии	158
--	-----

ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ!

Ну вот, не прошло и года, как вы получили этот номер, который должен был выйти в свет еще давным-давно: к сожалению, у издательства Российской Академии наук «Наука», которое выпускает «Химию и жизнь», все это время не было денег, чтобы заплатить типографии за печать журнала.

Собственно говоря, уже летом прошлого года было ясно, что дело плохо, но непонятно, как выходить из положения. Конечно, журнал – не ежедневная газета, но и он должен как-то угоняться за временем. А как просить уважаемого автора написать статью на какую-нибудь животрепещущую тему, если не можешь сказать ему, когда она выйдет или выйдет ли вообще?

Однако очередные номера все равно нужно было готовить. И тут появилась идея, воплощение которой – перед вами. Мы решили собрать лучшее из того, что было напечатано в «Химии и жизни» за три десятилетия ее существования, и подготовить несколько ретроспективных номеров, посвященных определенным темам.

Герои этого номера – вещи и вещества, которые всегда были главной, генеральной темой «Химии и жизни». Правда, сложить его оказалось не так просто. Часть интересных и полезных статей уже вошла в состав сборников нашей «Библиотеки», которые есть у многих читателей. Другие сегодня уже заметно устарели: да, когда-то журнал интересно рассказывал о мыле или лыжных ботинках, но теперь на прилавках лежат уже другие мыла, а горнолыжники надевают совсем иную, современную обувь... Тем не менее мы постарались отобрать публикации, которые и сегодня не потеряли своей актуальности. Насколько это удалось – судить вам.

Дальше вас ждут еще два номера, тоже ретроспективных – в одном собраны лучшие статьи о животных и растениях из рубрик «Земля и ее обитатели» и «Живые лаборатории», в другом – печатавшиеся в нашем журнале научно-фантастические произведения отечественных и зарубежных авторов.

И на этом история прежней «Химии и жизни», похоже, заканчивается. Многие из вас знают, что в этом году вместо нее начало выходить ее продолжение – это журнал «ХИМИЯ И ЖИЗНЬ – XXI ВЕК» (которое готовит тот же редакционный коллектив, но уже без участия издательства «Наука», что вселяет надежду на более регулярный выпуск журнала). Мы надеемся, что в числе читателей новой старой «Химии и жизни» окажется и вы. Отправимся в XXI век вместе!

СТЕНЫ НАШЕГО ДОМА



От Кижей к аэропорту

Поиски формулы

Инженер
В. ЦУКЕРМАН

Люди находят какую-то особую прелесть в том, чтобы бежать из городов, из своего дома, бродить по лесам, ночевать в палатке, а то и просто под открытым небом, или переплывать океан на бревенчатом плоту. Но покинуть свой дом насовсем человек не может, как не может черепаха сбросить свой панцирь, хотя физиологически человек с домом и не связан.

Человек ж и в е т в доме. Можно даже историю материальной культуры рассматривать как историю жилища. Ведь дом концентрирует в себе главные стороны процесса развития общества: экономический и материально-технический уровень эпохи, непосредственно влияющие на конструкцию дома, на выбор материала, на технологию строительства; общественные отношения, отражающиеся в структуре и планировке помещения; эстетический идеал эпохи. Не случайно даже термины, вначале бывшие лишь названиями архитектурных стилей, такие, как «готика», «барокко», впоследствии стали означать стили в живописи, литературе, театре, музыке. Они стали определениями целых эпох. В здании находят отражение различные стороны общественно-исторического процесса, которые, сливаясь в одно органичное целое, собираются в нем, как в фокусе.

Почему же, размышляя о себе, о жизни, о смысле эпохи и ее культуры, мы редко вспоминаем о домах, в которых и среди которых проходит почти вся наша жизнь? Ведь столько интересного открывается при рассмотрении любой из частных проблем, связанных со зданием!

В этой статье мы расскажем об истории строительных материалов. Мы про-

следим, как возникали материалы, из которых сложены наши дома, и в процессе их развития попытаемся найти свои, на первый взгляд незаметные закономерности.

Что нам даст знание этих закономерностей?

Дело в том, что среди множества причин, влияющих на эволюцию архитектурных форм, изменение материалов – одна из важнейших. Зная закон этого изменения, мы сможем предсказать состав строительных материалов будущего, а следовательно, сможем представить себе, как будут выглядеть тогда дома. Для того чтобы хотя бы мельком заглянуть в город 2000 года, нужно знать «формулу», по которой изменяются строительные материалы. Давайте попробуем ее отыскать.

КАК ВОЗНИКЛИ МАТЕРИАЛЫ

Как только человек вышел из пещеры и начал строить себе жилище, началось непрерывное, продолжающееся и поныне, совершенствование строительного материала. Сначала человек брал материал у природы в его естественном, природой созданном виде и употреблял в дело, почти не изменяя ни формы его, ни структуры. Затем он начал обрабатывать то, что давала ему природа, – материал в здании все более и более терял внешнее сходство с естественным. Наконец начали создавать искусственные материалы, уже совсем не похожие на сырье, из которого они созданы.

«Материалы движутся от естественности к искусственности» – это уже тенденция, почти «формула». Для «формулы» здесь недостает конкретности. Присмотримся к процессу развития материала подробнее.

Строя, человек укладывал крупные каменные глыбы друг на друга, так же складывали срубы из стволов деревьев. Они сохраняли устойчивость под действием тяжести.

Постепенно камни, из которых складывали здание, стали уменьшаться, и, чтобы удержать их в стене, понадобился скрепляющий материал – раствор. Современный строительный раствор – двухком-

понентный: вяжущее вещество и заполнитель. Древнейший раствор состоял только из вяжущего вещества, которое употребляли в необработанном природном виде, — из глины. Затем к ней стали добавлять такой же природный заполнитель — рубленую солому или тростник.

ПЕРВЫЕ ИСКУССТВЕННЫЕ

Первым искусственным строительным материалом был, очевидно, кирпич-сырец, слепленный из глины, но не обожженный. Его, правда, можно еще считать естественным материалом, поскольку глина пока не изменила свою внутреннюю структуру.

По-настоящему искусственным материалом кирпич стал, когда его начали обжигать. По внешнему виду и по составу он сильно отличается от исходного продукта. Глина — это продукт выветривания полевошпатных пород, и состоит она в основном из алюмосиликатов (типичнейший из них — каолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и множества примесей. При обжиге алюмосиликаты, подобные каолиниту, теряют химически связанную воду и преобразуются в новые, безводные алюмосиликаты.

Одновременно с обжигом кирпича был открыт новый скрепляющий раствор — известковый. Вяжущее здесь — известь, заполнитель — песок. Известковый раствор, как и кирпич-сырец, — переходная форма между естественными и искусственными материалами. Его можно назвать искусственным, потому что получается он в результате довольно сложного химического процесса. Известняк обжигают, под влиянием высокой температуры он разлагается на окись кальция и углекислый газ $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$. Полученную окись кальция называют негашеной известью. Ее «гасят», заливая водой: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$. Полученную гидроксид кальция называют известью-пушонкой. Она и есть вяжущий материал. В строительном растворе она соединяется с углекислым газом воздуха и превращается в карбонат кальция: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Круг замкнулся — углекислый кальций вновь стал углекислым кальцием. Исходный и конечный продукт

в нем один и тот же — углекислый кальций, поэтому раствор — материал естественный.

В XIX веке появляется цементный раствор — материал вне всяких сомнений искусственный. Смесь глины и известняка (в состав современных цементах входят еще различные добавки) обжигают до спекания, затем перемалывают. Порошок, содержащий окись кальция CaO , кремнезем SiO_2 , глинозем Al_2O_3 и окись железа Fe_2O_3 , и есть цемент. Если его смешать с водой, происходит сложная цепь превращений одних кальциевых силикатов и алюминатов в другие, образование золя, и, наконец, — твердение, образование твердого цементного камня.

Так все строительные материалы — и камень, и вяжущее вещество — становятся искусственными, совершенно изменяя при этом свою структуру.

РЕВОЛЮЦИЯ В МИРЕ МАТЕРИАЛОВ

Мы говорили пока только о тех материалах, из которых складывают стены. Но строители использовали и другие материалы: этажи перекрывали деревянными и стальными балками, кровли покрывали тесом, черепицей, железом. Такое «разделение труда» было вызвано различными механическими свойствами материалов, неодинаковой способностью воспринимать различные напряжения: сжимающие, растягивающие, изгибающие. Стальной трос приспособлен только для работы на растяжение, кирпич же хорошо работает на сжатие, но плохо — на растяжение, а следовательно, и на изгиб. Поэтому из кирпича можно делать стены и колонны, но нельзя делать балки. Зато стальные балки великолепно воспринимают растягивающие и изгибающие напряжения.

Дерево — универсально работающий материал, дающий необыкновенный простор архитектурному творчеству. Целые здания строили только из дерева, не употребляя других материалов. Деревянная церковь в Кяхте — слава и гордость строительного искусства России — была возведена без единого гвоздя!

Но необходимость в большей прочности, долговечности, огнестойкости материалов для зданий вынудили человека искать дереву замену. В наше время начали соединять воедино разные строительные материалы, получая при этом качественно новые, способные с одинаковым успехом образовывать и стены, и перекрытия, и кровли зданий.

Одним из них был железобетон – искусственный материал, синтезировавший в себе старые материалы и почти такой же универсальный, как естественный материал – дерево.

Теперь «формула» как будто у нас в руках: «от естественного – к искусственному, от универсальности, через временное разделение функций, к новой, высшей универсальности, к синтезу».

Но является ли железобетон таким синтезом? Может ли он стать материалом будущего?

ЧТО ЭТО – ЖЕЛЕЗОБЕТОН?

Бетон, как и все стеновые материалы, очень хорошо работает на сжатие, но плохо на растяжение. В конце прошлого века инженерам пришла мысль соединить бетон с материалами, хорошо работающими на растяжение.

В 1885 году на выставке в Париже демонстрировалась лодка с металлическим сетчатым каркасом, обмазанным цементным раствором. А еще раньше – в 1867 году были цветочные кадки садовника Ж. Менье.

Строители обнаружили, что соединение хорошо сжимающегося бетона и хорошо растягивающейся стали открывает перед ними огромные возможности. Из железобетона можно изготавливать изделия любой формы, закладывая стальную арматуру в те места бетонного монолита, где по расчетам ожидаются растягивающие напряжения. Совместная работа стали и бетона в железобетонном элементе похожа на симбиоз в мире животных и растений. Действительно: сталь помогает бетону выдерживать недоступные ему растягивающие нагрузки, бетон же защищает стальную арматуру от коррозии. Железобетонная конструкция обладает проч-

ностью, недоступной одному бетону без стали, и долговечностью, недоступной стали без бетона.

СИМБИОЗ СТАЛИ И БЕТОНА НЕ УНИВЕРСАЛЕН

Но железобетон неоднороден. Арматура расположена в бетонной массе неравномерно, и поэтому каждый железобетонный элемент способен воспринимать нагрузки только в одном направлении. Сталь и бетон, находясь в одном элементе, работают раздельно – сталь на растяжение, а бетон на сжатие. Железобетон еще не стал синтезом различных материалов, а явился только их механическим соединением.

Железобетон – как будто универсальный материал. Из него одного можно построить дом так же, как и из дерева. Но каждый элемент такого здания сможет работать только в этом здании или в аналогичных условиях другой конструкции. В этом его отличие от дерева: деревянную балку можно с таким же успехом употребить как колонну, железобетонную – нельзя.

Искусственный материал – железобетон еще не достиг универсальности естественного – дерева.

ЗАВЕРШЕНИЕ РЕВОЛЮЦИИ БЛИЗКО

Строители давно заметили, что в железобетонном элементе, вблизи от арматуры, бетон меняет свои свойства, он начинает работать на растяжение так же хорошо, как и на сжатие. Причина этого явления известна: вблизи стальной арматуры у бетона меняются условия твердения. Силикаты, из которых состоит бетон, сцепляясь с кристаллами стали, образуют направленную кристаллическую структуру.

Это явление заставило итальянского инженера Пьеро Луиджи Нерви вспомнить о самых первых железобетонных конструкциях – лодках и кадках со стальными сетками. Нерви уменьшил ячейки сеток, превратив их в стальную паутину. Бетон находится в близком соседстве со сталью и поэтому хорошо работает на

растяжение. Так получился новый, однородный строительный материал — армоцемент. В 1946 году первые армоцементные лодки Нерви начали плавать вдоль берегов Италии, а сейчас конструкции из армоцемента применяют на стройках всего мира.

Армоцементные листы тонки, поэтому для прочности элементам из армоцемента придают сложную пространственную форму складок, оболочек или корыт. Сталь и бетон работают вместе, но универсальность материала еще не достигнута, потому что элементы работают только в специально для них предназначенных местах.

Армоцемент — следующий после бетона шаг к созданию универсального материала.

ПОЛНАЯ УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ ПЛАСТМАСС

Мы называли дерево материалом однородным и универсальным. Это не совсем точно, волокнистая структура дерева делает его не полностью однородным материалом, механические свойства которого вдоль и поперек волокон различны.

Структура многих современных материалов, стремящихся к универсальности, — железобетона, и особенно армоцемента, похожа на волокнистую структуру дерева. Но односторонняя направленность волокон приводит неизбежно к неоднородности материала, тем более, что «волокна» армоцемента более крупные, чем у дерева.

Но вот в строительстве появились пластмассы, армированные стеклянным волокном. Волокна арматуры в них не ориентированы, и поэтому свойства такой пластмассы во всех направлениях однородны.

Но нужно ли вообще армировать пластмассу? Ведь она уже имеет своеобразную волокнистую структуру — длинные цепи молекул, — более мелкую, чем у дерева.

Армировать пластмассу стеклянными волокнами приходится пока только потому, что ее собственные молекулярные волокна недостаточно прочны. Но получе-

ние прочной пластмассы — вопрос времени, причем не столь уже далекого. Появление такой пластмассы — материала, прочного, как сталь, легкого, как дерево, прозрачного, как стекло, дешевого, как бетон, не подверженного коррозии, не боящегося огня, долговечного, абсолютно однородного, — означало бы величайшую революцию в архитектуре.

ФАНТАСТИЧЕСКИЕ ЗДАНИЯ

Универсальный материал — дерево вызвал необыкновенный расцвет архитектуры. Мы не видели древнегреческих деревянных сооружений, но даже построенные по их образцу каменные здания (античные храмы подражают в мраморе и известняке деревянным формам) великолепны. Сейчас в строительство пришли железобетон и армоцемент, материалы не полностью однородные, только предвестники будущего синтеза, но какое богатство новых форм, какие открытия они принесли!

Старые материалы связывали архитектора. Тяжелые, неповоротливые, вышедшие из земли, связанные с ней, они тяготели к земле, заставляли зодчего кружиться в лабиринте одних и тех же форм: прямоугольных коробок, колонн, куполов, прямоугольных отверстий в стенах — окон и дверей. Уже железобетон позволил отказаться от этих форм, поднять здание на легких опорах в воздухе, заменить тяжелые несущие стены с прорезями окон гигантскими стеклянными витражами, висящими в воздухе. Железобетон дал бесконечное разнообразие форм, органичных и точно соответствующих распределению напряжений в материале. Но железобетон еще не окончательно универсален, он тяжел, еще связан с землей.

Когда в строительство придет пластмасса, архитекторам станут доступны любые криволинейные формы, появятся здания фантастических очертаний. Тяжесть, приземленность, сырость и темнота — эти понятия навсегда исчезнут в городе будущего. И день, когда появятся эти города, уже близок. Дело за химиками.

Оживающий? Отживающий? Вечный?

С. КОНСТАНТИНОВА

*Каков бы ни был замысел у лучшего
творца,*

Его в избытке мрамор заключает.

И мысль любая в камне оживает,

Когда послушна разуму рука...

Микеланджело

С чего начать наш рассказ о мраморе? Наверное, стоит вспомнить, «почему кошку назвали кошкой».

Поверхность мрамора блестит на изломе – отсюда и название мрамора: латинское *матпг* и греческое «мармарос» означают «блестящий камень». Михаил Васильевич Ломоносов первым из наших соотечественников поменял местами вторую и третью буквы: мрамор превратился в мрамор. В этом еще раз проявился безупречный поэтический слух человека, который больше известен как ученый, чем как поэт.

Между прочим, в словаре В.И. Даля есть и мрамор, и мрамор, То же – и на географической карте: на полуострове Малая Азия есть турецкий ныне город Мармарис; есть и остров Мармара, расположенный посреди Мраморного моря. А где само это море, знает каждый.

ИЗ ЧЕГО СДЕЛАН МРАМОР

Мрамор – не минерал, а горная порода, по составу почти мономинеральная. Любой мрамор состоит из зерен кальцита CaCO_3 , иногда с примесью доломита $\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$. А разница в цвете и рисунке обусловлена составом и количеством включений: гематита и лимонита (розовый, красный, бурый мрамор), хлорита и амфибола (зеленый), минералов железа (желтый, так называемый «руинный» мрамор), графита и битуминозных веществ (серый, черный).

Понятно, что при таком разнообразии расцветок слово «мрамор» не вызывает у

нас ассоциаций с определенным цветом, как это бывает, когда мы слышим названия, например, рубина или малахита. Но чаще всего приходит на память белый мрамор скульптур. Само определение «мраморный» скорее связано не с цветом, а с характерными для цветного мрамора прожилками (до сих пор иногда выпускают мраморную бумагу).

У известняка и мела та же формула, что и у мрамора. В разных условиях из одних и тех же элементов получались разные породы и минералы. Легенда утверждает, что богиня любви и красоты Афродита вышла из пены морской, а Боттичелли в картине «Рождение Венеры» изобразил богиню плывущей в раковине к берегу. Мрамор тоже зародился в море, и раковины моллюсков играли в этом не последнюю роль. Осадочные породы (в том числе известняки и доломиты) образовались миллиарды лет назад как результат жизнедеятельности морских организмов. Затем в ходе горообразования под действием высоких температур и давлений структура пород менялась. В результате метаморфоз перекристаллизации получились многие нынешние породы, мрамор в том числе.

«ТАКОГО ВЗЛЕТУ КАМЕНЬ...»

История мрамора полна взлетов и падений: века триумфа сменялись веками забвения.

Мрамор умеренно тверд, достаточно прочен и красив, хорошо полируется. Последнее важно: камни, как правило, «открывают красоту» лишь после соответствующей обработки. Одним из них достаточно полировки, другие же требуют и огранки.

И доступность, конечно, важна. Культура Древней Греции неотрывна в нашем сознании от мрамора – острова Эгейского моря и Балканы были им очень богаты. Возле самых Афин находилось Пентеликонское месторождение, где добывали белый мрамор с легким желтоватым оттенком. Этот мрамор в виде блистательных архитектурных сооружений и скульптур древней Эллады дошел до наших дней.

Ряд рассеченных ступеней,
Портик тяжелых Пропилей,
И за горами камней
В сетке легких синих теней
Искры мраморных аллей...

Это строки из стихотворения Максимилиана Волошина «Акрополь».

Плитами белого с чуть желтоватым оттенком мрамора была выложена крыша Парфенона. Этот мрамор добывали на острове Парос. В Древней Греции паросский мрамор ценился особенно высоко.

Популярен был мрамор и в Древнем Риме. В каменоломнях Каррары и на склонах Апуанских Альп еще в III веке до нашей эры добывали белоснежный мрамор, вошедший в историю как каррарский. Облик этих древних каменоломен воспроизведен на картине Н.Н. Ге «Перевозка мрамора в Карраре» (Русский музей).

Каррарский мрамор применяли в строительстве терм, театров, стадионов. При раскопках Помпей археологи обнаружили великолепные мраморные полы и лоджии, стены, отделанные мрамором, в богатых домах.

В тени порфирных бань и мраморных палат
Вельможи римские встречали свой закат.

Это строки из Пушкина.

Как свидетельствуют документы, Рим времен императора Августа (I в. до н.э.) был одет в мрамор. Интересно, что уже в то время римляне разрезали мраморные глыбы на блоки кратной длины с квадратным сечением (60 × 60 × 120 см). Это был, наверное, единственный в мировой практике опыт крупноблочного строительства из мрамора. В отличие от Греции, где мрамор был камнем статуй и храмов, в Риме он стал материалом довольно массового строительства.

Когда на смену пышной культуре античности пришел аскетизм средневекового христианства, мрамор отошел на второй план. Для постройки готических и даже романских соборов зодчие использовали известняк или песчаник, но не мрамор. Это объясняется не только сменой архитектурной моды, но и тем, что в Западной Европе того времени богатых месторождений белого мрамора не было.

Мастерам эпохи Проторенессанса, предшественники Возрождения, мрамор пришлось открывать заново. Проторенессанс начался в искусстве с открытия «инкрустационного стиля», с возврата к архитектурным формам античности. Одной из особенностей инкрустационного стиля, давшей ему название, была облицовка зданий (снаружи и изнутри) разноцветным мрамором. Именно с этих пор мрамор становится не столько строительным камнем, сколько облицовочным материалом.

У нас в России белый мрамор долгое время был неизвестен. Архитекторы и скульпторы использовали плотный известняк – «белый камень». Лишь в 1725 году, когда Петр I учредил Петергофскую гранитную фабрику, была заложена основа русской камнерезной индустрии. Во времена Анны Иоанновны был издан указ о том, чтобы мрамор и другие декоративные камни не выписывали из европейских стран, а находили в своей земле.

Позже русские зодчие широко использовали мрамор, особенно при застройке Петербурга и его пригородов. Белым тивдийским мрамором из Прионежья облицованы Исаакиевский собор, Мраморный дворец, Инженерный замок. В 1804 г. стараниями графа А.С. Строганова были основаны Екатеринбургская гранитно-шлифовальная фабрика и Горнощитский мраморный завод. Так было положено начало добычи разнообразных по расцветке уральских мраморов.

Белый тонкозернистый мрамор и сейчас добывается на Коелгинском месторождении, серый с волнистым рисунком – на Уфалейском, желтый с коричневым узором – на Фоминском и т.д. Во время строительства в 30-х годах первых линий московского метрополитена потребовалось огромное количество облицовочного материала, в том числе и мрамора. Широко использовали не только уральский, но и крымский мрамор. Так, станция «Красные ворота» отделана коричневой «биюк-янкой», колонны станции «Комсомольская» (радиальная) – плитами из светлого балаклавского камня, а вот станции «Сокольники» и «Парк культуры» (кольцевая) – серым уфалейским мрамором с Урала.



Московское метро – своего рода музей облицовочного камня. К сожалению, и москвичам, и гостям столицы обычно не хватает времени, чтобы внимательнее взглянуть в мраморные одежды метро. А жаль: каждая плитка неповторима по окраске и рисунку. Присмотритесь единожды, и вы уже не сможете равнодушно пройти мимо привычного вроде бы мрамора.

СТАТУАРИО

В наши дни скульпторы мрамор не жалуют. Посетители художественных выставок чаще встречаются с работами по дереву, гипсу, бронзе, бетону.

А для великих скульпторов прошлого белый статуарный мрамор долгие века был наипервейшим, самым значимым материалом. Ваятели Древней Греции – Фидий, Мирон, Пракситель – использовали для своих лучших работ паросский мрамор, о котором уже упоминалось. Он не чисто белый, а с легким желтоватым оттенком, к тому же чуть просвечивает, блеск его чуть приглушенный, бархатистый. Можно предположить, что легендарный Пигмалион изваял свою Галатею именно из паросского мрамора: по фактуре и цвету этот мрамор точнее всего передает обнаженную натуру.

О. Венера, мрамор теплый, очи, блещущие тайной.
Руки нежные – их создал юный царственный поэт...

Это строки румынского поэта Михая Эминеску.

Лишь гениальным скульпторам дано так «очеловечить» камень, что он покажется теплым, живым.

Каррарский мрамор ваятели использовали для наиболее ответственных работ не только в античные времена, но и позже. Уникальна его прозрачность – лучший каррарский статуарио пропускает свет на глубину в 3–4 сантиметра. Свет как бы задерживается в толще мрамора. Эта специфическая прозрачность не зависит ни от величины, ни от формы зерен кальцита – она обусловлена одинаковой ориентацией кристаллов.

Каррарский мрамор – материал, из которого ваял Микеланджело Буонарроти.

И как же он его чувствовал! Известно, например, что статуя «Давид» была изваяна из мраморного монолита высотой 5,5 м, уже испорченного предыдущим, неумелым скульптором. Это обстоятельство определило позу героя, и теперь можно лишь гадать, каким был бы Давид, если бы Микеланджело работал с целой глыбой. В этом случае мрамор был не просто каменным монолитом, от которого ваятель должен был по своему желанию «отсечь лишнее». Камень требовал, диктовал... Утверждают, что Микеланджело как никто вникнул в свойства камня. Эту мысль исповедует Р. Роллан: «Задумав работу, он мог годы проводить в каменоломнях, отбирая мрамор и строя дороги для перевозки; он хотел быть всем зараз – инженером, чернорабочим, каменотесом»... Конечно, Ромен Роллан – большой писатель, и все же его оценка – вторичисточник. А первоисточник – сам Микеланджело:

...Любой, о донна, истинный ваятель,
Желая чей-то облик в камне воплотить,
Стремится лишнее из глыбы удалить
И вырвать замысел из каменных объятий.

Микеланджело любил работать с мрамором. И Роден тоже. Сравните «Вечную весну» в бронзовом (Музей изобразительных искусств имени А.С. Пушкина) и мраморном (Эрмитаж) вариантах. По мне, так это две разные работы. Вторая – несравненно выразительнее. Это не значит, конечно, что и «Мыслителя» или «Гражданин Кале» следовало ваять из мрамора.

ЖИЗНЬ КОРОТКА ДАЖЕ У КАМНЯ

Приобретя в Италии статую Венеры Таврической, Петр I выставил ее в Летнем саду и приставил часового для охраны. Страж, конечно, мог уберечь скульптуру от злоумышленников, но у мрамора есть и другие враги, от которых не спасет и полк солдат.

Говорят, что сама вечность боится пирамид, но так ли это? В 1799 г. по приказу Наполеона были измерены высота и объем пирамиды Хеопса (144,6 м и 2512 тыс. м³), а через сто лет замеры повторили, и оказалось, что высота уменьшилась на 7 м, а объем – на 162 тыс. м³.

Время разрушает и камни. Не само время, конечно, а кислород и ветер, дождь и роса, иней и снег, перепады тепла — все воздействует на камень и постепенно разрушает его. И податливость мрамора оборачивается против него самого...

В естественных условиях средняя долговечность поверхности мрамора составляет 450 лет, однако первые признаки разрушения заметны уже через 150 лет. Конечно, все зависит от условий, в которых находится материал. Теперь около статуй в Летнем саду нет часовых, но на зиму всех Амуров и Психей тщательно укрывают, прячут в деревянные домики — так их предохраняют от воздействия влаги и резких температурных перепадов.

Влажность влияет на скорость разрушения камня особенно сильно. Мрамор довольно порист, размеры пор зависят от величины и формы зерен кальцита и от обработки поверхности. В хорошем мраморе поры меньше. Скажем, на полированный каррарский мрамор можно капнуть чернилами — следа не останется. Больше пор — больше поверхность смачивания.

Влага, заполняющая тончайшие трещины и пустоты в мраморе, передвигается по капиллярам. При повышении температуры она испаряется. Камень то намокает, то высыхает, связь между зернами кальцита ослабевает. Еще сильнее, само собой разумеется, действует вода при резкой смене температур. А замерзшая вода, увеличиваясь в объеме, давит на стенки пор с разрушающей силой. Морозное выветривание — быстрое выветривание.

Вода опасна еще и тем, что в ней обычно растворено много других веществ — солей, щелочей, кислот. Мрамор хорошо противостоит щелочам, но плохо кислотам. Вот почему, в частности, знаменитый «Давид» Микеланджело на центральной площади Флоренции заменен копией.

Разрушительно действуют на мрамор дымовые газы, прежде всего сернистый SO_2 и серный SO_3 ангидриды, кислотообразующие окислы. Под действием серной кислоты углекислые соединения переходят, как известно, в сернокислые. Выходит, мрамор в этих условиях способен постепенно превращаться в гипс. Это уже

наблюдалось в Лондоне.

После мраморов Каррары
Как живет вам с трухой
Гипсовой?...

Марине Ивановне Цветаевой, очевидно, были не чужды и проблемы долговечности мрамора...

Зодчие, в общем-то, никогда не мирились с преждевременным износом мрамора. Еще древние греки знали, что мраморные блоки, скрепленные железными штырями, покрываются ржавыми пятнами и быстро растрескиваются. Потому железные штыри заливали свинцом, а штыри для крепления колонн Парфенона были сделаны из древесины кипариса. В наши дни для крепления мраморной облицовки используют латунные штыри.

Естественной кажется мысль о том, чтобы мрамор, подобно древесине, чем-нибудь пропитать или отлакировать. Античные зодчие и скульпторы нередко раскрашивали здания и статуи — тоже защита от коррозии. Парфенон, например, был покрашен синими, золотистыми и красными восковыми красками — лишь белые колонны выделялись первозданным цветом. С помощью красок хотели скрыть те или иные изъяны камня, а также защитить мрамор от влажного морского воздуха. В какой-то степени это помогало. Иначе вряд ли сохранились бы до наших дней и Акрополь, и Пергамский алтарь...

Спустя много веков, в середине XIX столетия, начали применять флюаты — соли кремнефтористоводородной кислоты. При их воздействии на мрамор образуется тонкий поверхностный слой фторида кальция и других нерастворимых соединений. Благодаря ему камень меньше поглощал влагу, однако были случаи, когда флюатирование необратимо меняло облик зданий, потому от флюатов отказались.

Сравнительно недавно сотрудники Государственного Эрмитажа разработали состав, который смывает с мрамора загрязнения и покрывает скульптуры тонкой пленкой.

В Венеции уже опробован способ очистки зданий, в том числе и облицованных мрамором, с помощью лазерного луча.

Разрабатываются и другие способы. Мы обязаны сохранить труд и талант, вложенные в, увы, не вечный мрамор. Мы в ответе за его судьбу не только перед потомками, но и перед скульпторами и архитекторами прошлого, которые верили в бессмертие своих творений:

Ужели, донна, впрямь (хоть утверждает
То долгий опыт) оживленный лик,
Который в косном мраморе возник,

Прах своего творца переживает?
Так! Следствию причина уступает,
Удел искусства более велик,
Чем естества! В ваяньи мир постиг,
Что смерть, что время здесь не побеждает.

Эти строки – из сонета Микеланджело...

Стихи Микеланджело –
в переводе
А.Б. МАХОВА

Мраморная крошка

КАК ДОБЫВАЮТ МРАМОР

В карьерах мрамор режут дисковыми или цепными пилами. Их режущие кромки покрыты алмазным или карборундовым порошком. Из мрамора обычно вырезают правильные кубы, которые потом разделяют на облицовочные плиты или заготовки для скульптур. Мрамор легко обрабатывается резцом, пилой, сверлом или напильником и редко дает трещины. До шлифования поверхность камня обрабатывают пемзой, а шлифуют порошками: зеленым крокусом Cr_2O_3 или так называемым итальянским порошком $\text{SnO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

КОЛОННЫ И КОЛОНКИ

Мрамор – не только декоративный материал. Его свойства диэлектрика сравнимы с электроизоляционными свойствами слюды. На электростанциях, да и на многих производствах можно увидеть распределительные щиты из мрамора.

В Болгарии мрамор иногда используют при изготовлении

акустических колонок, заменяя им дерево. Утверждают, что акустические свойства мраморных колонок выше, звучание ближе к оригиналу.

ПОД МРАМОРОМ

Те, кто бывал во дворце в Царском Селе (ныне город Пушкин), возможно, помнят, что кабинет Александра I отделан во вкусе классицизма так называемым искусственным мрамором на гипсовой основе. В неотвердевший гипс добавляли немного минеральных красок и размешивали их недолго. Потом такой гипс выравнивали на стекле и давали отвердеть. Получались плиты, напоминающие полированный мрамор с цветными прожилками, похожие на мраморные по фактуре и блеску.

ВМЕСТЕ С ИЗВЕШЬЮ

Скульпторам Западной Европы в средние века был известен только красный мрамор. В церковной скульптуре (а другой в то время просто не было) широко использовали дерево, особенно липу. Этот материал податлив, пластичен. Сравнительно просто передать в нем выражение скорби на лице или пышные складки ритуальных одежд. Но дерево совсем уж недолговечно. В результате появились скульптуры из крас-

номраморной крошки, замешанной на гашеной извести и творожной массе. Статуи из этой смеси отливали в формы. После того как смесь застывала форму скалывали, и скульптор довершал работу, обрабатывая ножом еще мягкий материал.

ЦВЕТ И ВРЕМЯ

Мрамор многоцветен. От состава примесей зависит не только окраска камня, но и время, в течение которого естественные цвета его остаются неизменными. Например, норвежский голубой мрамор обесцвечивается после пяти лет пребывания на воздухе, а итальянский розовый, которым облицован снаружи Миланский собор, сохранил окраску со времен постройки (XV в.) до наших дней.

Колонны Музея изобразительных искусств имени Пушкина в Москве выглядят серыми, хотя для строительства брали белый шипшинский мрамор. Потемнел он под действием не слишком чистого городского воздуха: гарь и пыль быстро сделали свое дело.

1982, № 8



Портланд-цемент

*Кандидат технических наук
Л.М. СУЛИМЕНКО*

ДВА СУЖДЕНИЯ

«— Да ну, скажите, Весловский, чем соединяют камни?

— Разумеется, цементом.

— Bravo! А что такое цемент?

— Так, вроде размазни... нет, замазки, — возбуждая общий хохот, сказал Весловский».

Можно присоединиться к гостям Вронского и вместе с ними (и с автором «Анны Карениной») посмеяться над барскими суждениями о цементе. Но задумайтесь, что же в действительности представляет собой цемент.

Дмитрий Иванович Менделеев писал: «Цемент, составляющий одно из важнейших приобретений между приложениями химии к потребностям жизни, есть строительный материал будущего». В этом своем предвидении, как и во многих других, гениальный химик оказался совершенно

прав. Уже в течение многих десятилетий существует несколько высокопарное, но в общем справедливое определение: «цемент — хлеб строительства».

Портланд-цемент — порошкообразное вяжущее, одно из веществ, которые при смешивании с водой образуют пластичную массу, со временем превращающуюся в камень. При этом вяжущее накрепко соединяет кирпичи, бетонные блоки и плиты. По существу это не столько хлеб, сколько клей строительства. Благодаря своим качествам портланд-цемент стал самым важным из вяжущих. Почти 80% всех вяжущих, применяемых в современном строительстве, — это цемент и материалы на его основе.

Кроме того, цемент — важнейший компонент большинства сортов бетона, а что для нас значит бетон, вероятно, объяснять излишне. Достаточно вспомнить взлетно-посадочные полосы аэродрома или просто любой большой дом.

Производство цемента (вместе с добычей угля и нефти, производства электроэнергии, чугуна, стали, проката) — один из основных показателей индустриального развития государства.

Важен не только количественный

рост, цемент меняется и качественно. В начале этого века пределом мечтаний строителей был цемент, у которого прочность на сжатие в месячном возрасте (со временем прочность цементного камня растёт) составила бы 100 кг на квадратный сантиметр. Ныне этот показатель в среднем по стране превысил 500, а на некоторых заводах делают цемент с пределом прочности 800 и даже 900 кг/см².

Цемент стал абсолютно необходим и во многих случаях незаменим. А изобретено это вещество каких-нибудь неполных века назад.

ДВА ИЗОБРЕТАТЕЛЯ

6 ноября 1824 года жители английского города Лидса прочли в местной газете такое сообщение: «Мы слышали, что Джозеф Аспдин, каменщик этого города, получил патент на лучший цемент, похожий на портландский камень»...

Латинское слово *sement* означает «битый камень, щебень». Ко времени открытия Аспдина цементом называли все порошкообразные вяжущие. Добавкой «портланд» изобретатель, видимо, хотел подчеркнуть сходство своего материала с широко применявшимся в Англии строительным камнем, который добывали около города Портланда.

Но справедливо ли считать изобретателем «главного» цемента одного только Аспдина?

В марте 1825 года в Москве вышла книга с длинным (согласно обычаям того времени) названием: «Полное наставление, как готовить дешёвый и лучший Мертель или Цемент, весьма прочный для подводных строений, как-то: каналов, мостов, бассейнов, плотин, подвалов, погребов и штукатурки каменных и деревянных строений. Изданное по опыту произведенных в натуре строений Начальником Московский Военноработчей Бригады Мастерских команд 2-го разряда, 6-го класса и Кавалером Челиевым».

Это длиннющее, заковыристое название приведено вовсе не затем, чтобы позабавить читателя. Суть дела выражена в нём весьма полно. Обратите внимание: «наставление» издано «по опыту произве-

денных в натуре строений». Надо полагать, что «опыт строений» не мог длиться меньше года. Следовательно, Челиев получил портланд-цемент одновременно, а возможно, и раньше Аспдина, ибо в патенте английского каменщика и книге русского инженера речь идет об одном и том же веществе. И неизвестно, чья заслуга больше.

Аспдин руководствовался только опытом и интуицией, он не знал даже основ химии. В его патенте не указывалось соотношение основных компонентов смеси, заявитель ограничился расплывчатым «беру определенное количество». В книге Челиева описаны несколько конкретных смесей для получения вяжущих с отличающимися свойствами.

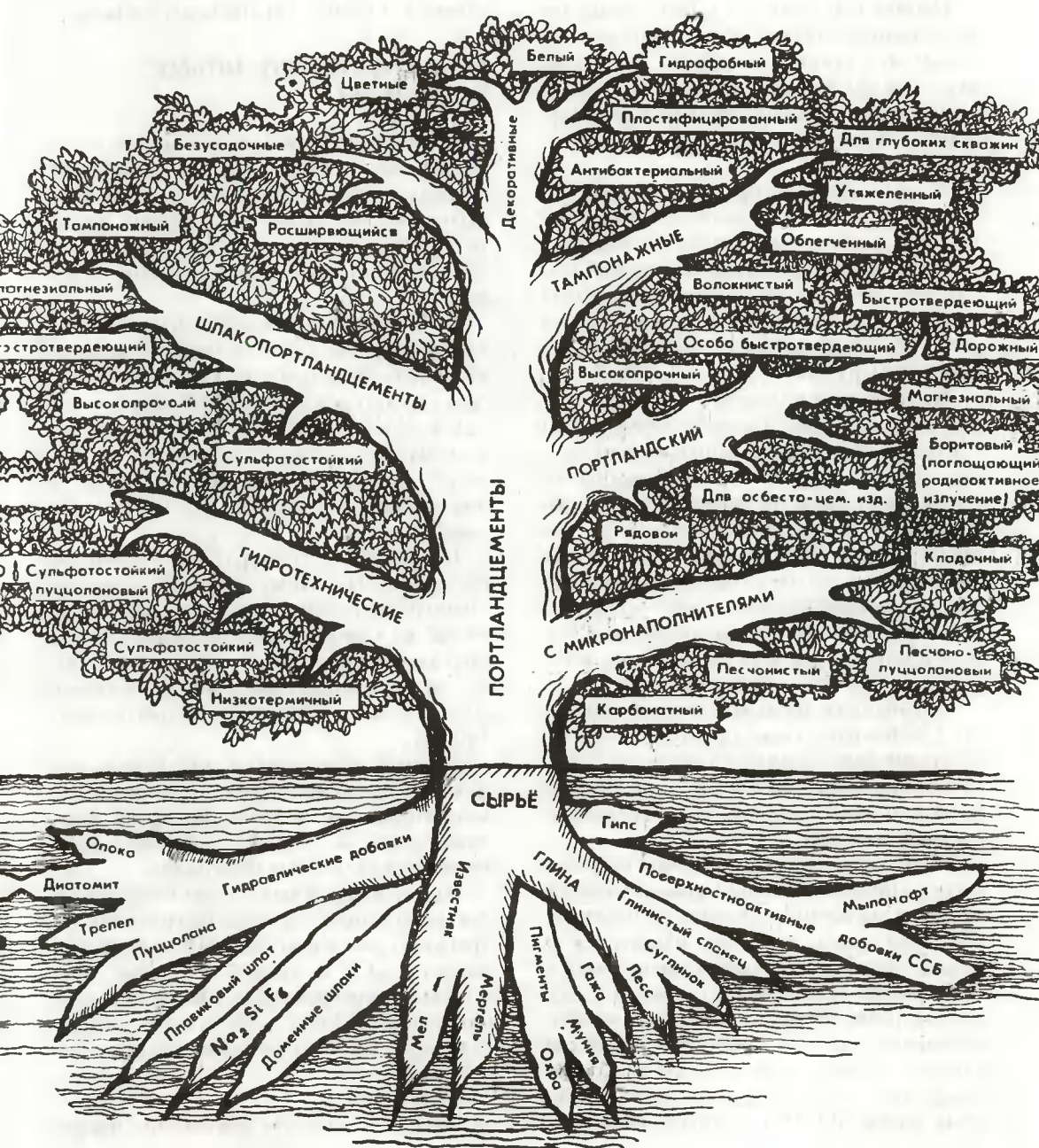
Аспдин предостерегал от повышения температуры обжига выше 1000° С, отбрасывал спекшиеся частицы. По Челиеву температура обжига на 200–300° С выше — гораздо ближе к современным условиям получения портланд-цемента. Челиев размалывал спекшиеся частицы — именно в них находятся наиболее активные минералы портланд-цемента.

Аспдин хранил секрет изобретения в строгой тайне, место производства окружил трехметровой стеной, составление смеси, кроме сыновей, никому не доверял. Челиев выпустил книгу и рассылал ее вместе с образцами цементного камня. Он писал в предисловии к «Наставлению» о надежде, что его изобретение «распространится не только для подводных строений, но и для прочих, смотря по местным положениям... Сие и было причиной издания прилагаемой книжицы».

Только вот длинную приставку «портланд» к названию своего цемента Челиев не прибавлял, в этом приоритет Аспдина бесспорен.

На родине Аспдина установлена мемориальная доска, постоянно напоминающая об авторе изобретения, «сделавшего весь мир его должником». Имя Егора Герасимовича Челиева известно немногим, не выяснен даже год его смерти. Но мы, соотечественники Челиева, должны помнить о первом цементнике России.

А теперь о том, как делают портланд-цемент.



СУГУБО ХИМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Те, кто избрал профессией технологию цементного производства, в обиде на химиков. Почему-то сложилось мнение, что получение цемента почти полностью сводится к механическим операциям: смешению, дроблению, перемалыванию, а химизм сведен к минимуму.

Corpora non aqunt nisi soluta – вещества не взаимодействуют, пока они не растворены. Эту старинную догму, порожденную еще во времена алхимиков, вольно или невольно проповедуют те, кто утверждает, будто цементное производство – это не химия.

Я цементник и горжусь своей сугубо химической специальностью, ибо производство цемента основано на сложнейших физико-химических превращениях. В нем слились воедино высокотемпературная химия, химия расплавов и твердофазовых реакций, термодинамика, минералогия и кристаллография.

Производство цемента начинается с подготовки сырья. Главные компоненты – известняк и глина в соотношении примерно 3 : 1. Природное сырье такого состава (мергели) встречается редко, поэтому обычно смесь приходится составлять искусственно. Иногда смешивают сухие компоненты, предварительно измельченные и очищенные, чаще же пользуются так называемым мокрым способом, который пригоден для всех видов сырья и гарантирует лучшее перемешивание.

Поначалу компоненты готовят отдельно. Глыбы известняка проходят несколько стадий измельчения, глина же поступает в специальные бассейны, где под действием воды она «распускается», превращается в суспензию.

Подготовленные компоненты встречаются на последней стадии измельчения – в трубных мельницах. Отсюда выходит однородная смесь частичек известняка и глины, размеры которых исчисляются микронами. На этой же стадии в смесь вводят разнообразные добавки, предназначенные для того, чтобы так или иначе изменить свойства конечного продукта. Например, добавление некоторых фтористых солей (0,1–1%) ускоряет образова-

ние новых веществ при обжиге и уменьшает на 80–150° С температуру плавления смеси. И то и другое очень важно, поскольку сильно влияет на экономику производства.

Кроме минеральных частиц, смесь, входящая из трубных мельниц, содержит до 40% воды. Только после многократных анализов эта смесь (производственные называют ее шламом) поступает на обжиг в огромную вращающуюся печь.

КАК ВОЗНИКАЮТ НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

Главный агрегат цементной промышленности представляет собой огромную стальную трубу длиной почти в два футбольных поля, диаметром 5 метров. Такая печь каждый час дает более 70 тонн продукции, а управляет ею всего один человек.

Изнутри печь выложена огнеупорным кирпичом. Она кажется горизонтальной, но в действительности чуть наклонена. Это сделано для того, чтобы шлам, а потом и образовавшийся клинкер могли перемещаться по трубе самотеком. А навстречу им идет поток горячего воздуха: в нижний конец трубы введена большая газовая горелка.

Естественно, температура в печи не постоянна. По этому признаку печь условно разделена на шесть зон. Сырье движется из относительно холодных зон в более горячие, и если на «холодном» торце печи температура едва превышает 20° С, то в самой горячей зоне она больше 1400° С.

Процесс начинается в зоне сушки, где из шлама испаряется влага, удаляются многочисленные летучие, выгорает органика. Здесь же теряют связанную воду молекулы глинистых минералов.

В следующих зонах – зонах подогрева и декарбонизации – процесс разложения затрагивает уже и известняк. Из него улетучивается CO_2 , и, пройдя эти зоны, бывший шлам превращается в смесь четырех окислов: CaO , SiO_2 , Al_2O_3 и Fe_2O_3 , не считая соединений некоторых сопутствующих элементов.

При комнатной температуре все четыре окисла – вещества достаточно инерт-

ные и совсем не склонные к взаимодействию. Но в печи-то температура далеко не комнатная. Уже при 400° С начинаются твердофазовые реакции – реакции между твердыми минеральными соединениями. Чем дальше продвигается материал по печи, тем выше становится температура. Чем выше температура (и чем тщательнее измельчены глина и известняк), тем активнее взаимодействуют окислы. Продукты взаимодействия скрепляют частицы. Порошок исчезает, вместо него появляются раскаленные зерна. В них – продукты твердофазовых реакций – новые минералы, минералы цемента. Это двухкальциевый силикат, или белит $2\text{CaO} \times \text{SiO}_2$, трехкальциевый алюминат $3\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3$, четырехкальциевый алюмоферрит $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$.

Заметьте, всюду присутствует окись кальция. Но до тех пор, пока не начнется плавление новых минералов (а это происходит при температуре от 1300° С и выше), в печи будет и свободная, ничем не связанная окись кальция. Только после того, как материал попадет в четвертую зону, которую называют зоной экзотермических реакций, раскаленные зерна начнут плавиться. Где-то здесь и проходит граница между зонами экзотермических реакций и спекания. А температура продолжает расти. Постепенно смесь пропитывается расплавом, и из расплава выпадают новые кристаллы – кристаллы еще одного, самого важного минерала цемента.

Его состав – $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ с небольшими примесями окислов алюминия и магния. Цементщики называют его алитом. Алит считается главным из цементных минералов по двум причинам: во-первых, его образуется больше, чем всех прочих, вместе взятых; во-вторых, именно он – самое сильное вяжущее.

В последней зоне вращающейся печи – зоне охлаждения – расплав застывает. Из печи в холодильник сыплются черные шарики. Это и есть клинкер. Внешне он кажется однородным, но под микроскопом картина мгновенно усложняется: видны темно-серые пластинчатые кристаллы алита, реже встречаются овальные светлые зерна – белит, и еще заметны тонкие прослойки промежуточ-

ного вещества, весьма сложного по составу. В нем – больше двадцати различных минералов.

ЦЕМЕНТ ПО ЗАКАЗУ

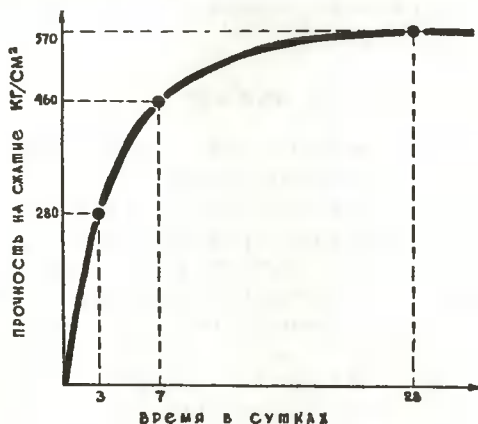
Нередко можно услышать, что, дескать, цемент – порождение опыта и интуиции. Это песня из репертуара тех, кто считает, будто цементное производство – не химия. Первоначально так и было, но очень недолго. Химическими способами были выделены отдельные минералы цемента. С позиций химии изучались их состав и свойства. И когда были найдены способы воздействия на соотношение основных минералов цемента, положение изменилось: появилась возможность получить цемент «по заказу», цемент со многими предварительно заданными свойствами.

Как это делается? Приведем только один пример.

Во многих случаях нужен быстротвердеющий цемент. Цементщики знают, что в цементном тесте (цемент плюс вода) алит твердеет намного быстрее белита. Значит, нужно сделать так, чтобы в клинкере стало больше алита. А для этого нужно прежде всего изменить состав сырьевой смеси – увеличить количество известняка. Кроме того, алит образуется при температуре от 1300° С и выше. Значит, нужно повысить температуру обжига.

Рисунок на следующей странице показывает «цементное древо» наших дней. Видите, сколько цементов, разных по составу и назначению, производит промышленность! Цементы гидротехнические, тампонажные (необходимые при бурении нефтяных скважин), расширяющиеся в процессе твердения, декоративные... Это «древо» выращено руками химиков. Регулирование состава сырьевой смеси, всевозможные добавки, умелое оперирование режимами – вот основные методы воздействия на свойства будущего цемента, будущего бетона, будущих сооружений.

Мы говорим «будущих» потому, что в своем путешествии по цементному заводу добрались только до клинкера. А клинкер – это еще не цемент. Вяжущие свойства цементных минералов могут



Кривая изменения прочности цемента во времени показывает, что формирование камня наиболее интенсивно происходит в первые дни после взаимодействия цемента с водой. Спустя неделю рост прочности заметно уменьшается, а после 28 суток — почти прекращается

проявиться лишь после того, как черные зерна клинкера превратятся в тончайший серый порошок. Частицы цемента размером больше 40 микронов «вяжущей силы» не имеют. Поэтому, пройдя через холодильник и окончательно остывнув, клинкер попадает в шаровую мельницу.

О трудоемкости превращения клинкера в цемент можно судить по тому, что ежедневно в мельницу приходится добавлять новые «мелющие тела» — стальные шары и цилиндры. Тонна цемента «съедает» до 800 граммов стали.

ПОСЛЕДНЕЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ

«Гидравлические свойства цементов определяются тем, что в них находятся известковые кремнеземисто-глиноземистые соединения, могущие соединяться с водой и образовывать гидратные, водой неизменяющиеся соединения». В этих словах Менделеева отражена химическая основа последнего превращения цемента — процесса твердения.

В самом общем виде этот процесс сводится к простой формуле: минералы клинкера + вода = твердые нерастворимые кристаллогидраты. Это утверждение справедливо для всех цементных минералов, кроме алита. Алит же под действием воды частично гидролизуются, от него отщепляется молекула гидроокиси кальция, и после твердения получается вещество состава $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; n — потому, что количество связанной воды зависит от внешних условий. Оно равно $2 \pm 0,2$.

Цементный камень состоит из кристаллогидратов, это ясно. Но физическая сторона процесса остается предметом дискуссий. Каким путем нечто «вроде размазни... нет, замазки» превращается в камень? Точного ответа на этот вопрос нет, хотя теории твердения цемента создавали многие известные ученые.

БЛИЗКОЕ БУДУЩЕЕ

Со временем от вращающихся печей для обжига, видимо, откажутся. Они высокопроизводительны, но не экономичны: цементные минералы могут образовываться в считанные секунды — во вращающихся печах минерал находится 2–3 часа. Что придет им на смену? Скорее всего — печи «кипящего слоя».

Изменится и технология помола: слишком энергоемки нынешние мельницы. Возможно, их заменят струйные — без всяких шаров и цилиндров. Струя сжатого воздуха или горячего газа будет разгонять куски клинкера до скорости порядка 150–200 метров в секунду, и от соударений эти куски будут рассыпаться в пыль...

И конечно, цементный завод будущего — это полностью автоматизированное предприятие.

Словом, цементный завод будущего окажется совсем непохожим на современный.

1969, № 8

ПОЛЕЗНЫЕ СОВЕТЫ

Купленный в магазине битум очистите от бумажной упаковки и расколите на мелкие (1–3 кг) куски, не загрязняя их при этом песком и глиной. Загрузите котел на две трети объема. Разогревать и плавить битум надо очень медленно, в течение 2–4 часов. Резкий подъем температуры недопустим – битум будет пригорать и коксоваться. Верные признаки начавшегося коксования – пузыри желтовато-зеленого дыма, появляющиеся на поверхности расплавленной массы и содержащие продукты разложения смол, нефтяных масел. Посторонние примеси, всплывающие на поверхность, снимайте сеткой-ковшом или консервной банкой, прикрепленной к деревянной ручке.

Если вы строите дом

Если вы строите дом или даже сарай, то без гидроизоляционных материалов не обойтись. Самый доступный и технологичный – битум, особенно для индивидуального строительства своими силами. Правда, чистый битум хрупок при низких температурах и легко размягчается при высоких. Поэтому лучше приготовить мастику, лишенную этих недостатков, – смесь битума с наполнителями и пластификатором. Мастика более вязкая, ее можно нанести достаточно тонким слоем (до 4 мм), при повышении температуры она не оплывает с вертикальной или наклонной поверхности. Толь, рубероид, приклеенные мастикой, прочнее держатся.

Первое, что придется сделать, – варочный котел из толстой (3–5 мм) стали с плотно закрывающейся крышкой. Бочки и ведра с тонкими стенками не подойдут – битум будет перегреваться и подгорать.

Если поверхность расплава гладкая, без пены, то битум готов. Температура расплава должна быть 180–190° С. Нагретый свыше 190° С битум не следует держать на огне более одного часа, а при температуре 160–180° С – свыше трех часов, иначе масса начнет разлагаться.

Мастику нельзя готовить на огне, поэтому затушите его (лучше всего снять котел с расплавом и установить его на деревянный поддон в стороне, чтобы случайно не опрокинулся). Засыпайте в расплав небольшие порции тонкоизмельченного, тщательно просушенного и предварительно прогретого на железных листах или жаровнях наполнителя (древесной муки, опилок, торфа, лесного мха, рубленой минеральной ваты, асбеста 7-го сорта, резиновой крошки размером 1 мм). Деревянным веслом-мешалкой хорошо перемешайте расплав, пока он не станет однородным и не опадет пена. Затем

добавьте в него пластификатор – отработанное автотракторное или трансформаторное масло.

Для приготовления 10 кг мастики нужно 8,5 кг битума, 1 кг наполнителя и 0,5 кг пластификатора. Готовьте мастики столько, сколько сможете израсходовать в течение дня, не давая ей остыть ниже 120° С. Учтите, что мастика очень быстро охлаждается, когда ее наносят на изолируемую поверхность, поэтому заблаговременно сделайте все подготовительные работы. Важнейшая из них – грунтовка. Адгезия мастики к чистой незагрунтованной поверхности невысока, значит, и прочность недостаточна.

Грунтовка – это раствор битума в неэтилированном бензине (Б–70) в соотношении 1 : 3 по объему или 1 : 2,5 по весу. Остывший до 70–80° С битум добавляют небольшими порциями в бензин (а не наоборот!) и тщательно перемешивают, пока он полностью не растворится. Раствор процеживают через металлическую сетку с ячейками 0,5 мм, чтобы не было комков. Готовую грунтовку можно хранить в течение 10 суток в герметично закрытых емкостях.

Изолируемую поверхность грунтуют в два слоя (толщина каждого 0,1 мм), дают хорошо высохнуть, а уже потом покрывают мастикой.

Работа с горячим битумом требует особой осторожности. Не забудьте надеть хлопчатобумажные рукавицы, спецовки, около варочного котла держите ведро с песком. И, конечно, работайте обязательно вдвоем, чтобы можно было оказать друг другу помощь.

1986, № 7

Защита от сырости

Влага, сырость — главные враги подвалов и погребов. Они разрушают стены, фундамент, из-за них здание преждевременно стареет. Жить в сыром помещении неприятно и нездорово: в комнатах зябко, пахнет затхлостью, продукты в подвале портятся. Чтобы избежать всех этих бед, при постройке дома обратите особое внимание на сооружение и отделку подвала: вода должна быть отведена от участка, а само помещение — гидроизолировано. Все эти работы надо делать тщательно; огрехи исправить будет трудно. Самое главное — правильно выбрать место. Дом желательно строить на возвышении, тогда больше шансов, что подвал будет сухим. Следующий шаг — определить уровень грунтовых вод. Подвальное помещение непременно должно быть выше него, иначе защитные меры не помогут. Практика показывает, что приблизительно уровень грунтовых вод можно определить по расстоянию от поверхности земли до зеркала воды в близлежащем колодце. За более тщательными сведениями советуем обратиться к районному архитектору.

Во влажном месте уровень грунтовых вод понижают с помощью пристенного дренажа (дошчатого, каменного, асбестоцементного), правда, в суглинистых, глинистых и черноземных почвах дренаж бесполезен: эти грунты плохо отдают воду.

Если нельзя сделать закрытый дренаж, выкопайте по периметру участка открытую канаву. Она отведет воду и осушит почву на некоторую глубину. В слабом грунте стенки

канавы укрепите горизонтально расположенными досками. Если подвал будет на косогоре, то с нагорной стороны, на расстоянии 5–10 м от здания, выroyте канаву, которая перехватит стекающую воду. Можно сделать и водосборный колодец (1,5 × 1,5 м и глубиной до 2 м), воду из него выкачивают или вычерпывают ведрами.

Гидроизоляция и вентиляция — самые надежные защитники подвала от сырости. Основными гидроизоляционными материалами служат глина, нефтяные битумы, гидроизол, стеклоткань, пергамин, толь, портланд-цемент марки 400 или 500.

Иногда при рытье котлована встречаются слои песка, насыщенного водой. Эти места надо заделать жирной глиной. Если в котловане вдруг забудет родник, его следует немедленно закрыть. Вокруг родника выroyте углубление размером примерно 2 × 2 м и глубиной около 1 м, поставьте в него бочку без дна или плотно сбитый и проконопаченный ящик размером 75 × 75 × 75 см. Котлован вокруг ящика заделайте утрамбованными слоями глины в 10–15 см, а над родником поставьте асбестоцементную трубу диаметром около 15 см. Трубу и ящик надо плотно заполнить гравием на три четверти высоты. В открытый конец трубы вставьте шланг от насоса и непрерывно откачивайте воду до тех пор, пока цементный раствор, которым заполняется верх ящика, не затвердеет. После этого трубу забейте деревянной пробкой, а углубление над родником замажьте глиной. Если родник будет закрыт плохо, вода пробьется в другом месте, и все работы придется повторить.

На утрамбованное дно котлована насыпьте слой крупнозернистого песка толщиной 8–10 см, на него положите слой мятой жирной глины в 20–30 см — так называемый глиняный замок. Это старый, но надежный способ гидроизоляции грунта. В глиняных почвах дно котлована можно не обрабатывать. (Жирную глину от тощей легко отличить на ощупь. Влажная, размятая жирная глина похожа на мягкое пластичное тесто. Влажная, она разбухает, а высушенная — покрывается трещинками. Тощая глина, намоченная и высушенная, не трескается и не коробится.)

После того как глина высохнет, положите на нее слой бетона толщиной 8 см; его надо тщательно разровнять и утрамбовать. Высохший твердый бетон загрузите праймером (30% битума и 70% автомобильного бензина), дайте грунтовке подсохнуть и два раза промажьте горячим битумом, смешанным с каким-либо наполнителем: волокнистым асбестом, цемянкой (просеянным толченым красным кирпичем), мелким песком. После этого на битум наклейте слой толя или стеклоткани. Рубероид для гидроизоляции подвала брать не следует: он быстро гниет.

Толь или стеклоткань нарежьте с запасом, чтобы концы материала можно было загнуть на поверхность стен на полметра выше предполагаемого уровня грунтовых вод.

Гидроизоляцию пола защитите от повреждений слоем бетона в 3–4 см или железобетонными плитами. Далее можно приступать к кладке стен подвала из обожженного красного кирпича.

Высохшие стены один-два раза загрунтуйте праймером и подождите, пока он высохнет; после этого загнутые концы толя или стеклоткани приклейте горячим битумом. Пространство между стенками подвала и землей заполните мятой жирной глиной слоем в 20–30 см, то есть сделайте боковой глиняный замок.

Изнутри стены подвала отделайте цементно-песчаной штукатуркой и побелите два раза известью.

Цементный раствор (его следует делать только из свежего портланд-цемента) дважды наносят на очищенную и смоченную поверхность стены. Раствор для первого слоя приготовьте из расчета 1 часть портланд-цемента марки не ниже 400 и 0,5–1,0 части песка; второй слой – 1 часть цемента и 2 части песка – наносят через час.

Во время затвердевания второго слоя штукатурки на стене могут появиться трещины, их надо сразу же затереть раствором. Далее на свежую, еще не схватившуюся штукатурку нанесите сухой цемент, а когда он пропитается влагой, заглажьте его железной кельмой. На стене появится водонепроницаемая гладкая пленка.

Глубина подвала должна быть не более 2 м; на расстоянии 1,5 м от пола сделайте небольшие окна для освещения, а для вентиляции – специальные отверстия (так называемые продухи) размером 14 × 27 см. В холодное время их закрывают.

В заключение дадим еще несколько советов.

Каждый год подвал или погреб проветривайте, просушивайте и белите свежегашеной

известью (мел в раствор добавлять не надо).

Земляной пол посыпьте тонким слоем извести. Деревянные закрома и полки каждый год промывайте горячей водой с кальцинированной содой.

В старом, сыром подвале стены два раза в год мойте раствором (3–5%-ным) алюмокалиевых квасцов.

Хорошим средством против плесени служит 10%-ный раствор медного купороса.

Для уменьшения влажности в подвале поставьте на некоторое время ящики с негашеной известью, древесным углем или крупной солью.

Овощи храните на деревянных стеллажах или в закромах с решетчатым дном.

Что читать об устройстве подвалов

Беляев В.М. Как самому построить дом. М., «Знание», 1968;

Колачек С., Кобосил Ф. Строительство индивидуальных одноквартирных домов. М., Стройиздат, 1977;

Попченко С.И. Справочник по гидроизоляции сооружений. М., Стройиздат, 1980;

Рекомендации по осушению подвалов жилых зданий при их капитальном ремонте. Л., Изд-во Академии коммунального хозяйства, 1979;

Ярмоленко Н.Г., Искра Л.И. Справочник по гидроизоляционным материалам. 1972;

Как окрасить древесину огнем

Нынешние квартиры часто украшают деревянными изделиями: масками, барельефами, скульптурами и просто причудливыми ветками и корягами. Особенно хорошо такие украшения выглядят на фоне обожженных досок золотисто-коричневых или бежевых тонов. Как сделать стену из таких досок или просто обжечь деревянное изделие?

Сначала древесину надо подготовить: поверхность должна быть сухой, чистой и гладкой. Лучше всего обжигать только что обработанную древесину, которая еще не заветрилась; в противном случае доски следует заново обстругать и отциклевать. Пропитанную олифой и прошпаклеванную поверхность не обжигают, так как олифа и шпаклевка образуют грязные пятна.

На строительных площадках для обжига деревянных поверхностей применяют газосварочные или бензорезные аппараты. В домашних условиях обходятся паяльной лампой, однако поверхность часто покрывается пятнами копоти. Лучше было бы воспользоваться портативными газовыми баллонами, но в этом случае потребуется специальная инжекционная горелка. Впрочем, конструкция ее проста.

Горелка состоит из металлической трубки диаметром 20–25 мм и длиной 30–35 см. На одном ее конце раструб шириной 50–60 мм, а на другом – штуцер для присоединения шланга из прорезиненной ткани, который идет от редуктора «Балтика-1», установленного на баллоне с газом. Внутри металлической трубки, в ее рас-

трубе, есть сопло для распыления газа, а в середине – регулятор подачи воздуха (такой же, как в горелке газовой плиты). Чтобы факел горелки был правильной формы, в торце раструба надо проделать несколько отверстий диаметром 2–3 мм.

Пожалуйста, помните, что работать с горелкой надо очень осторожно: небрежное обращение с газом может привести к несчастному случаю. Перед началом работы обязательно проконсультируйтесь в местном управлении газового хозяйства.

Настройте горелку так, чтобы пламя выходило из раструба в виде удлиненного факела голубого цвета (иначе поверхность покроется копотью). Проверьте работу горелки на кусочке дерева. Доску обжигайте сверху вниз движениями, похожими на движения кисти при окраске стены. Поверхности, не предназначенные для обжига, закройте жаростойким материалом, например куском жести. На всякий случай поставьте рядом с собой ведро с водой и кисть для обрызгивания перегревшейся древесины. После обработки тщательно протрите древесину чистой хлопчатобумажной тканью, чтобы удалить угольную пыль.

Обожженное дерево желательно покрыть прозрачным лаком: в помещении – нитроцеллюлозными НЦ-221 и НЦ-222, снаружи – более стойкими глифталевыми или пентафталевыми лаками ГФ-166, ПФ-170, ПФ-171, ПФ-283, в два-три слоя. Чтобы получить матовую поверхность, в лак для последнего слоя добавьте немного технического воска, растворенного в теплом

скипидаре (3 и 10% от веса лака).

После обработки огнем и покрытия лаком дерево станет не только красивым, но и стойким: его не тронут насекомые-древоточцы.

*Ю.В. ПРОСКУРИН,
инженер-строитель
1979, № 5*

Как снять старую масляную краску

Я хочу рассказать читателям журнала, как можно быстро и без особых хлопот снять с пола старую масляную краску. Доски пола надо хорошенько намочить (можно даже просто полить водой), а сверху насыпать толстым слоем кальцинированную стиральную соду. Не жалейте порошка, тем более что стоит он недорого.

Посыпанный содой пол надо закрыть мокрой мешковиной и следить, чтобы тряпки все время были влажными. Через сутки краска разбухнет, и ее легко можно снять с пола обыкновенным ножом. Кстати, не обязательно обрабатывать пол сразу во всей комнате, можно и по частям – кому как удобнее.

*Л. ГАЛАХОВА
1978, № 7*

Мел, который не пачкает

Все мы учились в школе, и все мы писали мелом. Мел пачкал нам руки, пачкал одежду. Мы дышали воздухом, насыщенным тонкой меловой пылью. Многим из нас вообще было неприятно взять в руки мел – его шероховатая поверхность

вызывала сухость на кончиках пальцев.

С этими свойствами обычного школьного мела, которым, кстати, пользуются и инженеры, и научные работники, борются самыми различными способами – обертывают его бумагой, вставляют в специальные держатели, надевают перчатки (или просто плюют время от времени на пальцы).

Вместе с тем, обычный школьный мел (тот самый, который продается в виде четырехгранных продолговатых призм) ничего не стоит сделать не только не пачкающим руки, но и не пылящим и вообще не причиняющим никаких неприятных ощущений, если обработать его пластифицированной поливинилацетатной эмульсией, дивинилстирольным (бутадиенстирольным) латексом.

Технология изготовления усовершенствованного мела чрезвычайно проста: его надо всего лишь на секунду опустить в водную дисперсию, содержащую 3–5% полимера, и после этого высушить – пока он не перестанет наощупь казаться влажным. При комнатной температуре на это уходит несколько часов, а при температуре 120° С – всего минут 20. Сушить мел при более высокой температуре не рекомендуется, это может привести к разложению полимера.

После обработки эмульсией полимера один конец призмочки нужно окрасить какой-нибудь яркой краской – например, нитро- или перхлорвиниловой эмалью. Это нужно для того, чтобы по ошибке не взять мелок за тот конец, которым пишешь, – ведь тончайшая пленка полимера легко

стирается и под ней обнажается тот самый мел, который обладает всеми своими свойствами*.

На одну призмочку мела уходит смехотворно малое количество полимера — всего на 0,05 копейки**. Если для вящей строгости учесть и затраты труда, то эту цифру придется увеличить всего вдвое...

Расскажем в двух словах о материалах, необходимых для изготовления мела, который пишет, но совсем не пачкает руки, не пылит и вообще не причиняет никаких неприятных ощущений.

Водные дисперсии — это взвеси мельчайших капелек полимеров в воде. Если такую дисперсию нанести на поверхность какого-либо предмета, то по мере испарения воды капельки полимера будут сливаться друг с другом (коалесцировать), и в результате этого на поверхности предмета возникнет тончайшая твердая пленка. Эта пленка, с одной стороны, будет легко стираться при письме, но, вместе с тем, не позволит мелу пачкать руки.

Водные дисперсии, рекомендуемые нами для обработки мела, широко используются в строительстве для отделочных работ, в полиграфии в качестве клея для бумаги и содержат обычно 40–50% полимера; поэтому перед употреблением их надо разбавить водой примерно раз в десять (точнее — до концентрации 3–5%). Самая доступная из этих дисперсий — пластифицированная поливинилацетат-

ная эмульсия, которая, кстати, и лучше всего подходит для обработки мела. Нужно помнить только, что ее очень легко спутать с непластифицированной поливинилацетатной эмульсией, которая для этой цели не годится. Чтобы различить эти материалы, немного эмульсии надо нанести тонким слоем на обычное стекло и дать ей высохнуть на воздухе. Если через 3–5 часов образуется эластичная прозрачная пленка, то это значит, что эмульсия пластифицирована. Хрупкая непрозрачная пленка образуется при высыхании непластифицированной поливинилацетатной эмульсии.

Мел можно сделать еще лучше, если к исходной дисперсии перед тем, как разбавить ее водой, добавить 5–10% (в расчете на сухой остаток) этилсиликата.

В. ВОЙТОВИЧ
1967, № 5

Ситцевые полы

То ли в вагоне метро, то ли в автобусе я слышала как-то о том, что линолеумный пол можно сделать гораздо красивее, покрыв ситцем, и затем лаком. Прекрасная идея, а какие возможности... Скажем, можно подобрать и тон, и цвет, и рисунок, которые бы гармонировали с обоями, и вообще найти материал, который просто нравится, — выбор ситцев у нас хороший. Да к тому же отпадает вопрос: где достать ковер?

И вот теперь у меня в квартире ситцевые полы.

Сначала я точно измерила площадь комнат и составила таблицу: сколько метров сит-

ца понадобится в зависимости от ширины полотна, затем поехала в Дом ткани. Позже был куплен лак для пола — обычный, который продается в магазинах бытовой химии.

Работу начали с того, что натянули ситец и прибили его мелкими гвоздиками к плинтусам. Когда с этой операцией было покончено, стали покрывать ситец лаком с помощью пенопластового катка. Дали высохнуть первому слою лака, потом нанесли второй и, наконец, третий. Дело это не из приятных, и лучше выполнять его в противогазе.

На комнату площадью 17 м² ушло 28 м ситцевой ткани шириною 60 см; площадь второй комнаты — 14 м², там мы истратили 17,5 м ситца шириною 80 см, а на коридор понадобилось шесть метров ткани шириною 90 см. Лака израсходовано три с половиной банки.

Ситцевый пол получился красивым, гости, увидев его, только ахают. Но самое интересное, что он перестал электризоваться, да и уход за полом прост — достаточно протирать его два раза в неделю влажной тряпкой.

О. ФЕОКТИСТОВА
1976, № 7

* Автором этой заметки совместно с С.И. Бояриновым получено авторское свидетельство на изобретение усовершенствованного мела. — Ред.

** В ценах до 1991 года. — Ред.

То, что казалось камнем



В старинных сооружениях Подмоскovie поражают тонкостью и сложностью рисунка белокаменные украшения, контрастно выделяющиеся на краснокирпичном фоне стен. В обзорах архитектурных памятников «нарышкинского барокко» много похвальных слов сказано об искусстве резчиков по белому мячковскому известняку. И я разделял это восхищение, любуясь витыми белыми столбиками и розетками декора церкви села Холмы (1710), что расположена в двенадцати километрах от города Истры. Подобную же резьбу по известняку можно увидеть на белокаменной плите в подклети Успенского собора в Дмитрове и в селе Марьинка Ступинского района Московской области.

Однажды, будучи в Холмах, я подобрал обломки украшений из белого камня и, разглядывая их, усомнился, что это мячковский известняк: явно не та структура! Взгляд в микроскоп и элементарный химический анализ подтвердили правомерность сомнений. Это был не камень, а «лепнина», то есть искусственная масса, своеобразная мастика, из которой в старину формовали декоративные украшения, заменяя ею резбу по белому камню.

Лепнина — не новость: ею пользуются и в наши дни. Если не в почете, то в ходу была она и у мастеров прошлого. Материалом лепнины всегда был гипс (с добавками известкового теста, клея, казеина). Известный в Москве потомственный лепщик архитектурных деталей А.М. Шепелев говорил мне, что и отец, и дед его, и сам он главным материалом для лепки всегда считали гипс. А чтобы декор изготавливали из известкового раствора либо из глины — это не было известно ни одному из лепщиков. Камень, образующийся из этих материалов, считают нестойким, недолговечным, и на то есть основания. Глину применяют для моделей, но не для архитектурных деталей, которым положено жить долго...

Между тем химический анализ лепнины из Холмов утверждал, что этот материал сделан либо из смеси извести с гипсом, песком и глиной, либо вовсе из одной лишь глины.

Ярко-белая, очень легкая и пористая масса одного из осколков содержала 48,5% окиси кальция, и лишь 9,7% ее массы приходилось на SO_3 (напомним, формула гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Доля двуокиси углерода, теряемого при про-

каливании образца, составила 34,1%, двуокиси кремния — 5,5%, а глинозема, окиси алюминия Al_2O_3 — всего 2,1%. Из этого можно сделать вывод, что материалом лепнины скорее всего была известково-гипсовая смесь с небольшими добавками глины и песка. Другие лепные изделия, украшавшие наличники церкви в Холмах, были изготовлены из иного материала — тяжелой, тонкослойистой, серовато-белой глины с добавлением мелкой крошки толченого кирпича. Об это свидетельствует ее состав: кремнезема 73,2%, глинозема 19,3%. Примеси других окислов не превышали 6,3%. По цвету и химическому составу эта лепнина подобна гжельской глине, известной еще со времен М.В. Ломоносова. Глину эту добывают уже несколько столетий в окрестностях подмосковного поселка Гжель.

Хотя современные лепщики критически относятся к возможности использовать глину и известь для декоративных изделий, лепнина из Холмов заставляет усомниться в безоговорочной правильности их мнения. Она свидетельствует о забытом ныне, но безусловно эффективном способе использования этих материалов для архитектурно-скульптурных работ.

Если глиняная лепнина, столь искусно заменявшая резной камень, выстояла два-три столетия, то ее материал (и способ его приготовления!) должен представлять интерес и для технологов, и для реставраторов, и для современных лепщиков. Только секрет этот еще надо дораскрыть.

А.М. ВИКТОРОВ
1977, № 1

Древнее искусство фрески

Н. КОЛОВРАТ

Фресками нередко называют любые стенные росписи. Но это неверно. Стенные росписи могут быть выполнены на различном грунте – камне, гипсе, штукатурке, бетоне, и краски могут быть разведены по-разному – на масле, на яичном желтке, на воде. Существуют довольно строгие соответствия между грунтом, красками и способом их нанесения; отсюда возникают различные техники настенной живописи.

Фресковая живопись использует в качестве грунта известь, штукатурку. Основной принцип техники фрески угадывается в самом названии. По-итальянски слова «fresco», «alfresco» означают «свежий», «по свежему» и подразумевают живопись разведенными на воде красками по сырой штукатурке. На Руси этот способ живописи назывался «стенным письмом по сырому левкасу», а название «фреска» было заимствовано у итальянцев.

Этот род живописи отличается удивительной долговечностью. Если мы решим пойти против потока времени и проследить традицию фрески до ее источников, то наградой нашей любознательности послужит то большое удовольствие, которое человек получает от обозрения различных стран, религий и культурных эпох. Из русских лесов мы перенесемся в базилики Святого Марка и Святого Ангела доминиканских и францисканских общин, где мастера итальянского Возрождения «благородным и прекрасным способом фрески» (по выражению Поля Бодуэна) рассказывали прихожанам о возвышенной жизни основателей общин. Фрески церквей XI–XII веков в Испании пережили ужасы инквизиции, а во Франции – кровавую борьбу католиков и гугенотов. Первые настенные изображения

Иисуса из Назарета освещались в римских катакомбах пламенем факелов на тайных собраниях гонимых христиан. Изящные декоративные росписи, украшавшие виллы аристократии Помпеи и Геркуланума, являют ту степень технического совершенства, которой достигла античная фреска со времен эгейской культуры. Росписи этрусских гробниц переносят нас на две с половиной тысячи лет назад.

Каждая страна и эпоха создавала свои приемы в технике фрески, и это разнообразие объясняется разницей в климатических условиях, качестве природных материалов и художественных вкусах. Но все эти приемы объединены основным принципом – нанесением разведенных на воде красок на сырую штукатурку («левкас»); и в этом принципе заложены и трудности, и достоинства фресковой живописи.

1. Левкас

Трудоемкость и тщательность составления грунта под живопись вполне искупаются его прочностью и стойкостью к действию влаги, ветра и тепла. Выбор красок ограничен, но скупая палитра фресок создает ту простоту колорита, которая позволяет назвать этот способ самым благородным.

По влажному левкасу можно писать только один день: штукатурка быстро высыхает. Живопись по влажному грунту вырабатывает у художника твердую, уверенную манеру письма, так как исправление написанного (после высыхания левкас) невозможно.

Эти три стихии фрески – левкас, краски и нанесение рисунка – определяют сохранность и красоту фрески. По практическим указаниям старых мастеров и современным объяснениям сущности химических процессов, которые протекают при подготовке левкаса, во время его затвердевания и при взаимодействии между ними и красками, попробуем описать приемы фресковой живописи.

Для этого перенесемся на столетия назад, в монастырский двор, где иконописная артель приступила к росписи храма. Воображению читателя предоставляем

воссоздать картину полного жизни и утренних забот монастыря, со стен которого открывается озерная гладь, темные леса вдаль, мельницы на холмах и серые крыши монастырских деревень.

Храм уже год как окончен постройкой. Стены просохли, и подмастерья тщательно промывают их перед нанесением первого слоя левкаса. Во дворе, в творилах, закрытый от доступа воздуха и света, лежит левкас, к составлению которого артель приступила два года назад. Два года ежедневно левкащики создавали тело фрески, тщательно соблюдая «состав старых мастеров», чтобы душа фрески – стенное письмо – вечно радовала людей и досадная небрежность или неопытность не послужила причиной ее гибели и забвения.

Искусство фрески начинается со знания ремесла. Стихи не становятся хуже, если они записаны на плохой бумаге. Красота музыкального произведения может пострадать от дурного исполнения либо из-за плохого качества инструмента, но произведение от этого не погибнет: найдется хороший инструмент и хороший исполнитель. Фресковый живописец – не только живописец; он создатель того единственного инструмента, на котором может исполнить свое творение всего один раз. Его «инструмент» и есть левкас – сырая штукатурка. Руководства по технике фрески всех времен – от скупых рецептов античных авторов (Плиния и Витрувия) до подробных трактатов о живописи времен итальянского Возрождения – уделяют чрезвычайное внимание способам приготовления грунта под фреску и выбору материалов. Художники фрески часто всю жизнь работали с одним штукатуром, разбиравшимся во всех тонкостях фресковой живописи, понимавшим ее требования.

Ремесло штукатурки известно с древнейших времен – несколько тысяч лет назад человек освоил способ покрытия стен смешанным с песком известняком, который защищал стены от разрушения. Этот способ замечателен тем, что нерастворимый в воде природный известняк после обжига превращается в бурно реагирующую с водой едкую известь; гашение едкой извести, то есть соединение ее с во-

дой, позволяет получить пластичное известковое тесто – гидрат окиси кальция. Его соединяют с песком (две части песка на одну часть извести) и наносят ровным тонким слоем на поверхность стены. Со временем вода испаряется, гидрат окиси кальция реагирует с углекислым газом воздуха и превращается в не боящийся воды известняк – карбонизируется. Таким образом, известь после цикла технологических превращений – обжига, гашения и карбонизации – вновь возвращается в свою природную устойчивую форму.

Процесс карбонизации весьма сложен и до конца еще не изучен. Он протекает медленно, неравномерно. Сначала на поверхности образуется тонкая пленка CaCO_3 , которая препятствует доступу углекислого газа в толщу штукатурки. Когда эта пленка высыхает, становится пористой и доступ CO_2 возобновляется, затвердевают и более глубокие слои. Крупные, по сравнению с зернами гидрата окиси кальция, частицы песка помогают проникновению воздуха в глубь слоя и служат опорой для пластичного известкового теста.

Известь, предназначенную под фрески, обжигают на древесном топливе, свободном от сернистых примесей. Затем гашением с избытком воды получают жирную известь, состоящую из крупных рыхлых зерен гидрата $\text{Ca}(\text{OH})_2$; часть гидрата растворяется.

Итальянские и византийские мастера брали пролежавшую не менее года жирную гашеную известь, затем просеивали ее и промывали, чтобы избавиться от грубых непогасившихся частиц и растворимых солей, и смешивали ее с песком. Затем тщательно мешали, пока штукатурка не становилась похожей на масло. Но эти сравнительно простые рецепты оказались непригодными в русском климате. Поэтому у нас применялась более сложная обработка известкового теста.

Искусство фрески проникло на Русь из Византии вместе с распространением христианства. Уже в XI–XII веках русские мастера расписывали киевские и новгородские церкви. Сложная техника стенного письма передавалась от учителя к ученику, от отца к сыну «по преемству тайны». Многие секреты ремесла оставались дос-

тоянием узкого круга мастеров и с их смертью были утеряны. Однако некоторые рецепты сохранились в более поздних письменных руководствах XVI века. К этому времени техника стенного письма достигла той творческой зрелости и мастерства, которые основаны на практике многих поколений искусных живописцев, горьком опыте их ошибок и разочарований, на их вере в необходимость совершенства.

Чтобы прочувствовать всю сложность состава старых мастеров и важность выполнения каждой мелочи в составлении левкаса, лучше всего обратиться к тексту «Указа стенному письму» из «Иконописного подлинника» XVI века.

Левкас стенного письма начинай составлять после великой недели. А известь была бы старая, лет пяти или десяти; а что старее, то лучше.

С течением времени в гашеной извести изменяется структура зерен гидрата окиси кальция. Характер этих изменений недостаточно ясен, но предполагается, что при вылеживании уменьшается объем зерен гидрата и известь становится более плотной.

А известь высевать решетом, первое редким, а после частым, чтобы были чисты и мягки, как мука пшеничная...

Просеивают известь для того, чтобы избавиться от грубых непогасившихся частиц.

И высевать та известь в творяло, да наливать водою, да размешивать с водою нажидко гораздо да покрыто чтобы она и стоять ей покрытой часов пять или шесть; и как пройдет урочные часы, и тогда раскрыть и та известь падает на дно вся в творяло, а вода устоит наверху, а поверх воды выдет емчюга. Емчюгу снимать и бросать на землю, — а емчюга, что лед; и воду тое слить на землю с емчюгою, чтобы осталась одна известь...

Так начинается промывание извести. Вода, которая «устоит наверху», — это раствор минеральных солей, сохранившихся в извести после обжига. Эти соли уже в сухой штукатурке могут перейти в раствор под действием влаги воздуха, а при выпадении из раствора образуют кристаллические «выпоты» на поверхности живописного слоя.

В жирной извести небольшая часть гидрата окиси кальция растворяется водой. Соединяясь с углекислым газом, она превращается в углекислый кальций, который покрывает поверхность воды тонким ледком — «емчюгой».

А на известь наливать свежая вода, и размешивать ее с водою нажидко по-прежнему и мешать, покрыть и стоять по-прежнему часов пять или шесть. И так чередить левкас по всю дни и ночи недель семь.

К зиме огрести левкас в кучу да погрести с розгами. И тою зимою левкас вымерзнет и отлежится и выступит из него достальная емчюга. И на новую весну с велика дня вскоре наливать его водою попрежнему все так же, и наливать, наеживать недель шесть.

Если же этого не сделать, то «левкас не важен бывает», потому что

Лет в десять или много в двадцать учнет изнутри выступать емчюга поверх письма, что морок пойдет будет письмо, а пособить будет нечем.

Русские левкащики готовили левкас плотный, с мелкими зернами гидрата окиси кальция, далеко не всегда добавляя в него песок. Поэтому в сыром и холодном воздухе он затвердевал медленно. Раствор $\text{Ca}(\text{OH})_2$ постепенно поднимался из внутренних слоев к поверхности уже высохшей фрески и, соединяясь с углекислым газом воздуха, превращался в углекислый кальций, белые кристаллы которого покрывали фреску порошкообразным налетом — «мороком» (от слова «мрак»).

Старые мастера старались искусственно «отоштить» жирную известь: удалить растворенную часть гидрата (при промывании), уменьшить величину зерен (при вылеживании и вымораживании). В жирной извести водный раствор $\text{Ca}(\text{OH})_2$ служил минеральным клеем для нерастворенных зерен $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и частиц песка. Обедненный или даже вовсе лишенный этого естественного клея левкас искусственно «обогащали» органическими укрепляющими составами: поливали «клеем сильным» из еловой коры с ячменным отваром, посыпали «мукою овсяною чистою». Вместо песка русские мастера чаще всего использовали мелко изрубленный лен или солому. И вот только теперь левкас становился «вечен, крепок и чист»...

Этот древний рецепт может привести в недоумение мешкотностью и необъяснимостью некоторых действий, но, с другой стороны, строгость языка, емкость образов и основательность рассказа внушают доверие (так же, как и в некоторых других «загадочных» рецептах).

Ведь необъяснимо, но для дегустаторов несомненно, что вино становилось лучше, пролежав десятки лет в погребах старинных замков, а чай – особенно душист и крепок после долгого плавления в трюмах парусных клиперов.

Но с приготовлением левкаса не кончатся заботы левкащиков. Перед нанесением его на стену необходимо убедиться, что кирпичная кладка хорошо просохла, стены осели и больше не впитывают влагу из грунта. Необходимо также тщательно промыть стену, потом «по суставам гвозди бить меж кирпичами полутесовые, по мере, да часто водой поливать и полевкасить по гвоздям, и как высохнет, еще полевкасить под краски лопаткой железною нагладко».

Вода, в которой разведены краски, попадая на поверхность влажного левкаса, пропитывается известью, и частицы краски оказываются окруженными насыщенным известковым раствором. После образования на поверхности левкаса тонкой кристаллической пленки углекислого кальция внутри ее остаются зерна краски. Получается новый материал – окрашенный известняк.

Румынский фресковый живописец Петреско сравнивает создание фрески с природным процессом образования цветного мрамора. А веселый рыцарь фрески Мартин Кноллер в своем манускрипте о живописи со свойственной ему живостью восклицает: «А что же такое фресковая живопись, как не просто крашение извести? Разумеется, известь должна быть хорошо выкрашена...»

2. Краски

Выбору красок под фресковую живопись уделяется не меньше внимание, чем составлению левкаса.

Художественные музеи и картинные галереи несколько напоминают оранжеи: в залах поддерживается постоянная

температура, постоянная влажность; опущенные шторы на окнах не пропускают яркого солнечного света. Эти предосторожности вызваны губительной для картин способностью красок изменять свойства и разрушаться под действием света, резких изменений атмосферных условий, при взаимодействии с парами и газами, которыми насыщен воздух.

Фресковая живопись не нуждается в таких тепличных условиях – твердая, нерастворимая в воде пленка углекислого кальция защищает краски от всех внешних разрушителей, кроме света. Но, с другой стороны, в фресковой технике сам грунт представляет внутреннюю опасность для красок: известь обладает слабой щелочной реакцией. Поэтому для фрески наиболее надежны краски, стойкие против света и не боящиеся щелочи.

Эти требования весьма ограничивают выбор красок для фрески. Микрохимический анализ образцов росписей показал, что обычную палитру фресковых живописцев в древности составляли природные минеральные краски: земляные железноокисные (земли), известь, цветные минералы, сланцы и туфы.

Земли – это смеси кремнезема и глинозема с металлическими окислами (преимущественно окислом железа Fe_2O_3). Эти краски легко растираются в мелкий однородный (по размеру частиц) порошок. Тонкий помол способствует хорошему закреплению красок в грунте. Металлические окислы и силикаты цементируют поверхность пленку грунта и красок.

Фресковую живопись, выполненную земляными красками, можно узнать по нежному неяркому колориту. Эта гамма светло-желтых, коричневых, красных и светло-голубых тонов. Живописцы новгородских, псковских, киевских и грузинских церквей XI–XII веков пользовались исключительно земляными красками. Скупая палитра придавала древним фрескам особую выразительность и благородную простоту.

Природные минералы – лазурит: $n\text{NaAlSiO}_4 \times m\text{Ca}_2\text{SiO}_4$, азурит $\text{CuCO}_3 \times 2\text{Cu}(\text{OH})_2$ и малахит $\text{CuCO}_3 \times \text{Cu}(\text{OH})_2$ из-за своего кристаллического строения не могут быть растерты в мелкий одно-

родный порошок. Поэтому они плохо закрепляются в грунте и дают неплотное покрытие: более грубые частицы смываются водой или осыпаются после высыхания фрески. Русские и итальянские руководства по технике фрески предусматривают массу предосторожностей при использовании красок из природных минералов. Эти краски нужно разводить на клеях (яичном желтке или казеине); перед нанесением покрывать грунт земляной краской нейтрального цвета, чтобы красочное покрытие было более плотным и сильным. Краски из лазурита и малахита дают яркие, насыщенные синие и зеленые тона, отсутствующие в палитре земляных красок.

Цветные сланцы и туфы близки по свойствам к землям; но их жесткая структура требует очень тщательного помола и просева на мелких ситах. Хорошо обработанные, они прекрасно закрепляются и плотно покрывают поверхность грунта. Известный пример удачного применения цветных сланцев – роспись в Ферапонтовом монастыре. Большое разнообразие оттенков (фиолетовых, зеленых, интенсивно-красных, серых, черных) позволило Дионисию создать необыкновенные по колориту фрески.

Современная химическая промышленность поставляет на художественный рынок множество искусственных минеральных красок. Но стремление живописца расширить свою палитру в технике фрески может принести горькие плоды: употребление ненадежных, непроверенных красок нередко приводит к гибели всей росписи...

После описания подготовки грунта и красок для фрески мы можем перейти к рассказу о работе живописца, который должен вдохнуть в «прах земной дыхание жизни».

Повторим кратко, как происходит процесс.

Прежде всего стены покрывают слоем штукатурки (левкаса), толщиной около двух сантиметров, который сглаживает неровности кирпичной кладки. Когда этот слой просохнет, его скоблят теркой, чтобы разрушить поверхностную пленку углекислого кальция, затем смачивают

водой и наносят второй слой грунта, толщиной около десяти миллиметров. После нанесения второго слоя на его поверхности начинается образование пленки углекислого кальция.

Нанесение красок на фреску возможно лишь в краткий период образования этой пленки, когда частицы краски попадают в насыщенный раствор извести и после высыхания оказываются в вечном плену у прозрачных кристаллов.

Таким образом, художник-фрескист может работать, лишь когда грунт уже лежит на стене, но еще не затвердел... За это время живописец должен нарисовать контуры рисунка, положить основные тона, проработать тени, исправить неудавшиеся места.

Угроза быстрого изменения свойств грунта в течение дня определяет многие живописные приемы техники фрески.

Эскиз картины, обязательно в натуральную величину, должен быть окончательно отработан до начала живописной работы. Контуры рисунка полностью переносят на поверхность нижнего, высохшего слоя грунта. Делается это разными способами. Итальянские живописцы чаще всего наносили рисунок «припорохом» – угольным порошком через точечные отверстия в картоне. На Руси рисунок переносили острием – «графьей», и следы вдавливания можно увидеть на многих фресках.

Тона красок подбирали заранее и проверяли, какой тон они приобретут после высыхания. Дело в том, что тона красок, положенных на сырую штукатурку, обманчивы: после того, как фреска просыхает, они могут измениться. Особенно это относится к светлым тонам, которые получаются при добавлении извести к основному тону.

Каждое утро штукатур покрывал влажным грунтом небольшую часть стены – столько, сколько художник рассчитывал расписать за день. Контуры рисунка просвечивали с нижнего слоя, и художник обводил их цветной жидкой краской.

В первые часы работы грунт может быть настолько влажен, что плохо «принимает» краски: излишки воды отталкивают воду, на которой разведены краски;

известь может смешаться с красками, высветлить тона.

Но в течение дня наступает время — оно длится час или два — когда мазок входит в стену без малейшего усилия художника, когда краски как бы «погружаются» в грунт. Этот терпеливо выжженный благоприятный момент служит наградой фресковому живописцу за все трудности и капризы техники фрески. Он доставляет ему ни с чем не сравнимую радость творчества. Этой радостью пронизаны все описания работ фресковых живописцев, художников, различных по темпераменту и мировоззрению.

Художник, расписывая фреску, постоянно ощущает напряженность и тревогу из-за быстрого высыхания грунта и невозможности переделать уже написанное, так как краски очень быстро закрепляются на фреске. Требуются уверенная рука и большой опыт, чтобы все время ощущать связь с этим живым, дышащим существом. Микеланджело полагал, что фреска — единственный способ живописи, достойный мужчины. Это искусство требует не только опыта и художественного мастерства, но и физической силы, твердости духа и терпения.

На второй день штукатур наносит влажный грунт вплотную к рисунку предыдущего дня; на многих фресках можно увидеть соединительные швы дневной работы. Швы стараются проводить по складкам одежды, архитектурным деталям, в глубоких тенях. На рисунке пунктирными линиями обозначены соединительные швы фрески Микеланджело в Сикстинской капелле. Они дают представление о том, сколько художник успевал расписывать за день, насколько больше времени он уделял таким частям росписи, как лица, по сравнению с одеждой и другими деталями.

После окончания росписи фреска высыхает медленно и неравномерно. Скорее высыхают более светлые тона, с большей примесью извести, а темные доходят до своей настоящей силы еще в течение нескольких месяцев.

Только через год можно увидеть окончательные плоды этого труда, начало которого теряется в известняковых карьерах, где каменщики добывали известняк

для составления грунта... А спустя еще десять-двадцать лет становится ясно: создана ли фреска для жизни и славы или она обречена на гибель и медленное разрушение.

Малейшая небрежность, оплошность, просто незнание дела могут послужить причиной внутренних болезней фрески, часто неизлечимых. Недостаточно просушенная стена выделяет вредные, разрушающие штукатурку соли. Плохо промытая от растворимых солей или не очищенная от грубых примесей известь становится причиной «выпотов», покрывающих живопись белым порошкообразным налетом. Наконец, художник, прельстившийся яркими, сочными тонами новых, непроверенных красок, может быть жестоко наказан: через несколько лет его краски потускнеют, изменят цвет или полностью разрушатся.

Для фресковых живописцев как нельзя более важна заповедь: «Все мелочи существенны!». И строгое соблюдение их — залог долговечности и красоты фрески.

1969, № 6, 8

Дионисий: легенды и открытия

*Кандидат химических наук
Л. КУЗНЕЦОВА*

Росписям церкви Рождества Богородицы в Ферапонтове, более известным как «ферапонтовские», повезло. Слава их давно уже вышла за рамки научных сборников и монографий, шагнула за стены институтских конференц-залов. Слышал о них всякий постоянный посетитель московских музеев, твердо усвоивший, что было в древнерусском искусстве три столпа: нежный, лиричный Андрей Рублев, неистовый Феофан Грек да изящный Дионисий. При очередном посещении Третьяковской галереи он непременно посмотрит и рублевскую «Троицу», и феофановское «Преображение», и дионисиевский деисусный ряд из Ферапонтова. А посмотрев, вспомнит и о фресках, которые ему, может довелось, а может, и не довелось увидеть. Потому что они и по сей день в Ферапонтове, а попасть туда не так-то просто...

НА ПУТИ К ДИОНИСИЮ

Автобус, идущий в Ферапонтово, трясет и качает; тесно стоящие в проходе пассажиры то взлетают вверх, то валятся на сидящих. Впрочем, ни местный житель с кошелкой, ни турист, едущий на один день в Ферапонтово, не сетуют на превратности дороги. Первый — уже давно привык и даже превратностями оные не считает. А второй... но что ему какой-нибудь час тряски, когда едет он «к самому Дионисию»!

Задолго до Ферапонтова дорога сначала мельком, нещедро, а потом все чаще и больше начинает приоткрывать ферапонтовские виды: большое озеро, церковные главы, постройки, сияющие в зелени своей белизной. Раскинувшийся на невысоком холме между двух озер мона-

стырь приветлив и открыт взору. В отличие от монументально-грозного, обнесенного двумя кольцами шестиметровых стен Кирилло-Белозерского монастыря, он никогда не был монастырем-крепостью. Созданный почти одновременно с Кирилловским, в 1409 году, сподвижником Кирилла Ферапонтом, монастырь после его отъезда долгое время пребывал в тишине и запустении. Лишь полвека спустя он превратился в крупный по тем временам общественно-культурный центр. А потом стал он, в силу своей удаленности, и местом ссылки опальных церковных и светских владык. Одним из них был игумен Иоасаф (при котором в 1490 году построена взамен сгоревшей деревянной каменная церковь — та самая, Рождества Богородицы); другим был некогда всесильный патриарх Никон, который столетием позже провел здесь долгие десять лет. До сих пор лежит посреди Бородаевского озера сооруженный по его повелению остров в форме креста — он был насыпан монахами, которые везли в лодках землю и сваливали ее за борт...

Небольшой подъем на холм — и, оглянувшись в последний раз на серебриющиеся под солнцем озера, мы входим через «святые» ворота с двумя надвратными церковками в шумящую прохладу тенистого монастырского двора. В центре его — храм Рождества Богородицы, что расписал почти пять столетий назад «Дионисие иконник с своими чады».

Традиционная для Руси одноглавная церковь поставлена на высокий цоколь-подклет и окружена с трех сторон крытой папертью. Легким и изящным выглядит этот собор снаружи; не менее легким и, несмотря на небольшие размеры, каким-то очень просторным кажется он изнутри.

О ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В ДРЕВНЕЙ РУСИ

Об этих фресках много писали. Собор сверху донизу описан, обмерен, исследован. Кажется, все, что можно было сказать, уже сказано. Но таковы уж великие произведения искусства: их можно изучать до бесконечности, постоянно открыв-

вая в них новое, до сих пор ускользавшее от взгляда. Немало нового и о соборе, и о мастере, его расписавшем, можно было услышать и на проходившей в 1979 году конференции Института истории искусств.

Споры возникали даже о таких вещах, которые считались общеизвестными.

Например: когда были написаны фрески?

Над северной дверью ферапонтовской церкви есть совершенно, казалось бы, недвусмысленная надпись, свидетельствующая и о том, кто писал, и о том, когда писал.

«В лето 7010 месяца августа в 6 день... начата бысть подписывати церковь а кончана на второе лето месяца сентавреа в 8 на рождество богородица Мариа при благоверном великом князе Иване Васильевиче всея Руси и при великом князе Василии Ивановиче всея Руси и при архиепископе Тихоне, а писци Деонисие иконник с своими чады».

Итак, писал Дионисий с сыновьями и начал расписывать храм шестого августа 7010 года, что в переводе на современное летоисчисление соответствует 1502 году. С этим сейчас согласны все исследователи. А вот что касается даты окончания росписей, то здесь обнаружилось по крайней мере два диаметрально противоположных мнения.

Первое, казалось бы, самое очевидное: роспись окончена «на второе лето», то есть писалась два сезона. Об этом вроде бы говорит и размер дневной выработки, о котором судят по местам заделки швов. Известно, что фрески писались «по сырому». Подмастерья, готовившие поверхность под роспись, оштукатуривали за один прием как раз такую площадь стены, чтобы художник к концу дня успел записать ее всю. Общая площадь росписей – около 600 квадратных метров, дневная выработка, судя по сохранившимся швам, составляла 10–13 квадратных метров; значит, на все потребовалось 50–60 дней работы. Но некоторые краски, замешанные на связующем, были нанесены уже «по сухому» – таким образом, время работы должно было удлиниться вдвое. Вот и получается примерно четыре месяца. Зимой пи-

сать фрески нельзя – замерзает вода; значит, уложиться в один сезон, начав работу в августе, Дионисий не мог. Логично, не правда ли?

Но вот выступавший на конференции сотрудник Вологодского музея Н.И. Федышин предложил на этот счет совершенно новую гипотезу. Анализируя все ту же авторскую надпись, он пришел к выводу, что работа была выполнена... всего за 34 дня!

И в самом деле, в надписи указано, что роспись была закончена «при архиепископе Тихоне». Но известно, что архиепископ Тихон скончался в январе 1503 года. Значит, роспись закончена не позднее этого времени, а когда именно – ясно сказано в тексте надписи: «месяца сентавреа в 8». Итого – с 6 августа по 8 сентября, то есть ровно 34 дня...

А как же быть со «вторым летом»?

Да очень просто. Все дело в том, что до петровских реформ новый год на Руси начинался не с привычного нам 1 января, а с 1 сентября, и назывался он не «год», а «лето». И слова «кончено на второе лето» означают, таким образом, что работы были закончены в следующем, 7011 году – то есть, по нашему счету, в том же 1502-м!

Есть и более косвенные данные, подтверждающие этот вывод. Такому опытному мастеру, как Дионисий, работавшему по заранее подготовленной и размеченной поверхности, вместе с двумя тоже опытными художниками – сыновьями Владимиром и Феодосием – да еще с одним помощником (имя которого до нас не дошло), также самостоятельно писавшим некоторые менее ответственные сцены, было вполне по плечу управиться и за месяц. В день приходилось по 17–18 квадратных метров на четверых, по 4–5 метров на каждого – это не так уж и много. Правда, по заделочным швам дневная выработка была ранее определена в 10–13 квадратных метров, но ведь эти швы далеко не везде сохранились...

А БЫЛИ ЛАЗУРИТ?

Издавна считалось, что Дионисий писал красками, которые делал из местных га-



лек, во множестве разбросанных по берегам Бородаевского озера, впадающих в него речушек и у подножья Цыпиной горы (той самой, которую облюбовали нынешние художники и живут там себе долгое лето в полузаброшенных деревеньках, не смущаясь семикилометровым расстоянием до Ферапонтова, куда ходят рисовать да обедать). Бродил Дионисий по берегам озера, подбирал камушки, потом растирал их и затворял на воде – вот и получались эти необыкновенные легкие серебристые краски, которых и в природе-то, кажется, нет: розовые, сиреневые, золотистые. И только голубую «лазорь» не нашел он здесь и использовал ляпис-лазурь, или лазурит, – этот «драгоценнейший пигмент древности», который привозили из далекого Бадахшана предприимчивые восточные купцы.

Эта красивая легенда стала такой привычной, что трудно отрешиться от почти зримой картины: благостный старец-художник в длиннополом белом одеянии, собирающий камушки по берегу тихого озера. Тем более что цветные камни тут, действительно, есть. Только так и писали все исследователи творчества Дионисия, начиная с 20-х годов нынешнего века: вся богатая дионисиевская палитра (шутка сказать – сорок основных тонов; у Рублева их всего шесть!) идет, мол, от местных галек, а вот синий тон – точнее, несколько разных тонов – тот не местный, это лазурит из Бадахшана. Такое же утверждение можно было встретить и в «Химии и жизни» – в статье, посвященной древним фрескам (1969, № 8).

Все это как будто подтверждал и спектральный анализ некоторых красок. Розовые, как и положено местным галькам, содержат марганец или железо, черные тоже напоминают сланцы местного происхождения.

Но спектральный анализ не называет минерал, а говорит лишь об элементном составе пробы. Природу минерала позволяет определить другой – рентгеноструктурный метод. И когда его попробовали применить к краскам Дионисия (это сделал В.В. Филатов, многие годы занимающийся изучением и реставраци-

ей древнерусских фресок), то в привычной стройной картине многое изменилось.

Среди розовых и серых тонов ферапонтовских фресок была, к удивлению исследователей, найдена киноварь: так, оказывается, изменяется со временем эта краска, которая в книжных миниатюрах и иконах многие века сохраняет свой пламенеющий цвет. Среди зеленых тонов обнаружены краски на основе и малахита, и глауконита. А ведь всех этих минералов на берегах ферапонтовских озер никогда не было, да и быть не могло! Минеральной черной краски в ферапонтовских фресках тоже не найдено; а вот черная краска на основе сажи и угля есть – опять-таки не с берега озера брал ее Дионисий.

А что самое интересное, – пока нигде, ни в одном образце синей краски, взятом с росписей, не обнаружено ляпис-лазури, которой, если судить по страницам наших искусствоведческих работ, в каждом произведении древнерусской живописи было хоть отбавляй...

И «КИНОВАРЬ» – НЕ КИНОВАРЬ, И «ЛАЗОРЬ» – НЕ ЛАЗУРИТ

Обвинять в грубой ошибке историков искусства не приходится. Виновата здесь прежде всего терминология древних живописцев, перешедшая в современное искусствоведение со страниц старинных рукописей и в первую очередь иконописных подлинников.

Иконописные подлинники были настольными книгами каждого иконописца Древней Руси; они заменяли ему и ГОСТы, и эталоны, и технологические регламенты. В них содержались, во-первых, канонические изображения святых – утвержденные образцы, отступать от которых не полагалось; во-вторых, были в них все правила иконописания, а в-третьих – то, что нас сейчас больше всего интересует: рецепты составления красок, изготовления грунта – левкаса, приемы золочения. В них перечислялись все цвета, известные древнерусским «иконникам», с указанием, что в какой цвет красить. Таких цветов было больше тридцати: среди них и киноварь, а лазорь, и

хорошо нам знакомые охра, белила, сурик, и давно исчезнувшие из языка багор, черлень, крутик, блягиль, ражгиль, шижгиль, санкирь, рефть, дичь.

Вот эти-то названия и вводили в заблуждение искусствоведов. Сказано, например, в подлиннике – «риза киноварь», или «шуба верхняя камка киноварь с белилы лазорью пестрена», – и из этого делали они вывод, что на все эти детали шла именно киноварь в нашем, современном понимании – минерал HgS , а «пестрена» шуба была бадахшанским лазуритом – $(\text{Na}, \text{Ca})_8[\text{AlSiO}_4]_6(\text{SO}_4, \text{Cl}, \text{S})_2$.

А на самом деле вот какие краски в своих «реестрах» – заявках на материалы для составления «киноварных» тонов – живописцы запрашивали: «Красок: киновари 3 фунта, бакану веницейского 1 фунт, черлени немецкой 5 фунтов, черлени псковской 4 фунта, сурику 2 фунта...». Они и понятно: не мог художник одну и ту же яркую киноварь использовать для писания и праздничных одежд, и спокойных иконных горок, и фонов, и лиц. Слово «киноварь» означало в подлинниках вовсе не определенную краску, а всего лишь тон.

То же самое было и с другими тонами. «Ряса празелень дичь с белилы», – требовал канон подлинника. Собственно празелень – это «зеленая земля», определенная натуральная земляная краска. А употреблялись при росписях и ярь-медянка, и зеленая краска на основе малахита, и многочисленные смешанные краски. Об этом говорилось и в самих подлинниках: «а буде празелень темную надо и ты твои вохру да чернил прибавляй», «празелень составить тако же желти положи часть и сини две и також три и будет празелень».

Так получилось и с «лазорью». Ею следовало писать, по указанию подлинников, многие одежды: «верх риза лазорь, испод киноварь», «риза багор с белилы испод лазорь». Однако все эти предписания тоже относились не к материалу, а к цвету краски. «Для синего цвету: возьми голубца берлинской лазори, крутика, ультрамарина, синего бакана», – советует автор более позднего подлинника.

И в перечнях красок, которые запрашивали живописцы для работы над ико-

нами, «лазорь» почти не фигурирует. Единственным исключением была «стенописная лазорь», но и это не лазурит, а совершенно другая краска, ее мастера-стенописцы приготавливали из другого минерала азурита $\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2(\text{OH})_2$, часто встречающегося вместе с малахитом.

Именно такую синюю краску, приготовленную на основе азурита, не столь дорогого, как лазурит (и доставлявшегося скорее всего не из Бадахшана, а с куда более близкого Урала), и нашли теперь среди ферапонтовских синих тонов.

Планомерное изучение состава красок, которыми пользовался Дионисий, расписывая ферапонтовскую церковь, только еще начинается. Но уже сейчас, очевидно, можно сказать, что для создания своей сказочной палитры Дионисий пользовался не одними лишь местными камушками.

Дионисий перенес в технику фрески краски, привычные для него в работе над иконами, предписывавшиеся теми же иконописными подлинниками в разделах «указ стальных икон писанию».

Что же до камушков с берега озера – то это было его, мастера, собственное гениальное открытие...

1979, № 1

Беседа с Сикейросом

Все, кто интересуется живописью и бывает на художественных выставках, знают яркие, красочные, полные экспрессии картины знаменитых мексиканских художников – Риверы, Ороско, Сикейроса. Они революционны не только по содержанию, но и по технике. И, пожалуй, самые поразительные из них по цвету, ракурсам, новой живописной технике – это произведения Давида Альваро Сикейроса.

Это он в начале 30-х годов совершил революцию в монументальной живописи, перейдя от традиционных фресковых красок к новым – синтетическим. До него нитроцеллюлозные краски применялись лишь в технике – для окраски автомобилей, холодильников, технических деталей. Для использования в живописи они считались слишком грубыми... Но изучив их состав и свойства, применяя различные растворители и пропорции составов, изучив эффект от различных сочетаний и смесей, Сикейрос добился поразительных результатов. Его краски оказались устойчивыми к сырости, удобными и легкими в употреблении (они хорошо ложатся на цемент, бумагу, дерево, ткань, стекло), дают богатейший цветовой спектр. Сейчас их применяют художники-монументалисты во всем мире...

Сикейросу принадлежат и технические изобретения. Он страстный пропагандист «машинной техники» в живописи: многослойные росписи на стенах и plafонах зданий он осуществляет с помощью своего любимого детища – аэрографа (пульверизатора, распыляющего краски под напором сжатого воздуха). «Поначалу, – писал Сикейрос в одной из своих книг, – фреска наша выглядела закопченной, она была ужасна. Но, несмотря на это, я хотел действовать одним только аэрографом, не допуская и мысли о каком-нибудь ином... приспособлении».

Лауреат Международной Ленинской премии «За укрепление мира между народами» Давид Альваро Сикейрос неоднократно приезжал в Советский Союз (в последний раз в 1967 году, на празднование

пятидесятилетия Октября). Он охотно встречался и беседовал с советскими художниками-монументалистами. Кандидат искусствоведения В. ЛОГИНОВ, записавший эти беседы, знакомит читателей нашего журнала со взглядами мексиканского художника-новатора на современную живопись.

Вы и сейчас увлекаетесь химией?

Да, и не один я. Сейчас в Мексике созданы два института, специально разрабатывающих новую технологию исполнительских материалов для стенной живописи. Последняя находка – добавки, которые будут вводиться в красочные составы, чтобы нейтрализовать действие ультрафиолетовых лучей. Это даст возможность получать еще более стойкие краски для росписи экстерьера; еще одно интересное изобретение – электролитические мозаики из алюминия.

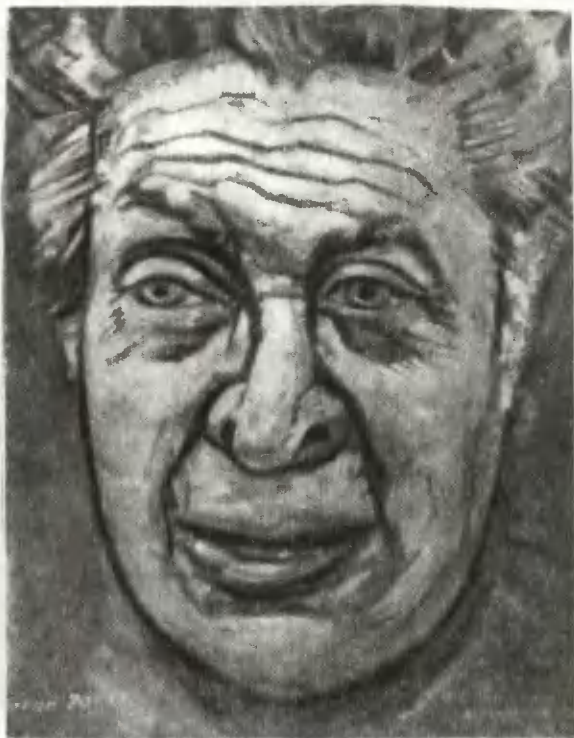
(В химических ваннах алюминиевые рельефные плиты – их размер 25х25 см – подвергаются действию электрического тока. От времени его прохождения и поддерживаемой температуры зависит цвет мозаики; Сикейрос называет этот цвет «адонисада». В этой технике выполнена большая рельефная композиция «Единство науки и производства» на здании ректората в университетском городке близ Мехико. На ней изображены студенты, обучающие рабочих.)

Иногда мы работаем и в «старой», для нас уже традиционной технике. На стальную конструкцию по глазурованной фанере пироксилином или винилитом наносится рисунок. Растворителем служит дихлорэтан.

(Этим способом сделаны росписи во дворце Изабеллы в Мехико; тема – победа над фашизмом. Почти в той же технике, на основе поливинилацетата, расписан интерьер больницы «Оспиталь де ла Паса».)

Сейчас я использую еще одну технику – «акриликос». При этом пигменты замешиваются вместе с синтетическим материалом акрилом. Этим красителем мы расписываем зал «Казино де ла Сильва» в Куэрнаваке на тему «Путь человечества». Для нафасадных росписей мы применяем этилсиликат и хлорвинилацетат. Эти химические вещества помогают вести живопись по камню, кирпичу, асбесту; минеральные красители на этих материалах не держатся. Кроме того, новые материалы





Автопортрет. 1961

устойчивы против щелочей, кислот, колебаний температуры.

В чем, по вашему мнению, секрет декоративности монументальной живописи?

Современная мексиканская живопись в начале двадцатых годов была под влиянием парижской живописной школы, но преодолела это влияние и сейчас во многом ей противоположна. Я вообще не вижу непримиримого противоречия между этими двумя направлениями, так же как не вижу непримиримой разницы между монументальной и станковой живописью. Мне кажется, что любое произведение живописи может быть декоративным, без элементов декоративности живопись вообще не может существовать. Понятие чисто декоративной живописи (если это не чистый орнамент) я считаю просто нелепым. Но для современной монументальной живописи надо искать современные средства выражения: символику, гиперболу, обобщения. Я не согласен с точкой зрения, что стенная живопись должна быть только плоскостной, не «разрушать» стену. Мы идем «на прорыв» стеной плоскости средствами живописи. Но

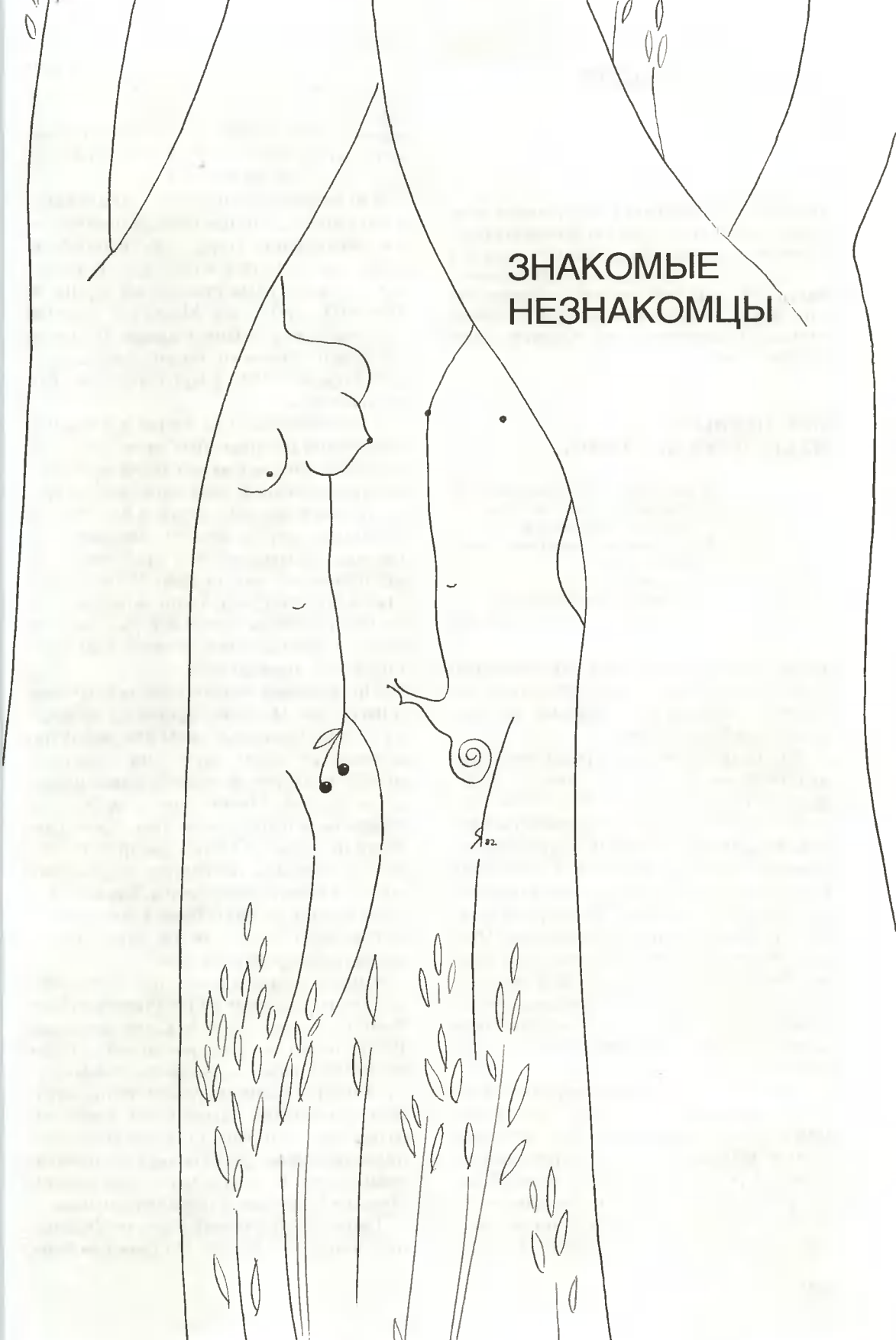
конечно, тут не может быть жестких рецептов.

(Неукротимость, романтизм, — пожалуй, самые характерные черты художника. Всю жизнь он активно участвует в политической борьбе. В 20-е годы вступил в Коммунистическую партию Мексики, избирался Генеральным секретарем национальной конфедерации профсоюзов, был секретарем ЦК партии, три года сражался в рядах армии республиканской Испании. В 1960 году за участие в политической демонстрации художник был арестован и вышел из заключения лишь пять лет спустя.)

Как, по вашему мнению, дальше будет развиваться мексиканская живопись?

Прогрессивная идеология — главный стимул нашего изобразительного искусства. Это идеология действия... Она определяет и наши живописные решения, и тематику: борьбу нашего народа против остатков колониализма, против капитализма! Наверное, существует закономерность в том, что в странах-метрополиях в живописи развивался абстракционизм и модернизм, а в полуколониях — реализм и революционное искусство.

ЗНАКОМЫЕ НЕЗНАКОМЦЫ



Три века часов

В. МЕЙ

Измерять время тем или иным способом люди умели всегда. Просто на различных ступенях развития цивилизации уровень и точность этих измерений были разными. И наверное, проницательный читатель уже догадался, что «три века» часов, вынесенные в заголовок этих заметок, означают нечто иное, чем просто триста лет.

ВЕК ПЕРВЫЙ: ЧАСЫ ПОКА НЕ ХОДЯТ

*И надо было выждать только мне,
покуда снова кто-то надо мной
перевернет песочные часы,
переместив два конуса стеклянных,
и снова слушать,
как течет песок,
неспешное отсчитывая время...*

Ю. Левитанский

Было время, когда время действительно было неспешным. И часы еще не шли, поскольку не имели ни механизма, ни стрелок. Идти было нечему.

Кто (и когда) первым предложил определять время по длине падающей от деревьев тени, неизвестно. Во всяком случае, это было в глубокой древности и никаких специальных знаний не требовало — только наблюдательности и смекалки. Позже та же наблюдательность подсказала, что по направлению тени время можно определять точнее, чем по длине. После этого оставалось догадаться, что можно обойтись и без деревьев. Вот так и появились переносные солнечные часы, гномоны со столбиком и расчерченной площадкой (или полусферой) — циферблатом.

Солнечные часы распространились по всему древнему миру, стали неотъемлемой частью быта горожан. Но — странное дело — далеко не всем это пришлось по вкусу. Персонаж одной из комедий Плавта просил богов наслать проклятие на создателя солнечных часов с такой «веской» аргументацией: «Прежде желудок

был моими солнечными часами, из всех часов самыми лучшими и самыми верными. Везде эти часы приглашали к еде, кроме того случая, когда нечего было есть; теперь же и то, что имеется, не едят, если это не нравится солнцу»...

Об устройстве солнечных часов написано столько, что нет смысла повторяться. Желаящим увидеть их воочию не обязательно идти в музей. Они сохранились на верстовых столбах по дороге из Санкт-Петербурга в Москву и в самой столице — над входом в здание бывшего историко-архивного института, на старом корпусе МГУ, в музее-усадьбе «Коломенское»...

Самоочевидно, что ночью и в пасмурную погоду от солнечных часов толку мало. На некоторых из них были даже специальные надписи типа «показываю время только в светлые часы». А для темных придумали другой прибор — водяные часы, или клепсидры. Их устройство тоже не отличалось сложностью. Через отверстие в дне конусообразной чаши вытекала вода, уровень которой и указывал на время. Самой древней из таких чаш три с половиной тысячелетия.

По принципу водяных часов устроены и песочные. И песок перетекает из сосуда в сосуд. Песочные часы благополучно дожили до наших дней: ими и сегодня иногда пользуются медики, химики, фотолaborанты. Очень долго, хотя и не слишком успешно, песочные часы служили на флоте. Отсюдова распространение «бить склянки». Разумеется, никакой посуды моряки не били: били в колокол — в тот момент, когда песок кончался, а «склянки» переворачивали.

Самым трудным делом при изготовлении этого в общем-то простого прибора было получение песка нужного качества. Его по несколько раз просеивали, а затем кипятили с вином и лимоном, снимая пену. Таким образом получали песок, который не слипался. Позже стали использовать песок, который оставался после распиливания мрамора. Его еще раз дробили, размывали и тщательно просеивали. Нужда в химической обработке отпала.

Были еще и огневые часы, изобретенные в древнем Китае. Из смеси мелких

опилок и смолы лепили длинные палочки, которые могли равномерно гореть неделями, а то и месяцами. Время узнавали по сохранившимся делениям, заранее нанесенным на палочки. Усовершенствованный вариант огневых часов — спирали, приготовленные по той же простой технологии. Такие часы могли служить и будильником. В точно рассчитанном месте горючей спирали подвешивали на тонких нитях металлические шарики. В назначенное время огонь пережигал нити, и шарики со звоном падали в подставленную металлическую чашу.

Главная прелесть всех этих незатейливых приборов — в их простоте. Не надо было беспокоиться ни о дефицитных запчастях, ни о смазке. Ремонт — если он и требовался — был самым незамысловатым. А огневым часам он был и вовсе не нужен — в их основе лежал ультрасовременный принцип одноразового употребления.

ВЕК ВТОРОЙ: «ЕЩЕ ИДУТ СТАРИННЫЕ ЧАСЫ...»

*Стучали падуанские часы,
и педантично страсбургские били,
и четко час на четверти дробили
Милана мелодичные часы.*

Ю. Левитанский

«Божественная комедия» считается первым литературным источником, в котором упоминается о механических часах. Правда, некоторые специалисты ставят под сомнение это утверждение, полагая, что автор имел в виду сложный механизм водяных часов. Некоторые основания для этого есть. Выдающиеся механики прошлого на основе немудреного принципа клепсидры создавали такие приборы, которые с полным основанием можно назвать часами. В них были и сложные передаточные механизмы, и даже циферблат со стрелками. Время они показывали настолько точно, что Ньютон и Галилей, жившие уже в эпоху механических часов, для самых ответственных опытов

предпочитали водяные. И все же Данте, видимо, описал именно механические часы: дата их рождения практически совпадает со временем написания «Божественной комедии».

В начале XIV века часы, наконец, пошли — закрутились колеса и шестерни, заскользили вверх и вниз гири, приводящие в движение внушительных размеров механизмы. Стрелка на циферблате поначалу была лишь одна — часовая. Минутная появилась лишь в 1550 г., но еще целое столетие играла главным образом декоративную роль. Точность первых механических часов оставляла желать много лучшего...

Устанавливали механические часы на самых высоких башнях, чтобы весь город мог их видеть или по крайней мере слышать их бой каждый час. Традиция часов с боем — тех же времен.

Летописи донесли до нас описание первых (1404 год!) часов Московского Кремля: «Сей часник наречется часомерье, на всякий час ударяет молотом в колокол, размеряя и рассчитывая часы ночные и дневные, и не бо человек ударяше, но человековидно, самозвонно и самодвижно, страннолепно некако сотворено есть человеческой хитростью преизмечтано и преухищрено». Нужен перевод? По-моему, нет: смысл ясен.

От башенных часов довольно скоро (какие-то сто — двести лет) перешли к часам не столь монументальным — настольным и настенным. А когда чей-то светлой голове пришла мысль использовать для завода часов плоскую стальную пружину — спираль, часы уменьшились до того, что их стало можно носить в кармане.

Но настоящий переворот, после которого часы стали показывать время вполне сносно, произошел лишь в середине XVII века. Связан он прежде всего с именем голландского ученого Христиана Гюйгенса. В 1658 г. Гюйгенс практически воплотил идею Галилея в качестве регулятора хода использовать маятник. А еще через полтора десятилетия Гюйгенс же нашел надежный регулятор и для карманных часов, соединив спираль с массивным металлическим колесом — балансом.

Вот уже триста лет мы живем по часам, созданным по идеям Гюйгенса. Правда, за это время в их конструкцию внесли множество изменений, главная цель которых – повысить точность.

Известно, что в 1714 году английское правительство объявило огромную по тем временам премию 20 тысяч фунтов стерлингов тому, кто представит точный хронометр. Только через полвека англичане вручили премию своему соотечественнику Джону Гаррисону. Корабль, снабженный его хронометром, благополучно завершил трехмесячное контрольное плавание, за время которого часы ушли вперед всего на 54 секунды. Кстати, с тех пор у часов появилась третья – секундная стрелка.

Дж. Гаррисон сумел, говоря словами М.В. Ломоносова, предотвратить «помешательство сих часов от шатанья корабля и от перемены теплоты и стужи происходящие». Маятник своего хронометра он сделал решетчатым – из пяти стальных и четырех латунных прутьев. Короткие стержни из металла с большим коэффициентом теплового расширения поднимали маятник ровно настолько, насколько его опускали вниз более длинные стержни из металла с меньшим коэффициентом расширения.

Поступали и по-другому – к стальному маятнику прикрепляли сосуд с ртутью. При нагревании ртуть расширялась и возвращала центр тяжести маятника на прежнее место, компенсируя удлинение стального стержня.

Этим остроумным изобретениям суждено было прожить до конца прошлого века, пока швейцарский физик Ш.Э. Гильом не изобрел два новых железоникелевых сплава – инвар и элинвар. Первый как будто специально создан для маятников: он практически не изменяет длины в широком интервале температур. У второго (в его состав входят еще хром, молибден и вольфрам) от температуры мало зависят упругие свойства. Из него начали делать часовые спирали. Дальнейшая судьба этих сплавов оказалась разной. Инвар широко применяется и сейчас, а элинвару нашли замену – изобрели группу подобных сплавов с еще лучшими характеристиками: нива-

рокс (добавки – бериллий, вольфрам и молибден), хроновар (углерод, молибден, хром и марганец) и другие.

Коротко – о материалах других деталей.

Чтобы превратить колебания регулятора во вращение стрелок, в часах крутятся многочисленные колеса и шестерни (трибы). Материал для них с давних пор остается неизменным: колеса делают из латуни, а трибы из стали. Такому постоянству есть простое объяснение: у пары сталь – латунь минимальный коэффициент взаимного трения. Следовательно, в погрешность часов передаточный механизм вносит минимально возможный вклад.

С той же целью – уменьшить трение – оси стараются делать как можно тоньше. В наручных часах их толщина составляет доли миллиметра. Из-за этого в точках опоры возникают огромные нагрузки – 150 кг/мм² и даже выше. Только самые твердые материалы, например камни из группы корунда, могут выдержать подобные давления. Чаще всего опорой служат искусственные рубины и лейкосапфиры. Их количество обозначается на циферблате и несет информацию о сложности и точности механизма.

Выбор материала для корпуса, циферблата и внешней отделки часов не ограничен ничем, кроме творческой фантазии мастера. Шедевры часовых дел мастеров по праву украшают художественные музеи мира.

О любом хорошо отлаженном механизме нередко говорят, что он «работает как часы». На то – несколько причин, и одна из них – традиционно добросовестное отношение часовщиков к своему ремеслу. Еще в конце XIX в. известный часовщик Юлиус Гене в своем «Кратком курсе часового мастерства» давал такое наставление начинающим мастерам: «Каждые доверенные нам часы должны составлять для нас сокровище, которое следует оберегать, чтобы оно по нашей вине не теряло ценности или красоты вида».

Еще одна причина точной работы – совершенные смазки, используемые в часовых механизмах. Правильно смазать часы – вовсе не простое дело. Прежде всего надо знать, чем смазывать. Каждый из мас-

теров прошлого составлял смазку сам и состав ее хранил в глубоком секрете. В состав смазок входили и минеральные, и растительные масла, и животные жиры. В не столь отдаленном прошлом широко применяли спермацетовый жир – один из продуктов китобойного промысла. Основу современных смазочных масел, как правило, составляют полиалкилсилоксаны или синтетические сложные эфиры. К ним добавляют целый букет присадок разнообразного назначения. Одни предохраняют масло от окисления, другие уменьшают износ механизма, третьи придают нужную вязкость и т.д.

Для различных часов, естественно, нужны разные смазки. Одно дело – смазать часы Спасской башни Кремля и совсем другое – наручные женские часики. Есть смазки вроде бы на все случаи часовой жизни. Но тем не менее в большинстве случаев мы тащим часы в мастерскую именно потому, что смазка стала выполнять свое назначение хуже или вообще перестала.

ВЕК ТРЕТИЙ: ЧАСЫ ДЛЯ «ЧАСА ПИК»

*Только стрелки сумасшедшие бегут.
Стрелки, цифры, циферблаты, медный гуд.
Словно мир этот бессонный городской
стал огромной часовой мастерской.*

Ю. Левитанский

В повседневной жизни мы пока обходимся обычными часами. Но даже в спорте, у конькобежцев и бегунов на коротких дистанциях, результаты уже фиксируются с точностью до сотой секунды. Еще строже отсчет времени в некоторых областях науки и техники. Современные физика, астрономия, радионавигация требуют часов, которые за сутки ошибались бы не больше чем на 10^{-5} – 10^{-6} секунды. Ни маятниковые, ни балансовые часы такой точности дать не могут. Из-за трения в механизме, главным образом.

Пришлось искать принципиально новые регуляторы хода. Сначала попробовали камертоны и упругие пластины. Ка-

мертонные часы действительно оказались точнее маятниковых, но лишь в десять раз. Поэтому поиски продолжили, а камертоны весьма удачно приспособили к бытовым часам. Они стоят, например, в широко известных электронно-механических будильниках «Слава», выпускаемых 2-м Московским часовым заводом.

Еще более точными оказались кварцевые часы. Регулятором в них служит кварцевая пластина, колебания которой возбуждаются специальным генератором, а затем усиливаются микроэлектронной схемой. Появление кварцевых часов еще раз подтвердило, что все в истории развивается по спирали. Часы, как и в древности, перестали «ходить».

Первые часы с кварцевым осциллятором появились еще в начале 30-х годов. Но только в последние два десятилетия с развитием микроэлектроники стало возможно перейти от громоздких ламповых схем к интегральным микросхемам, которые без особого труда можно разместить в корпусе наручных часов.

Собственно говоря, часы с кварцевым регулятором хода делятся на электронно-механические и электронные. Вначале появились электронно-механические (швейцарские – «Омега», японские – «Сэйко», американские – «Гамильтон»). Как следует из названия, они состоят из двух частей – электронного блока и механического узла. В электронном блоке генератор колебаний возбуждает в кристалле кварца высокочастотные (несколько десятков кГц) сигнал. Затем с помощью схемы управления – электронных делителей частоты, понижающих частоту сигнала, формователей импульса, усилителей – сигнал поступает на электродвигатель, как правило, шаговый. Двигатель управляет движением стрелок и вместе с ними образует механический узел.

В электронных часах механического узла нет совсем. В их схеме сигнал, поступающий с кварцевого генератора, после делителя частоты (счетчика) поступает на систему дешифраторов, где электрические сигналы в конечном итоге преобразуются в цифры часов, минут и секунд, которые мы видим на табло или циферблате. Цифровая индикация – на жидких кристаллах или светодиодах.

Но и кварцевые часы оказались не идеальными. Предел их точности – 10^{-4} секунды в сутки. Быть еще точнее им мешают неизбежное старение кварца и то, что на колебания пластинок влияют внешние условия, прежде всего температура. Поэтому в 40-х годах нашего века появились принципиально новые часы, именуемые атомными. Механического осциллятора в традиционном смысле слова в них нет совсем. Они регулируются частотой, излучаемой при квантовых переходах молекул или атомов из одного состояния в другое. Эта частота исключительно стабильна и практически не подвержена влиянию внешних условий. Первые подобные часы были, строго говоря, не атомными, а молекулярными – они работали на аммиаке. А затем появились уже калиевые, рубидиевые, цезиевые, таллиевые... Лучшие образцы атомных часов ошибаются не больше чем на 10^{-6} секунды в сутки, и, видимо, это не предел.

В то же время в часовое производство пришли материалы и технологические приемы, характерные для второй половины XX века. Имеются в виду прежде всего пластмассы и штамповка. В начале 70-х годов на одной из международных выставок швейцарская фирма «Тиссо» продемонстрировала наручные часы «Астролон», почти целиком сделанные из пластмасс. Исключение составляли лишь балансовый узел и узел завода стрелок. Даже корпус демонстрационного образца был сделан из прозрачного пластика.

Что вы знаете

и чего не знаете о часах

БИБЛЕЙСКИЙ НЕУДАЧНИК

Древнеиудейский царь Ахаз попал в историю в силу крайней своей неудачливости. Постоянно воевал он с соседями и почти всегда бесславно. Когда, наконец, он уладил все конфликты, ему была предсказана скорая смерть. Бедный Ахаз попросил у бога отсрочку. И, как сказано в Библии, бог сжалился над вечным неудачником – «отвел часовую тень на десять степеней, на которые она передвинулась по солнечным часам»...

С тех пор было выпущено множество пластмассовых часов, особенно крупных – настенных, настольных и будильников. Использование пластика упрощает технологию, повышает производительность труда: конструкция механизма становится проще, количество деталей уменьшается. К примеру, для одного и того же будильника металлических деталей надо 66, а пластмассовых – всего 43. Пластмассовые детали получают методом точного литья за одну операцию, без последующей доводки.

Конечно, часовой промышленности подходят далеко не все пластики. Ее требования к ним жестки и порой противоречивы. Так, материал для колес и трибов должен давать минимальную усадку и в то же время быть самосмазывающимся. Этим взаимоисключающим условиям из всех пластмасс лучше всего отвечают поликарбонаты и полиформальдегиды, а также сополимеры формальдегида с диоксолоном.

Точность пластмассовых часов пока не очень высока – в пределах нескольких секунд в сутки. Но для бытовых целей этого достаточно.

Три века часов... Будет ли четвертый, сказать трудно, тем более что третий начался совсем недавно, да и второй (парадокс времени!) тоже еще не кончился.

ЕСЛИ ВРЕМЯ ИСТЕКЛО

В античном мире по водяным часам смеялись караул, с их помощью врачи меряли пульс, а ораторам, в том числе судейским, определяли время для речей. Если дело было незначительным, воды в клепсидру наливали немного, а когда, скажем, решался вопрос о жизни человека, клепсидру наполняли до краев. Регламент соблюдался очень строго, и время ценили: если оратора прерывали, то дырочку в клепсидре затыкали до тех пор, пока он не начинал говорить снова. Историки рассказывают, что знаменитый Демосфен однажды устроил в суде настоящий скандал, обвинив какого-то служителя в том, что тот потихоньку отливал из клепсидры воду. Благодаря клепсидам в нашу речь вошли такие выражения, как «ваше время истекло» или «сколько воды утекло с тех пор».



ЧАСЫ НА БАШНЕ

Одним из чудес механики называли астрономические башенные часы высотой 12 м, установленные в 1354 году на страсбургском соборе. Это часы с курантами и движущимися фигурами. Кроме времени они показывали движение Солнца, Луны и звезд, календарь праздников. Венчала часы скульптура Богородицы, перед которой в полдень двигалась процессия поклонявшихся ей волхвов. Одновременно кричал, махая крыльями, огромный механический петух. Подобные часы в ту пору были и в других городах, и почти везде их дополняли фигуры, разыгрывавшие те или иные сцены. В одном случае это был рыцарский поединок, в другом – вступление императора на трон, в третьем – еще что-то. Эта традиция частично сохранилась – вспомните хотя бы часы на здании Центрального театра кукол в Москве.

ТРУД ВСЕЙ ЖИЗНИ

Уже в нашем веке в Дании жил удивительный часовщик Йенс Ульсен. Всю жизнь он делал только одни часы, собственноручно изготовил для них 17 тысяч деталей, но закончить работу так и не ус-

пел. Только через десять лет после его смерти, в 1956 году, часы были готовы и установлены в городской ратуше Копенгагена. Механизм, изготовленный мастером-самоучкой, отличается высочайшей точностью хода, уступающей только атомным часам. Кроме времени суток эти часы показывают сегодняшнее время восхода и захода Солнца, фазы Луны, а также дни праздников, солнечных и лунных затмений.

ИЗ ЖИЗНИ БОМАРШЕ

С профессии часовщика начинал свой жизненный путь драматург Пьер-Огюстен Карон де Бомарше. По свидетельству современников, он был даровитым мастером и даже изобрел какое-то усовершенствование анкерного спуска. Но его изобретение под своим именем опубликовал королевский часовщик Лепот. Бомарше выступил в печати с язвительным опровержением, которое биографы считают началом его писательской карьеры.

Возьмите в руки карандаш



Л. СТРЕЛЬНИКОВА

Такой обыденный предмет. Первый пишущий инструмент, который нам доверили взрослые. Он прост и уж совсем не загадочен. В самом деле?

А сколько, например, ему лет? И не занимал ли вас когда-нибудь вопрос: а как же в него запи- хивают грифель? И что было, когда карандаша не было? Пожалуй, с этого и начнем.

РОДОСЛОВНАЯ КАРАНДАША

В XII веке вам бы пришлось довольствоваться свинцовым стерженьком. Он был прадедушкой нашего современного карандаша и носил другое имя – штифт. В немецком языке это имя – Bleistift (свинцовый стержень) сохранилось и по сей день.

Первый мягкий бледно-серый след свинцового штифта появился еще в древности на листах пергамента. Правда, для текста он был бледноват. Им просто размечали строки. Более темную черту оставлял штифт «из двух частей свинца и одной части прокованного молотком олова». Линия со временем под действием кислорода воздуха темнела, но легко удалялась мякишем хлеба, пемзой – ластик придумали только в XVIII веке.

В эпоху Возрождения изысканной пубlike и людям искусства с большим успехом служил серебряный брат свинцового штифта. Его темно-серая черта коричнедела при окислении, и стереть ее мякишем или пемзой было невозможно. Поэтому рисовать такими карандашами могли себе позволить только великие мастера рисунка, не наносящие на бумагу ни одной лишней или неточной линии. Сохранились серебряные рисунки Леонардо да Винчи, Дюрера и даже один серебряный штифт, принадлежавший Луке Кранаху.

Но у металлических карандашей были еще двоюродные братья – минеральные. Прежде всего это древесный уголь. Каждый при желании может изготовить для себя доброкачественный угольный карандаш. Ченнино Ченнини в «Трактате о живописи» предлагает такой рецепт. Нужно взять «ивовые палочки, сухие и тонкие, нарезать их длиной с ладонь», «обстругать и очинить с обоих концов, как у веретена» и связать в пачки. «Возьми потом новый горшок и положи их в него столько, чтобы горшок был полон. Затем возьми крышку и замажь ее глиной, чтобы сделать горшок непроницаемым для дыма. Вечером пойдй к булочнику, когда он окончит работу, поставь этот горшок в печь и оставь его там до утра, а утром посмотри, хорошо ли угли прожжены и достаточно ли они черны».

Но стоит ли трудиться? Уголь плохо держится на бумаге. Его необходимо закреплять. В XV веке в Италии не ленились: смачивали предварительно бумагу водным раствором клея, например гуммиарабика. Затем на высохшие листы наносили рисунки углем. Готовую работу подвергали действию водяного пара. При этом клеевой слой размягчался и, высыхая, прочно скреплял уголь с бумагой.

Когда в том же XV веке в Пьемонте был найден «черный камень», «черный мел», или попросту черный глинистый сланец, проблем с внедрением нового пишущего средства не было. А сегодня становится понятным происхождение слова «карандаш»: тюркские корни «кара» – черный, «даш» – камень. Итальянский карадаш, не требовавший ночных походов к булочнику, быстро перекочевал в арсенал активных художественных средств. Месторождение в Пьемонте иссякло, его сменили залежи в Тюрингии, в Андалузии. Париж не располагал такими богатствами. Зато здесь догадались смешать белую глину с ламповой сажей. Так родился искусственный парижский карандаш, или «соус». Он был мягче и чернее итальянского и значительно меньше царапал бумагу.

Потом Леонардо да Винчи нашел сангину. Это «красный мел» – природный каолин, окрашенный окислами железа. (Его можно приготовить также искусственным смешиванием.) Красно-коричневые оттенки сангины как будто специально созданы для рисунков человеческого тела.

Леонардо много экспериментировал в технике живописи, правда, не всегда успешно. Многие из красок его изготовления вскоре осыпались с великих полотен. Так было с картиной «Тайная вечеря». Сохранить ее стоило больших трудов. Зато рисунки и портреты сангиной уцелели.

Если есть черный мел и красный мел, то почему бы не сделать цветной? Так подумали во Франции в том же XV столетии и изобрели пастель – снова мел с добавками разных натуральных пигментов. Pastel – французский вариант итальянского pastello (уменьшительное от pasta – тесто).

«Художники делают эти карандаши в цилиндрической форме, окатывая их на мраморном камне, и сгущают их с примесью жира или гуммиарабика, или соков смоквицы, или сыворотки. Тем самым одни карандаши становятся мягче, другие же тверже», — писал лионский профессор Петрус Григориус в своем трактате «*Syntaxeon artis mirabilis*» в 1574 году. Младшая сестра в карандашной семье, пастель была любима художниками всех эпох.

НЕПРОСТОЙ ПРОСТОЙ КАРАНДАШ

Только в 1790 г. появились карандаши в привычной для нас форме. Этому предшествовало открытие месторождений графита в Англии. Графит в смеси с глиной оказался хорош для письма. И установили это независимо друг от друга француз Н. Конте и чех Й. Гартмут. В России первые графитовые стержни изготовил М.В. Ломоносов. Но производство, хоть и кустарное, появилось только в 1848 году. Русские карандаши были плохого качества и не могли составить конкуренцию карандашам солидной австрийской фирмы Фабера и Гартмута, наводнившим царскую Россию.

После революции поступление карандашей из Германии прекратилось, а первая карандашная концессия была создана у нас по предложению американского предпринимателя Арманда Хаммера в 1926 г., тогда же открылась фабрика им. Л.Б. Красина. В 1932 году государство выкупило концессию у Хаммера, сейчас это предприятие известно как «Московский завод пишущих принадлежностей им. Сакко и Ванцетти».

Технология изготовления черно-графитных, как скажут специалисты, или «простых», карандашей с 1790 года принципиально не изменилась. Путь от сырья до карандаша складывается из нескольких этапов. Строго говоря, он объединяет от 60 до 100 операций, но здесь мы обо всем говорить не будем.

Сначала глину мешают с графитом. В зависимости от содержания глины карандаши различаются по твердости от 7Т до 6М, цифра при Т или М обознача-

ет степень твердости или мягкости. Потом из массы выдавливают стерженьки. Нетрудно вылепить грифель твердого карандаша, в котором много глины (6Т — это 68% каолина). Помните самодельных глиняных зверюшек? Труднее с мягкими карандашами. Глины мало, масса не лепится. Например, стержень 6М состоит из 80% графита и 20% каолина. Приходится добавлять связующее — пектин, новый клей (кстати, на этом клее держатся этикетки консервных банок). Получают его из свекольных отходов. Между прочим, в апельсиновых корках пектина тоже 50%. Достаточно 6% пектинового клея, и масса для стержня 6М становится пластичной.

Твердость цветных карандашей лежит в интервале от 2М до 6М. Напомним, что все 15 степеней твердости уместятся между двумя баллами минералогической шкалы Мооса, то есть между тальком и гипсом. Определяют твердость стержня на пластинках-эталоны из сплавов металлов. Если грифель оставляет след, не царапая поверхности, твердость его соответствует эталону. Твердостью 6Т обладает сплав свинцо-олово-сурьма-медь в соотношении 55:20:20:5. Сплав 80% свинца и 20% сурьмы имеет твердость ТМ, а чистый свинец — 4М.

Сформованные грифели сушат и выпекают в печах. И тут наш пектиновый клей, выполнивший свою миссию, выгорает. Теперь готовый грифель нужно одеть в деревянную оболочку. Для этого в кедровой досочке величиной с ладонь нарезают шесть ложбинок. Стержни укладывают в эти пазы и накрывают второй такой же дощечкой. Дощечки, разумеется, промазывают клеем и склеенные заготовки выдерживают под прессом не менее пяти часов. Когда клей высох, машина распиливает заготовку на карандаши. На фабрике их называют «белыми», потому что они голенькие и без надписи. Прежде чем карандаш попадет к нам в руки, его четыре раза покрасят нитрокраской, дважды покроют лаком и отштампуют золотую надпись бронзовой фольгой.

Во всякой технологии есть тонкое место. В данном случае это «выпечка».

Очень важно точно выдержать температуру при нагреве, обжиге и охлаждении. От этого зависит качество стержня. Не дожжешь – грифель получится мягче, чем задано. Пережжешь – еще хуже, замучаетесь точить такой карандаш. Грифель будет постоянно ломаться. Не случайно технологию изготовления стержней называют керамической; только к карандашу, к сожалению, привыкли относиться с меньшим почтением, чем к глиняной посуде. Особенно при разгрузке, ведь на коробках нет надписи «не бросать!»

«Деревяшка» должна, конечно, предохранять грифель от удара – если только стержень хорошо скреплен со своей оболочкой. Сегодня этой цели служит поливинилацетатный клей. Он долго сохнет, зато намертво схватывает древесину. Шов на деревянной рубашке карандаша не заметен. Однако грифель с рубашкой этот клей скрепляет плохо. Если кто-то может предложить лучший клей, на фабрике будут только рады.

Есть еще одна химическая задача. Хотелось бы заменить глину в графитном стержне синтетическим наполнителем, смолой. Во-первых, упростится технология – не нужна будет «выпечка». Во-вторых, большая прочность и пластичность массы позволит стержни делать тоненькими, как в Японии, диаметром 0,5 мм, а при нынешней технологии минимальный диаметр грифеля получается 1,2 мм.

И все-таки грех нам обижаться на наши «простые» карандаши. В свое время фабрику имени Красина, изготавливающую черно-графитные стержни и карандаши, посетила делегация всемирно известной чешской фирмы «Кохинор», и наш «Конструктор» получил наивысшую оценку за полное соответствие мировым стандартам. И «Орион» и «Союз», и все остальные 25 марок – тоже, потому что отличаются они один от другого только диаметром стержня и карандаша, длиной и формой рубашки (цилиндрической или с ребрышками).

Еще есть специальные карандаши – «Светокопия», «Люмограф» и «Чертежник», предназначенные для бескалькировочного черчения. Чтобы размножить

чертеж, кальку обычно снимают вручную. Если же чертеж выполнен карандашом «Светокопия» или «Люмограф», то его размножит и копировальная машина. Дело в том, что в состав грифеля этих карандашей входят древесный уголь и сажа, поэтому линия получается гораздо чернее и контрастнее. Это машине и нужно.

ДВЕСТИ СОРОК ЦВЕТОВ РАДУГИ

Надо ли объяснять, что цветному карандашу графит не нужен? Стержень его состоит из глины, какого-нибудь красителя, клея, пропитан жиром. Производство карандашей, заложенное Хаммером, например, начиналось с шести цветов. Сырье привозили из-за рубежа: красители из Америки, можжевеловые дощечки из Европы. Сегодня мы прекрасно обходимся своими запасами (хотя и покупаем некоторые экзотические вещи, например японский воск). Каолин – донецкий; тальк, – его добавляют в стержень для лучшего скольжения по бумаге, – из Челябинской области; красители из Тамбова; жиры, саломас и стеарин тоже свои.

Со связующим сложнее. Пектиновый клей для цветных грифелей не подходит, слишком темный. С традиционным трагакантом много мороки – трудно очищается от механических примесей. Трагакант – это природный клей растительного происхождения, который выделяется из дикорастущего кустарника рода астрагал, если поранить ствол, и состоит из высокомолекулярных углеводов. Лучшие сорта привозят из Ирана; очищенный от коры и песка трагакант весьма дорог. Хорошее связующее – карбоксиметилцеллюлоза практически вся уходит в кондитерскую промышленность на мармелад и пастилку. Поэтому карандашные мастера изготовили клей по собственному рецепту: 1 весовая часть крахмала «Экстра», 3 части воды и 0,2 части соды (для придания устойчивости коллоидной системе). Он получил бесхитрое название «аппаратин». Небольшая его основность бывает несовместима с некоторыми красителями, но их не так много. Аппаратин заменил пектиновый клей в простых карандашах.

Сегодня рецепт цветных стержней в нашей стране не шесть, как при Хаммере, а 240; энтузиастам карандашного производства пришлось с ними повозиться много. Например, Союз художников обратился на завод «Сакко и Ванцетти» с просьбой сделать карандаши, у которых цвет на рисунках под действием времени и света не менялся бы. Заказ выполнили, появился набор из 24 цветных карандашей «Светопрочный» на светостойких красителях. У «Живописи» история аналогична. Художники заказали пастелеобразный карандаш. Главное требование: должен ложиться на бумагу без усилий, равномерно и растушевываться. К обычной рецептуре добавили несколько процентов банного мыла, и все получилось. «Живопись» понравилась не только художникам, но и еще более требовательным женщинам – не художницам. Этот же способ использовали для карандашей «Геолог» – для полевых работ требуются очень мягкие карандаши. Кстати, черная «Живопись» – самый безвредный карандаш. Краситель здесь – обычная ламповая сажа, или сажа марки 100.

Теперь о вредности. Даже взрослый человек иногда ловит себя на неприличном занятии – сидит и грызет карандаш. А что говорить о детях! Об этом помнят технологи и стараются отказаться от токсичных красителей. Так был изъят из обращения крон, в состав которого входит свинец. Желтый свинцовый крон – $PbSO_4 \cdot PbCrO_4$, оранжевый – $PbO \times PbCrO_4$, красный – $Pb(OH)_2 \cdot PbCrO_4$. И все-таки карандаши лучше в рот не брать, особенно желтый и синий, содержащие несъедобные красители желтый светопрочный и голубой фталоцианиновый. Для ясности назовем их на химическом языке: 2'-дихлор-4'-сульфокислота 1-фенил-3-метилпиразолона-5 и фталоцианин меди. Голубой фталоцианиновый используют также для окраски японского воска. Если их взять соответственно 52 и 48%, то получится карандаш-стеклограф, хорошо известный всем, кому приходится надписывать колбы.

Невозможно перечислить рецептуры всех 240 цветов, тем более что многие оттенки получаются просто: чем больше TiO_2 , тем бледнее. Ограничимся приме-

ром: такой изысканный цвет, как оливковый, получают смешиванием трех красителей – «желтого светопрочного», «красного Ж» и сажки газовой.

Если еще и «химический» карандаш, имеющий, впрочем, к химии не большее отношение, чем все остальные. Настоящее его имя – «Копировальный». Люди старшего поколения помнят то время, когда не было шариковых ручек и всю документацию под копирку полагалось заполнять только копировальными карандашами. Перьевая ручка не давала четкого следа на экземплярах-копиях, а простой карандаш для заполнения документов не надежен – легко стирается.

Другое дело копировальный. Если смочить грифель или сделанную им надпись водой, она становится яркой. Причина этого фокуса – водорастворимые красители: эозин, родамин, аурамин. Или, что то же самое, тетрабромфлуоресцин, фтаlein диэтил-м-аминофенола и т.д. Стереть надпись, сделанную химическим карандашом, не удастся, потому что эти красители начинают растворяться даже от ничтожного количества влаги, содержащейся в бумажном листе. Краска проникает между волокнами бумаги, и удалить ее не так-то просто.

О «химических» карандашах правильнее говорить в прошедшем времени, потому что сегодня вы их нигде не купите: не производят, заменили шариковыми ручками. Поэтому с довольно-таки грязным производством решили проститься. Тем более, что работы хватает и без того. Немного жаль: исключительно удобная вещь для надписывания посылок.

«КАРАНДАШ В РЕКЛАМЕ НЕ НУЖДАЕТСЯ»

Этот афоризм принадлежит директору фабрики имени Красина А.С. Аникееву. Справедливо. Карандаш, как хлеб. Его не замечают, когда он есть. А когда его нет...

В первые дни Отечественной войны фабрика начала выпускать военную, более необходимую, казалось бы, продукцию – боеприпасы. И в Москве исчезли карандаши. Последовало указание правительства ни на один день не останавли-

вать карандашное производство... Карандашное производство уникально. В Москве нет учебного заведения, где готовили бы для него кадры, и обучение специалистов происходит прямо в цехах. А технология тоже нуждается в улучшении: оборудование старое, велика доля ручного труда. Современные автоматические линии недавно появились только на фабрике им. Красина.

Выбирая себе карандаш по вкусу, многие предпочитают кохиноровский. Чем он отличается от нашего? Принципиально ничем. Разница в сырье. Во-первых, графит для чешского карандаша привозят с острова Шри Ланка. Этот графит, содержащий до 99% углерода, один из лучших в мире. Он как будто специально создан для карандаша – настолько пластичен. Украинский графит не менее богат углеродом, но имеет другую структуру, а посему и не так мягок. Когда же грифель царапает бумагу (случается и такое), недобрым словом следует помянуть примеси – кварц и пирит, хотя их менее 1%.

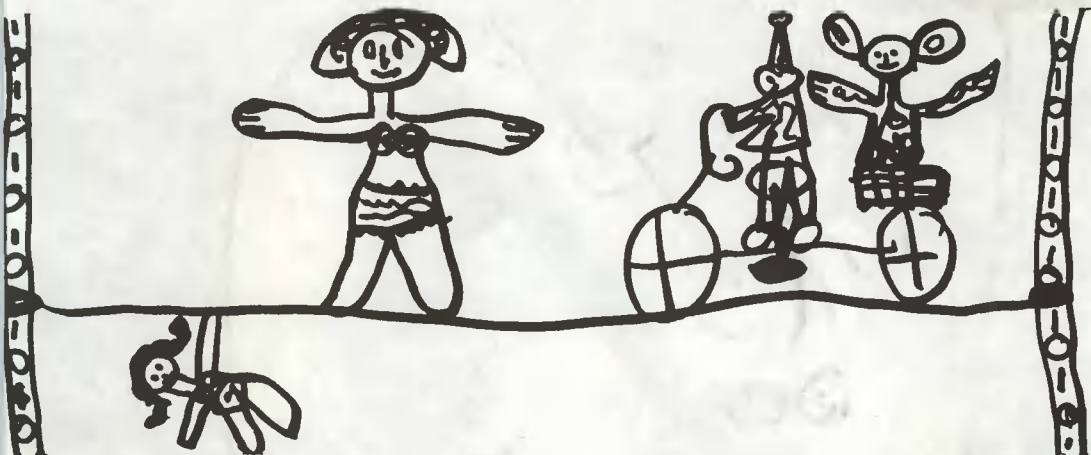
Во-вторых, карандаш «Кохинор» делают из виргинского можжевельника. Это «карандашное дерево» не нуждается в предварительной обработке, что очень важно для производства, и хорошо чинится. И еще такая древесина привлекает нас розовым цветом и приятным запахом.

Не совсем обычное изделие – японский карандаш. Внешне напоминает «Конструктор». На самом деле он весь синтетический: оболочка полимерная, стержень не керамический, а на основе смолы. Так вы-

шли из положения в Японии, не обладающей запасами древесины и графита. Карандаш можно согнуть, чуть ли не завязать узлом. Это нисколько не скажется на его пишущей способности. У нас сырьё для производства обычных карандашей пока достаточно. Да и требует карандашное производство менее 1% вырубаемой за год кедровой древесины. На худой конец можно вспомнить об арче, родственнице можжевельника из семейства кипарисовых, произрастающей в Средней Азии. Ее древесина после необходимой обработки заменяет кедр. Кстати, в начале нашего века польская фирма «Маевский и К^о» вывозила с этой целью арчу из Средней Азии и экспортировала ее в Германию. Вообще деревянные карандаши сегодня пользуются большей популярностью, чем синтетические. Так же, как и хлопок, и шерсть. Раньше продавались металлические колпачки и трубочки, удлинняющие карандаш, чтобы исписать его почти полностью. А теперь представим себе, что эти забытые колпачки появились в продаже. Кинутся ли покупать их современные школьники и даже их родители? Вряд ли. Не приходит в голову беречь карандаш. Он ведь так дешев и доступен...

Возьмите в руки карандаш. Любой. У вас в столе наверняка найдется не один. И пожалуйста, отнеситесь к нему внимательно.

1982, № 7





Жизнеописание лабораторного термометра

Кандидат химических наук
И.А. ЛЕЕНСОН

По изобретению, доведенному до совершенства, не видно, как оно создавалось...

А. Сент-Экзюпери

ОТ ГЕРОНА ДО ЦЕЛЬСИЯ

Привычно вставляя термометр в насадку для перегонки, химики, как правило, не удивляются изяществу и простоте используемого прибора. И тем более не задумываются над тем, что же, в сущности, они измеряют. А ведь температуру невозможно измерить непосредственно, как, например, длину. Ее определяют, наблюдая за изменением физических свойств вещества, соприкасающегося с нагретым телом.

До всех этих премудростей ученые додумались сравнительно недавно, и в течение многих веков исследователи довольствовались чисто умозрительными и субъективными представлениями о тепле и температуре. В ходу были такие шкалы, как «сильный мороз», «прохладно», «жарко». Разве что медики желали бы знать поточнее степень жара у больного.

В 1620 г. английский философ Ф. Бэкон систематизировал имевшиеся данные о тепле и холоде, собрав их в таблицы. К положительным инстанциям он отнес «солнечные лучи, преимущественно летом и в полдень, горячий пар и дым», а к холодным или отрицательным инстанциям — «лучи луны, звезд и комет, пары масел» и т.д. Наподобие теплоты, по мнению Бэкона, действует купорос на холст, и в то же время «купоросное масло на ощупь слегка холодит».

До XVII века не существовало прибора, способного измерять «градусы тепла». Хотя в принципе такой прибор мог изготовить на 20 веков раньше прославленный механик из Александрии Герон, создатель знаменитого эолипилы — паровой

машины, которую можно считать прототипом современных реактивных турбин. Герон Александрийский и его предшественник Филон знали о способности воздуха расширяться под действием тепла и даже демонстрировали это явление. Например, в приборе Филона (210 г. до н.э.) воздух из нагреваемого свинцового шара по узкой трубке пробуживал в сосуд с водой, затем шар охлаждали, и в него по той же трубке засасывалась вода.

Но все это были, увы, лишь занятные игрушки. Похоже, что Геронов фонтан, паровой волчок, эолипил, устройство для автоматического открывания дверей храма и другие остроумные и сложные механизмы были придуманы и изготовлены с единственной целью — поразить воображение современников или, по крайней мере, развлечь их забавными фокусами. Поэтому первым в длинном списке изобретателей и усовершенствователей современного термометра стоит имя Галилея.

Прибор был исключительно прост. Галилей взял стеклянную колбочку и присоединил к ней тонкую трубку. Нагрев колбочку руками, он опустил конец трубки в сосуд с водой. По мере остывания колбы вода в трубке поднималась. С помощью этого прибора Галилей демонстрировал на лекциях «изменение степени холода и тепла». Отметим, что коэффициент теплового расширения воздуха в 20 раз больше, чем у воды, и это было решающим при изготовлении первых термометров.

Друг Галилея — Джованни Франческо Сагрето — усовершенствовал прибор, сделал его более удобным: в вертикально стоящую трубку, обращенную шариком-колбочкой вниз, осторожно вводил каплю воды, которая двигалась по трубке вверх или вниз в зависимости от температуры воздуха. Еще более удачной оказалась конструкция с горизонтально расположенной трубкой, где вода не могла самопроизвольно стекать в колбу.

Прибор Галилея, однако, нельзя признать термометром в полном смысле этого слова. На его показания влияла не только температура, но и атмосферное давление, о котором в то время ничего не знали. Прибор не имел шкалы и показывал только повышение или понижение температуры, с его помощью почти не-

возможно было ставить количественные опыты. Поэтому прибор, изобретенный Галилеем, равно как и описанный античными учеными, правильнее называть термоскопом.

Еще при жизни Галилея профессор медицины Санкториус из Падуанского университета изобрел (возможно, независимо от Галилея) сходный инструмент, которым определял степень жара у своих пациентов. Большой брал в рот колбочку, расположенную на конце стеклянной трубки, и держал ее там «в течение 10 ударов пульса». Врач при этом наблюдал, до какого деления опустится вода в трубке.

Несколько важных особенностей отличали прибор Санкториуса: подкрашенная вода и нанесенные на трубке деления. Стало проще делать измерения и сравнивать их между собой. Воздушный резервуар по необходимости был небольшого размера, и, чтобы от этого не пострадала чувствительность прибора, Санкториус уменьшил диаметр капилляра и для удобства изогнул его. Этот прием использовали довольно широко, многие термометры того времени имели самую причудливую форму.

Отто фон Герике (1612–1686), бургомистр немецкого города Магдебурга, разделил шкалу своего прибора (медного шара с трубкой, заполненной спиртом) на шесть равных частей, проставив надписи на латыни: «сильная стужа, холодно, прохладно, умеренно, тепло, жарко, сильный зной». По шкале, указывая на соответствующий диапазон температур, двигалась фигурка ангела. Герике применил важное новшество: обозначил на шкале постоянную (реперную) точку, позволяющую откалибровать прибор. Чтобы установить фигурку на нужной точке во время заморозков, меняли давление воздуха в шаре с помощью насоса и крана, соединенного с атмосферой. И хотя сам по себе выбор ученого – температура воздуха во время первых ночных заморозков – был мало удачным, идея реперной точки оказалась прогрессивной.

Следующий шаг, превративший наконец термоскоп в настоящий, хотя и непривычный для нас с виду термометр, был сделан во Флоренции, славившейся масте-

рами-стеклодувами. Здесь в 1657 г. князь Леопольдо Медичи основал академию опытов, в которую вошли девять видных итальянских и иностранных членов-корреспондентов. «Исследовать, а не рассуждать», – вот основной девиз академии. Другое необычное правило – анонимность открытий: академики публиковали только коллективные труды, не выделяя чьих-либо заслуг.

Брат Леопольдо, великий герцог Тосканский Фердинанд II, также покровительствовал академии. Братья живо интересовались физикой, бывали на заседаниях. И все же их любовь к науке не держала испытаний. Известно, что Фердинанд II не защитил от инквизиции своего придворного математика и бывшего учителя Галилея; оба брата не колеблясь закрыли академию в 1667 г., когда Рим потребовал упразднить ненавистное церкви учреждение (говорили, и, видимо, не без оснований, что кардинальская шапка, полученная Леопольдо в том же 1667 г., была платой за роспуск академии).

Академия опытов просуществовала всего одно десятилетие, но тем не менее оставила заметный след в науке. Ее члены изобретали, совершенствовали и широко использовали на практике, в частности для метеорологических наблюдений, различные приборы – барометры, термометры, анемометры (приборы для определения направления и скорости ветра), измерители дождя. Флорентийцам удалось достаточно точно для своего времени измерить скорость звука. Пытались они определить и скорость света; опыты, разумеется, не дали никакого результата.

В своих термометрах вместо воздуха или подкрашенной воды члены академии использовали спирт, у которого в шесть раз больший, по сравнению с водой, коэффициент расширения. Помимо этого, он не замерзает в холодную погоду. Но главное усовершенствование состояло в том, что из шара и трубки удаляли воздух, а конец трубки герметизировали сургучом. Так впервые удалось избавиться от влияния атмосферного давления – главного недостатка приборов Галилея.

Приборы флорентийских мастеров были настоящими произведениями искусства. В трудах академии, изданных в 1667 г., описывается их изготовление: «Прежде всего стеклодув должен изготовить шарик соответствующей величины с припаянной к нему трубкой. Наполнение инструмента жидкостью происходит следующим образом: шарик нагревают и затем сразу погружают открытый конец его в спирт, начинающий медленно подниматься. Доливание спирта совершается при помощи воронки с вытянутым тонким носиком. Трубка заранее делится на равные части, причем деления отмечаются белыми бусинами. Затем нагревают термометр и, наконец, герметически закрывают его, как только спирт достиг высшей точки».

Обычно бусинами из белой эмали, которые впаивали в разогретую трубку, делили шкалу на 10 равных частей. Затем каждый промежуток делили еще на 10 равных частей с помощью 9 бусин из черной или цветной эмали. Для удобства измерений спирт часто подкрашивали.

Однако, несмотря на тщательность изготовления, редкие два прибора в одинаковых условиях давали одинаковые показания. И неудивительно, поскольку не было точно фиксируемых калибровочных температур. За постоянные точки шкалы на некоторых термометрах принимали самую низкую и самую высокую температуры, наблюдавшиеся в Тоскане. Все же у флорентийских термометров была хорошая репутация; пользовались ими не только в Италии, но и в Англии и Франции.

Потом эти термометры начали градуировать, то есть наносить деления по одному образцовому термометру, так что они стали давать одинаковые показания. С их помощью флорентийские академики сделали несколько открытий. В частности, установили, что показание термометра не меняется, когда его шарик погружен в толченный лед, даже если сосуд со льдом помещен в кипящую воду. Ученые не знали, как объяснить это явление, и не догадывались, что оно наблюдается при плавлении любого вещества.

В результате важнейшая точка для калибровки термометров осталась пока без внимания.

Лишь в 1694 году Карло Ренальдини (1615–1698), один из бывших членов академии, предложил в качестве реперных точек температуры таяния льда и кипения воды, а всю шкалу между этими точками разделил на 12 равных частей. И здесь, как это часто бывает, историки науки нашли у Ренальдини предшественника. Оказывается, еще за несколько десятилетий до этого выдающийся нидерландский физик и математик Христиан Гюйгенс (1629–1695) высказал ту же идею.

Несмотря на очевидные достоинства предложения, оно было поддержано и внедрено в практику лишь в XVIII веке Фаренгейтом и Цельсием. Почему же пришлось ждать этого несколько десятков лет? Вероятно, тот факт, что вода и другие жидкости кипят при постоянной температуре, все же вызывал сомнения. Действительно, температура кипения зависит от атмосферного давления, но это еще только предстояло выяснить.

Так или иначе, а новые термометрические шкалы возникали одна за другой. Роберт Бойль в 1665 г. использовал для своего термометра лишь одну постоянную точку — температуру плавления анисового масла; шкала его прибора была произвольной. В 1688 г. французский физик Далансе (ему мы обязаны одной из первых книг по истории термометрии) предложил принять в качестве реперной точки температуру плавления коровьего масла; вторую точку в его спиртовом термометре наносили при погружении прибора в смесь льда и соли. Примерно в то же время английский астроном Э. Галлей, известный по открытой им комете, предлагает для наинизшей точки шкалы «температуру глубоких погребов». В 1704 г. Ньютон описывает термометр, заполненный льняным маслом и градуированный при температуре тающего снега (отметка 0°) и температуре «теплой крови» (отметка 12°).

Оригинальное устройство применяли в медицине. В запаянную стеклянную

трубку помещали 10–12 шариков, выдутых из цветного стекла. Их размеры подбирали так, что шарики плавали в холодном спирте и тонули в теплом. Шарики немного отличались по плотности, поэтому температуру можно было оценить по числу всплывших шариков. Прибор делали в виде маленькой черепахи, которую удобно взять в руку. Чем сильнее был жар, тем больше шариков опускалось.

И все же к началу XVIII века еще не было термометра, пригодного для точных научных измерений. Вплотную приблизился к нему парижский физик Гийом Амонтон (1663–1705). В 1703 году он сконструировал прибор, похожий на современный водородный термометр. Амонтон измерял температуру количеством ртути, которое необходимо поместить в одно колено U-образной трубки, чтобы в другом колене с воздушным резервуаром объем газа оставался постоянным: чем ниже температура, тем меньше ртути требуется для приведения воздуха к заданному объему. Амонтон нанес на шкалу своего прибора постоянную точку – температуру кипения воды. По-видимому, он не знал, что на эту температуру влияет атмосферное давление.

Рассуждая, Амонтон пришел к понятию абсолютного нуля, при котором воздух «теряет всю свою упругость» и вовсе не оказывает давления на ртуть. По современной шкале, абсолютный нуль Амонтона равен $-239,5^{\circ}\text{C}$. Как видите, ученый ошибся всего на 34 градуса!

Прибор Амонтона был громоздким и неудобным, однако довольно точным. Поэтому сам изобретатель считал, что его термометр следует использовать как эталонный.

Первым мастером, наладившим изготовление согласующихся друг с другом термометров, стал Габриэль Даниэль Фаренгейт (1686–1736). Он родился в Данциге (ныне Гданьск), но большую часть своей жизни провел в Голландии. Потерпев неудачу в торговых делах, Фаренгейт обратился к физике, которую изучил самостоятельно. Мастер стеклодувного дела, Фаренгейт сам изготавливал

термометры, мало отличающиеся по форме от современных. Трудно сказать, был ли он также их единственным изобретателем: есть сведения, что основные идеи он позаимствовал у своего менее удачливого соперника Оле Рёмера – датского астронома, который в 1702 г. разработал технологию изготовления стеклянных капилляров.

Свои первые термометры Фаренгейт наполнял спиртом, и они были настолько хороши, что известный физик и философ Христиан Вольф в статье, опубликованной в 1714 г., описывает удивительный по тому времени факт: полученные им от Фаренгейта термометры «давали совершенно одинаковые показания». В изданной в Лейпциге в 1899 г. книге Э. Герланда и Ф. Траумюллера «История экспериментального искусства физических измерений» описаны два термометра Фаренгейта, хранившихся в физическом кабинете Лейденского университета: один из них показывает в тающем льде $34,2^{\circ}$; второй – $34,1^{\circ}$. Трудно сказать, сохранились ли они до настоящего времени.

Статья Вольфа принесла известность Фаренгейту, который, однако, не спешил поделиться с коллегами секретом (сам Вольф, к примеру, полагал, что Фаренгейт использует какой-то особый спирт, но когда в том же году Фаренгейт стал заполнять термометры ртутью, их качество ничуть не пострадало).

В чем же причина успеха Фаренгейта? Во-первых, он тщательно очищал термометрические жидкости, особенно ртуть, во-вторых – кипятил жидкости, чтобы удалить остатки воздуха, прежде чем запаять их в капилляры. Но главный секрет – он был опубликован автором спустя 10 лет – особо тщательная калибровка каждого термометра. Пробуя различные реперные точки и отбирая из них наиболее подходящие, Фаренгейт испытал несколько термометрических шкал.

Начал он с того, что погружал термометры в смесь колотого льда и нашатыря или поваренной соли. Получаемая при этом температура была близка к наблюдавшейся в очень морозную зиму

1709 г. Видимо, Фаренгейт считал, что с более низкими температурами человеку вряд ли придется сталкиваться в жизни, поэтому эту точку он стал считать нулевой.

Второй фиксированной точкой Фаренгейт поначалу сделал температуру тела человека, в чем не был оригинален – вспомним Ньютона. Обозначил он эту точку тем же числом 12. Сейчас такой выбор кажется странным: ведь температура тела даже здорового человека может колебаться более чем на 1°C. Но тогда точных медицинских термометров не было. Поэтому для ученых того времени эта «фиксированная температура» могла казаться не хуже других; более того, ее можно было «обосновать» божественным происхождением человека. Так или иначе, выбрав свои реперные точки, Фаренгейт обнаружил, что лед тает при 4°.

Однако эти первоначальные градусы получились слишком крупными (около 5°C). Поэтому Фаренгейт изменил шкалу: интервал между температурами охлаждающей смеси и плавлением льда он последовательно разделил пять раз пополам и таким образом получил для плавления льда отметку 32°. Теперь температура человека оказалась при точных определениях чуть ниже 100°, а температура кипения воды – около 212°.

Фаренгейт не был удовлетворен своими реперными точками и продолжил поиск. Он установил, что температура тающего льда – очень надежная точка, не зависящая от внешних влияний, тогда как при определении температуры кипения воды надо учитывать атмосферное давление (снижение давления от 760 до 735 мм рт.ст. приводит к тому, что вода начинает кипеть на 1°C ниже). Фаренгейт решил не отказываться от своих прежних градусов, поэтому в новом варианте точку плавления льда он принял точно за 32°, температуру кипения воды при нормальном атмосферном давлении – ровно за 212°. Теперь понятно, как перейти от привычной для нас шкалы Цельсия к шкале Фаренгейта:

$$T_F = (212 - 32)/100 \cdot T_C + 32 = (9/5)T_C + 32.$$

Используя свои термометры, Фаренгейт сделал ряд научных наблюдений: он определил точные температуры плавления многих веществ, описал явление переохлаждения воды и даже предложил определять атмосферное давление, измеряя с большой точностью температуру кипения воды...

После Фаренгейта все дальнейшие изменения были уже не принципиальными, хотя и привели к практически более удобным шкалам. Первым здесь следует упомянуть Рене Антуана Реомюра (1683–1757) – видного ученого, члена Парижской академии наук. Реомюра отличала исключительная даже для его времени широта интересов: его труды оставили след в математике, физике, химии, минералогии, литейном деле, зоологии, физиологии, сельском хозяйстве (см. «Химию и жизнь», 1983, № 9). Реомюр заполнял свои термометры водноспиртовой смесью с соотношением компонентов 1:5. За начальную точку своей шкалы он взял температуру плавления льда, тогда как 1°R соответствовал увеличению объема термометрической жидкости на 1/1000 первоначального (при 0°) объема. При температуре кипения воды спиртовая смесь (естественно, под давлением) расширялась на 80/1000 исходного объема; так на термометре Реомюра появилась вторая точка – 80°R. Эту шкалу стали охотно использовать, а в некоторых странах, в том числе и в России, она просуществовала до XX века.

Несмотря на относительно широкое распространение термометров Реомюра, спирт в них вскоре опять заменили ртутью, которая расширяется более равномерно, хотя и в шесть раз слабее спирта. Отметка же 80°R оставалась и на ртутных термометрах – просто по традиции.

Наконец, в 1742 г. профессор астрономии в Упсале (Швеция) Андерс Цельсий решил, что удобнее тот же интервал разбить не на 80, а на 100 делений. Так появилась знаменитая шкала Цельсия, вытеснившая со временем все другие. (Имя шведского ученого осталось и в минералогии: в его честь назван редкий минерал цельзиан – бариевый полевой шпат состава $Ba[Al_2Si_2O_8]$.)

Любопытно, что в первых термометрах Цельсия температуре кипения воды отвечала точка 0° , а плавления льда — 100° . Скорее всего, Цельсий хотел избежать отрицательных температур, полагая, что на практике, например в метеорологических наблюдениях, температуры выше точки кипения воды не понадобятся. Все же такая шкала была непривычной и неудобной, поэтому один из сотрудников и учеников Цельсия М. Стрёмер вскоре перевернул ее и привел к привычному для нас виду. И хотя ныне «градус Цельсия» — внесистемная единица и заменен равной ему единицей СИ — кельвином, во всем мире продолжают определять холод или жару только «по Цельсию». Исключение составляют США, где даже в науке и технике переход на метрическую систему происходит с трудом (до сих пор в американской литературе сплошь и рядом встречаются квадратные футы, галлоны, баррели, фунты, фунты на квадратный дюйм и т.д.). Что же до обывателей, то их мнение недавно образно выразил один фермер, который на вопрос, чем ему не нравится шкала Цельсия, ответил: «Я никогда не поверю, что 40° — это очень жарко. Когда же утром по радио передают, что сейчас в округе плюс пять градусов, то я твердо знаю, что мне надо одеться потеплее, взять лопату и идти отгребать снег от гаража...»

ТЕРМОМЕТР ИЗНУТРИ И СНАРУЖИ

После работ Фаренгейта, Реомюра и Цельсия осталось «всего лишь» усовершенствовать конструкцию и технологию изготовления термометров, уточнить реперные точки и выбрать подходящие для разных случаев термометрические жидкости (здесь мы будем говорить только о жидкостных стеклянных термометрах). На решение этих задач ушло не одно столетие.

Прежде всего, само определение температуры стало возможным лишь после разработки теоретических основ термодинамики, а именно — ее второго начала. В результате в XIX в. появилась термодинамическая (абсолютная) температурная

шкала. Ее единица кельвин определяется как $1/273,16$ температуры (в этой шкале) тройной точки воды, при которой сосуществуют лед, вода и водяной пар. Экспериментальные трудности измерения температуры по термодинамической шкале привели к установлению легко реализуемой и хорошо воспроизводимой Международной практической температурной шкалы. Она была принята в 1927 г., а в СССР стала обязательной для градуировки всех термометров с 1934 г. Эта шкала периодически уточняется с целью приближения ее к термодинамической. Новые редакции и уточнения этой шкалы принимали в 1948, 1960 и 1968 гг. Сейчас в ней более десятка реперных точек; среди них — температуры кипения водорода ($-252,87^{\circ}\text{C}$), кислорода ($-182,962^{\circ}\text{C}$) и воды, температуры затвердевания цинка ($419,58^{\circ}\text{C}$), серебра ($961,93^{\circ}\text{C}$) и золота ($1064,43^{\circ}\text{C}$). Интересно, что точка плавления льда ($273,15\text{ K}$, или 0°C) вообще исключена из числа опорных, а вместо нее принята тройная точка воды ($273,16\text{ K}$, или $0,01^{\circ}\text{C}$), которая воспроизводится с высокой точностью.

Вторая задача — выбор термометрической жидкости. Самая популярная из них — еще со времен Амонтона и Фаренгейта — ртуть. Во-первых, она перекрывает большой температурный интервал: замерзает при $-38,9^{\circ}\text{C}$, кипит при $356,7^{\circ}\text{C}$, а, повышая давление, верхний предел легко поднять еще на сотни градусов. Теоретически ртуть можно использовать вплоть до ее критической точки 1460°C при давлении свыше 1000 атм, но практически верхний предел определяет материал самого термометра.

Во-вторых, чистая ртуть (а очистить ее сравнительно легко) не смачивает стекло, поэтому отсчеты получаются более точными. В-третьих, и это очень важно, с повышением температуры ртуть расширяется более равномерно, чем другие жидкости. Поэтому до 200°C шкала ртутного термометра почти равномерна, а при 300°C нелинейность расширения составляет лишь три процента. Если использовать другие вещества, то легко заметить, что от 0° до примерно 50°C они расширяются, обгоняя ртутный термометр или отставая от него, а от 50° до 100°C — наоборот.

рот. Наконец, у ртути малая удельная теплоемкость – нагреть ее почти в 30 раз легче, чем воду. Так что ртутный термометр, помимо прочих достоинств, обладает и малой инерционностью.

Другие термометрические жидкости – пентан, петролейный эфир, керосин, толуол, спирт – используют (обычно подкрашивая) при измерении низких температур либо для замены дорогой и ядовитой ртути в бытовых термометрах, не требующих высокой точности. Термометром, заполненным толуолом, можно измерять температуры от -90 до $+200^{\circ}\text{C}$ (под давлением), петролейным эфиром – от -120 до $+25^{\circ}\text{C}$ и т.д. (Правда, органические жидкости при температурах, близких к температурам плавления, часто становятся вязкими, что затрудняет измерения.)

Третья, пожалуй, самая сложная задача – конструкция термометра. Она должна обеспечивать необходимую чувствительность измерения, отчетливость показаний и их точность.

Чувствительность показывает, на сколько градусов должна увеличиться температура, чтобы столбик жидкости поднялся на один миллиметр. При равной чувствительности объем термометрической жидкости пропорционален квадрату диаметра стеклянной трубки. Поэтому, пока О. Рёмер в начале XVIII века не научился выдувать тонкие капилляры, у всех термометров был очень большой, а значит, и инерционный, медленно меняющий температуру резервуар для жидкости. Капилляр позволил его уменьшить.

Зная объем резервуара V и диаметр капилляра d , легко рассчитать чувствительность термометра. Для ртути коэффициент объемного расширения равен $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, поэтому при $V = 1 \text{ см}^3$ (в современных термометрах редко бывает больше ртути) и $d = 0,1 \text{ мм}$, получаем, что при нагреве на 1°C столбик в капилляре поднимается примерно на 2 см. Значит, цена деления при шаге 1 мм составит $0,05^{\circ}\text{C}$, это близко к предельной чувствительности для обычных термометров. Заметим, что при нагреве расширяется не только ртуть, но и стеклянный резервуар. Поэтому современные тер-

мометрические стекла делают с небольшим коэффициентом расширения – примерно $0,2 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

Чувствительность можно повысить, еще уменьшив диаметр капилляра. Но при этом вершина ртутного столбика начнет двигаться не плавно, а скачками. Это легко наблюдать, разглядывая через лупу обычный медицинский термометр: ртутный столбик преодолевает одно деление примерно за три скачка.

Отчетливость показаний также очень велика. Если капилляр не слишком тонкий, ртуть в нем видна хорошо. Тонкие капилляры (в медицинском термометре, например) делают так, что стекло служит линзой, увеличивая выступающий столбик. Хуже с органическими жидкостями. Подкрасить их можно не всегда (при низких температурах краситель замерзает отдельно от растворителя), поэтому часто используют такой прием: в капилляр вводят тончайшую полоску из цветного стекла, которая находится в оптическом фокусе цилиндрической линзы, образуемой бесцветной жидкостью. Тогда цветная полоска хорошо различима через заполненный жидкостью канал (как бы подкрашивает его), но не видна в пустом капилляре.

Воспроизводимость показаний зависит не только от методики измерений, но и от особых термических свойств стекла. Прежде всего, стекло нового термометра понемногу стареет. Это не значит, что оно становится хуже (скорее наоборот) – просто в результате молекулярных перемещений объем стекла уменьшается, из резервуара постоянно вытесняется все больше ртути, и в течение года показания могут быть завышены на несколько градусов. Поэтому стекло искусственно старят: новый термометр выдерживают несколько часов при температуре чуть ниже той, при которой стекло размягчается, затем медленно охлаждают и лишь потом заполняют ртутью. Тогда за год показания вырастут всего на $0,02$ – $0,05^{\circ}\text{C}$, а затем стабилизируются.

Помимо старения, следует считаться и с так называемой депрессией стекла: если термометр нагреть выше 100°C , а затем быстро охладить до 0°C , то окажется, что

ртутный столбик опустился ниже, чем до нагрева. Это термическое последствие исчезает в течение нескольких часов. В старинных термометрах депрессия после измерения температур выше 300°C могла составлять десятки градусов, в современных — сведена к минимуму.

Наконец, точность измерений. Самые чувствительные термометры меняют показания даже при переходе из вертикального положения в горизонтальное! Влияет на точность и диапазон измерения. В паспорте к термометру всегда указана погрешность для разных температур. Вообще же иногда приходится учитывать до шести разнообразных поправок! Самая важная из них — «поправка на выступающий столбик» — связана с тем, что ртуть в резервуаре и капилляре имеет разную температуру.

О «термометре изнутри», о проблемах его конструкции, технологии изготовления, точности измерения можно добавить многое, но уже под грифом «совершенно специально». А читатели-непрофессионалы, вероятно, и так устали от обилия подробностей. Поэтому и о термометрах «снаружи» приведу только одну цифру: в нашей стране их существует около шестисот разновидностей, а выпускают (по крайней мере, выпускали еще недавно) десятками миллионов в год. Основную часть ртутных термометров делают на Клинском заводе в Московской области, а

нертутных — на Лохвицком заводе в Полтавской области Украины.

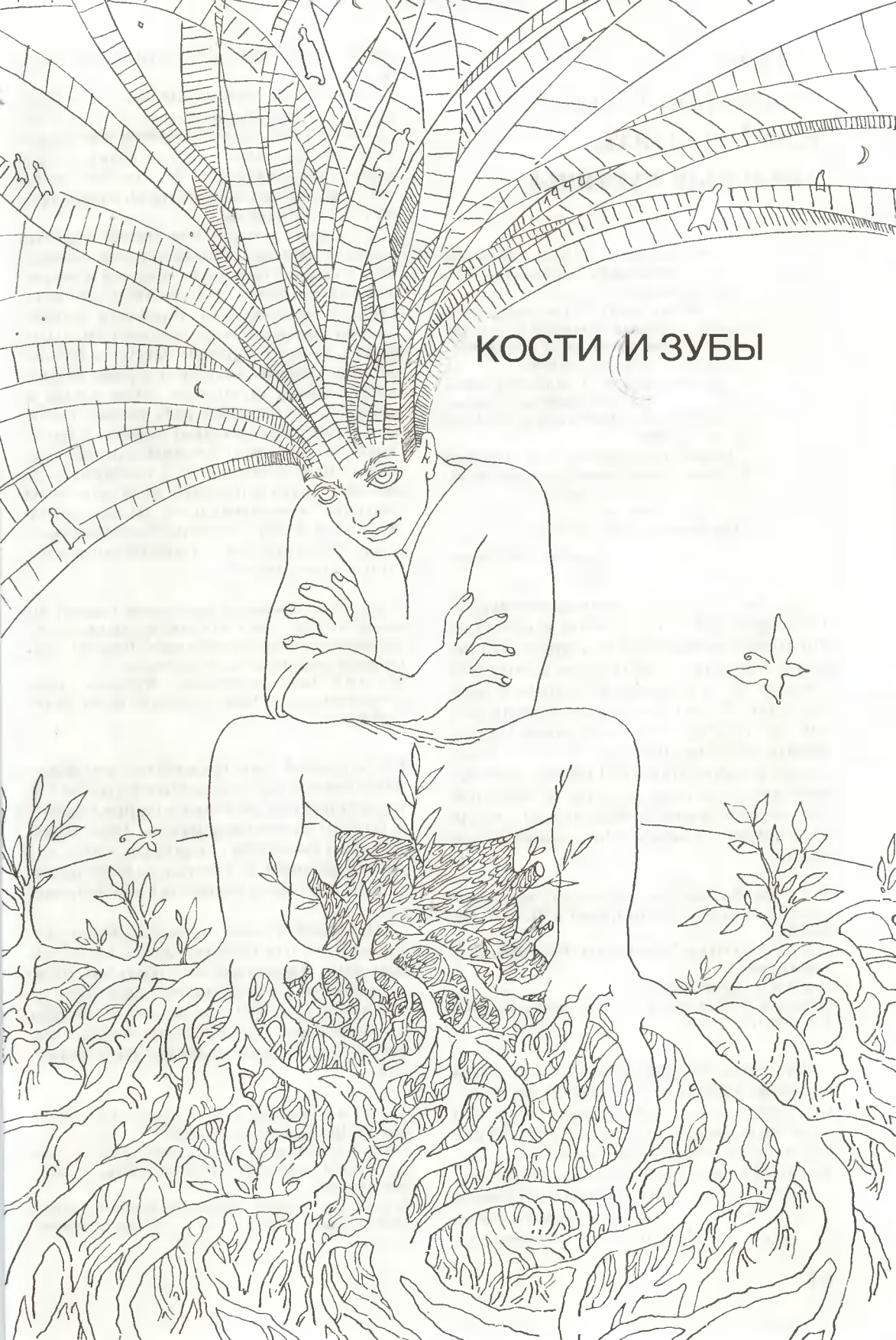
Остальное расскажут сами термометры. Достаньте их из домашней аптечки или ящика лабораторного стола, порадитесь изяществу и простоте маленького прибора и вспомните вновь слова Экзюпери: «По изобретению, доведенному до совершенства, не видно, как оно создавалось. У простейших орудий труда малопомалу стирались видимые признаки механизма, и в руках у нас оказывался предмет, будто созданный самой природой, словно галька, обточенная морем».

Что можно прочесть о термометрах и измерении температуры

1. Ф. Даннеман. История естествознания. Том 2. М.-Л.: Гостехтеориздат, 1935.
2. Ф. Розенберг. История физики. Часть I. М.-Л.: Гостехтеориздат, 1934.
3. Г.А. Мурин. Теплотехнические измерения. М.: Энергия, 1968.
4. Г.М. Иванова, Н.Д. Кузнецов, В.С. Чистяков. Теплотехнические измерения и приборы. М.: Энергоатомиздат, 1984.
5. О.А. Геращенко и др. Температурные измерения. Справочник. Киев, Наукова думка, 1984.
6. Стекланные жидкостные термометры. Каталог-справочник. М.: 1966.

1991. № 6-7

КОСТИ И ЗУБЫ



Диалог об артропластике, или Где взять запасные суставы

— Что, суставы болят? Возьмите майские лопухи, настаивайте на спирту и втирайте ежедневно.

— Нет, есть способ получше: растворите четыре таблетки анальгина в пузырьке иода, держите шесть часов в темноте и втирайте — как рукой снимет.

— Все это бесполезно. Медные монеты нужны! Только обязательно старые, дореформенные. Привяжите к больному месту и носите...

— Ерунда! Бабушкины сказки. Читайте Джарвиса: одна корова болела артритом. Ее напоили яблочным уксусом.

— И что же, помогло?

— Представьте себе, помогло.

Из разговоров больных

Число больных, страдающих патологическими процессами в суставах, растет во всем мире. По данным медицинской статистики, болезни суставов вышли сейчас на третье место в ряду хронических заболеваний, от которых страдают люди. К хроникам нужно добавить всех тех, кто получает травмы суставов. Ушибы, вывихи, переломы подстерегают нас, к сожалению, в любом возрасте. И как это часто бывает, последнее слово остается за хирургами. Жизненная коллизия привела химика к хирургу, и произошел между ними примерно такой диалог:

Х и м и к: Надеюсь, мои суставы мне еще послужат, хотя в колене что-то трещит и щелкает при ходьбе.

Х и р у р г: Опухает? Здесь болит? Разогните, разогните колено.

Х и м и к: Ой-ой! Больно.

Х и р у р г: М-да, нехорошо это, может потребоваться артропластика.

Артропластика (от греческих слов артрон — «сустав» и пластике — «ваяние») — это операция, цель которой восстановить сустав, его функции и двигательную активность. Второй корень этого слова наводит на мысль о пластмассах. И хотя современные хирурги предпочитают в основном работать «с материалом заказчика», все же не будем сразу отбрасывать эту мысль. Но прежде — о суставах, од-

ной из совершенных конструкций живой природы.

О них мы чаще всего вспоминаем, когда вдруг начинают похрустывать или ныть перед ненастьем эти подвижные соединения костей скелета. Но приглядимся к устройству сустава нормального, здорового. И полюбуемся им, его инженерным совершенством, мудрой простотой его устройства.

Суставные поверхности костей покрыты тонкими хрящами. Полость сустава замыкается суставной сумкой, внутренний и наружный слои которой — из соединительной ткани. Суставы дополнительно укреплены мышцами и сухожилиями, что и позволяет им выдерживать большие опорные нагрузки. Важная деталь: суставная полость содержит синовиальную жидкость, которая питает хрящи и, кроме того, выполняет роль смазки, уменьшая трение. Сравнительно недавно установлено, что синовиальная жидкость обладает уникальным свойством: при сдавливании ее вязкость резко возрастает из-за изменения упаковки составляющих ее макромолекул. Благодаря этому сочленяющиеся поверхности суставов никогда не соприкасаются и потому не изнашиваются.

Х и р у р г (продолжая ощупывать колено): Вы могли бы разработать нам заменитель синовиальной жидкости с такими свойствами? Тогда бы с хрустом в суставах мы легко справились...

Х и м и к (морщась от боли): Жидкость с переменной вязкостью? Можно подумать, но это непросто...

Сам суставной хрящ представляет собой легкий пористый упругоэластичный материал. В поры хряща при движении и нагрузке входит и выходит суставная жидкость. Под нагрузкой хрящ сжимается в десять раз легче, чем трубчатые кости, на которые он нагрузку передает, тем самым уменьшая в них напряжение.

Поражает усталостная выносливость суставов. Хотя они претерпевают с возрастом известные изменения, но служат по 70–80 и больше лет. Нагрузка на коленный сустав при беге и прыжках может в 3–4 раза превышать вес тела. Ежегодно суставы продельвают в среднем по два миллиона движений.

Х и р у р г: Это если не бегать трусцой, а то и побольше. Вы спортом занимались?

Х и м и к: Занимался в свое время: байдарка, теннис, рыбная ловля, да вот артрит прихватил. Доктор, это пройдет?

Х и р у р г: Теннис, байдарка, рыбная ловля... Небось, все в сырости, вот суставчик и поизносился.

Еще древние заметили, что сырость вызывает ломоту в костях. Ревматизмами и артритом чаще других болеют рыбаки, охотники, производители риса, домашние хозяйки, – все те, кто постоянно имеет дело с водой.

Естественный интерес к устройству суставов и костей проявляют специалисты по конструкционным материалам. Прочитируем одну серьезную монографию: «Изучение механических свойств различных биологических тканей раскрывает интересные перспективы усовершенствования существующих и создания принципиально новых оптимальных схем армирования конструкционных материалов». Другими словами, конструкторы и механики не прочь поучиться у живой природы. А поучиться есть чему.

Но думаешь об этом лишь до тех пор, пока суставы в порядке. Воспалительные процессы в них ограничивают подвижность. Сложный, прекрасно сбалансированный процесс движения разлаживается. Быстро нарастает атрофия мышц. Если процесс не зашел слишком далеко, то, вылечив воспаление, удастся полностью восстановить двигательные функции сустава. В противном случае, если болезнь запущена, он может деформироваться, и тогда...

Х и р у р г (задумчиво): Можно, конечно, вот здесь отрезать, развернуть сустав и закрепить. Это хорошо делают в ЦИТО.

Х и м и к: Доктор, а сгибаться нога-то будет?

Х и р у р г: Нет, сгибаться не будет, будет совершенно прямая нога.

Х и м и к: Кто же это ходит на совершению прямых ногам? Так мне не годится...

Х и р у р г: А что вы предлагаете?

Химик молчит.

Потребность в протезировании суставов человечество испытывало с древнейших времен. Достаточно вспомнить бабу-ягу с ее костяной ногой и книжных рыцарей в железных латах, с железной хваткой и иногда с железными руками. Ну, а если всерьез, то история артропластики начинается, по существу, с нашего века. Лишь в XX столетии хирурги впервые попытались вторгнуться внутрь суставов и заменить их поврежденные части. Одним из первых испытанных здесь материалов была слоновая кость. Систематическое конструирование суставных протезов началось совсем недавно – в середине 50-х годов.

Поскольку в протезе есть трущиеся детали, то при подборе материала главным требованием стала стойкость к износу. Конечно, и прочность материала имела большое значение, и его химическая стойкость, инертность. Остро встала и проблема биосовместимости.

В конце концов наиболее подходящими оказались сплавы металлов на основе кобальта, хрома, молибдена, титана, алюминия, ванадия. На их основе и были изготовлены первые протезы.

Применяют эти материалы и сейчас, однако не во всем они устраивают хирургов. Тяжелы (особенно когда речь идет о тазобедренных и коленных протезах), подвержены усталостному разрушению, абразивному и химическому износу. Но особенно сложна для хирургов проблема их крепления к кости, фиксация протеза. В ход идут винты, гвозди (специальные), шпильки, которые ввинчиваются или вбиваются в кость. При этом в зоне контакта протеза и живой ткани естественно создается повышенная концентрация напряжений, бывает, что развиваются некроз ткани и другие неприятные явления, отнюдь не способствующие быстрому заживлению.

Первые успехи пластмасс в артропластике оказались связанными с проблемой фиксации металлических протезов. Идея пришла от стоматологов, но это история с предысторией, поэтому небольшой ход в сторону.

В 1843 г. была синтезирована акриловая кислота, а вслед за ней ее эфиры, способные полимеризоваться. Лишь через 85 лет, в 1928 г., нашли практическое применение давно известному полимеру метилметакрилового эфира. Промышленный способ его производства был запатентован в Германии, и вскоре «вышел в свет» пластик, известный всем нам под названием плексигласа, или оргстекла. Широкой популярности он, кстати, до сих пор не утратил. Он и прозрачный, и прочный, и химически достаточно стойкий, и в меру твердый, и очень устойчивый к ультрафиолету. Хорошо окрашивается и принимает наполнители. Применения он нашел самые разные, и вот что любопытно: уже в 1930 г. появились первые пластмассовые зубы. В улыбках кинозвезд, манекенщиц и политических деятелей засверкало все то же оргстекло.

Для нашего рассказа существенно еще одно применение полиметилметакрилата: его стали использовать как зубной цемент при пломбировании зубов. Жидкий мономер быстро полимеризуется, затвердевает на воздухе. «Не закрывайте рот», – говорит нам стоматолог, и мы послушно сидим, разинув рот, пока запломбированный зуб работает как полимеризационный реактор, где образуются тепло и полимер. Затем следует команда не есть два часа. Подразумевается, что за это время процесс полимеризации пройдет до конца, пломба обретет нужную твердость...

В 40-х годах кому-то из хирургов пришла в голову мысль использовать зубной цемент для заполнения дефектов в костях. Но потребовалось еще десятилетие, чтобы хирурги убедились в биосовместимости зубного цемента с живыми тканями. Лишь в 1958 г. известный английский хирург Джон Чанли решился использовать зубной цемент во время операции на суставе для закрепления протеза.

Материал, применяемый теперь хирургами для фиксации протезов и костей, называется акриловым цементом. Это двухкомпонентный материал: жидкий мономер смешивают с порошком наполнителя непосредственно во время операции, получается пластичная быстро густеющая масса, по консистенции подобная тесту...

Х и м и к: Но подождите, здесь что-то не так! Теплота полимеризации метилметакрилата 132,8 калории на грамм мономера. Это означает, что при полимеризации без отвода тепла реакционная масса разогреется до 320°C... Допустим, часть тепла все же успеет рассеяться. Но мономер в обычных условиях кипит при 100°C – как вода. Да он просто должен улететь, испариться!

Х и р у р г: Никуда он не летит, просто масса слегка разогревается и затвердевает за десять минут, так что работать с цементом приходится быстро.

Для того чтобы избежать чрезмерного разогрева, берут не чистый мономер, а смесь двух частей порошкообразного полимера, в который добавлен заранее перекисный инициатор (вот такой хитрый наполнитель!) с одной частью жидкого мономера. Теоретический разогрев такой смеси при полимеризации должен составлять всего 120°C, реально же из-за потерь тепла в окружающую среду он достигает 60–80°C. Это уже терпимо.

Вообще при создании акрилового цемента предсказания теоретиков были пессимистичны. У него-де плохая адгезия и к кости, и к металлам, и цементом-то его назвать можно только в насмешку. При полимеризации вязкой массы без перемещения (любой технолог это знает!) пузырьки воздуха будут создавать поры в материале, а уже 10%-ная пористость уменьшит прочность цемента вдвое. И потом, какая-то часть мономера все равно будет испаряться и попадать в кровь. В общем, ничего хорошего из этого получиться не должно...

И все же победил оптимизм хирургов. Оказалось, что плохая адгезия цемента в значительной степени компенсируется механическим заклиниванием, вдавливанием его в углубление костной ткани, хотя эффект зависит,

конечно, от рельефа поверхности и состояния кости. Ведь и про пломбу стоматолог иногда, осмотрев ваш зуб, говорит, что держаться, наверное, не будет... Прочности цемента, несмотря на неизбежную пористость, тоже обычно хватает.

Х и р у р г: Да вы только вообразите: при механической фиксации протеза срок заживления – 12–18 месяцев. А с цементом у нас больные после операции на коленном суставе уже через две недели начинают ходить!

Х и м и к: Завидую. Но кто этот акриловый цемент производит?

Х и р у р г: Несколько зарубежных фирм. Приходится закупать. На это, думаю, валюты не жалко.

Х и м и к: Может быть, попробовать свой разработать? У меня есть друзья среди акрилатчиков – можно попросить.

Х и р у р г: Лучше помогите сделать пластмассовый сустав.

Металлические протезы большинству хирургов не нравятся, отсюда их давний интерес к пластикам. По плотности, эластичности, элементному составу, пластичности пластики несравненно ближе к костной ткани. Уже накоплен значительный положительный опыт применения синтетических полимеров в качестве легких имплантатов и для замены сосудов. И все же шансы полимеров в тяжело нагруженных суставных протезах долгое время считались невысокими.

После неудач со слоновой костью к этой проблеме хирурги вернулись лишь в 1946 г. В одной из швейцарских клиник был тогда изготовлен тазобедренный сустав из акрилового пластика, армированного проволокой из нержавеющей стали. Прочность материала оказалась недостаточной. И снова пошел в ход метод проб и ошибок.

Испытывали нейлон. Прочность хорошая, но скорость износа велика, деформация чрезмерна. Реакция тканей на попадание мелкодисперсных частиц нейлона, которые образуются при трении суставных поверхностей, оказалась весьма болезненной.

Это вообще одна из труднейших проблем. Биосовместимость материалов резко различается в зависимости от того, в какой форме они используются. Тонкодисперсные порошки оказались особенно коварны, а избежать износа при постоянном трении в суставе невозможно. Были испытаны различные полиамиды, полиэферы, полиформальдегид, силиконовые каучуки, тефлон...

Х и м и к: Неужели и тефлон не подошел? У него же химическая стойкость замечательная, коэффициент трения самый низкий. Чемпион среди пластиков!

Х и р у р г: Оскандалились мы с вашим чемпионом. В наших условиях он изнашивался быстро, а его порошок, попадая в кровь, давал очень плохой эффект.

Х и м и к: Так у вас же среда безобразная для работы пластиков: тут и коррозия, и трение, и окисление, и катализ, и нагрузки знакопеременные...

Х и р у р г: Ничего подобного! Наоборот, сустав работает в идеальной с точки зрения биомеханики среде, где есть все — и гидравлика, и мгновенная перестройка структур, и автоматика замечательная, и питание.

Ну что тут возразишь?

Были, конечно, и некоторые успехи на пути проб и ошибок. Так, силиконовые протезы мелких суставов кисти, армированные металлической проволокой, частично возвращают работоспособность рук больным тяжелой формой полиартрита, спасают от полной инвалидности. Такие протезы разработаны, в частности, и у нас в ЦИТО.

Идея использовать особые композиционные материалы — металлы с пластмассовым покрытием — носилась в воздухе. Успех в подборе материалов сопутствовал уже упоминавшемуся выше Дж. Чанли. Он применил в «узле трения» особо высокомолекулярный полиэтилен западногерманского производства (фирмы «Хёхст»). У этого материала прекрасная стойкость к износу, низкий коэффициент трения, высокая ударная вязкость, а главное, его порошок оказался так же инертен химически, как классический листовой или пленочный полиэтилен. Длительные лабораторные и клинические испытания доказали эффективность этого материала, и он был введен в мировую хирургическую практику.

Сейчас запатентованы уже сотни конструкций суставных протезов. Почти у каждой солидной клиники, не говоря об институтах, есть собственные изобретения в этой области. Недавно опубликованы результаты испытаний новых конструкций протезов, изготовленных из микропористых полимерных материалов, которые армировали высокопрочным графитовым волокном. По мысли авторов работы, костная ткань должна при заживлении прорасти в микропоры пластмассового протеза. Это будет способствовать более прочной фиксации протеза и более равномерному распределению нагрузок на него, исключит концентрацию напряжений. Ведутся и работы по химической сшивке имплантируемого материала с костью.

Х и м и к: Постойте, доктор, у меня в кармане случайно оказался кусок материала, который может вас заинтересовать. Вот он.

Х и р у р г (*недоуменно вертит в руках кусок сероватой довольно тяжелой пластмассы*): Что это такое?

Х и м и к: Это норпласт или, точнее, компоно — химически наполненный высокомолекулярный полиэтилен. Я уверен — он побьет полиэтилен «Хёхста».

Х и р у р г: Почему у него столько названий?

Х и м и к: Сначала мы его назвали норпластом, вложив в эту аббревиатуру определенный смысл (наполненные органические пластики), но французы для какого-то своего полимера придумали торговую марку «норсопласт». Что они имели в виду, нам неизвестно, но заявили они свое название раньше нас... Пришлось выдумывать для нашего материала новое название.

Х и р у р г: Значит, не только идеи, но и названия уже начали конкурировать? Ну хорошо, чем и зачем наполнен этот ваш компоно?

Про норпласты, то есть теперь компоноры, в научно-популярной литературе, и в «Химии и жизни» в частности, рассказано достаточно подробно. Если обычно наполненные полимеры получают механическим смешением наполнителей и полимеров, то при синтезе норпластов частицы наполнителя оказываются центрами полимеризации мономеров. Макромолекулы вырастают прямо из поверхности частиц наполнителя. Таким способом можно получить весьма сложные структуры. Исследования свойств норпластов, проведенные в ИХФ АН СССР, МГУ, НПО «Норпласт», ОНПО «Пластполимер», НИИ полимеров, а также в США, Японии, ФРГ, показали, что свойства этих материалов можно изменять в широких пределах, варьируя наполнители, катализаторы, мономеры. Можно наполнять эти материалы минеральными веществами — аналогами компонентов костной ткани. Можно придать им микропористость. Словом, можно попытаться приблизиться к структуре костной ткани.

Х и м и к: Поскорее бы... Коленка-то болит.

*Материал подготовили,
выступив в роли химика и хирурга
соответственно,
доктор химических наук
С.А. ВОЛЬФСОН (ИХФ АН СССР)
и доктор медицинских наук
В.П. ПАВЛОВ
(Артроцентр института
ревматологии АМН СССР)*

1985, IV.10



Костяная нога

Профессор
В.А. ПОЛЯКОВ,

*Нас в царство жизни вводят полимеры –
К проблемам пластика и синтезу белка...
Мы близко подошли к загадке гена,
Но может кость создать из коллагена
Одна природа мудрая пока.*

Дж. АПДАЙК (1966 г.)

Положим, не только из коллагена. Кость, этот шедевр природы, состоит – если оставить в стороне костный мозг, надкостницу, нервы и кровеносные сосуды – из коллагеновых волокон, минеральных веществ, полисахаридов и белков. Но дело не в этом. В конце шестидесятых годов уже существовали искусственные клапаны сердца, протезы сосудов, органические кровезаменители и многое другое. Однако мысль о том, что-то может опровергнуть авторское право природы на вещество, из которого соткана кость, все еще казалась ересью.

1.

Когда может понадобиться замещение кости? Естественно, во всех тех случаях, когда возникает костный дефект: после тяжелых травм, после операции, потребовавшей удаления костной ткани. При этом возможны разные решения.

В одних случаях восстановительная хирургия прибегает к аутотрансплантации – используется «материал» самого больного. Например, можно пересадить кусочек ребра, фрагмент подвздошной кости и т.д. Ясно, что пациенту при этом наносится дополнительная травма; ценой меньшего зла устраняется большее. Хуже то, что возможности таких пересадок, отчасти напоминающих (просим прощения за шутку) историю с тришкиным кафтаном, крайне ограничены. Далеко не всегда можно выпилить фрагмент нужной формы и размера. Что делать, к примеру, если требуется восстановить обширный дефект?

Другой выход – аллотрансплантаты. Использование костной ткани донора.

Тут возникают свои сложности, в которые не стоит, пожалуй, вдаваться; отметим лишь, что извлечение кости из трупа требует специальных и трудно выполнимых условий. Да и хранить извлеченный материал не так просто. О трудностях же, обусловленных биологической несовместимостью трансплантата с тканями больного, читатель, надо думать, наслышан. Бывает так, что сложную костнопластическую операцию удастся осуществить самым блестящим образом. Но затем начинается отторжение с таким трудом добытой и пересаженной ткани, и все усилия, талант хирурга, мужество и терпение больного – все пропадает даром.

Остается третий, еще не прототипный путь – гетеропластика, пересадка абсолютно чужеродного материала.

2.

Несколько лет тому назад автор этой статьи вместе с доцентом Г.Г. Чемяновым разработал метод изготовления костных сварных трансплантатов любой требуемой формы. Использовался донорский (трупный) материал, но в переработанном виде. Кость дробилась; «щебенку» засыпали в форму, воспроизводящую конфигурацию трансплантата. Затем добавляли небольшое количество связующего материала и обрабатывали ультразвуком. Изделие удовлетворяло всем требованиям пластической хирургии, и все же метод был безупречен. В частности, не удалось разрешить проблему совместимости, так как измельченная костная ткань сохраняет свою индивидуальность.

Вот почему мы оказались перед необходимостью вступить – выражаясь поэтическим языком – в состязание с мудрой природой. Однако прежде надо было приглядеться к ее технологии.

Костная ткань характеризуется единственным в своем роде сочетанием белковой матрицы с минеральной армировкой. На белковый компонент приходится около 30%, на неорганический – 60% всей массы костей; десятую часть составляет вода. Костный белок мы уже назвали – это коллаген. Минеральные соли – гидроксипатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, бета-трикальцийфосфат $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}(\text{OH})_2$ и

карбонатапатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{CO}_3$. Костная ткань обладает замечательной упругостью, прочностью, она практически не изнашивается.

Итогом исследований нашего коллектива (А. Гинберг, Е. Ергопуло, В. Поляков, Г. Чемянов) было создание искусственной кости, в основном удовлетворяющей этим требованиям. Метод состоит в следующем.

Берутся природные компоненты: гидроксипатит (или бета-трикальцийфосфат), коллаген (или близкий к нему желатин — вещество, широко используемое в клинической медицине) и вода. Взятые в химически чистом виде, эти материалы не вызывают иммуннобиологического конфликта. К тому же они недороги — это тоже важно.

Все три компонента тщательно перемешиваются в пропорциях, соответствующих их удельному весу в естественной кости. Полученной массой заполняют формы, добавляют жидкий припой (циакрин), смесь озвучивается ультразвуковым волноводом. Наконец, добавляются антимикробные препараты (антибиотики и сульфаниламиды), назначение которых — обеспечить профилактику местных воспалительных процессов вокруг будущего трансплантата.

Из такого материала можно изготовить любые детали для нужд восстановительной хирургии, травматологии и ортопедии — костные фрагменты, суставы или части суставов, даже отдельные кости целиком. Причем удастся придать искусственной костной ткани необходимую внутреннюю структуру, поместив форму с загустевающей массой в электромагнитное поле: кристаллы рукотворной кости выстраиваются в определенном направлении наподобие структурных элементов естественного бедра плеча, ключицы и т.д.

Читателю понятно, что исследовательская задача подобного рода не может быть окончательно решена без экспериментов на животных. Были изготовлены небольшие, длиной в два с половиной сантиметра и толщиной в полсантиметра, трансплантаты диафизарного (среднего) отдела длинных трубчатых костей конечностей. Внешне они очень похожи на

фрагменты настоящей кости. Этими трансплантатами предполагалось заместить искусственные дефекты в костях четвероногих пациентов.

Известно, что у кролика дефект костей предплечья, если он превышает 1,5 см в длину, сам собой не излечивается. Здоровому животному удаляли под обезболиванием участок лучевой кости длиной 2,5 см. На его место вставляли искусственную кость. Концы трансплантата закреплялись ультразвуковой сваркой, после чего рану зашивали наглухо.

Такая операция была сделана тридцати кроликам. Затем их наблюдали восемь месяцев.

У всех тридцати пациентов лапы зажили без осложнений. Кролики прыгали и бегали как ни в чем не бывало. На серийных рентгенограммах обнаружилось, что искусственная кость не только прочно срослась с настоящей, но малопомалу заместилась вновь образованной естественной костной тканью: трансплантат послужил для нее чем-то вроде матрицы. Произошло то, что вообще происходит с костями, где идут постоянные процессы обновления старого материала. Только здесь постепенно рассасывались, уступая место молодым костным клеткам, не элементы старой ткани, а частицы рукотворного трансплантата. Одним словом, результат не оставлял желать лучшего.

На этом, собственно, можно поставить точку — предварительно. Работа продолжается (как принято говорить в таких случаях), и есть серьезная надежда, что в будущем удастся наладить фабричное изготовление костной ткани, не нуждающейся ни в консервации, ни в особых условиях хранения. Если так, это будет большой победой восстановительной хирургии. Говорят, что многие достижения науки предвосхищены в мифах и сказках. Из чего была сделана костяная нога бабы-яги? Осмелимся высказать гипотезу: из искусственной кости!



Голова или поясница?

М. ЛАРИН

Мы справедливо восхищаемся грациозными позами животных. Еще больше восторгов вызывают у нас полные красоты и совершенства позы артистов балета и спортсменов. Но даже когда человек просто стоит, он тоже находится в позе — в позе... просто стоящего человека.

И все же просто стоять в действительности не так уж просто. Ведь устройство человеческого скелета таково, что его механической моделью может служить система водруженных друг на друга перевернутых маятников — система не то что неустойчивая, а неустойчивая до крайности. Центр тяжести — очень высоко, площадь опоры — чрезвычайно мала. Такая система сама по себе стоять никак не будет; чтобы поддерживать ее в состоянии равновесия, нужна непрерывная, тонкая и согласованная игра множества мышц, управляемых множеством согласованных друг с другом сигналов.

Но откуда берутся все эти управляющие сигналы? На протяжении полутора сотен лет считалось, что равновесием те-

ла человека заведует, конечно, орган равновесия — вестибулярный аппарат. И лишь совсем недавно группа сотрудников Института проблем передачи информации АН СССР позволила себе в этом усомниться («Физиологический журнал», 1981, т. 7, № 3).

Чтобы выяснить, что происходит, когда человек стоит, испытуемых помещали на платформу, которая слегка покачивалась с той или иной частотой; как ведут себя при этом мышцы, определялось по их электрической активности, а специальные тензодатчики фиксировали углы, образуемые скелетом в суставах.

Когда частота покачиваний составляла 1 Гц, корпус человека колебался как единое целое, а равновесие помогали сохранять мышцы стопы. Затем голову испытуемого закрепили в шлеме, жестко связанном с неподвижными стенами комнаты, где шел эксперимент. И что же, изменилась ли от этого реакция ног на покачивания опоры? Ничуть не бывало. А вот если прекращались покачивания корпуса, то реакция становилась иной.

Значит, информацию о положении тела ноги получают не от головы, а от корпуса, точнее от его поясничного отдела. В самом деле, разве у головы мало своих забот?

1981, № 11

笑ひ
七
百
物
前
筆



История с зубами

Профессор

В.Р. ОКУШКО,

Донецкий медицинский институт

1.

Болезнь, которой подвержена добрая половина человечества, на борьбу с которой расходуется почти столько же средств, что и на борьбу против рака, – на первый взгляд даже не болезнь, а что-то вроде порчи. Или ржавчины, поражающей самую твердую, сопоставимую с металлом ткань организма – зубную эмаль. Даже в названии, одинаковом на всех, языках, слышится что-то техническое, созвучное с коррозией: кариес.

Сущность заболевания может быть выражена в нескольких словах: кариес – это пограничный биохимический конфликт. Конфликт между хозяином – макроорганизмом и его микроскопическими кислотообразующими нахлебниками. Вслед за эмалью под действием кислот постепенно разрушаются и нижележащие слои. Все, что способствует привольной жизни микроорганизмов, особенно минералолюбивых: пристрастие к сладостям, нелюбовь к зубной щетке – будет способствовать порче зубов. Хороший элемент фтор: включаясь в решетку апатитов эмали, фтор делает их более кислотоупорными, и он же, по-видимому, умеряет в какой-то степени агрессивность микробов.

И это все? В общем – да. Специалисты, естественно, знают много интересных подробностей о том, как устроены боевые позиции противоборствующих сторон, как развиваются события, когда война уже объявлена. Однако сотни терминов, тысячи публикаций, архисовременные методики и Гималаи клинических наблюдений почти ничего не прибавляют к сложившейся концепции болез-

ней.

К кариесу можно было бы отнести слова Наполеона: «Толкуют о медицине. Какая медицина, когда они с насморком справиться не могут!»

Правда, лечить кариес (или восстанавливать нанесенный им урон) мы все-таки умеем. Но ведь хотелось бы вовсе не болеть, не держаться за щеку, не глядеть со страхом на бормашину.

2.

Господствующая концепция кариеса – ровесница бактериологической революции. Сразу же после появления работ Пастера была высказана догадка о том, что и эта болезнь – инфекционной природы. И вот уже больше ста лет люди пытаются избавиться от кариеса, борясь с микробами. Пенящиеся зубные пасты сложного состава, особые красители, позволяющие вовремя обнаружить на зубах колонии бактерий...

Правда, одновременно с рождением химико-паразитарной теории возникла мысль о том, что одних местных факторов недостаточно. Заболевание, судя по всему, имеет и общую, обменно-конституционную основу. Впрочем, это относится ко многим инфекциям. Например, туберкулез вызывается вполне определенной причиной – палочками Коха, однако существенны и общие факторы: наследственность, конституция, условия жизни. Развивая эти представления, стоматологи пришли к определенным практическим выводам. Выработаны специальные диеты: предложены эффективные медикаменты общеукрепляющего, системного характера. Широкое распространение получило профилактическое фторирование питьевой воды.

Успехи – а их отрицать не приходится – породили у врачей благодушное настроение. То и дело мы слышим заверения, что-де времена изменились. Никаких загадок, никакой теоретической проблемы кариеса более не существует; наука сказала свое слово, теперь все дело за практическим осуществлением ее рекомендаций. Преодоление кариеса объявляется чисто организационной проблемой.

Вот это благодущие и побуждает меня взяться за перо, чтобы попробовать открыть перед читателем другие, менее обсуждаемые и не столь популярные стороны дела. Никаких сенсаций я, разумеется, провозглашать не собираюсь. Обеими руками голосую и за рациональное питание, и за гигиенический режим, и за полоскание рта после еды. Все правильно. Но не надо обольщаться: все эти меры (плюс повсеместное фторирование воды), заметно уменьшая риск заболеть кариесом, все-таки не ликвидируют его как массовое заболевание. Даже собственным детям врач-стоматолог не может гарантировать здоровые зубы. Нет оснований сопоставлять кариес с побежденными или побеждаемыми инфекциями. Уже если сравнивать, то скорее с болезнями обмена, с опухолями. Кариозное поражение зубов и по сей день все-таки остается в первую голову медико-биологической, а не санитарно-гигиенической проблемой.

Попытаемся размотать клубок событий, ведущих к разрушению зубов. Оно должно неизбежно пройти стадию первичного поражения — полости («дупла»). Полости в свою очередь предшествует стадия деминерализации эмали, иначе — стадия мелового пятна. А отчего происходит деминерализация?

Мы знаем, что меловые пятна чаще встречаются у тех, кто пренебрегает уходом за зубами, — чаще, но все-таки не во всех случаях. Нам известно, что эти пятна чаще возникают под зубной бляшкой, то есть фиксированной колонией микроорганизмов, — чаще, но опять-таки не всегда. Мы знаем о существовании «кариесогенных» ситуаций, когда шансы испортить зубы резко возрастают. Знаем, что зубы чаще поражаются при некоторых общих недугах организма. И так далее. Перечень подобных «знаний» можно продолжать до бесконечности.

В конце концов произносится столь знакомое медикам, солидно звучащее слово «полиэтиологический» (многопричинный). Кариес зубов — полиэтиологическое заболевание. Другими словами, обусловленное несчетным числом пря-

мых и косвенных, отчасти известных, большей частью неизвестных факторов. Но как в таком случае можно надеяться на ликвидацию болезни, как пресечь все вредные и мобилизовать полезные влияния? Какой толк от такого знания? Реально ли оно?

4.

Причин и условий тьма тьмущая. Но вот что любопытно: в сводках наших сведений о «предзаболевании» почти нет данных о состоянии самой эмали. Не то чтобы никто этим вопросом не занимался. Исследователи установили, что и по структуре (включая структуру кристаллической решетки), и по химическому составу, и по тому свойству, которое нас более всего интересует, — кислотоустойчивости — эмаль здорового зуба в разных участках и у разных людей неодинакова. Немаловажный факт. Но какое из многообразных отклонений может предвещать кариес? Этого никто толком не знает.

Заметим, что рассуждениям об общих факторах может быть противопоставлено другое, тоже весьма распространенное мнение — что речь идет лишь о случайных совпадениях, а подлинную, реальную роль в возникновении (или невозникновении) кариеса играют только местные, внутриротовые условия. Резонно? Может быть, и да. Однако трудно понять, почему в наше «кариесогенное» время, предлагающее столько рискованных гастрономических приманок, кариес бывает все-таки не у всех. Почему встречаются старики с прекрасными зубами? А с другой стороны, почему у подростков, не успевших даже как следует попользоваться своими зубами, зубы так часто и так быстро разрушаются?

Поскольку, однако, речь зашла об эмали, есть смысл напомнить, что это вообще за штука. Эмаль лишена клеток, ферментных систем, трансформирующихся белков. Это самая минерализованная ткань организма (97% — кальциево-фосфорные апатиты), самая твердая (о чем мы уже упоминали), метаболически самая инертная. И все же это не минерал, а живая ткань. У ребенка и молодого чело-

века эмаль густо пронизана сверхтонкими капиллярами. По капиллярам из мякоти зуба к поверхности медленно движется зубной ликвор — жидкость, похожая на плазму крови. Ликвор имеет щелочную реакцию. Стоп! Вот это и есть решающая подробность. Устойчивость эмали к кислотам зависит не только и не столько от ее состава, сколько от темпов выброса нейтрализующего зубного ликвора.

5.

Подумаем, как определить этот выброс.

Наиболее удобен и прост способ, основанный на оценке дефекта, который образуется на поверхности эмали при ее ограниченной дозированной протравке. (Такие дефекты вполне безопасны, они могут возникать и после употребления некоторых кушаний и излечиваются сами собой.) На участок эмали площадью не более одного квадратного миллиметра наносится строго отмеренное количество раствора кислоты. С протравленного участка снимают отпечаток, глубину дефекта определяют с помощью специального прибора.

Вот краткая сводка данных, полученных в этих опытах. Эмаль живого зуба обладает не только пассивной, чисто химической кислотоупорностью, но и функциональной кислотоустойчивостью, которая исчезает после гибели зубной мякоти. Другими словами, кислотоупорность состава эмали (минералов и связанной с ними органической основы) существенно дополняется чисто физиологическими свойствами. Последние зависят от центробежного тока зубного ликвора. Действительно, если в эксперименте подавить жизнедеятельность мякоти, состав эмали не изменится. Однако устойчивость к кислотам немедленно снижается. Капли различных биологически активных веществ, нанесенные на мякоть, мгновенно и по-разному меняют способность эмали противостоять кислотам.

Предпринимались попытки выяснить, что происходит в зубе, когда его оборонноспособность повышается (то есть когда функциональная кислотоустойчивость оказывается выше некоторого среднего уровня). Существует способ регист-

рации очень слабых электрических потенциалов зубной мякоти. Полученная таким путем электроодонтограмма дает возможность, не разрушая зуб, судить о биологической активности его недр. Оказалось: все внешние или внутренние воздействия, влекущие за собой повышение кислотоустойчивости, сопровождаются и повышением биоэлектрической активности зуба. Наоборот, снижение сопротивляемости идет параллельно со снижением биоэлектрической активности.

Твердый, неподатливый и неподвижный зуб умеет по-своему приспосабливаться к изменениям местных условий. Интересно, что блокада идущего к зубу чувствительного нерва (в просторечии именуемая «замораживанием») активизирует зуб и повышает кислотоустойчивость эмали. Раздражение нерва, напротив, угнетает активность пульпы, а с ней и устойчивость эмали. Все это наводит на мысль, что контроль организма над процессами, идущими в зубе, заключается в том, что организм как бы притормаживает спонтанную активность зуба. Зуб — саморегулирующаяся система и в качестве таковой настроен на более высокий уровень реактивности, чем тот, который он реализует, находясь под сдерживающим контролем нервной системы.

6.

Все это довольно занятно, однако хорошо бы вернуться к главному. Какова возможная связь приведенных данных по органопизиологии зуба с загадкой кариеса?

Установлено, что сахарная диета закономерно вызывает у экспериментальных животных (крыс) кариес, ничем не отличающийся от человеческого. Корреляция между интенсивностью поражения и снижением кислотоустойчивости эмали выражается показателем, близким к единице. И то же самое обнаружилось при массовых обследованиях школьников. Чем ниже функциональная кислотоустойчивость, тем тяжелее кариес.

Корреляционная связь не есть синоним причинно-следственной связи. Она лишь заставляет подозревать, что либо оба яв-

ления обусловлены общей причиной, либо одно из них – причина другого. Может быть, кариес приводит к утрате кислотоустойчивости, а не утрата устойчивости – к кариесу? Что первично?

Ответ дает показатель функциональной кислотоустойчивости эмали у человека с новенькими, только что прорезавшимися постоянными (не молочными) зубами – у ребенка. В массе обследованных детей этот показатель обнаружил довольно большие колебания. Но прошло полгода, ребята были обследованы вторично. И тут выяснилось, что кариес возник только у детей с исходной кислотоустойчивостью ниже среднего уровня. Коэффициент корреляции между числом пораженных зубов и степенью первоначального снижения кислотоустойчивости – 0,9.

Таким образом, растворимость в кислой среде предопределяет кариес, а не наоборот.

7.

Из сказанного следует, что найдена вполне приемлемая кандидатура на вакантное место недостающего звена в процессе, конечный результат которого – гнилые зубы. На вопрос, поставленный выше, – что предшествует стадии деминерализации эмали, – следует ответить: изначальное снижение функциональной кислотоустойчивости эмали. А чем вызвано это снижение? Чем объясняется его повсеместное распространение? Можно предположить, что оно не в последнюю очередь связано с незрелостью зубов, которые у современных детей вообще прорезываются значительно ранее прежнего, оптимального срока.

Наша гипотеза снижения кислотоустойчивости как решающего фактора болезни есть пока только гипотеза. Укажем на ее преимущества. Она конкретна. Она дает в руки врачу практический критерий – функциональную пробу, позволяющую не только прогнозировать заболевание, но и оценить его вероятную интенсивность – интенсивность процесса, который даже еще не начался. И наконец, самое главное: мы получаем принципиально новый метод профилактики.

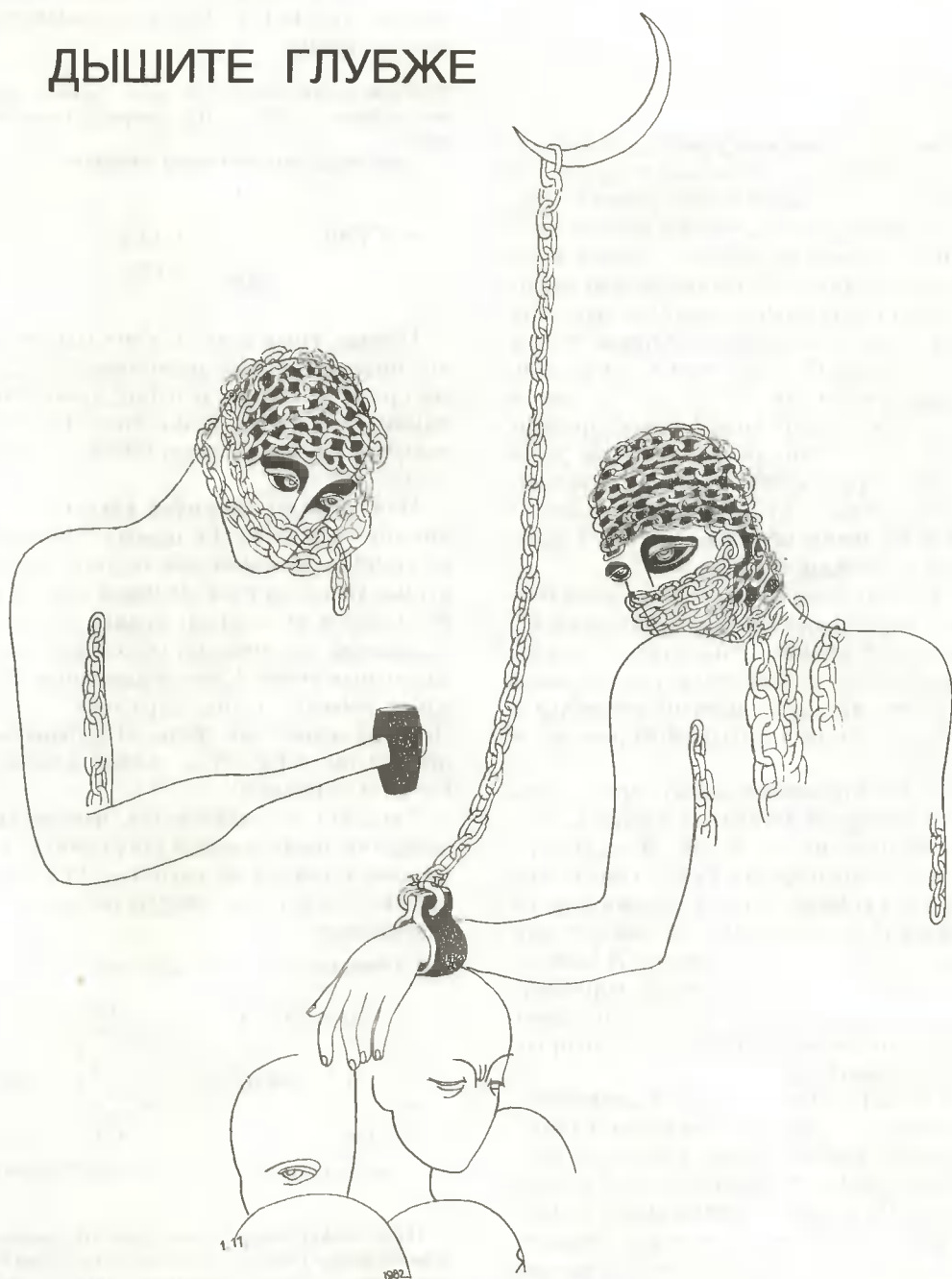
Речь идет о функциональной перестройке собственного защитного механизма зуба. Открывается возможность конкретного, целенаправленного предупреждения болезни у детей, наиболее подверженных риску заболеть. Это и даст возможность побороть кариес как массовое заболевание.

А с другой стороны, предлагаемая гипотеза ставит перед исследователем весьма широкие вопросы. Функциональная кислотоустойчивость эмали сигнализирует о системных особенностях минерализованных тканей всего организма. Болезнь зубов – это ведь в конечном счете несостоятельность всей костной системы. Пробы ставятся на резцах, а первые признаки кариеса появляются лишь спустя несколько месяцев и на других зубах.

И еще один аспект – бионический. Не может ли саморегулирующаяся система мягкоть зуба – капилляры – эмаль, система, обеспечивающая защиту эмали от химических воздействий среды, служить прообразом решения аналогичных задач в технике? Выходит, не зря мы упомянули в начале этой небольшой статьи о коррозии?

1981, № 9

ДЫШИТЕ ГЛУБЖЕ



Одно неизвестное и двадцать гипотез

Р. ПОДОЛЬНЫЙ

Очень многое можно узнать о стихотворении. Нетрудно определить его размер и систему рифм, найти аллитерации и ассонансы, подчеркнуть эпитеты и метафоры. Только одного не раскроет самый тщательный анализ — причины, почему именно это стихотворение волнует нас. Вот так и душистые вещества. Они не таят в себе, на первый взгляд, особых секретов. Можно узнать их молекулярный вес и просто вес, спектр, коэффициент преломления, летучесть, давление паров, даже точную структурную формулу и только химики знают, что еще. Лишь одного точно не знают об этих веществах даже химики — почему они пахнут?

Конечно, тысячи томов заполнены точными сведениями об «ароматических ядрах» и об атомах — носителях запаха. Современная химия душистых веществ повторяет ароматы знаменитых амбры и мускуса и создает запахи, которых нет в природе.

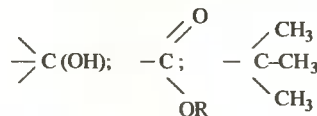
Но все это химия делает, продираясь через лабиринт загадок и ловушек, составленных на ее пути. В каком-то смысле дело обстоит хуже, чем на корабле без компаса. Компасов много, но их показания различны. Все ли они врут или один верен — никто не знает. И вахтенный недоверчиво смотрит на горизонт: земля ли там? А может быть, это белеет пена у подводных рифов, от которых добра не жди?

Посудите сами, верно ли сравнение. В «правилах», по которым вещества имеют или не имеют запаха, к каждому почти параграфу есть примечание об исключениях. Да и само правило порой выглядит как какое-то исключение из привычных представлений о законах природы. Вот, в качестве примера, такой парадокс. В пахучих веществах обычно есть особая группа атомов, от которой, как считают,

зависит запах (такие группы носят имя осмофоров — носителей запаха). Однако увеличение в одной молекуле числа осмофоров не усиливает запах, а ослабляет его. А то и совсем уничтожает. Получается, что чем больше слагаемых, тем меньше сумма.

Основной групп-осмофоров часто бывают атомы кислорода, серы, азота, фосфора, мышьяка, селена.

А вот примеры органических осмофоров:

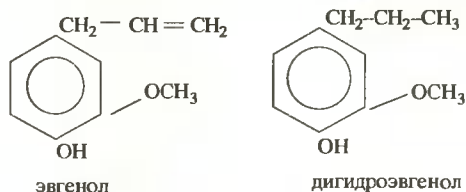


Правда, иные вещества отказываются подчиняться такому антиматематическому правилу. Но от этого не становится намного легче. Все-таки хоть парадоксальный, но закон. А тут опять — исключение.

Или, скажем, формула какого-то душистого вещества. Ее основа — колечко из химических символов, обозначающих атомы углерода с их обычной свитой из водорода и кислорода: атомы углерода соединены черточками, обозначающими валентные связи. Минуту внимания! Вот здесь вместо одной черточки — две. Двойная валентная связь. «Поэтому вещество так и пахнет, — скажет химик. — Есть такое правило!»

Увы, тут же выясняется, что можно веществу иметь в молекуле двойную химическую связь и не пахнуть — что поделаешь, и на этот раз никуда не деться от исключения.

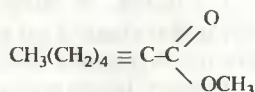
Перед нами два родственных вещества:



В формулах разница только в том, что в верхней цепочке дигидроэвгенола из-за «лишнего» атома водорода вместо двойной валентной связи присутствует одиночная. Эвгенол сильно и красиво пахнет гвоздикой. А его лишенный двойной связи родич почти не имеет запаха.

Но вот в формуле к двум черточкам добавилась третья – вместо двойной валентной связи появилась тройная – и запах стал неприятным. Если только... Да, вы угадали. Если только вы имеете дело не с исключением, на этот раз приятным. А тогда из колбы может донестись бодрящий запах свежей зелени, тонкий аромат весенней березовой рощи или даже свежих листьев фиалки.

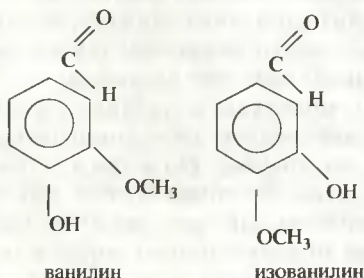
Вот формула фолиона:



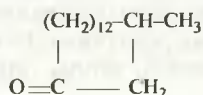
Это он, вопреки «закону о тройной связи», сильно пахнет свежими листьями фиалки.

Словом, исключение за исключением и снова исключение... Притом очень похожие по строению и свойствам вещества могут пахнуть по-разному: даже изомеры, различающиеся только расположением групп атомов, а не составом. И наоборот, совершенно различные вещества – одинаково. Формулы, например, мускуса и его заменителей очень несхожи. Но пахнут эти соединения одинаково или почти одинаково.

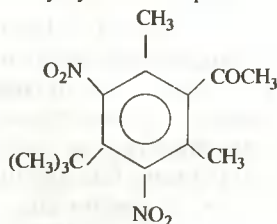
Ванилин и изованилин различаются лишь порядком расположения боковых групп атомов. Ванилин – известнейшее душистое вещество. Изованилин начинает пахнуть только при нагревании.



Мускон – метилциклопентадеканон, главное пахучее вещество природного мускуса. Получается в виде масла.



Мускус-кетон, один из синтетических заменителей мускуса. Имеет кристаллическое строение.



ЗАКОН СРЕДИ БЕЗЗАКОНИЯ

А теперь немножко о правилах более точных, «почти», «как будто» и даже совсем не знающих исключений. Прежде всего, запах совершенно явно зависит от молекулярного веса вещества. Независимо ни одно пахучее вещество с молекулярным весом меньше 17. И точно так же отказываются пахнуть слишком сложные высокомолекулярные соединения. Верхний предел, потолок пахучести – молекулярный вес 300. Почему именно 300? А вот это уже неизвестно. В природе самих высокомолекулярных веществ объяснений данному факту не найдено. Правда, запах связан с летучестью вещества, а чем больше молекулярный вес, тем менее летуче вещество. Но, во-первых, и из этого правила есть исключения. А во-вторых... Можно подобрать у таинственной границы, обозначенной числом 300, странные пары веществ. Более тяжелое из них – одновременно и более летучее (мы уже оговорились, что так бывает). Но пахнет-то как раз только более легкое и менее летучее из двух.

Есть у всех пахучих веществ, какой бы природы они ни были, несколько общих черт. Почти у каждого коэффициент преломления близок к 1,5. Все они поглощают инфракрасные лучи со сходной длиной волны. Найдены кое-какие общие закономерности в поверхностном натяжении и в температурах кипения.

Еще одна общая черта. Если взять раствор любого душистого вещества, распылить его под давлением в виде тумана так, чтобы часть капелек осела на изолированный металлический диск, диск приобретает электрический заряд. Если сделать то же самое просто с водой, этого не случится. Данное явление называют

«феноменом заряда». Полного объяснения ему пока не подыскано.

Еще одна любопытная деталь. Пахнут только молекулы – отдельные свободные атомы не пахнут. И пахнут только соединения, вещества смешанного химического происхождения – правда, за семью исключениями. Фтор, хлор, бром, йод, мышьяк и фосфор пахнут даже в чистом виде. А последний член семерки – кислород – только в виде трехатомной молекулы – озона.

ЗАКОЛДОВАННОЕ МЕСТО

После всего сказанного можно не удивляться, что общей теории обоняния до сих пор не создано. Несмотря на то, что создать ее пытались далеко не второстепенные в науке люди.

Неутомимый Ломоносов создал одну из первых научных гипотез о природе обоняния. Карл Линней разрабатывал классификацию запахов. Английский ученый Вильям Рамзай, физик и химик, открыватель новых законов природы и новых элементов, тоже пытался создать теорию обоняния. Его соотечественник Джон Тиндаль, исследователь законов движения света и звука, выдвинул свои предположения о запахе. Можно назвать еще поэта и ученого Эразма Дарвина, деда великого Чарльза Дарвина.

А Абрама Федоровича Иоффе, известного физика, привела в науку родившаяся в детстве мечта объяснить природу запаха. Так рассказывает он в своих воспоминаниях. Он открыл многое, очень многое, но не эту тайну.

«...С этими двумя неразрешенными проблемами – световых волн без эфира и невидимых волн запаха – я ушел из реального училища. По отношению к эфиру я был просто скептиком. Что же касается запаха, то мне казалось возможным проверить свои представления и узреть, действительно ли инфракрасные лучи вызывают ощущение запаха. Для этого нужно поставить физическое исследование, овладеть физическим опытом. В университет из училища без древних языков хода не было, а из двух технических школ – Технологического и Горного институтов, – куда я мог поступить, я выбрал Технологический институт, считая, что там больше физики, а именно физика может разрешить мои сомнения...»

А.Ф. Иоффе. Встречи с физиками

Одним из зарубежных химиков – швейцарец Леопольд Ружичка, исследователь гормонов и душистых веществ, сделавший очень многое и для парфюмерии, и для медицины, не так давно с грустью отметил, что за последние сорок лет не видно особых достижений в теории обоняния. А сам Ружичка, придя в науку, мечтал создать именно эту теорию.

Воистину заколдованное место, на котором – совсем как у Гоголя в «Вечерах на хуторе близ Диканьки» – ни у кого «не вытанцовывается».

И Ломоносов, и Рамзай, и Иоффе (правда, всерьез теорией обоняния он так и не занялся) считали, что запах имеет волновую природу. Только Ломоносов говорил о волновом движении частиц эфира, Рамзай же – о колебаниях, промежуточных по частоте между звуком и светом. Ученые середины XX века, разумеется, говорят об электромагнитных волнах определенного диапазона, конкретнее – об инфракрасных лучах.

В основу этого предположения легло то обстоятельство, что все душистые вещества сильно поглощают инфракрасные лучи. (Впрочем, как и ультрафиолетовые. Но «ультрафиолетовая гипотеза» тоже уже появилась.)

Иными словами, многие ученые видели и видят в молекулах пахучих веществ своеобразные генераторы инфракрасных лучей. А в нервных обонятельных клетках – приемники таких лучей. Тем самым обоняние сближается со зрением. В пользу этого предположения говорит то, что участки слизистой оболочки носа, воспринимающие запахи, окрашены так же, как и воспринимающие свет клетки глаз.

То, что молекулы колеблются и способны генерировать электромагнитные волны, – неоспоримо. Но и здесь есть по меньшей мере две точки зрения. По одной – обонятельный орган воспринимает колебания молекул только тогда, когда эти молекулы попадают на его поверхность. По другой – колебания могут приниматься на расстоянии, как и в случае со зрением. Некоторые ученые отводят обонятельной клетке роль не только радиоприемника, но и радиопередатчика. Особые обонятельные волоски якобы гене-

рируют волны длиной в 8–14 микрон. С приближением молекул, поглощающих это излучение, генерация усиливается, вместе с лучами уходит тепло. Охлаждение нервных окончаний в слизистой оболочке вызывает ощущение запаха.

Тут вспоминается опыт, на который многократно ссылались авторы статей, опубликованных в популярных журналах. Американские ученые Бек и Майлз взяли два резервуара с застекленными окошками, положили в них мед и герметически закрыли. Стекло в одном из резервуаров пропускало инфракрасные лучи, в другом нет. Как утверждали Бек и Майлз, пчелы, которых они впустили в комнату с резервуарами, скопились на окошке, пропускавшем инфракрасные лучи. Опыт, действительно, кажется бесспорным и доказательным. Но увы, на одном международном симпозиуме по проблеме обоняния было сообщено о контрольных опытах, проделанных уже другими учеными. Условия были те же, но пчелы «заупрямились» — они садились поровну на оба резервуара. Мне кажется, что те, кто победил в этом споре, предпочли бы потерпеть поражение. Все-таки хоть что-нибудь прояснилось бы!

Впрочем, для того чтобы поставить аналогичный опыт, не нужны ни мед, ни пчелы. Достаточно взять сильно пахучее вещество и заключить его в герметически закрытую полиэтиленовую трубку. Ваш собственный нос заменит бек-майлзовских пчел. Вернее, пчел их противников, поскольку запаха вы не почувствуете, а полиэтилен пропускает те самые волны длиной 8–14 микрон, в которых подозревают передатчиков запаха.

Есть и другие доводы «против». При тонкости современной аппаратуры инфракрасные лучи запаха были бы, вероятно, замечены. И, наоборот, в технике часто приходится иметь дело с инфракрасными лучами, но как запах они не воспринимаются.

И, наконец, есть пары веществ, молекулы которых колеблются примерно одинаково, а запах у них разный. И наоборот.

То, что мы рассказали, — от неудачных опытов до теоретических рассуждений — еще не означает крушения волновой

электромагнитной теории запаха. Тем более, что за нее стоят некоторые убедительные факты. Например, тот, что к бабочке-самке слетаются за несколько километров самцы. Их манит запах вещества, выделяемого особой железой бабочки. Представить себе, что летучие частицы этого вещества смогли за короткий срок преодолеть такое расстояние, да еще в штить или даже против слабого ветра, — трудно. Знаменитый французский энтомолог Жан-Анри Фабр возмущенно заявил, что это было бы равносильно окрашиванию целого озера с помощью одной капли кармина. Он даже пришел к выводу, что обоняние у насекомых должно иметь иную природу, чем у людей...

И все-таки, невзирая на «протесты бабочки», сегодня во всем мире большинство ученых склоняется к химической теории обоняния, сближающей это чувство не со зрением, а со вкусом. Запах, по их взглядам, ощущается только при попадании молекул вещества на слизистую оболочку носа. Собственно, просто теорией это назвать нельзя — таково общее направление нескольких гипотез. Каждая из них по-своему представляет то, что происходит на слизистой оболочке носа.

Согласно выдвинутой еще в 1920 году гипотезе Леопольда Ружички, пахучие вещества, попав в нос, прежде всего растворяются в жидкости, покрывающей обонятельную область. Затем они вступают в связь с особыми химическими веществами — осмоцепторами (захватывающими запах). Каждый из осмоцепторов «ведает» только определенными группами атомов. Возникшие в результате новые вещества и воздействуют на нервные окончания. Сами же они (новые вещества) так нестойки, что тут же распадаются. Этим и объясняется, почему ощущение запаха «не задерживается». Когда запах очень силен, постепенно все осмоцепторы оказываются захваченными молекулами пахучего вещества, и запах вообще перестает восприниматься — так мы привыкаем, адаптируемся даже к сильным и стойким запахам.

Итак, в обонятельной области носа, видимо, идут какие-то химические реакции. Реакции, происходящие с почти не-

постижимой быстротой. Эта-то быстрота — сильный довод сторонников волновых гипотез. Запах воспринимается молниеносно, под силу ли такое химической реакции? Но в быстроте нет ничего сверхъестественного и невозможного. Живой организм обладает мощнейшими ускорителями химических процессов — ферментами. Да и неорганические катализаторы в обычных пробирках дают порой фантастические результаты. Обыкновенная вода, в которой 45 секунд лежала медная пластина, ускоряет окисление сернистой кислоты в 80 раз!

Если слизистая оболочка владеет подобными «секретами» для реакций с целыми тысячами веществ — у нее есть чему поучиться. Продукты этих сверхскоростных реакций, возможно, и вызывают в нервных окончаниях ощущение запахов.

По мнению авторов других гипотез, это ощущение объясняется переходом электронов с молекул пахучего вещества на слизистую оболочку: третьи полагают, что молекулы изменяют в ее клетках поверхностное натяжение, что и воспринимается как запах...

Четвертые настаивают на том, что есть всего несколько типов запахов, каждому из которых соответствует в носу свой тип приемника. Так же, как существуют четыре основных вкуса (сладкий, кислый, горький, соленый), которым соответствуют четыре типа вкусовых почек поверхности языка. Исходя из этой гипотезы, удалось даже предсказать запахи нескольких вновь создаваемых веществ.

Значит, разгадка близка? Хорошо бы! Но пока вопрос далеко не ясен. Уже были случаи кажущейся победы какой-то одной теории, тоже связанные и с предсказаниями запахов, и с блестящими опытами. А затем новые факты и даже старые, но по-другому истолкованные, неожиданно разрушали стройные сооружения теоретиков. Уже вызывает некоторые сомнения то обстоятельство, что учитывается лишь одно свойство пахучих веществ — форма их молекул. Остается открытым вопрос, почему все вещества, обладающие запахом, имеют между собой столько общего в других, самых разных областях.

Существуют и факты, которых не объясняет ни одна из теорий. Окись цинка, некоторые другие окислы металлов, глина и многие минералы в сухом виде не пахнут. Но стоит добавить воды... Впрочем, кому не знаком запах сырой глины? Собаки же чувствуют запах растворов поваренной соли и хинина. Между тем, по-видимому, молекулы этих веществ не покидают раствора, испаряется только вода.

А МОЖЕТ БЫТЬ, ВИНОВАТ НОС?

В чем? Да во всей этой путанице с обонянием. Нос очень быстро привыкает к запахам, адаптируется к ним. Нервы перестают передавать в мозг сообщения о привычном запахе. Мы его уже не ощущаем.

Так почему, собственно, мы считаем, что не пахнут обычный кислород воздуха, азот, углекислый газ? Может быть, их сигналы просто не доходят до мозга?

И еще, может быть, многие лишленные запаха вещества на самом деле могли бы для нас пахнуть, если бы чем-то не «напоминали» нервным окончаниям другие соединения, к которым те уже привыкли?

Но не надо все валить на слизистую оболочку. Постараемся посмотреть дальше собственного носа.

Теории и гипотезы противоречат одна другой. Но пессимизм здесь ни к чему. Мы с вами побывали просто на строительной площадке. Мы прошли мимо груд кирпичей, куч песка, деревянных оконных рам и железа для труб и крыши. Все это несхоже, но всему этому суждено объединиться в новом здании, обрести цельность и красоту. А здание пока только строится. Теория обоняния создается. Будет создана. Слишком много у душистых веществ общих черт, чтобы это было случайностью.

Заколдованное место будет расколдовано.

А раскрытие его природы, какой бы она ни оказалась, будет замечательной научной победой.

Словом, чем труднее будущее открытие, тем оно заманчивее, это давно известно.

Так много теорий...

О запахе и его восприятии

Кандидат технических наук
Н.Д. ТРЕЙГЕР

Уже изучены механизмы зрения и слуха, уже известны три основных цвета и четыре категории вкуса, из которых складываются все остальные. Но до сих пор идут дискуссии — есть ли основные запахи и сколько их. Уже раскрыта связь между строением химических соединений и их окраской; о запахе этого сказать нельзя. Загадок хватает...

Но все они — и здесь между авторами полное согласие — сводятся к двум неразрывным вопросам: к механизму восприятия запаха и к связи между строением вещества и его запахом. Проще: что воспринимает запах и что пахнет?

ЧТО ВОСПРИНИМАЕТ ЗАПАХ?

У человека клетки обонятельного эпителия занимают всего лишь около 2,5 см². Желтоватая их поверхность покрыта тонкой пленкой жидкости, которую выделяют так называемые железы Боумена. Обонятельные клетки похожи на веретено с двумя отростками; один из них заканчивается булавовидной головкой с ресничками диаметром в 0,1 микрона. Разные авторы по-разному оценивают число ресничек у одной клетки — от нескольких до 1000, но во всяком случае общая поверхность ресничек так велика, что сравнима с поверхностью человеческого тела. Второй же отросток клетки — аксон, нервное волокно; оно идет к мозгу, объединяясь по пути с сотнями других волокон в пучок обонятельного нерва. Считается, что каждое волокно непосредственно связано с обонятельной луковицей в мозгу.

У импульсов, передающихся по нерву, электрическая природа. В клетке и межклеточной жидкости есть ионы K^+ и Na^+ , которые находятся в состоянии равновесной диффузии по обе стороны клеточной

мембраны. Диффузия же вызвана тем, что между внутренней и внешней поверхностями мембраны существует некоторая разность потенциалов. Если эту разность на мгновение снизить, вызвать местную деполяризацию, то она будет распространяться, давая волну нервного импульса. Промежуточного состояния нет: мембрана может или деполяризоваться полностью, или не деполяризоваться вовсе, то есть отвечать только однозначно — «да» или «нет». Спустя некоторое время возбужденное волокно возвращается в прежнее состояние.

Но один импульс «да» или «нет» — это один бит информации. Время прохождения импульса всего 0,001 секунды, но для того, чтобы нерв вернулся в прежнее состояние, требуется еще 0,05 секунды. Так что за секунду нерв может пропустить не более 20 единиц информации. А общая информационная емкость обонятельной (и, кстати, зрительной) системы — порядка 10^8 бит/сек. Так же, как и в других системах организма, она явно избыточна: на пути к мозгу импульсы концентрируются и ослабляются, отделяясь от «шума», и суммарно дают общий запах примерно так же, как моментально сменяющиеся кадры — общую картину на экране кино.

Предположим, что в восприятии запаха участвуют два нейрона. Они могут дать четыре ощущения-ответа («нет — нет», «да — нет», «нет — да», «да — да»). От трех нейронов можно получить уже $2^3 = 8$ сигналов. Обыкновенный человек в силах различить до двух тысяч запахов, специалист-парфюмер — вдесятеро больше, то есть 10 тысяч. Значит, $2^n \approx 10000$, $n = 13$. Иными словами, число различных нейронов, регистрирующих первичные запахи, должно быть не менее 13, а если принять во внимание некоторый информационный избыток, то еще больше.

Итак, различные обонятельные клетки воспринимают, видимо, те или иные определенные запахи. Вот, пожалуй, важнейший вывод, к которому пришли все нынешние теории обоняния. А что еще про него доподлинно известно?

То, что запахи чувствуют на расстоянии — для нас через воздух, для рыб через воду. Можем ли мы воспринимать запах через воду, если ею заполнена полость

носа, — пока спорно. Запах ощущается только при движении воздуха через полость носа. Годовалые младенцы уже хорошо реагируют на запах. Обоняние примерно в 10 тысяч раз чувствительнее вкуса. Человек может ощущать запах в разбавлении до 0,0000002 части вещества на миллион частей воздуха. Химик-органик различает больше запахов, чем неспециалист. Женщины воспринимают запахи лучше мужчин. Разные люди неодинаково чувствуют запахи одних и тех же веществ. Некоторые люди не ощущают запаха синильной кислоты, и это передается генетически...

ЧТО ПАХНЕТ?

Вообще-то у всех веществ, вероятно, есть запах, только мы не все воспринимаем — так же, как наш глаз различает колебания только в узком диапазоне длин волн. У собаки же, к примеру, другой «спектр» запахов. Она чует, то, что не пахнет для нас, и в то же время не очень хорошо различает запахи разных духов. Любопытно, что «запах человека», который ощущает собака, связан с генетическими факторами: четко различая запахи разных людей, собака уже не так уверенно ориентируется в запахах людей одного семейства, а двойняшек вообще нередко путает.

Мокрый камешек пахнет, а сухой — уже нет... Соли, как правило, без запаха, а вот неметаллы и соединения, атомы которых связаны в молекуле ковалентно, часто пахнут, причем неприятно. Обычно мы начинаем воспринимать запах после некоторого «утяжеления» молекулы: например, кислород O_2 не пахнет, а озон O_3 уже имеет запах; вода H_2O и углекислый газ CO_2 не пахнут или почти не пахнут, а аналогичные по строению сероводород H_2S и сероуглерод CS_2 уже с запахом...

Из простых веществ при обычных условиях пахнут только семь: галогены (фтор, хлор, бром, йод), кислород (озон), фосфор и мышьяк. Все эти элементы находятся в пятой, шестой и седьмой группах Периодической системы и существуют в виде двухатомных или полиатомных молекул. И еще пахнут некоторые неорганические соединения серы, селена и азота.

Большинство же пахнущих веществ — органические соединения. Их можно разделить условно на три группы: а) со сходными структурами и запахами; б) со сходными структурами, но разными запахами; в) с разными структурами, но похожими запахами. Примеры. Группа а: бензол и его гомологи. Группа б: геометрические изомеры соединений, то есть вещества с разным расположением одинаковых атомов или групп атомов в молекуле; так, хорошо различаются запахи гераниола и его цис-формы нерола, лиственный запах цис-3-гексенола и запах хризантем у транс-3-гексенола. Наконец, группа в: искусственный запах присущ макроциклическому кетону циветону и производным бензола; камфарный — многим соединениям с третиичным атомом углерода.

Очень важное обстоятельство, не всем известное: вещество, о запахе которого мы выносим суждение, может на самом деле пахнуть совсем не так, как нам кажется. Вещества крайне редко бывают абсолютно чистыми. Например, некоторые соединения, славящиеся как дурно пахнущие (сероуглерод, пиридин, скатол), оказались вообще без запаха или с достаточно приятным ароматом — но при достаточной очистке. (Впрочем, давно уже известно, что противный запах скатола при очень низкой концентрации в воздухе сменяется ароматом жасмина).

Словом, запах соединения нередко обусловлен примесями. Если у примеси очень сильный запах, который чувствуется в воздухе, например, при разбавлении 10^{-6} части на миллион, то он будет ощущаться даже при содержании ее в основном веществе не более 0,01%. А это значит, что мы не знаем истинного запаха соединения с чистотой 99,99%. Так что до сих пор под вопросом, истинны ли запахи аммиака и хлора...

Минимальное требование к веществу, о запахе которого мы судим, — чтобы оно было газохроматографически чистым (требование скромное — чувствительность носа в 10–100 раз выше чувствительности пламенно-ионизационного детектора хроматографа). Газовую хроматографию стали широко употреблять с начала 50-х годов. Все суждения о запахе, вынесенные до этого времени, и более поздние, не



упоминающие о газохроматографической чистоте веществ, надо считать недопустимыми.

За последнее столетие появилось около тридцати теорий запаха. До недавнего времени все они делились на две группы: на волновые и корпускулярные. Первые утверждали, что запах вызывается волновыми колебаниями пахнущих молекул; вторые – что он возникает при непосредственном действии молекул на клетки обонятельного эпителия. Начнем с корпускулярных – они очевиднее.

МОЛЕКУЛЫ В ЛУНКАХ

«Красящие» группы в молекулах издавна называли хромофорами. По аналогии – применительно к запаху – стали употреблять термин осмофор. Кроме перечисленных выше элементов к осмофорам отнесли ароматические кольца, двойную связь, карбонильные группы, макроциклы, содержащие 15 и 17 атомов, и т.д. Если ввести в молекулу вторую осмофорную группу, то в зависимости от ее природы исходный запах либо меняется, либо становится совсем иным, либо почти «гасится», исчезает...

Голландец М. Битс около 30 лет назад выдвинул теорию, названную «форма молекулы – функциональная группа». Она гласила: выбор того или иного рецептора, то есть приемника запаха, зависит от формы молекулы, а средство к рецептору возникает благодаря функциональной группе. В общем и целом именно форма молекулы определяет запах; но иногда функциональная группа не дает молекуле улечься в лунке, а как бы перетягивает ее в соседнюю. А когда ядро молекулы сидит в одной лунке, а функциональная группа – другой, то появляются смешанные запахи.

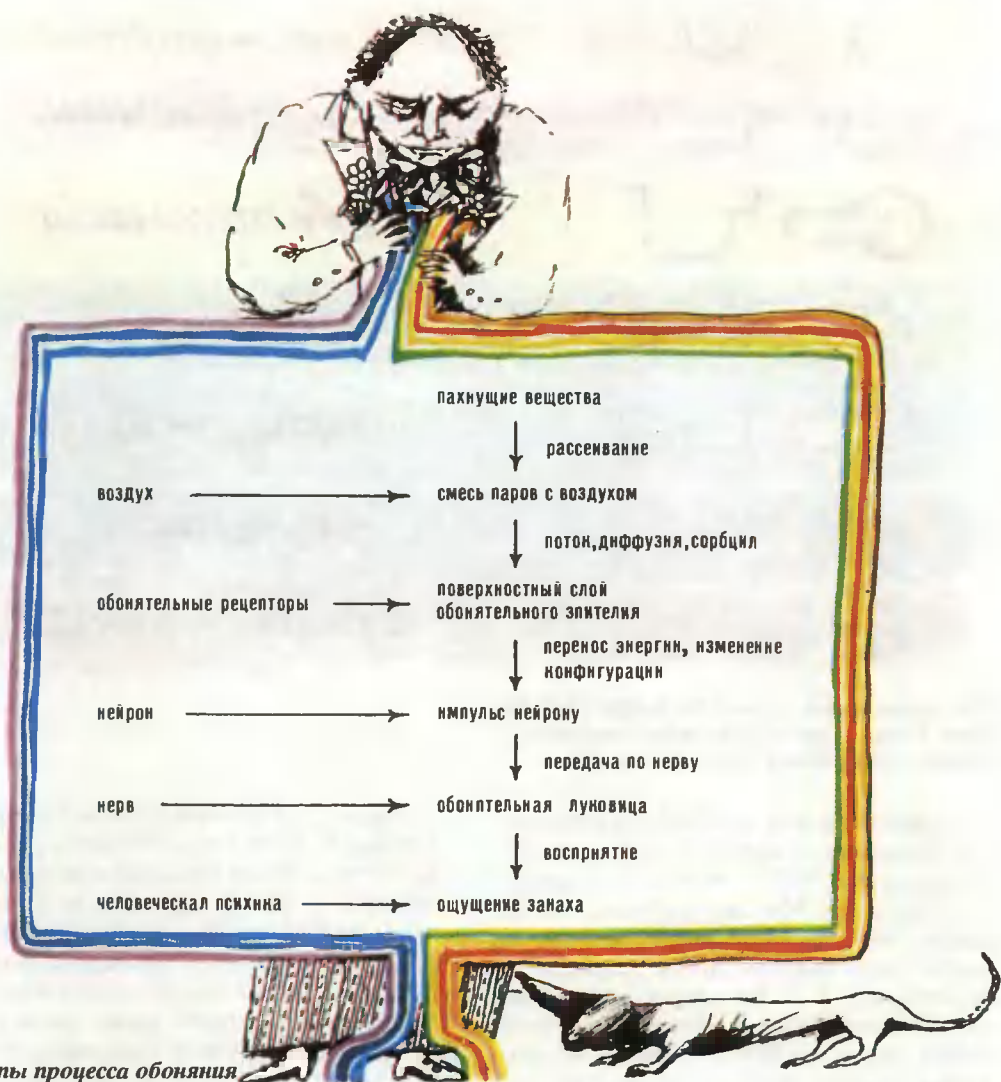
Взяв за образец семь цветов радуги, исследователи пытались создать подобную систему и для запахов. В 1952 г. Дж. Эймур (заметим в скобках: тогда еще аспирант Калифорнийского университета) предложил, в развитие идей Битса, стереохимическую теорию, согласно которой есть семь первичных запахов: эфирный, камфарный, мускусный, цветочный, мятный, острый и гнилостный. Им соответствуют

семь видов обонятельных рецепторов, лунки определенной формы и размера, в которые укладывается – полностью или частично – молекула пахнущего вещества. Для первых пяти рецепторов Эймур указал и форму, и размеры. Так, камфарный запах характерен для сферических молекул диаметром около 7 Å, мускусный – для дискообразных диаметром около 10 Å, цветочный – для клешневидных. Эймур построил стереохимические модели для 616 органических веществ, и все эти соединения, как он утверждал, уложились – и по запаху, и по конфигурации – в его классификацию. Эфирный, камфарный и мускусный запахи зависят, по Эймуру, от размера молекулы, а вот для цветочного и мятного гораздо важнее форма. Острый же и гнилостный определяются электронным состоянием молекулы – электрофильная она или нуклеофильная (то есть содержит ли она электроны в недостатке или в избытке); у соответствующих же рецепторов нет определенной формы, они различаются лишь зарядом.

Основные типы запахов от этой теории приведены на рисунке 2. Все остальные запахи составлены из семи первичных. Например, миндальный складывается из камфарного, цветочного и мятного (последний называют иногда перечным; это запах перечной мяты).

В пользу своей стереохимической теории Эймур цитирует слова Лайнуса Полинга: «Молекула, которая имеет ту же форму, что и молекула камфары, должна пахнуть как камфара, даже если она очень далека от камфары химически». Подтверждением стереохимической теории служит и anosmia – обонятельная слепота некоторых людей к тем или иным запахам: вероятно, соответствующие рецепторы у таких людей изменены – скажем, слишком коротки. Появление обонятельной усталости можно объяснить, по-видимому, тем, что все рецепторные места уже заняты молекулами пахнущего вещества и лишние молекулы просто не воспринимаются.

Теория хороша тогда, когда она не только описывает, но и предсказывает. В этом смысле у теории Эймура есть определенные успехи. Так, она предсказала фруктовый запах метил-(4-карбометок-



си)-пимелата. Когда вещество было синтезировано, запах действительно оказался фруктовым. Швейцарец Э. Демоль синтезировал изомеры терпенил-3-циклогексанолов и отметил, что сандаловый запах одного из них – также в согласии со стереохимической теорией. А Дж. Джонсон воспроизвел сложный запах кедрового дерева, смешивая вещества с первичными запахами – камфарным, мускусным, цветочным и мятным.

Однако теория Эймура ничего не говорит о том, как контакт молекулы с рецептором переходит в нервный импульс, и в этом смысле она несколько механистична. И еще: по информационной теории,

первичных запахов должно быть, как говорилось в начале статьи, не меньше 13, а тут их только семь...

Стереохимическая теория не может объяснить и кое-что иное. Например, запах синильной кислоты. Он миндальный, то есть, по Эймуру, составной. Но молекула синильной кислоты слишком мала, чтобы одновременно занять три рецепторных места (камфарное, цветочное и мятное), из которых складывается миндальный запах. Может быть, замечает Эймур, в парах синильной кислоты молекулы способны ассоциироваться в цепи неопределенной длины и такие цепи занимают три рецепторных места. Может быть...



2

Различные типы запахов по теории Дж. Эймюра. Слева – форма рецептора (вид сверху), справа – поперечный разрез рецепторов

У цианистого метила CH_3CN довольно слабый приятный эфирный запах; у метилизоцианата CH_3NC сильный отвратительный запах. Молекулы обоих веществ одинакового размера, линейны, практически одной формы. В чем разница – в ориентации? В электронной конфигурации? Или другая пара: почти не имеющий запаха метанол CH_3OH и неприятно пахнущий метилмеркаптан CH_3SH . Предположим, что путаницу вносят возможные примеси. Но как быть с гликолями и глицерином, которые, судя по форме их молекул, должны пахнуть, однако не пахнут?

КОЛЕБАНИЯ В НОСУ

Волновые теории запаха начали появляться еще в конце прошлого века, вслед за теориями цвета и звука. Но они никак не могли объяснить простейшего – отчето запаха не распространяется без воздуха. Ведь мы видим вещество в бутылке, но не можем обонять его; слышим через кирпичную стену, но запаха через нее не ощущаем.

Автор современной волновой теории – канадец Р. Райт; справедливости ради надо сказать, что ей предшествовала вибрационная теория Г. Дайсона, выдвинутая еще в 1937 г. Обе они сходятся в том, что запах вызывается не размером, формой или реакционной способностью молекул, но их колебательными движениями. И если молекулы с разным строением пахнут одинаково, то объясняется это лишь тем, что в их спектрах есть общие частоты.

По Райту, внутри носа есть только один источник возбуждения молекулярных колебаний: столкновение молекулы пахнущего вещества с молекулами азота или кислорода воздуха. Сила столкновения пропорциональна температуре, а поскольку в полости носа она примерно $30\text{--}35^\circ\text{C}$, выделившейся энергии хватает только на возбуждение низкочастотных колебаний, с частотой от 400 до 50 см^{-1} . Их можно измерить, скажем, методами комбинационного рассеяния света или инфракрасной спектроскопии.

В отличие от Эймюра Райт довел число первичных рецепторов запаха до 25–30, то есть даже с некоторым запасом.

И каждому рецептору соответствует свой узкий интервал частот. Неизвестно, правда, как делить весь интервал – арифметически или логарифмически – и какой ширины должны быть полосы спектра, соответствующие индивидуальному запаху...

У большинства веществ в области 400–50 см⁻¹ есть несколько частот; значит, запах таких веществ составной, сложный. По волновой теории, запахи камфары и мускуса отнюдь не первичны. Райт обнаружил также, что частоты десяти соединений разного строения, но с похожим мускусным запахом сгруппировались около 90, 150 и 180 см⁻¹, в то время как у десяти контрольных веществ с разными запахами был отмечен полный разброс частот. Позднее, когда с помощью ЭВМ были изучены спектры 47 соединений с мускусным запахом и 109 соединений без этого запаха, то оказалось, что есть статистическая, но не слишком простая зависимость между мускусным запахом и наличием определенных линий спектра.

В подтверждение своей теории Райт приводит такой изящный пример. Если прибавить метилсалицилат (запах озимых) к нитробензолу (миндальный запах), то это ощущается легко – запах быстро становится другим. Если же, наоборот, добавить нитробензол к метилсалицилату, то запах почти не меняется. Дело в том, что в спектре метилсалицилата четыре частоты: 185, 263, 356 и 423 см⁻¹, а в спектре нитробензола только две: 183 и 408 см⁻¹. Благодаря «лишним» промежуточным частотам метилсалицилат активнее заглушает запах нитробензола. Его нужно прилить вдесятеро меньше, чем в противном случае, когда нитробензолом перебивают запах метилсалицилата.

Но вот в чем главный вопрос: как колебания свободной молекулы вызывают ощущение запаха?

Сам Райт ссылается на мнение некоторых биохимиков, полагающих, что бледно-желтые и желто-коричневые области в обонятельном эпителии состоят в основном из каротиноидов, молекулы которых могут находиться в цис- и транс-формах. Переход одной формы в другую может произойти под действием света. Мо-

жет быть, такой же переход вызывает и энергия, отданная молекулой пахнущего вещества? Пахнущая молекула образует комплекс с молекулой рецептора (например, благодаря адсорбции), частота колебаний составной системы – не та же, что обеих ее частей по отдельности, при этом пахнущая молекула разряжает электронно-возбужденную молекулу рецептора. Возникает единичный нервный импульс.

У этой гипотезы немало слабых мест. Если частота комплекса отличается от частот его составляющих, то непонятно, почему же восприятие запаха зависит от колебаний свободной молекулы. Для некоторых соединений с простыми запахами (сероводорода, синильной кислоты, углеводородов) вообще нет низкочастотных линий в спектрах, а они пахнут. Правда, Райт считает, что и в этом случае могут возникать ассоциации, цепи молекул, но не друг с другом (как в теории Эймюра), а с молекулами рецепторов, и вот тогда уже возникают соответствующие частоты. Он замечает: «Многие соединения пахнут, как камфора или роза, но ни одно, как сероводород». Возможно. Но как объяснить, что вещества с близким спектром могут иногда пахнуть совсем по-разному?

Недавние исследования показали, что энантиомерные карвоны четко различаются по запаху, хотя их спектры в далекой инфракрасной области идентичны. Или обратный пример. Половой аттрактант насекомых ацетат-4-(пара-оксифенил)-2-бутанон несколько видоизменили – заменили атомы водорода дейтерием. Запах, видимо, остался прежним – дейтерированный аттрактант все так же притягивал самцов дынной мухи. А вот положение полос спектра в далекой инфракрасной области изменилось...

Если бы знать достоверно, одинаковы ли запахи абсолютно чистых оптических изомеров, молекулы которых соотносятся между собой как предмет и его зеркальное изображение! Запахи одинаковы или похожи – вот подтверждение волновой теории. Запахи разные – чаша весов перетягивает в пользу корпускулярной теории, ведь молекулы оптических антиподов не могут уложиться в одни и те же рецепторные места. И в любом случае запах

каждого антипода отличен от запаха рацемата – молекулярного соединения обоих антиподов без оптической активности. Так что воздержимся пока от выводов: где гарантия, что энантиомерные карвоны не содержали ничтожных, не улавливаемых приборами примесей рацематов?

А может быть, такая высокая, невыносимая сегодня чувствительность приборов выдвинула бы на первый план иную теорию? Например, ферментную, которая утверждает, что в присутствии пахнущей молекулы меняются энзиматические процессы и это ведет к образованию электрического нервного импульса. В обонятельном эпителии есть немало ферментов, области расположения каждого из них хорошо установлены. Но ферменты стереоспецифичны. Значит, ферментативная теория может быть правильной, если у оптических антиподов разные запахи. Впрочем, многочисленные запахи потребовали бы существования большого числа специфических ферментов – к каждому из них; вряд ли это реально...

А МОЖЕТ БЫТЬ, ЧТО-ТО ЕЩЕ?

До сих пор разговор шел либо о корпускулярных, либо о волновых теориях. Но существуют и другие вполне современные теории. Например, адсорбционная. Ее сторонники считают, что молекула пахнущего вещества адсорбируется определенной клеткой рецептора и теплота адсорбции переходит в электрический импульс.

Известный авторитет в области теории запахов Р. Монкрифф приводит весьма важные сведения о том, что одинаково пахнущие вещества разного строения одинаково адсорбируются на окиси алюминия, угле, силикагеле, растительном масле, а вещества с неодинаковыми запахами – по-разному.

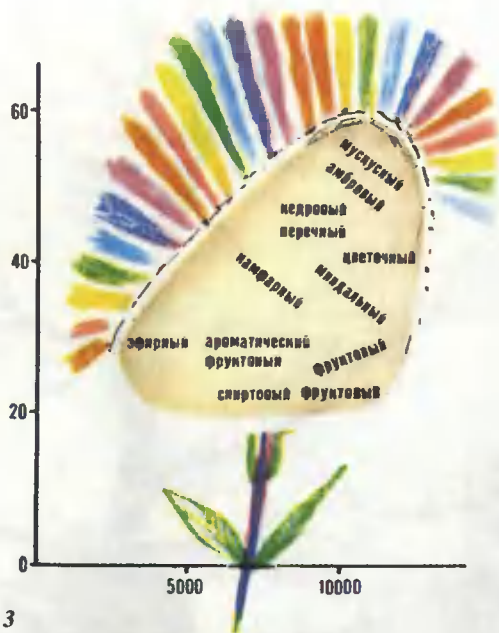
Есть и другие наблюдения, подтверждающие адсорбционную теорию. Например, такое: у ткани обонятельного эпителия животных необычайно высокая адсорбционная способность. Запах в закрытом сосуде сохранялся в течение часа, но он исчезал через несколько минут после того, как в сосуд положили кусочек ткани из ноздри овцы. Еще один факт: ес-

ли увеличивать концентрацию пахнущего вещества, то наступает такой предел, за которым мы уже не воспринимаем дальнейшего увеличения концентрации (верхний порог чувствительности). Это очень похоже на насыщение при адсорбции.

Приверженцы адсорбционной теории отрицают каротиноидную природу рецепторов запаха. Некоторые из них считают, что в обонятельном эпителии вообще нет каротиноидов, зато главную роль отводят фосфолипидам. При липоидном же строении клеток эпителия молекулы пахнущего вещества могут по-разному распределиться на границе поверхности «масло – вода» (в зависимости от полярности соединения, длины углеродной цепи и т.д.). Запахи более летучих веществ воспринимаются быстрее, но они малоустойчивы, а запахи менее летучих воспринимаются медленнее, но они более устойчивы. Высшие же члены гомологических рядов обычно не имеют запаха из-за малой летучести.

Хотя связь между запахом веществ и их адсорбционной способностью, несомненно, есть, вызывает сомнение, может ли ощущение запаха – электрический нервный импульс – возникнуть благодаря теплоте адсорбции или растворения? И хотя обнаружено, что в присутствии пахнущих молекул изменяется поверхностное натяжение различных пленок, трудно представить, чтобы такое изменение в мембранах рецептора привело непосредственно к появлению нервного импульса.

Один из вариантов объяснения – теория мембранного прокола Дж. Дэвиса и Ф. Тэйлора (Бирмингемский университет). По этой теории, клетка обонятельного рецептора поляризована. Пахнущая молекула как бы прокалывает клеточную мембрану, и затем, растворяясь в тканях тела, уносится и выводится из организма. Произведенная же ею мгновенная деполяризация мембраны дает нервный импульс. После этого стенка клетки восстанавливается, а обменные процессы восстанавливают потенциал мембраны. Косвенное подтверждение: в присутствии очень малых количеств β -иона (запах фиалки) гемолиз, то есть разрушение мембран эритроцитов, заметно ускоряется.



3
Типы запахов по теории Дж. Дэвиса. По горизонтали – свободная энергия адсорбции молекулы на поверхности вода – масло (ккал/моль), по вертикали – поперечное сечение молекулы (ангстремы)

В 1965 г. Дж. Дэвис предложил классификацию запахов, несколько отличную от Эймуrowsкой. В ней «рецепторные места» первичных запахов не имеют строго очерченной формы и не так четко отделены друг от друга. Они зависят и от размера молекулы, и от свободной энергии адсорбции на поверхности вода – масло. При изменении концентрации вещества энергия адсорбции может меняться, а значит, меняется и запах. У соединений, попадающих в промежуточные области, – смешанные запахи.

По теории мембранного прокола, пахнущая молекула не вызывает в клетке нового процесса, который вел бы к возникновению импульса и ощущению запаха, – для этого ее энергия слишком мала. Молекула только перераспределяет энергию уже идущего в клетке процесса – это и вызывает электрический импульс. Надо сказать, что эта теория больше других вероятно энергетически; впрочем, с такой точки зрения вероятно и ферментная теория.

Сходным образом объясняет восприятие запаха и электрофизиологическая теория Э. Дрэвникса. В обонятельном

эпителии есть и молекулы-доноры, и молекулы-акцепторы электронов: легко обменивают электроны и протоны фосфат-расщепляющие ферменты, фосфолипиды и каротиноиды; аминокислоты, особенно триптофан, – доноры, а, например, рибофлавин – акцептор. Если так, то молекулы эпителия образуют как бы микроконденсаторы. Когда пахнущая молекула приближается к такому конденсатору, она разряжает его, и при этом возникает электрический нервный импульс. Чем больше подошло молекул, тем больше и нервных импульсов, а значит, интенсивнее запах. По электрофизиологической теории, «конденсаторы» реагируют не на любые молекулы, они избирательны, потому что каждый из них разряжается только при определенной форме и величине диполя; иначе все запахи казались бы одинаковыми.

Конечно, такое объяснение весьма приблизительно. На самом деле через все рецепторы проходят собственные токи, поток электрических импульсов, исходящих из коры головного мозга. У них разные частоты; и когда приближается пахнущая молекула, то появляются новые частоты и исчезают прежние, а значит, меняется весь спектр частот. И поскольку каждому запаху, вероятно, соответствует свой спектр частот, мозг получает таким образом полную информацию...

Все это, может быть, и любопытно, – заметит читатель, любящий ясность, – но какая теория все-таки ближе к истине? На этот вопрос ответа пока не будет. Если бы он был, то хватило бы одной теории, единственно верной.

Однако внимательный читатель заметил, наверное, что самые разные теории и суждения о восприятии запаха не исключают, как правило, а дополняют друг друга: все сходятся на том, что есть разные рецепторные места – для разных запахов, что на запах влияют целые молекулы и величины их диполей... Как именно – вот что хотелось бы узнать.



Кто как нюхает

Е.К. БАХТИН

«— Да и вонь же у вас, синьор! — сказал я, входя и кладя чемодан на стол. Смотри-тель понюхал воздух и недоверчиво покачал головой.

— Пахнет, как обыкновенно, — сказал он и почесался. — Это вам с морозу. Ямщики при лошадях дрыхнут, а господа не пахнут».

Можно только улыбнуться диалогу чеховских героев, если бы не одна из особенностей обоняния — крайняя субъективность восприятия. Все носы нюхают по-своему, но каждый человек убежден, что именно его ощущение запаха правильное.

Мы, люди, обычно не в состоянии объективно оценить запах. А как его ощущают животные, которым ошибки в восприятии запаха могут стоить жизни?

Орган обоняния позвоночных животных до сих пор полон биологических и физиологических загадок. Удивительное начинается уже в эмбриональном периоде. Дело в том, что обонятельный анализатор у зародыша формируется из нервной пластинки и поначалу напрямую связан с нервной системой. Однако вскоре между зачатком органа обоняния и мозгом вырастает другая ткань, дающая начало костной и соединительной ткани. С этого момента орган обоняния развивается как бы сам по себе, без видимых воздействий со стороны центральной нервной системы. И все-таки на одной из следующих стадий развития отростки обонятельных клеток каким-то образом находят направление к соответствующей зоне мозга. В своем продвижении эти отростки, образующие обонятельный нерв, не одиноки; им прокладывают путь глиальные клетки, из которых строится оболочка самого нерва. Однако от этого не становится понятнее, как именно нервное волокно находит путь к мозгу.

Глазу, который появляется из тех же зачатков, что и орган обоняния, тем не

менее не суждена судьба блудного сына — глаз всегда неразрывно связан с мозгом.

НОС НОСУ — РОЗНЬ

В органе обоняния выделяют периферическую и центральную части, между которыми есть немаловажное промежуточное звено — обонятельная луковица. В луковице информация, приходящая от рецептора, суммируется и направляется в мозг уже усредненной. Здесь же речь пойдет лишь о строении периферического (воспринимающего) отдела, который непосредственно взаимодействует с пахучими веществами.

Эта часть органа обоняния весьма схожа у всех позвоночных животных. Иначе говоря, носы рыб, лягушек, бегемотов и собак-ищеек устроены почти одинаково.

У рыб орган обоняния облюбовал передний конец рыла. Причем у осетров и акул ноздри не на верхней, как у других рыб, а на нижней стороне рыла. Оба симметричных рыбьих обонятельных мешка проточны — у каждого по передней входной и задней выходной ноздре. Струя воды из передней ноздри идет на так называемую обонятельную розетку и, омыв ее, вытекает наружу через заднюю ноздрю. При движении рыбы вода волей-неволей попадает во входные отверстия и выталкивается через задние ноздри. Если рыба стоит на месте, выручают жабры. Разница лишь в том, что прогоняемая жабрами вода создает некоторое разрежение возле задних ноздрей. Козырьки около рыбьих ноздрей, обычно снабженные мышцами, тоже могут регулировать ток воды через обонятельные мешки.

Малоподвижные рыбы пользуются обонятельным мешком как своего рода помпой. Одна из косточек нижней челюсти при смыкании рта надавливает на обонятельный мешок и вытесняет из него воду. При раскрытии же рта вода снова засасывается в мешок. В этом случае все четыре рыбы ноздри работают то как входные, то как выпускные. Чтобы принюхаться, этим рыбам надо просто открывать и закрывать рот.

У многопера и кистеперой рыбы передние ноздри наподобие длинных полых щупалец торчат на конце рыла. Эти рыбы могут в буквальном смысле слова просунуть нос в цель.

В обонятельной розетке рыб тесно сгрудились как рецепторные, так и разные нечувствительные клетки. Глубокие складки слизистой оболочки сильно увеличивают поверхность этой розетки. Складки либо расходятся радиально от центра, либо подобно страницам книги параллельны. У рыб многих видов поперек складок идут еще и вторичные и даже третичные складки, придающие им подобие вафли. Однако в любой розетке главенствует важнейший принцип: струя воды должна равномерно обтекать всю поверхность обонятельной выстилки, чтобы все чувствительные элементы могли войти в контакт с пахучим веществом.

У обитателей суши обонятельная полость соединена с дыхательной системой с помощью задней, переместившейся внутрь рта ноздри (ее называют хоаной). Хоана позволяет дегустировать весь вдыхаемый воздух, но вместе с ней появились и сложности, для преодоления которых эволюции пришлось перетасовывать гены не один миллион лет.

Поверхность обонятельной выстилки разных животных, будь то медведи или жирафы, покрыта слоем секрета, защищающим ее от неблагоприятных внешних воздействий и в то же время участвующим в обонянии. На воздухе все в носу быстро сохнет, и, видимо, это и было причиной появления желез, обязанность которых интенсивно увлажнять секретом слизистую оболочку. С появлением желез чувствительные клетки в носу заметно уплотнились: если у рыбы на одном квадратном миллиметре находится 40 000 рецепторных клеток, то у кролика – втрое больше.

К тому же в носках теплокровных животных появились раковины, над которыми воздух согревается и очищается от пыли. А специальные мышцы могут направлять поток воздуха либо прямо на слизистую оболочку, либо минуя ее. Иными словами, их орган обоняния может «сомкнуть веки», подремать.

КЛЕТКА КЛЕТКЕ – РОЗНЬ

У рыб периферический отросток чувствительных к запаху клеток немного выступает над поверхностью обонятельной выстилки. Другой, центральный отросток, посылающий информацию о запахе в

мозг, тянется к обонятельной луковице.

С помощью электронной микроскопии нам удалось раздобыть несколько любопытных фактов о тонком строении деталей рыбьего носа. Выяснилось, что не у всех клеток окончание периферического отростка, называемое булавой, одинаково. Одни клетки на булавах несут микроворсинки, другие – реснички.

Однако не это главное. В выстилке можно найти дегенерирующие, то есть отмирающие реснитчатые клетки, а вот микроворсинчатые вроде бы бессмертны – все пышет здоровьем. А ведь то, что чувствительные к запаху клетки постоянно замещаются новыми, было доказано П. Гразиасем, который проследил судьбу этих клеток, вводя в их ядра радиоактивные метки.

Выяснить истину помогли крохотные компоненты клеток – центриоли, с которых начинается биография ресничек. От ядра клетки центриоли мало-помалу продвигаются к булавке. По пути они дублируются, или, попросту говоря, несколько раз удваиваются и приходят в булавку уже солидной группой. В булавке они приближаются к поверхности, и из каждой, как из семечка, вырастает ресничка.

В микроворсинчатых же клетках центриоли сперва держатся около ядра. Но потом они появляются около булавы, и тогда микроворсинки становятся крохотными бугорками, а под ними располагаются центриоли.

Получается, что никаким бессмертием микроворсинчатые клетки не наделены. Просто они еще молодые и развиваются в более зрелые стадии, несмотря на то что в них уже есть воспринимающая и передающая системы и они трудятся на ниве запахов так же, как и их старшие собратья.

Электронная микроскопия позволила выстроить чувствительные клетки в носу рыб в такой ряд: сначала из молодой клетки образуется микроворсинчатая, затем она становится реснитчатой и, наконец, на одной из реснитчатых стадий отмирает. Казалось бы, наведен порядок, но тут сюрприз преподнесли клетки наземных животных. Они начинают свою жизнь сразу с реснитчатых стадий, так сказать, рождаются подростками, но продолжают свое развитие так же, как и у рыб.

Микроворсинчатые рецепторные клет-



Схема основных типов клеток обонятельной выстилки рыб. Слева направо: бокаловидная клетка, выделяющая мукоидный секрет; две мерцательные клетки, к которым подходят окончания тройничного нерва (окрашен красным), между ними малая секреторная клетка, выделяющая липопротеидный секрет; далее в последовательные цвета спектра (красный, оранжевый, желтый...) окрашены рецепторные клетки, между которыми расположены опорные клетки; крайняя правая (черная) рецепторная клетка отмирает. На каждой стадии развития чувствительных клеток в микроворсинках или ресничках сохранена окраска предыдущей стадии, что соответствует еще оставшимся от предыдущей стадии рецепторным белкам. При переходе клеток из ворсинчатой (желтой) стадии в ресниччатую (зеленую) укороченные ворсинки сохраняются на вершине булавки, а в основании появляются реснички. На любой стадии развития рецепторные клетки чувствительны только к определенной группе пахучих веществ

ки есть и в носсах наземных животных, однако они трудятся в так называемом яacobсоновом органе, который обосновался в носовой перегородке и напоминает две симметричные трубки. Чувствительные клетки яacobсонова органа ведут себя так же, как и клетки рыб, в них даже появляются центриоли, продвигающиеся со временем к булавке. Но на этом их биография заканчивается — они остаются недорослями.

Древние мыслители говорили, что в одну и ту же реку нельзя войти дважды. Химизм чувствительных клеток, как вода в реке, сегодня не тот, что вчера, — на любой стадии дифференцировки клетка обладает белками, чувствительными только к од-

ной группе запахов. Когда клетка переходит в другую стадию, у нее старые рецепторные белки меняются на новые и клетка реагирует на два разных запаха: на тот, к которому была чувствительна, и к которому подготавливается стать чувствительной. И как тут не сравнить чувствительную клетку с созревающим плодом: сначала он горький, потом кислый, кисло-сладкий, сладкий... пока не испортится.

Однако почему у обитателей суши молодые «горькие» и «кислые» клетки переместились в яacobсонов орган? Наверное, потому, что могут реагировать только на вещества, растворенные в жидкости. Например, змея, «обнюхав» что-то своим не содержащим обонятельных клеток раздвоенным языком, засовывает его кончики в каналы яacobсонова органа, где прилипшие к слизи языка пахучие молекулы можно проанализировать. А вот у кролика каналы яacobсонова органа выходят в нос, и растворенные в жидкости пахучие вещества просто не могут, минуя воздушную фазу, попасть туда. И все же его яacobсонов орган содержит треть всех рецепторных клеток, которые как-то умудряются получить информацию о химическом свойстве интересующих кролика веществ.

У человека нет яacobсонова органа, и мы не представляем себе, какие ощущения в нем возникают. Правда, в эмбриональный период орган начинает развиваться. Думают, будто его роль сводится к анали-

зу состава околоплодной жидкости, а после рождения необходимость в этом отпадает и потому яковсонов орган исчезает.

ЛОВЦЫ ПАХУЧИХ МОЛЕКУЛ

При подготовке кусочков обонятельной выстилки для электронномикроскопического исследования лаборанты невольно смывают секрет с ее поверхности. Так сказать, с водой выплескивается и ребенок. А между тем в обонятельной выстилке два типа клеток выделяют слизь. Одни снабжают нос обширным набором мукоидных агрегатов, которые не распадаются и на поверхности выстилки. Другие клетки выделяют более или менее однородный липопротеидный секрет. То, что оба секрета есть в носках водных и наземных животных, свидетельствует, что состав слизи не зависит от внешней среды.

Можно предположить, что на испещренной микрораковинами и микроканалами поверхности мукоидных агрегатов липопротеиды, располагаясь в один слой, образуют множество комбинаций, соответствующих определенным молекулам запаха, как замочная скважина — ключу. Связывание молекул пахучих веществ и их перенос на чувствительную мембрану возможны лишь при полном пространственном совпадении взаимодействующих точек молекулы одоранта и переносчика. В этом механизме есть что-то от правил мифического Прокруста укладывать схваченных путников на ложе, с той лишь разницей, что молекулы не подгоняются по размерам. Так уже на периферии диктуется качественное различие запаха.

Группа биохимиков во главе с Е. Фесенко из гор. Пуцдино из смыва с обонятельной выстилки секрета выделила фракцию, содержащую белковый и нуклеиновый компоненты. Эта фракция способна менять проницаемость искусственной мембраны при воздействии на нее пахучих веществ. По-видимому, секреторные комплексы-переносчики, о которых только что шла речь, и выделенная Фесенко белково-нуклеиновая фракция если не одно и то же, то по крайней мере близкие части одной системы.

В носках водных и сухопутных позвоночных животных обширное место занимают так называемые мерцательные

клетки: на их вершинах множество постоянно колеблющихся (мерцающих) ресничек. Эти реснички изгибаются синхронно в одном направлении и как бы организуют движение секрета.

Примечательно здесь то, что к боковой поверхности некоторых мерцательных клеток примыкают окончания тройничного нерва — одного из главных сенсорных нервов головы позвоночных животных. У тройничного нерва много обязанностей: в его состав входят механорецепторы, терморецепторы, болевые рецепторы... Например, зубная боль у всех животных передается через ветвь тройничного нерва, в то время как другая ветвь посылает импульсы о легчайших прикосновениях к кончикам чувствительного волоса — вибриссы. Мы не можем даже чихнуть без участия тройничного нерва, хотя и считается, что чихать проще простого.

При перерезке обонятельного нерва животных или поражении его у человека восприятие запахов берет на себя тригеминальная (тройничная — от латинского *trigeminus*) система. Правда, меняется ощущение, сдвигается спектр воспринимаемых запахов, но различение запаха все-таки есть. Больные люди обычно говорят об этом ощущении, как об эхе, о следе запаха. А вот если к тому же разрушается тройничный нерв, обоняние чаще всего практически исчезает.

И при всем том на разные вещества наши две обонятельные системы реагируют по-разному. Например, аммиак и уксусная кислота преимущественно воспринимаются с помощью тройничного нерва, а корица и гвоздика — обычным путем.

ДОЗОРНЫЕ ОРГАНЫ ОБОНЯНИЯ

Когда в нос попадают чужеродные, вредные вещества, чувствительные клетки усиленно поглощают их. Всего через 15–30 минут чужеродные частицы попадают в обонятельную луковицу, а потом они появляются вокруг луковицы в мягкой мозговой оболочке. Кажется, что чувствительная клетка, втягивая в себя вакуоль с чужеродным веществом, которое может содержать вирусы и бактерии, поступает не лучше, чем троянцы, которые втащили к себе в крепость деревянного коня со спрятавшимися в нем греческими воинами. Ус-

транить этот промах природы пытались раствором сульфата цинка. Смочив им поверхность слизистой оболочки носа, можно разрушить чувствительные клетки. Путь прерывался, а человек переставал на долгое время воспринимать запахи. Но нейрогенный вирус, например полиомиелита, находил себе другие ворота и пробирался в мозг дальним, но надежным путем — через кишечник.

Носовая полость — это, по существу, сосуд Пандоры, из которого инфекционные начала могут поразить организм. Однако природа предусмотрительно поместила многочисленные глаза недремлющего Аргуса на сей раз не на хвосте мифического павлина, а на самих чувствительных клетках. Эти «глаза» не только распознают все генетически чужеродное, но и связывают его. Поглощенные в носу вещества, попавшие в область обонятельной луковицы, захватывают макрофаги. Информация о вредоносных свойствах этих веществ идет от макрофагов в местные скопления лимфоидных клеток, которые тут же начинают вырабатывать специфические иммуноглобулины. А они в свою очередь направляются на поверхность обонятельной выстилки. Здесь они связываются с молекулами секрета и тем самым наделяют нос устойчивостью к внешним неблагоприятным воздействиям; мало ли в каких условиях придется схватиться с врагом.

Именно благодаря носу организм подбирает ключи к часто встречающимся антигенам окружающей среды — вырабатывает иммуноглобулины. Благодаря им организм оказывается подготовленным к новой встрече с инфекцией. Война с чужеземцами незримая, но она не прекращается всю жизнь, обеспечивая тем нормальную работу чувствительных клеток носа.

ПОЧЕМУ СТАНЦИОННЫЙ СМОТРИТЕЛЬ БЫЛ ТУТ НА НОС

Спектры запахов, воспринимаемые разными животными, разные. Например, рыбы отлично чувствуют запах аминокислот, которые для многих наземных животных и человека совсем не пахнут.

Однако эта статья начиналась с утверждения о том, что каждый человеческий нос нюхает по-своему. Может ли так быть? Конечно, нос можно прокурить

или отравить ядовитыми веществами — это банальные истины. Заслуживает внимания другое: состояние организма тоже сказывается на чувствительности к запахам. Скажем, если в крови меняется уровень какого-то гормона, то меняется и порог чувствительности или сдвигается спектр воспринимаемых запахов. Например, многие женщины в период менструации или во время беременности остро реагируют на некоторые запахи.

Еще более яркий пример. Запах экзальтолида, применяемого в парфюмерной промышленности, ощущают только женщины. Если же мужчине ввести в кровь женской половой гормон, он тоже начнет чувствовать этот запах. Чувствительность к пахучим веществам зависит и от того, сыт человек или голоден, возбужден или спокоен...

Специалисты исследовали и феномен так называемой запаховой слепоты, когда при нормальной обонятельной чувствительности человек не ощущает какой-нибудь один запах или группу запахов. Он обычно не подозревает, что какой-то запах ему не дано почувствовать — ведь он различает множество других запахов.

Запаховая слепота порождена мутацией, изменившей рецепторный белок. Эта слепота может быть у всех животных. Для некоторых из них не почуять вовремя запах хищника или не найти по следу добычу порой равносильно смерти.

И под конец несколько слов об адаптации к постоянным запахам. У животных, длительное время пребывавших возле источника даже слабого запаха, в обонятельных луковицах, где о нем суммируется информация, начинаются дегенеративные изменения клеток. Пока неизвестно, сколь обратимо это явление.

Если мысленно вернуться к прочитанному, то теперь можно рассудить: несмотря на то, что чеховский станционный смотритель принимался к запаху помещения, а визитер прибыл с мороза, у них были и другие основания относиться к носам друг друга с недоверием.

1982, № 1

Разговоры, разговоры...

Ф. РОМАНОВ

В этой статье речь о веществах, несущих с запахами специфическую информацию. Эти вещества называются феромонами. Они выполняют роль химических сигналов в живой природе и роль их огромна: специалисты склонны считать обмен запахами самым древним способом сигнализации в истории жизни на планете. Один из самых распространенных видов феромонов, конечно, привлекающие вещества — половые феромоны. Самое, пожалуй, удивительное то, что эти вещества обнаружены не только в мире животных, но и у растений. Казалось бы, такие феромоны могут быть полезны только тем, кто подвижен, кто может прибежать на зов. И значит, они не для растений, прикованных к земле корнями.

Однако природа бесконечно многообразна. Пыльца растений, то есть половые клетки, разносится ветром; от цветка к цветку ее могут переносить пчелы, бабочки, колибри. Но все-таки это пассивный перенос. А вот бурые водоросли нашли иную возможность. У них имеются снабженные жгутиками и способные к автономному передвижению в воде половые клетки. Причем женские клетки выбрасывают в окружающую среду вещество, неотвратимо влекущее к ним быстროходные мужские клетки. Похожий механизм выявлен и у других организмов, например у некоторых грибов и высших растений.

Химическая сигнализация особенно распространена у

насекомых, огромную роль играет она и в жизни млекопитающих. Но в отличие от сигнальных веществ, вырабатываемых насекомыми, обмен информацией с помощью запаха у млекопитающих — это еще малоизученная область.

Природа феромонов очень богата, среди них обнаружены различные кетоны, эфиры жирных кислот, стеринны и прочие вещества.

Многообразно и значение феромонов. Они могут нести в себе самые различные сведения, например: «эта территория занята» или «я — доминирующий самец, и вы все должны мне подчиняться». Феромоны могут служить сигналом тревоги, выполнять роль ориентира на местности и тому подобное.

От того, каково назначение сигнала, зависит и место этого пахучего вещества в организме, и способ распространения запаха. Особенно много специфических желез, вырабатывающих пахучие вещества, отыскано в коже млекопитающих.

Запаховые железы работают весьма целесообразно. Они повышенно активны, например, в тот сезон, когда животному важно закрепить за собой определенную территорию. Метят свои владения как самцы, так и самки. Но, например, у больших песчанок эта обязанность лежит прежде всего на самцах, а их подруги помогают им лишь время от времени. Песчанки метят жилой массив секретом кожной железы, расположенной в середине брюшка. Чтобы утвердить свое безусловное право на землю, самцы оставляют набор сложных эфиров, карбонильных соединений, кислот и спиртов, потирая железой поверхность почвы. Животное тратит свой арома-

тический секрет весьма экономно — только около наиболее посещаемых им нор, иногда ставит метки и вдоль своих постоянных троп. Застигнутый врасплох на чужой территории, самец песчанки прячется только в те норы, которые давно всеми заброшены, а значит, никем из соперников не помечены.

Свои проблемы у антилоп. Им удобнее и нюхать, и метить не землю, а кусты, деревья. Самец антилопы ориби, откусив верхушку стебля на уровне головы, прикасается особой предглазничной железой к кончику стебля и метит стебель пахучим секретом.

Самец сибирской косули обдирает рогами кору и трет ободранное место лбом, щекой и шеей. (Гистологические исследования этих участков кожи позволили обнаружить здесь особо развитые пахучие железы.) Когда хозяин помеченной территории спокоен, то число этих метящих движений невелико — не больше 35 за час. Но если границу нарушил соперник, то косуля умудряется совершить до 400 нервных «потираний» в час.

Широко известно, что при тревоге пятишестилетние олени убегают, подняв кверху хвост. Раньше считали, что это своеобразный зрительный сигнал — «маяк», указывающий другим путь. Однако выяснилось, что в хвосте оленя расположена особая железа, вырабатывающая в момент опасности феромоны, приказывающие: «Следуй за мной». Стремительно несется испуганный олень, поток встречного воздуха обдувает его, и с поверхности поднятого хвоста срывается струя пахнущего тревогой вещества. По этой спасительной струе ориентируются другие олени, что особенно важно в глухой чащобе, где легко потерять друг друга из виду.

Феромоны тревоги повергают в ужас не только грациозных оленей. Особые пахучие вещества молниеносно наводят панику среди насекомых. Есть свои специфические вещества страха и у рыб.

Но в состоянии страха животное выделяет не только запахи, способные предупредить об опасности соплеменников. Доведенный до крайности зверек может выделять вещества, обращающие в бегство самого агрессора. Наделен таким свойством, например, наш хорек. А у американского скунса эта способность развита настолько, что любой знает — этого зверька лучше обойти стороной.

Итак, феромоны пугают, метят, привлекают. Но зачем, собственно, изучать их? Конечно, любое новое знание — благо. Но информация о феромонах сулит много и интересного, и полезного.

Большие и во многом еще нераскрытые возможности таятся, по-видимому, в использовании феромонов для управления поведением и размножением животных и некоторых растений. Феромоны — в ряде случаев это доказано этологами — служат своеобразным удостоверением личности животного. Еще неизвестно, всегда ли сила мышц важнее аромата кожи. Во всяком случае, доминирующий самец пахнет иначе, чем его подчиненные. Конечно, может быть справедливым и другое: физически самый сильный вырабатывает наибольшее количество «феромона доминантности». Установить такую зависимость, если она, конечно, существует, — значит получить возможность направленно влиять на взаимоотношения в мире животных.

И наконец, еще одна проб-

лема. Феромоны и человек. Проще всего, конечно, сказать, что связи здесь нет. А если и была, то в каменном веке. Но так ли это? Попробуем взглянуть на эту проблему с парфюмерной, так сказать, стороны.

Зачем после бани древние умащивались благовониями? В чем смысл духов — вечерних или, скажем, дневных?

Все эти ароматы — сигналы, адресованные нашему мозгу. Одни бодрят, другие расслабляют, третьи волнуют. Так, может быть, парфюмеры, сами того не зная, нащупали мощный канал воздействия на мозг, а через него на эндокринный оркестр и даже на обмен веществ? Может быть, эта нежная летучая химия задевает в организме какие-то тонкие, реально существующие «струны»?

Можно, конечно, уклониться от столь вольных рассуждений, многие духи просто имитируют запах растений — ландыша, розы, жасмина. Но взглянем на проблему шире. А почему нас влечет аромат розы? Почему запах жасмина или сирени многим нравится больше, чем, скажем, запах гвоздики или левкоя?

Какая общая закономерность таится в восприятии запахов?

Аромат цветов — это фактически все те же феромоны, сигнальные вещества, зовущие к цветам насекомых или иных опылителей. Как действует на нас этот зов? Что если некоторые из этих химических соединений вызывают у воспринимающих их живых существ (и у насекомых, и у млекопитающих) какие-то положительные эмоции? В духе времени можно было бы сказать, что они возбуждают в мозгу центр удовольствия. И даже может быть, целую гамму эмоций, по крайней мере у человека.

В богатых по химическому составу естественных феромонных смесях животных нередко встречаются те же самые или похожие компоненты, что и в ароматах растений. К примеру, пахучие вещества, которые определяют характерный запах букета жасмина, аналитик найдет и в секрете, выделяемом волком. Так почему же жасмин пахнет жасмином, а не зверем? Дело прежде всего в композиции и в концентрации этих веществ.

Теперь в наших рассуждениях осталось сделать лишь один шаг. А что если парфюмеры, играя с букетами запахов, на самом деле оперируют с древними феромонами, оказывавшими могучее воздействие еще на предков человека, на их эмоции, на их инстинкты...

Духи — это феромоны? А почему бы и нет?..

Среди окружающих нас ароматов, возможно, есть именно те запахи, которые когда-то, в каменном веке, были человеку эволюционно полезны. Наверное, не все феромоны приятны. И есть, возможно, феромоны тревоги, которые и сегодня могут пугать, даже повергать в тоску и уныние. Но есть тогда, наверное, и феромоны радости и спокойствия. Как хорошо, если бы их открыли...

1976, № 6

Почему скунс топает ногами?

«Никакая кухня химика, никакая помойная яма, словом, ни один запах на свете не может сравниться по силе и нетерпимости с тем, который распространяют эти изыщные на вид животные и который пропитывает всякий предмет на целые недели и месяцы», — так писал знаменитый Брэм об одном из самых страшных зверей Земли. Этому трехкилограммовому животному подобоострастно уступают дорожки медведи, и ядовитые змеи тоже торопятся убираться подальше. Собаки, попавшие под скунсовый «выстрел», тяжело заболевают, а человек на несколько часов теряет сознание. Лишь пума да пустынная рысь могут преодолеть страх и отвращение: они изредка охотятся на скунса — голлод не тетка... Ужасный запах скунса разносится по ветру на несколько километров. А вблизи от источника он не только одурманивает зверей — они на короткое время слепнут.

Не надо думать, что скунс пахнет постоянно. Запах — его оружие, а оружие пускают в ход лишь при необходимости. Так вот, если кто-то покушается на его благополучие, скунс спокойно поднимает свой элегантноый хвост и выпрыскивает из парной пахучей железы небольшую струйку жидкости. Самый главный ее компонент — этилмеркаптан.

Отвратительный запах этого вещества воспринимается обонянием человека при

концентрации $4,3 \cdot 10^{-11}$ грамма в кубическом сантиметре воздуха. Известно, что восприятие запахов весьма индивидуально: один из тысячи человек совсем не ощущает запаха скунса, несколько находят его приятным, остальные же падают в обморок. А ведь наш нос мало чувствителен к скунсовым ароматам: чтобы послать нервный сигнал мозгу, носу требуется в 12000 раз больше молекул пахучего секрета скунса, чем мускуса кабарги, к которому мы необычайно чувствительны.

Чтобы ощутить силу скунса, вовсе не обязательно падать в обморок. Достаточно посмотреть, как он надменно шествует сквозь стаю здоровенных деревенских псов, которые смущенно отворачиваются и поджимают хвосты. Если же молодой барбос или другой не умудренный жизненным опытом звереныш попытается преградить ему дорогу или нанести его священной особе телесные повреждения, скунс сердито топает ногами — предупреждает, что себя в обиду не даст, что в его тщедушном тельце скрыто оружие пострашнее самых острых клыков и когтей.

Как ни странно, раскраска скунсового меха имеет самое прямое отношение к оружию зверька: она помогает поддержанию пахучих желез в боевой готовности. Скунс носит бросающуюся в глаза шкурку для того, чтобы как можно реже поливать лес этилмеркаптаном, чтобы поменьше расходовать это вещество. У тигров, жирафов, зебр, рыб, змей и бабочек темные пигменты полосы или пятна идут поперек тела. Они как бы расчленяют контур зверя, ма-

скируют животное на фоне вертикальных стволов деревьев и кустарников. А у скунса две белоснежные полосы направлены вдоль черного как смоль тела. Они не расчленяют, а, наоборот, подчеркивают фигуру, делают скунса более заметным. (Кстати, автомобили и автобусы раскрашены под скунса не случайно — они тоже должны бросаться в глаза.)

А уж когда сам на глаза лезешь, да еще располосованный предостерегающей окраской, то тут тебя не схватят по ошибке и не испугают нечаянно. Впрочем, и самому скунсу собственный аромат, наверное, не доставляет удовольствия. Зверек топает ногами, демонстрирует свою отпугивающую окраску, и только когда уж совсем некуда деваться, отравляет воздух этилмеркаптаном.

Впрочем, все равно человек обманул скунса: зверька, предварительно удалив пахучие железы, теперь разводят на фермах ради красивого меха.

С. СТАРИКОВИЧ
1971, № 8

Человек в мире запахов

*Доктор медицинских наук
Б.В. ШЕВРЫГИН*

Где бы ни жил человек, какое бы небо ни было над ним, какие бы ветры его ни обвевали, — он всегда живет в мире самых разнообразных запахов. И все они по-своему влияют на человека.

Мир запахов окружает человека с самого рождения. Запахи играют важную роль в узнавании ребенком окружающей среды, помогают ему нормально развиваться, оказывают влияние на его общее психофизиологическое состояние. Поэтому совсем не безразлично, какие запахи окружают ребенка. Приятные запахи усиливают выделение слюны и деятельность пищеварительных желез, пробуждают аппетит. Например, запах молока вызывает у грудного ребенка сосательный рефлекс. И наоборот, неприятные запахи могут оказывать угнетающее влияние, вызывать различные отрицательные реакции, вплоть до тошноты, рвоты, обморока.

Ощущая неприятный запах, а особенно запах, свидетельствующий о наличии в воздухе вредных примесей, человек непроизвольно задерживает дыхание, стараясь вдыхать как можно меньше воздуха; при этом полость носа сужается. Наоборот, в горах, где воздух чист, полость носа расширяется.

Приятные запахи вызывают повышение температуры кожи, снижают кровяное давление, замедляют пульс, а неприятные — например, запах аммиака, уксусной кислоты, сернистого аммония — наоборот.

Обонятельные ощущения тесно связаны со вкусовыми, — например, когда речь идет о вкусе пищи, они сливаются. Если же у человека нарушено обоняние, то остается лишь одно ощущение — вкусовое. Тогда нормально воспринимаются только четыре основные категории вкуса — сладкое, горькое, соленое и кислое, а те специфические тонкости, которые свойственны вкусу того или иного продукта, исчезают, так как связаны с запахом. Например, когда у человека сильный насморк, лук кажется ему слад-

ким, как яблоко. В таких случаях пища становится невкусной, пропадает аппетит, появляется тяга к острым, раздражающим блюдам — это объясняется стремлением вознаградить себя за отсутствие ощущения запаха пищи, ее букета. (Между прочим, у людей, тонко различающих вкусовые оттенки, в том числе у профессиональных дегустаторов, по-видимому, особенно хорошо развит не вкус, а именно обоняние.)

Обоняние связано и с другими видами ощущений. Например, некоторые пахучие вещества способны влиять на зрение. Запах нашатырного спирта повышает чувствительность глаз, а под действием запаха бергамотного масла, пиридина, толуола повышается острота зрения в сумерках. Пахучие вещества влияют и на ощущение цвета: например, запахи бергамотного масла, гераниола, камфары делают глаз более чувствительным к зеленому и менее чувствительным — к красному.

Некоторые пахучие вещества влияют на остроту слуха: например, запахи бензола и гераниола значительно ее улучшают, а запахи индола ухудшают. Недавно было установлено, что и слуховые ощущения в свою очередь могут изменять остроту обоняния: она повышается под действием негромких тональных звуковых сигналов.

Все, что окружает человека, в той или иной степени влияет на его обоняние. Особенно большое значение имеют условия внешней среды: влажность, температура и степень загрязнения воздуха, атмосферное давление, свет или темнота. Длительное действие пыли и сухого воздуха может сильно ухудшить обоняние. Зимой некоторые ощущают запахи лучше, чем летом. Для большинства людей запахи лучше всего ощущаются при температуре воздуха 37–38°C. Резкие запахи могут вести к ухудшению обоняния, сохраняющемуся более или менее долгое время. А длительное действие противного, неприятного запаха может вообще парализовать обонятельный нерв. Известен случай, когда хирург навсегда лишился обоняния после вскрытия разложившегося трупа.

Обоняние обычно ухудшается с возрастом. Наивысшего развития оно, по-видимому, достигает в период полового созревания. Снижение обонятельной чувствительности, особенно заметное после 45-

さくら
百物語
前七巻
喜喜
校



летнего возраста, объясняется уменьшением рецепторной поверхности обонятельной области носа и общими изменениями в организме. Вместе с тем существуют «нюхачи», которые долго не утрачивают своих индивидуальных способностей. Видимо, этому способствует постоянная тренировка: по некоторым данным, дольше других сохраняют остроту обоняния химики, парфюмеры, дегустаторы, работники пищевой и табачной промышленности.

Обонятельная функция человека часто бывает понижена в результате внешних воздействий, заболеваний мозга, обонятельного нерва, а главным образом — носа. Хорошее обоняние может быть только у человека с абсолютно здоровым носом, и за этим надо следить с детства.

Ухудшение обоняния могут вызвать многие вещества, травмирующие окончание обонятельного нерва. Например, после вдыхания паров аммиака, нюханья табака, промывания носа раствором квасцов человек на некоторое время теряет способность ощущать запахи.

У женщин обоняние нарушается во время менструации. Это объясняется тем, что прилив крови к половым органам вызывает рефлекторным путем одновременный прилив крови к аналогичной по своему строению ткани носа — иногда настолько сильный, что возникают носовые кровотечения; при этом ткани носа набухают, носовое дыхание затрудняется, и это приводит к ухудшению обоняния.

При ненормально повышенной чувствительности к запахам иногда возникают извращения обоняния: человек воспринимает запахи, большей частью неприятные (запахи сероводорода, гнили, чеснока) даже при отсутствии соответствующего пахучего вещества. Своеобразные извращения обоняния наблюдаются во время беременности: например, некоторым женщинам запах гнили напоминает запах фиалок или чеснока.

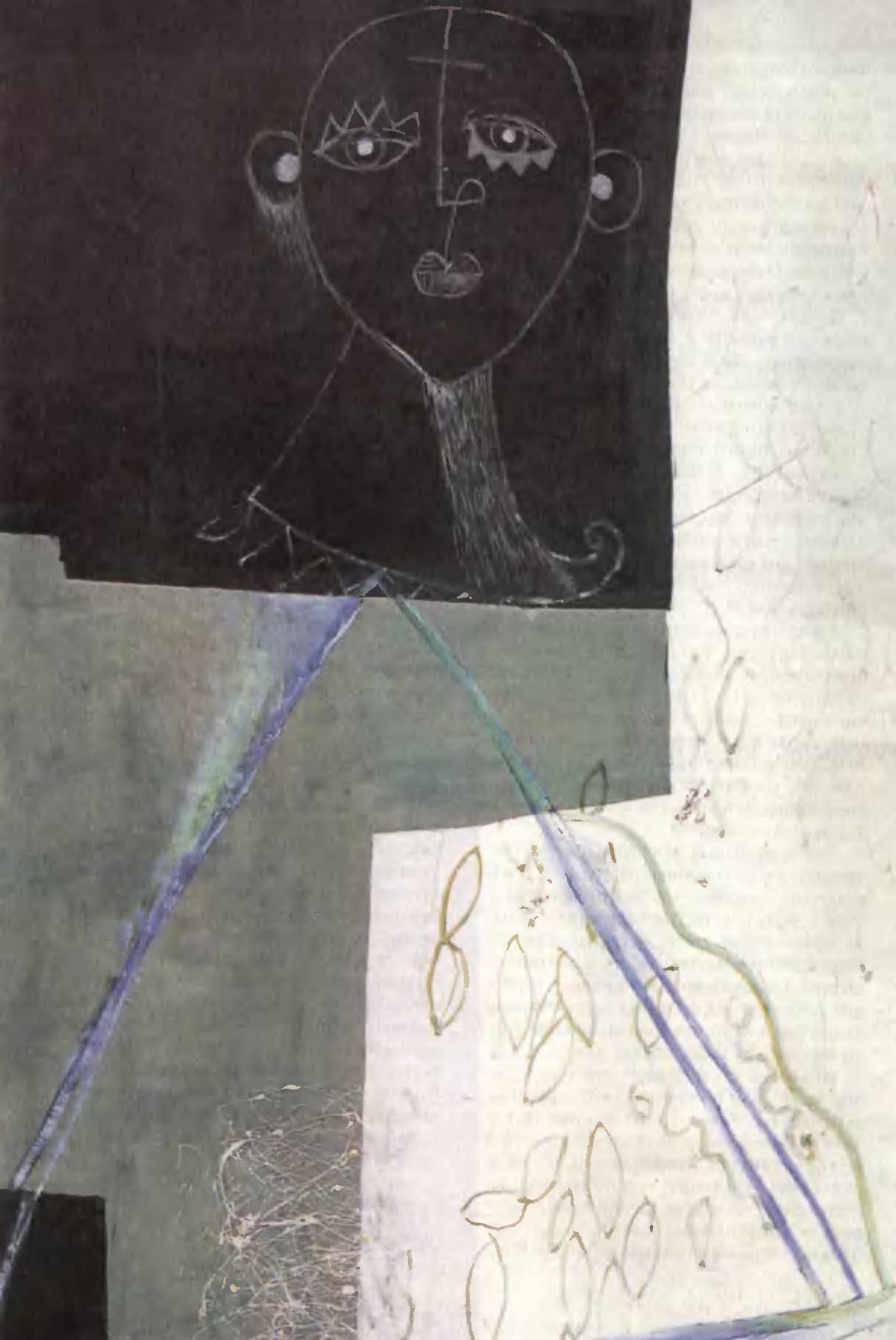
Можно ли как-нибудь воздействовать на обоняние, если оно по каким-то причинам ухудшилось? Такие средства существуют. Это, прежде всего, возбуждающие нервную систему стрихнин, фенамин, кофеин, эфедрин, а также витамин А — этот витамин, участвующий в процессах зрения, входит в состав и обонятельных клеток. Усиливать обоняние могут и витамины группы В. В по-

следнее время обнаружен и такой, на первый взгляд, невероятный факт: обоняние стимулируют радиоактивные изотопы фосфор-32, таллий-204 и прометий-147. Однако такое действие оказывают лишь очень малые их дозы: большие дозы, наоборот, действуют на обонятельный нерв губительно.

При нарушении обоняния важную роль может сыграть правильная диета, направленная на улучшение питания нервной ткани. Она должна включать масло, рыбий жир, мясо, особенно говядину; рекомендуются также бобовые, дрожжи, а также напитки и блюда, возбуждающие нервную систему (крепкий чай, кофе, копчености, соленья). Такие блюда способны, хотя и ненадолго — на несколько часов, улучшить обоняние. Если же обоняние нарушено в результате аллергии, следует включать в рацион больше вегетарианских блюд и избегать консервов, сладостей, спиртных напитков, яиц, рыбы, апельсинов, орехов.

Когда дыхание через нос затруднено, обоняние может полностью отсутствовать: пахучие вещества просто не достигают окончаний обонятельного нерва. В таких случаях восстановить обоняние часто помогает операция. Хирург устраняет все препятствия для воздуха, возникшие в полости носа, а затем под операционным микроскопом с помощью микроинструментов восстанавливает проходимость обонятельной щели и обонятельной борозды, через которые пахучие вещества проходят к обонятельным рецепторам. Такая операция часто приводит к немедленному исцелению: обоняние возвращается к человеку тут же, на операционном столе. Многие больные после операции получают возможность вернуться к своей прежней работе парфюмера или дегустатора.

Особенно много шансов на восстановление обоняния хирургическим путем у тех больных, у которых обоняние время от времени улучшается. Это значит, что обонятельный нерв сохранил свою функцию, а нарушение обоняния вызвано каким-то механическими причинами, которые можно устранить и вернуть человека в мир запахов.



Запахи воспоминаний

Кандидат медицинских наук
В. ЯГОДИНСКИЙ

Когда маленький самолет местной авиации сделал вынужденную посадку прямо на поле где-то в Курганской области, я вышел озабоченный всего лишь задержкой рейса, и вдруг пахнуло чем-то очень знакомым — теплым, полынным, степным. Я вспомнил себя почему-то рядом с лошадью, на стогу сена. Лошадь большая, а стог огромный. Степной ветер всколыхнул глубинные слои памяти, и оттуда стали подниматься воспоминания.

Потом я проверил себя, расспросил родных и знакомых. Да, все было точно. Я случайно оказался вблизи селения, где родился. Интерес мой к таким ностальгическим ощущениям оживился после разговора с испанцем, которого малышом привезли в СССР в 1937 году. Я спросил, что на него особенно сильно подействовало, когда он снова побывал на родине, в Испании? И он ответил: запах! Точнее, два запаха. Один — морского ветра, а другой — присущий домам Валенсии, отдающий мылом запах мраморного корыта для стирки... Что это, простое совпадение наших интимных (и весьма субъективных) ощущений? По-видимому, нет: у многих людей приятные или неприятные воспоминания может вызвать запах духов или лекарств. И чтобы «включить экран» прошлого, хватает нескольких душистых молекул, попавших на мизерный участок слизистой оболочки.

Читаю «В поисках утраченного времени» Марселя Пруста: его герой съел печенье тетушки, и память восстановила картины детства... Тургенева тянуло в Спаское-Лутовиново отовсюду — из Москвы и Петербурга, Парижа и Рима, Берлина и Лондона: «Воздух родины имеет в себе что-то необъяснимое...» У Куприна даже цветы на родине пахнут по-иному, сильнее, чем за границей. Письмо А.К. Толстого из имения Пустынька от 22 августа 1851 года: «Сейчас только вернулся из ле-

су, где искал и нашел много грибов. Мне раз как-то говорили о влиянии запахов и до какой степени они могут напомнить и восстановить в памяти то, что было забыто уже много лет. Мне кажется, что лесные запахи обладают всего больше этим свойством... Вот сейчас, нюхая рыжик, я увидел перед собой, как в молнии, все мое детство во всех подробностях до семилетнего возраста».

В иммунологии есть понятие так называемого «первородного греха», заимствованное из библейской терминологии. Суть его в том, что самая первая встреча организма, например с вирусом гриппа, производит столь сильный иммунологический эффект, что клетки, образующие антитела, «запоминают» узор мозаики антигенной оболочки вируса. Потом, при встрече с другими вирусами гриппа, организм наряду с новыми иммунными заготовками продолжает штамповать противотела и к «пример-штамму» вируса.

Человек всю жизнь носит в крови защитные тела не только к вирусам и бактериям, но и к любым веществам, способным вызвать иммунную реакцию. Наука знает по крайней мере пять источников «чужих» молекул. О микроорганизмах мы уже упоминали. Второй источник — пища (вот оно, то самое печенье тетушки, заставившее героя Пруста вспомнить детство). Третий — пыльца растений (самый распространенный аллерген). Четвертый — химические вещества (промышленные вредности, бытовые химикаты, например стиральный порошок, краска для волос). Пятый принадлежит самому организму. Это может быть эмбрион — плод, обладающий антигенами не только матери, но и отца, или ставшие «чужими» клетки-уроды, появившиеся в организме из-за генетических аномалий или старения.

И хотя уже давно бытует понятие «иммунологическая память», означающее настороженность к веществам, когда-либо побывавшим в организме, о связи этой памяти с нашей памятью в ее обычном понимании пока вроде бы еще никто не говорил. А зря. В корне иммунных реакций лежат весьма тонкие процессы распознавания «своего» и «чужого» на основе долговременной иммунологической памя-

ти. На некоторые повторные встречи с аллергеном организм отвечает бурной реакцией (вспомните про своих знакомых с бронхиальной астмой или с повышенной чувствительностью к пыльце). Не такой ли механизм сработал у А.К. Толстого, когда он, нюхая рыжик, мгновенно вспомнил детство?

Но почему вспомнил? Какая связь между запахом-аллергеном, памятью головного мозга и памятью иммунологической? Давайте порассуждаем. Основная арена, на которой бушуют реакции иммунитета, — это костный мозг, кроветворная, а точнее, лимфоидная ткань. Главные действующие лица — клетки этой ткани, прежде всего лимфоциты и макрофаги.

Аллергия — лишь частный случай ответа иммунной системы на повторный контакт с антигеном. А пахучие вещества — лишь часть химических раздражителей, способных вызвать аллергию. Число вариантов лимфоцитов, играющих основную роль в иммунитете, столь велико, что любой антиген всегда находит в организме сорт лимфоцитарных клеток с соответствующими рецепторами. Контакт между антигеном и рецепторами вызывает бурную реакцию размножения «нужных» вариантов клеток.

Образующиеся при аллергии иммунные комплексы могут повреждать некоторые виды клеток организма, представляющих собой «склады» высокоактивных веществ, например гистамина и ацетилхолина. Резкое повышение концентрации этих нейростимуляторов в крови и тканях (особенно мозговой) вызывает своеобразный шок, закрепляющий ассоциации иммунологической и мозговой памяти.

Не замкнулась ли цепочка? Память — биологические реакции — внешние воздействия?

Давайте снова обратимся к художественной литературе. Герой романа Германа Гессе «Игра в бисер» Иозеф Кнехт вспоминает:

«Мне было тогда лет четырнадцать, и произошло это ранней весной... Однажды после полудня товарищ позвал меня пойти с ним нарезать веток бузины... Мы подошли к кустам бузины, усыпанным крохотными почками, листики еще не про-

клюнулись, а когда я срезал ветку, мне в нос ударил горьковато-сладкий резкий запах. Казалось, он вобрал в себя, слил воедино и во много раз усилил все другие запахи весны. Я был ошеломлен, я нюхал руку, нож, ветку... Мы не произнесли ни слова, однако мой товарищ долго и задумчиво смотрел на ветку и несколько раз подносил ее к носу: стало быть, и ему о чем-то говорил этот запах...

Примерно в то же самое время я увидел у своего учителя музыки старую нотную тетрадь с песнями Франца Шуберта... Как-то, дожидаясь начала урока, я перелистал ее, и в ответ на мою просьбу учитель разрешил мне взять на несколько дней ноты... И вот, то ли в день нашего похода за бузиной, то ли на следующий, я вдруг наткнулся на «Весенние надежды» Шуберта. Первые же аккорды аккомпанемента ошеломили меня радостью узнавания: они словно пахли, как пахла срезанная ветка бузины, так же горьковато-сладко, так же сильно и всепобеждающе, как сама ранняя весна! С этого часа для меня ассоциация — ранняя весна — запах бузины — шубертовский аккорд — есть величина постоянная и абсолютно достоверная, стоит мне взять этот аккорд, как я немедленно и непременно слышу теркий запах бузины, а то и другое означает для меня раннюю весну. В этой частной ассоциации я обрел нечто прекрасное, чего я ни за какие блага не отдам».

Цитата из «Игры в бисер» как бы подводит итог нашему разговору. Прокомментируем некоторые ее места.

Отметим, что это случилось с мальчишкой в переходном четырнадцатилетнем возрасте, в период гормональной перестройки организма, и к тому же весной — то есть в сезон, когда обостряются психофизиологические процессы и чувства. Более того, «чувство бузины» было не индивидуальным — его ощущал и товарищ Кнехта. И особенно важно то, что запах бузины прочно ассоциировался со случайным событием детства: знакомством с музыкой Шуберта. Именно в тот момент музыка произвела на мальчика неизгладимое впечатление и стала вторым, подкрепляющим символом весны, радости, надежды.

Вероятно, широкие ассоциативные

связи с запахами мы унаследовали от предков, в жизни которых обоняние играло огромную роль. Еще более важны запахи для животных. Их поведение от рождения до смерти неразрывно связано с восприятием запахов, которые несут информацию об окружающей среде, возбуждают инстинкты и фактически диктуют характер действий. Этологи, специалисты по поведению животных, считают, что обоняние предшествовало всем другим чувствам, помогающим на расстоянии ощущать пищу, врагов, особей противоположного пола.

У животных запахи служат компасом, по ним звери определяют родство, находят детей. Наконец, запахи — залог порядка: общественная жизнь животных была

бы невозможна без строгой иерархии распределения запахов по территории и среди соплеменников.

По отношению к человеку проблема «обоняние и поведение» почти не исследована, хотя, нужно полагать, не только парфюмерия заинтересована в этом.

Когда у только что вернувшихся из длительного многомесячного орбитального космического полета Л. Кизима, О. Атькова и В. Соловьева спросили, какое самое острое чувство они испытали, вернувшись на Землю, то космонавты в один голос ответили: «Запахи!»

1986, № 4

Чем пахнет селедка?

Не так уж прост этот вопрос, как может показаться. Запах селедки (как, впрочем, почти всех вкусных вещей) обусловлен десятками летучих веществ. И все же среди них есть основные, ведущие, которые в первую очередь формируют запах. В селедке это... Погодите, попробуем, опознать эти вещества в несложном опыте. Давайте исследуем селедочный рассол.

К пробирке или круглодонной колбе подберите резиновую пробку с отверстием и через отверстие пропустите стеклянную трубку длиной 20–30 см, которая будет служить воздушным холодильником. В этот нехитрый прибор налейте немного селедочного рассола и столько же крепкого раствора едкого натра или стиральной соды, чтобы среда стала сильно щелочной. Жидкость должна заполнить сосуд примерно на пятую часть объема.

Закройте сосуд пробкой с холодильником и нагрейте смесь рассола со щелочью. К отверстию трубки-холодильника поднесите влажную красную лакмусовую бумажку. Ее цвет изменится; вывод вы, наверное, сможете сделать сами.

Теперь поднесите к отверстию стеклянную палочку или трубочку, смоченную концентрированной соляной кислотой. Образуется белый дым. Как вы думаете, почему? Наконец, подожгите пары, выходящие из трубки: они горят бледным пламенем.

Замените пробку с холодильником другой пробкой, с газоотводной трубкой. Пары, выходящие при нагревании через газоотводную трубку, пропустите через раствор хлорного железа. Образуется осадок гидрата окиси железа. Вот теперь мы сможем определенно ответить, чем же пахнет селедка: для этого достаточно осторожно понюхать выделяющиеся пары.

Судя по всему, мы имеем дело с аминами — продуктами распада белков. Аммиак, правда, вел бы себя примерно так

же, но он не горит на воздухе. Таким образом, запах селедки обусловлен аминами. Больше всего в рассоле диметиламина $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ и триметиламина $(\text{CH}_3)_3\text{N}$.

Подобный опыт можно сделать и с самой селедкой. Кусочек селедки, освобожденный от костей, измельчите и растолките в ступке с гашеной известью так, чтобы получилась влажная паста (гашеную известь берите в избытке). Наполните пробирку этой пастой на треть. Несильно нагрейте пробирку в пламени и подожгите спичкой выходящие газы. Они горят бледным пламенем. Поднесите к пробирке красную влажную лакмусовую бумажку — она синее (фенолфталеиновая краснеет). Пробирку закройте пробкой с газоотводной трубкой, конец которой опущен в раствор хлорного железа — выпадает красно-бурый осадок $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

В. СКОБЕЛЕВ
1976, № 5

Ароматическое кино

О необычном кинематографе – с ароматическим сопровождением – читатели, возможно, уже слышали: время от времени о нем появляются сообщения в газетах. Предлагаем более подробную информацию, что называется, из первых рук: эта статья написана одним из авторов изобретения.

Ю. М. ВАКУЛИН

С того времени, когда «великий немой» заговорил, прошло около полувека. Техника кинопроекции и воспроизведения звука совершенствовалась эти годы постоянно. Появились цветные, стереоскопические, широкоформатные, стереофонические фильмы, круговая панорама. Что еще можно предложить зрителю?

Ему можно предложить запах. Кинозрители получают информацию через зрение и слух, обоняние забыто. В жизни так не бывает.

Человек живет в мире запахов. Они несут информацию – о месте, где человек находится, об окружающих его предметах, о растениях и животных, о времени года, о погоде – да мало ли о чем еще!

Запахи формируют настроение и самочувствие. Одни запахи вызывают бодрость, свежесть, душевный подъем, радостное состояние; другие, напротив, – утомление, раздражение, огорчение, отвращение, страх. Даже мир воспоминаний – это мир запахов. Море – запах иода и водорослей, осень в средней полосе – аромат яблок, грибов, мокрого леса, степное лето – терпкий запах полыни, чабреца и теплой дорожной пыли...

Запахи вызывают зрительные и слуховые ассоциации (и, наоборот, зрительные и слуховые образы рождают запаховые ассоциации). Так, запахи хвои и озона рисуют в нашем воображении картину леса после грозы; а снимок такого леса вызывает ощущение, будто запахло хвоей и озоном...

Неразрывная связь обоняния со зрительным и слуховым восприятием и привела нас к мысли о том, что кинофильму требуется ароматическое сопровождение.

И без него, конечно, кинематограф может существовать, но с ним он станет намного богаче.

Генератор запахов для кинематографа был изобретен автором этих строк и В.И. Андриановым. Этот генератор позволяет воспроизводить в кинозале ароматы, соответствующие кадрам фильма, причем синхронно с изображением и звуком. На устройство было выдано авторское свидетельство за номером 391833. Суть работы генератора в том, что он ароматизирует воздух по сигналам особой системы синхронизации, причем эти сигналы считываются с дорожки запахов, которая, как и звуковая дорожка, нанесена прямо на киноленту.

Собственно генератор – это аэродинамическая труба, в которой расположены форсунки. Они связаны трубопроводами с баллоном сжатого воздуха и емкостями, содержащими различные ароматические жидкости. На трубопроводах установлены электромагнитные клапаны, которые управляются сигналами системы синхронизации. Когда тот или иной клапан открывается, ароматическая жидкость и сжатый воздух поступают в форсунки, и образующийся аэрозоль распыляется в приточный воздух, который гонится в зрительный зал.

Ну а какие надо брать ароматические жидкости и сколько их брать? На этот вопрос единого ответа быть не может. Все зависит от сюжета фильма, от замысла режиссера. И, вероятно, от мастерства человека, который будет заниматься ароматическим аккомпанементом (если хотите – запахорежиссера или запахооператора).

Магнитную дорожку запахов, на которой закодировано ароматическое сопровождение, можно нанести на киноленту со стороны, противоположной звуковой дорожке. А можно совместить ее со звуковой дорожкой, только в этом случае надо использовать частоты за диапазоном слышимости (более 20 кГц). Запаховая информация наносится в виде сигналов различной частоты и длительности. Частота (или совокупность наложенных частот) определяет запах (или гамму запахов) в воздухе кинозала, а от длительности сигнала зависит, как долго просуществует в зале тот или иной аромат. Разуме-

ется, придется учесть время, затраченное на движение ароматизированного воздуха от генератора к зрителю, — дорожку запахов придется сместить относительно звуковой дорожки в соответствии с временем запаздывания.

А теперь о том, как будет работать кинотеатр, в котором показывают фильма с ароматическим сопровождением.

Как только начинается фильм, включают питание генератора запахов и системы синхронизации. Наружный воздух, обработанный в кондиционере до нормальной температуры и влажности, поступает в генератор. Магнитная головка считывает сигналы дорожки запахов, они усиливаются, а затем в блоке полосовых фильтров выделяются сигналы определенных частот. Они и приводят в действие те или иные исполнительные реле, замыкающие цепи питания клапанов. Клапаны открываются, аэрозоль распыляется в потоке воздуха. Потом сигнал прекращается, реле размыкаются и клапан перекрывает подачу ароматического аэрозоля.

Ну а как же запах доходит до зрителя? Ароматизированный воздух подают в распределительный коллектор, откуда он поступает в сопла, установленные на спинках кресел. Направленной струей воздух подается к носу. Конструкция сопла позволяет зрителю регулировать направление струи и количество подаваемого воздуха. Естественно, что перед первым рядом придется поставить какой-либо барьер с соплами.

Если зритель слабо воспринимает запах, он может увеличить поток ароматизированного воздуха, если же он по какой-либо причине (скажем, аллергического характера) не желает ароматического сопровождения, он вовсе выключает подачу воздуха.

Такая задача ароматизированного воздуха позволяет, по наблюдениям авторов, четко синхронизировать запахи с изображением и звуком даже при весьма динамичном сюжете фильма: запахи могут сменяться через одну-две секунды, и это при весьма небольшой скорости подачи воздуха (не более 0,5 м/сек).

Чтобы удалить ароматизированный воздух, на спинках кресел придется сде-

лать перфорацию, и через отверстия воздух будет уходить в вытяжной коллектор. Вентиляторы прогонят воздух через электрофильтр и выбросят его — уже в очищенном виде — в атмосферу. В холодное же время года очищенный воздух можно подать в рециркуляционный воздухопровод, дополнительно очистить его от избыточной влаги и углекислоты и вновь направить в генератор запахов. В этом случае кондиционер будет работать более экономично.

Заметим, что создание такого кинотеатра — вполне реальное дело. И зал построить не так уж сложно, и ароматические жидкости можно подобрать. По крайней мере химическая промышленность в состоянии синтезировать вещества с любыми природными запахами (и даже с запахами, не существующими в природе).

Авторы изобретения, конечно, надеются, что кинотеатры с ароматическим сопровождением рано или поздно будут построены. В них удастся достичь более полного эффекта присутствия, и зрители воспримут фильм эмоциональнее, нежели в обычном кинотеатре.

И еще одно немаловажное удобство: попутно с запахами из зала постоянно будут уходить избыточное тепло, влага, углекислый газ — ведь такое кино требует непрерывной вентиляции и регенерации воздуха. Значит, комфорт обеспечен.

1977, № 1

Чем пахнут деньги

«Деньги не пахнут», — надменно заявил римский император Веспасиан, когда сенаторы выразили недовольство по поводу введенного им налога на общественные уборные. Но хотя на сенаторов его слова возмели должное действие, император был все-таки не совсем прав. Каждый, кто занимался нумизматикой или хотя бы держал в руках старинные монеты, знает, что они обладают особым, ни на что не похожим запахом. Чем же он пахнут?

На протяжении многих столетий подавляющее большинство монет чеканили из золота, серебра или меди. Сами по себе эти металлы, как известно, запаха не имеют. Однако они могут вступать в реакции с разнообразными веществами, и при этом нередко образуются соединения с довольно сильным запахом.

Серебро, например, под действием сероводорода (а его в воздухе бывает довольно много, особенно в вулканических областях) покрывается тонкой пленкой сульфида серебра, который, в свою очередь, взаимодействуя с более сильными, чем сероводород, кислотами или аммиаком, снова выделяет сероводород: это явление можно наблюдать при чистке домашних серебряных изделий. Кроме того, серебро легко дает комплексные соединения, в том числе с тем же аммиаком — при этом образуется комплексный ион $[Ag(NH_3)_2]^+$, в котором ам-

миак связан сравнительно непрочно и при разрушении комплекса вновь выделяется в окружающую среду.

Еще легче вступает в различные соединения медь. На воздухе она окисляется; окись меди под действием влаги переходит в гидрат, а тот, реагируя с сернистым газом, также часто присутствующим в воздухе, превращается в медный купорос $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ — его синий налет можно заметить на монетах, которые долгое время пролежали в сырости. Под действием аммиака медный купорос превращается в $CuSO_4 \cdot 5NH_3$, а это соединение во влажном воздухе способно снова обменивать аммиак на воду, выделяя его в окружающую среду. Наконец, для меди характерно образование сложных комплексов с органическими лигандами, содержащими азот и серу; разложение этих лигандов может привести к образованию пахучих соединений.

Дурно пахнущие продукты могут образоваться и при выщелачивании олова, теллура, свинца и мышьяка, обычно присутствующих в монетах из-за плохой очистки меди. Мышьяковистый водород и другие соединения мышьяка, например, обладают резким запахом чеснока.

Это все запахи, присутствующие, так сказать, самому металлу, из которого сделана монета. Но прежде чем попасть в коллекцию, каждая монета проходит через тысячи рук, далеко не всегда чистых (и в переносном, и в самом прямом смысле). При этом на по-

верхности монеты остается грязь, кожное сало, пот — ведь выделение его, в том числе мелкими потовыми железами, которых очень много на кончиках пальцев, усиливается, когда человек испытывает волнение, а всевозможные денежные операции нередко связаны с теми или иными душевными переживаниями. (Для полноты картины можно добавить, что на монетах может оказаться и кровь.)

Вещества, попадающие таким путем на поверхность монет, часто тоже могут придавать им разнообразные запахи. Например, мочевины, которой в поте около 0,1%, при разложении в естественных условиях дает опять-таки аммиак. Свой специфический резкий запах имеют входящие в состав пота ацетон и другие кетоны. При самопроизвольном разложении жиров — сложных эфиров глицерина и различных жирных кислот — могут выделяться муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная кислоты, тоже обладающие крайне неприятными запахами. Резкий и тоже неприятный запах могут придавать монетам меркаптаны — продукты гниения белков.

Органические вещества, скапливающиеся на поверхности монет, образуют благоприятную среду для роста микроорганизмов. Правда, тяжелые металлы, из которых состоят монеты, обладают сильным токсическим эффектом и подавляют рост и развитие многих бактерий даже в чрезвычайно низких концентрациях: для полного подавления роста

кишечной палочки достаточно всего 0,03 мг ионов серебра на литр раствора. Однако многие микробы тем или иным способом научились избегать токсического действия металлов. Известно немало примеров роста микробов в растворах солей тяжелых металлов (например, в 1%-ном растворе медного купороса) и даже прямо на поверхности медных пластинок. Даже серебро микробы умеют обезвреживать: смешанная культура золотистых стафилококков, псевдомонад и коринебактерий прекрасно может развиваться на средах с довольно высокой его концентрацией. Поэтому, между прочим, эпидемиологи не отрицают возможности распространения некоторых патогенных микробов через денежное обращение.

Поселяясь на поверхности монет, микроорганизмы усиливают процессы разложения и химической переработки как самого материала монеты, так и попавших на нее загрязнений. Некоторые микробы выделяют вещества, выпечаляющие не только серебро, но и золото...

Как видите, монеты, особенно старинные, просто не могут не пахнуть. Правда, концентрации пахучих веществ на их поверхности очень малы, так что различить отдельные запахи, образующие «букет» той или иной монеты, наше обоняние неспособно. Это под силу, пожалуй, только собакам: ведь находят же они по запаху месторождения ценных руд,

трещины в подземных газопроводах и тайники с наркотиками. Может быть, когда-нибудь и нумизматы приспособят четвероногих друзей для своих целей — научат их, скажем, отличать запах настоящие монеты от поддельных...

В. ЧУБУКОВ
1982, № 7

И у человека есть нюх

У собак ритуал знакомства включает обязательное обнюхивание — полагают даже, что их чутье развито настолько же сильно, насколько у человека развито зрение. И вообще у животных, в том числе и млекопитающих, обоняние выполняет важнейшую информационную роль: оно помогает детенышам находить свою мать, а взрослым особям узнавать друг друга и находить партнеров для продолжения рода.

У животных словами языка запахов служат летучие органические соединения, выделяемые потовыми железами. Есть такие железы и у человека, и они выделяют те же вещества, что и железы других млекопитающих. Более того, оказалось, что и у человека сохранилась рудиментарная способность находить по запаху свои собственные вещи и отличать вещи женщин от вещей мужчин. Опыты, как положено, делались на студентах-добровольцах, не употреблявших душистого мыла, дезодорантов и духов; вещи, которые надо было

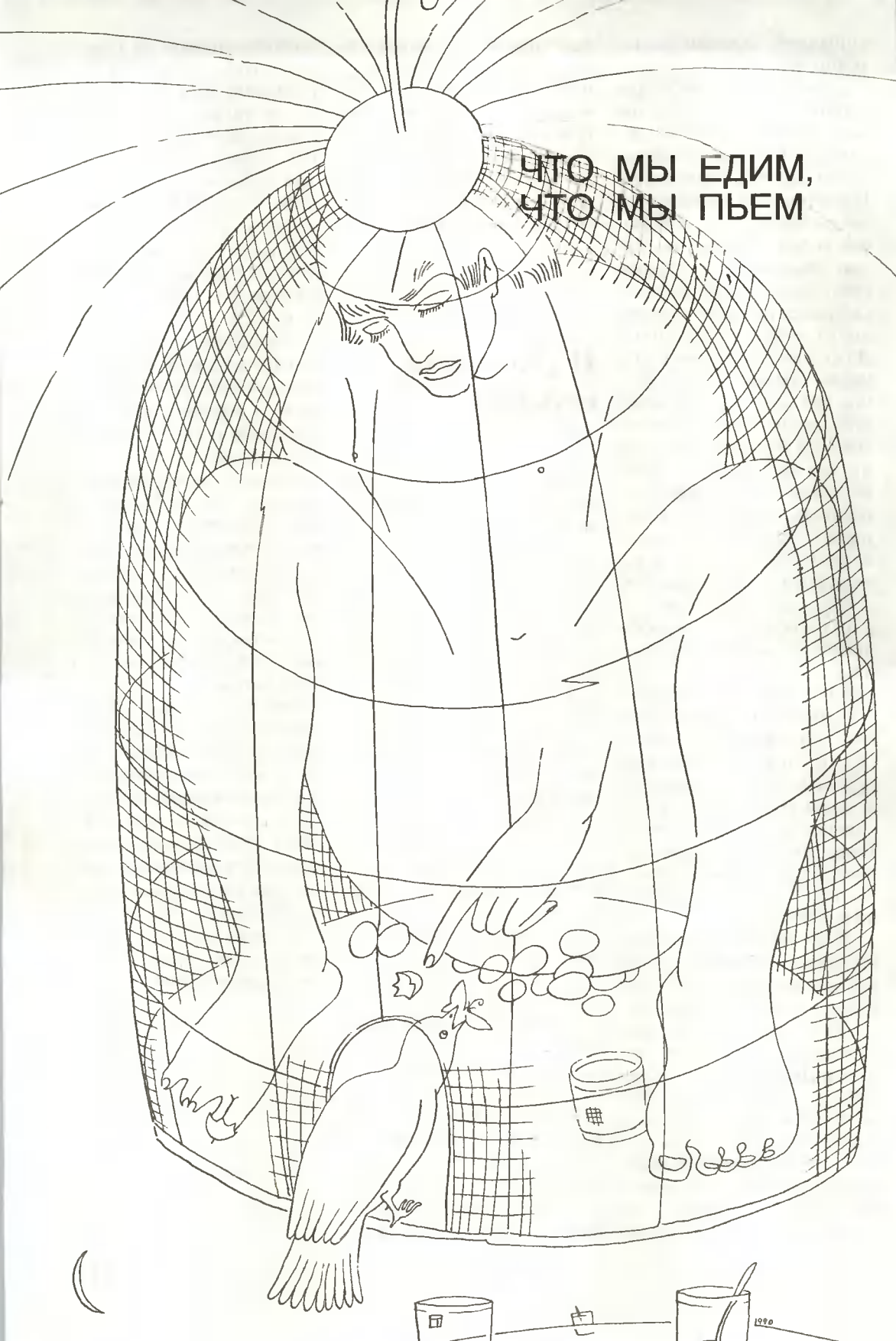
идентифицировать по запаху, помещались в коробки с треугольными вырезами для носа, так что возможность подглядывания была исключена. Тем не менее опыты оказались удачными, причем интересно, что свой собственный запах мужчины распознают лучше, чем женщины; мужчины же лучше отличают мужской запах от женского.

У детей способность распознавать запахи определялась, конечно, несколько иначе: к их носикам поочередно подносили тампоны, смоченные материнским молоком и молоком чужой матери, и следили за реакцией. До двухнедельного возраста дети с равным энтузиазмом реагировали на запах любого молока, даже коровьего. В возрасте шести недель они, однако, уже почти совсем не ошибались, предпочитая молоко своей матери.

Значит, у человека врожденной является лишь способность находить по запаху пищу, а умение дифференцировать запахи развивается только с накоплением жизненного опыта — так же, как, скажем, развивается зрение. Но впоследствии эта способность угасает, так как в жизни взрослого человека обоняние уже не играет столь важной роли, как в раннем детстве.

В. БАТРАКОВ
1976, № 12

ЧТО МЫ ЕДИМ,
ЧТО МЫ ПЬЕМ



Запах хлеба

И. ВОЛЬПЕР

Говорят, что любая пища приедается, но хлеб – никогда. Не потому ли в течение многих веков хлеб сохранил свою простую формулу: мука, дрожжи, соль и вода? Менялись способы выпечки и приемы приготовления теста, но неизменными оставались и неповторимый аромат хлеба, и наше к нему отношение...

Запах, идущий из пекарни, – один из самых лучших на свете. Но чем же пахнет свежий хлеб?

Ответ может быть одним: свежим хлебом.

ДВЕСТИ СОСТАВЛЯЮЩИХ АРОМАТА

Еще в начале века дело представлялось довольно простым: тогда, в 1910 г., были синтезированы мальтол и изомальтол, которые, как полагали, и создают запах пшеничного хлеба. Но отчего-то эти вещества в одиночку и вместе никак не могли воспроизвести подлинный хлебный дух...

Позднее, в 1935 г., нашли, что диацетил и ацетоин тоже играют не последнюю роль в создании хлебного запаха. Пять лет спустя удалось идентифицировать еще одно важное соединение – оксиметилфурфурол. Попутно обнаруживали и другие вещества, которые, пусть и в меньшей степени, однако бесспорно влияли на аромат хлеба, и лет сорок назад таких веществ насчитывалось около шестидесяти. Но это было только начало.

К 70-м годам стало достоверно известно, что в хлебе есть по меньшей мере 174 вещества, образующих аромат, в том числе 21 углеводород, 70 карбонильных соединений, 23 спирта и фенола, 32 кислоты, 17 эфиров, 9 серосодержащих соединений и проч. Но уже несколько лет

спустя более точные газохроматографы и спектрометры показали, что есть и другие вещества, и сейчас список соединений перевалил за две сотни. Надо полагать, на этом дело не кончится...

Откуда же все эти вещества берутся? Они не приходят в готовом виде вместе с сырьем. Из немногочисленных сырьевых материалов для хлеба лишь соль может влиять на вкусовые свойства (но отнюдь не на запах). Отсюда вывод: вещества, создающие аромат, появляются во время брожения и выпечки.

Привычный нам кислый хлеб известен примерно две с половиной тысячи лет. Геродот писал: «Все люди боятся, чтобы пища не загнила, а египтяне замешивают тесто так, чтобы оно подвергалось гниению». Под «гниением» он подразумевал брожение. И в том и в другом случае, по мнению наших предков, в продукт вселялся некий дух.

Человечеству надо было дорасти до открытия микроорганизмов, чтобы понять, отчего бродит тесто. В результате жизнедеятельности микробов, внесенных с дрожжами или с закваской, распадаются органические вещества пшеницы, и при этом в первую очередь образуются спирты (преимущественно этиловый). Затем наступает очередь альдегидов, несомненный лидер среди которых – ацетальдегид. При брожении ржаного теста образуются также кислоты, прежде всего молочная и уксусная.

Формирование запаха завершается уже при выпечке. Независимо от того, где пекут хлеб, – в русской ли печи или на хлебозаводе, где печь обогревается паровыми трубками, – решающую роль играет высокая температура. В пекарной камере она колеблется от 210 до 280°C, а кусок теста при этом нагревается до 100–180°C. Именно при температурах за сто градусов идут реакции меланоидинообразования, при которых сахара соединяются с аминами, аминокислотами, пептидами и белками. Эти реакции идут преимущественно в хлебной корочке (самой ароматной!). Образуются упомянутые выше мальтол и изомальтол, а кроме того, пиразины и их производные, карбонильные соединения, производные пиррола и пиридина. Хлеб становится хлебом.

ДОЗА ОПРЕДЕЛЯЕТ АРОМАТ

В XVI веке жил в Базеле алхимик и врач Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм, известный всему просвещенному миру под именем Парацельс. Он оставил немало мудрых советов, и среди них, пожалуй, наиболее известно следующее: «*dosis sola facit venenum*». Точный перевод с латыни затруднителен, а примерный выглядит так: «Только доза делает вещество ядовитым».

Примерно четыреста лет спустя доктор Манфред Роте, автор монографии «Аромат хлеба», несколько изменил изречение Парацельса. «Только доза определяет аромат» – вот его мнение. (К сведению тех, кто заинтересуется нашей темой более глубоко: в 1978 г. книга М. Роте вышла в русском переводе под редакцией профессора Л.Я. Ауэрмана.)

И действительно, с концентрацией ароматообразующих веществ хлеба дело обстоит именно так – только в правильном сочетании эти соединения способны доставить нам удовольствие. Например, фурфурилмеркаптан в разбавленном виде придает хлебу его естественный запах, а в концентрированном – запах лука-порея; могут быть разные мнения об этом запахе, но в хлебе он совершенно ни к чему.

Еще пример – с меркаптаном. В слабых концентрациях это вещество участвует в формировании запаха многих пищевых продуктов, в том числе и хлеба. Но концентрированный меркаптан придает хлебу, мягко говоря, неприятный запах.

Есть такой порок хлеба, который называется картофельной болезнью (или тягучей болезнью): мякиш становится тягучим и приобретает неприятный запах. Если проанализировать вещества, ответственные за аромат, то окажется, что в больном хлебе присутствуют те же соединения, но в измененной пропорции. Так, резко увеличивается содержание ацетона, бутандиола и особенно диацетила. Если в хорошем хлебе диацетила не более 0,5 мг/кг, то в хлебе, пораженном картофельной болезнью, его уже 15, а то и 30 мг/кг. И благородный аромат хлеба искажается безвозвратно. Это пло-

хо – и не только с эстетической точки зрения.

Запах хлеба имеет физиологическое значение. Человеку безразлично, какой хлеб он ест – душистый или безвкусный. Можно утверждать, что хороший аромат полезен, и недаром пахучий, с приятным запахом хлеб ценится выше.

Конечно, мякиш усваивается лучше, когда он достаточно разрыхлен и эластичен, – в таком случае пищеварительные ферменты атакуют его гораздо эффективнее. Но ароматный хлеб вызывает к тому же обильное выделение пищеварительных соков, что во время еды весьма полезно. Напротив, если хлеб не очень вкусен, то расщепление крахмала в пищеварительном тракте замедляется. Так что выпечка хорошего, вкусного хлеба – в наших с вами интересах...

Старый деревенский хлеб отличался сильным ароматом, и не оттого, что были какие-то секреты, ныне утерянные, а по той простой причине, что его достаточно долго пекли в «маломощных» печах. Теперь хлебопечение стало индустриальным – иначе на всех хлеба не приготовить. Но и на современном хлебозаводе, с конвейера которого каждый час сходят тысячи буханок, батончиков и булок, можно и нужно изыскать способы, позволяющие интенсифицировать аромат хлеба. Для этого есть и чисто технологические возможности, и некоторые возможности химического толка.

ВПОЛНЕ ПРИЕМЛЕМЫЕ ДОБАВКИ

До сих пор речь шла о естественном запахе хлеба. Однако выдано уже немало патентов, согласно которым хлеб можно облагородить, добавляя в тесто те или иные ароматизаторы.

Еще в 1960 г. было обнаружено вещество с явственным запахом хлебной корки; оно получалось из пролина и глюкозы при нагревании до 120°C. Восемь лет спустя из настоящей хлебной корки было выделено вещество, придающее хлебу запах солодового крекера. Это соединение – тетрагидроацетопиридин – вскоре удалось получить синтетически. Однако, надо сказать, оба вещества широкого распространения в промышленности не получили. Да

и вообще отдельные ароматизаторы вряд ли могут пробить себе дорогу: если раньше в ходу была теория, утверждавшая, что запах формируют отдельные ключевые вещества, то теперь общепризнано, что аромат (по крайней мере хлеба) образуется только при определенной комбинации большого числа разных соединений. А если так, то искусственный запах хлеба влетит в копеечку...

Другое дело, когда для тех или иных сортов хлеба берут в качестве ароматических добавок разные пряности. В нашей стране выпускают заварной, московский, минский, бородинский, рижский хлеб (перечень далеко не полон). И запах пряности настолько «вписывается» в общий аромат, что становится отличительным признаком сорта. Знакомый многим запах минского или рижского хлеба обусловлен в значительной степени карвоном и лимоненом – веществами, которые входят в состав эфирного масла тмина. А добавка анисового семени к хлебу тех же сортов обогащает его ароматом анитола, анисового альдегида и анисовой кислоты. Кориандр в чайном и карельском хлебе придает им легкий запах ландыша – благодаря линалоолу, который входит в состав кориандрового масла. В донецкий хлеб добавляют ванилин, в целинный – хмель, эфирные масла которого содержат многие ароматические вещества и терпены...

Все эти добавки, как нетрудно понять, совершенно безвредны. Ароматизированный хлеб всегда пользовался неплохим спросом, и, надо полагать, появятся и новые сорта с новыми добавками. Но не будем забывать о простом – пшеничном или ржаном, без всяких добавок, – хлебе. Исследования веществ, которые формируют его запах, продолжаются, и рано или поздно картина полностью прояснится. И тогда, будем надеяться, хлеб заводской выпечки не уступит по части аромата своему несравненному предку – деревенскому хлебу.

1980, № 2

Хлеб, мука и адгезия

*Доктор технических наук
А.Д. ЗИМОН*

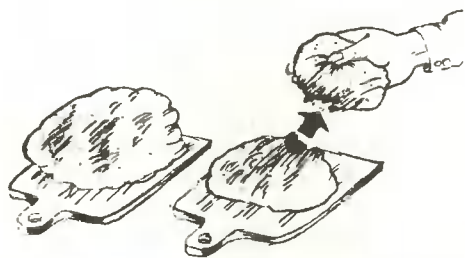
Если бы вас попросили назвать какое-нибудь липкое вещество, то можно сказать с уверенностью, что многие назвали бы, не задумываясь, тесто. И в самом деле, к чему оно ни прикоснется, к тому и прилипнет. В условиях кухни прилипшее тесто удалить нетрудно и потери его незначительны. На хлебозаводах ситуация несколько сложнее хотя бы потому, что масштабы очень уж велики. Прилипание теста к различным поверхностям влечет за собой потери тысяч тонн муки ежегодно. Мириться с этим нельзя.

На хлебопекарных заводах тесто готовят в больших чанах, называемых дежами. Когда их опорожняют, то часть теста, порой несколько килограмм, прилипает к внутренней поверхности. И хотя дежи очищают вручную, все-таки некоторое количество прилипшего теста пропадает. Далее тесто поступает в дозирующее устройство. И тут, и на поверхностях прочего технологического оборудования, вплоть до транспортерных лент, происходит прилипание, или говоря строже, адгезия теста.

Но самый большой вред адгезия приносит при выпечке хлеба. Часть продукта пригорает к формам, их приходится очищать и смазывать растительным маслом. При выпечке миллиона тонн хлеба (что несколько больше годового потребления Москвы) для борьбы с адгезией необходимо затратить тысячу тонн растительного масла и труд четырехсот рабочих. Следовательно, предотвращение адгезии теста напрямую связано с экономией трудовых и материальных ресурсов.

Несколько слов о теории. С адгезией конкурирует родственное ей явление, именуемое когезией: она характеризует связь между молекулами самого вещества, в на-

шем случае теста. Когда адгезия теста к материалу, из которого изготовлено оборудование, превышает когезию, то тесто отрывается, как показано на рис. 1, и часть его неизбежно остается на поверхности.



1
При отрыве часть теста неизбежно остается на поверхности – в том случае, когда адгезия превышает когезию

Чтобы преодолеть адгезию, необходимо полностью оторвать заготовку, причем только по поверхности. Но это возможно лишь тогда, когда адгезия будет меньше когезии. Чтобы реализовать это требование, надо либо увеличить когезию теста, либо снизить его адгезию. Опыт показывает, что второй метод предпочтительнее.

На практике используют три способа: регулирование свойств самого продукта, создание промежуточного слоя, применение антиадгезионных полимерных материалов.

Чтобы получить оттиск, скажем, монеты, берут обычно пластилин и прижимают его к монете, пока он не заполнит все углубления. Контакт, который определяет качество оттиска, зависит от давления, времени соприкосновения и свойств пластилина. Тесто, как и пластилин, – вязкопластический материал, также способный копировать рельеф поверхности. Но если для получения хорошего оттиска желательна площадь контакта побольше, то для снижения адгезии, напротив, площадь должна быть минимальной.

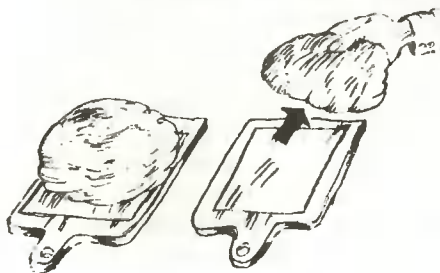
Как же этого достичь? Прежде всего, ограничивая время контакта. Установлено, что для теста, изготовленного из муки первого сорта и имеющего влажность 41,5%, площадь контакта формируется за 12 секунд. Если заготовка находится на транспорте менее 12 секунд, то площадь

контакта просто не успеет сформироваться и потеря продукта исключена.

Далее. Вводя в тесто некоторые вещества, в частности поверхностно-активные, удастся увеличить время, необходимое для формирования площади контакта. Тогда можно оставить заготовку на поверхности и более длительное время. Иногда заготовку теста обдувают воздушной струей, чтобы образовалась корка. Однако для этого необходимо специальное оборудование, а кроме того, не так легко создать корку прямо в месте контакта.

Надо признать, что возможности регулирования адгезии при изменении свойств самого теста, к сожалению, ограничены. Гораздо чаще между тестом и поверхностью создают промежуточный слой. Из домашнего опыта известно, что такой слой можно сделать из муки. Так же поступают на производстве: обволакивают заготовку мукой. Тогда с поверхностью оборудования контактирует уже не тесто, а мука, адгезия которой к металлу значительно меньше. Часть муки при этом прилипает к тесту и попадает в хлеб; но другая часть, к сожалению, пропадает.

При выпечке слой муки вообще не предотвратит прилипания. Вот и приходится брать в качестве промежуточного слоя растительное, чаще всего подсолнечное масло. Ценой своего существования масло спасает часть хлеба, а само оно выгорает. Надо ли терять столь ценное пищевое сырье?



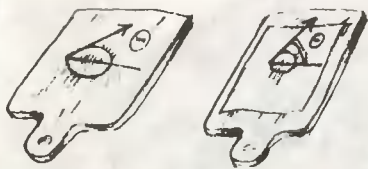
2
Промежуточный слой из полимера выступает в роли буфера: хорошо сцепляясь с металлической поверхностью, он в то же время снижает адгезию теста

Гораздо более рациональный способ — использование в качестве прослойки полимерных материалов (рис. 2). У них мала поверхностная энергия, капли воды сохраняют на них сферическую форму (а на поверхностях с высокой энергией капли воды, напротив, растекаются в пленку). Поверхностная энергия фторопластов находится в пределах 13–15, а полиэтилена 30–40 мДж/м²; у стали она на порядок больше.

Позволим себе привести единственную формулу:

$$w_a = \sigma_n(1 + \cos \Theta),$$

в которой w_a — равновесная работа адгезии, σ_n — поверхностное натяжение воды (72,75 мДж/м² при 20° С), Θ — краевой угол смачивания, легко определяемый экспериментально. Нас интересует величина w_a , ибо установлено: когда она меньше 100 мДж/м², нет ни адгезии, ни пригорания хлеба. Когда больше, то, увы, материал не в состоянии противодействовать адгезии. Этот рубеж наглядно можно



3
Когда краевой угол смачивания больше 67° С, то адгезии и пригорания теста при выпечке практически нет

представить величиной краевого угла (рис. 3): если он больше 67° С, то тесто не пригорит.

Низкая поверхностная энергия материала — это еще не все. Отсутствие химической связи между тестом и полимерным материалом, инертность по отношению к пищевому продукту — эти условия обязательны. Кроме того, далеко не каждый полимер может работать при температуре выпечки.

Для оборудования, работающего без нагрева, предпочтение следует отдать полиэтилену — он дешевле и доступен. Есть уже опыт его использования для борьбы с адгезией теста на многих отечествен-

ных хлебозаводах. Например, полиэтиленом покрывают поверхности делительных устройств, которые из теста формуют заготовки для батонов, булок и т.п. Несколько сложнее дело с транспортными лентами, так как антиадгезионному материалу приходится работать при переменной нагрузке. Но и для этого случая разработаны приемы, позволяющие использовать полимерные материалы: нанесение тонкого слоя, пропитка нитей и т.п.

Естественно, что полимеры, используемые при выпечке хлеба, должны сохранять термостойкость, причем длительное время, по меньшей мере шесть месяцев. Это само по себе непросто, но помимо этого надо как-то закрепить материал на металлической поверхности.

В общем, проблема более сложна, чем кажется на первый взгляд. Тем не менее после долгих исследований и многочисленных испытаний созданы и уже используются антиадгезионные покрытия для хлебопечения. Один из способов (он разработан во Всесоюзном институте хлебопекарной промышленности в сотрудничестве с другими научными учреждениями) предусматривает распыление кремнийорганического полимера и последующее его оплавление. Проверка на хлебозаводах Воронежа и Москвы подтвердила эффективность метода; сейчас его применяют все шире и шире. Предлагаются и другие термостойкие материалы, например на основе растворимых фторлонов: они удобнее, служат больше, чем кремнийорганика, но несколько ее дороже.

Пора подвести итог. Вкратце: полимерные материалы способны предотвратить адгезию теста и его потери на всех стадиях выпечки хлеба. Бережное отношение к хлебу начинается задолго до трапезы...

1982, № 10



Словно из печи...

**Отчего черствеет хлеб
и как замедлить
его черствение**

*Кандидат технических наук
Ф.М. КВЕТНЫЙ,
доктор технических наук
В.В. ЩЕРБАТЕНКО*

Черствый хлеб – это прямые убытки, это зря пропавшее пшеничное или ржаное зерно. Конечно, часть его в виде, скажем, сухарей или хлебного кваса попадает к нам на стол, но все же только часть.

Есть, конечно, и любители слегка зачерствевшего хлеба – его режут на тонкие ломтики, подсушивают или поджаривают и только потом едят. Однако в нашей стране – такова традиция – предпочитают мягкий, свежий хлеб, еще хранящий тепло печи. К сожалению, время, в течение которого хлеб сохраняет первоначальные свойства, недолго; оно зависит от сорта, формы, условий остывания и хранения, но во всяком случае исчисляется часами. Причем свойства хлеба меняются непрерывно с того момента, как он вынут из печи. При остывании хлеб усыхает, теряет влагу. Если в самом начале влажность корки практически нулевая (а температура 130 – 180° С), то затем, по мере охлаждения, корка увлажняется за счет воды, поступающей из мякиша. В первые часы после выпечки корка мягкая, эластичная; по этому признаку мы и судим о свежести хлеба. Но при дальнейшем хранении влага мало-помалу испаряется, корка становится все более твердой, при нажатии она едва деформируется. Все ясно: хлеб зачерствел...

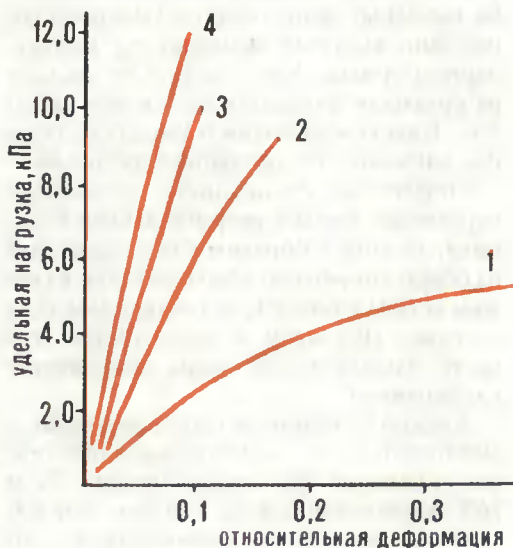
Но еще сто лет назад французский химик Ж.Б. Буссенго показал, что хлеб черствеет и в том случае, когда влага не теряется вовсе, что этот процесс связан с изменениями составных частей муки. С тех пор процесс черствения исследовался неоднократно, с разных позиций и разными

методами. Есть несколько теорий, найденны и применяются различные способы торможения процесса. Но и по сей день процесс до конца не изучен...

ТЕОРИЯ СВЕЖЕСТИ

Чтобы уяснить, насколько свеж хлеб (или, напротив, сильно ли он зачерствел), мы прибегаем обычно к органолептической оценке – на ощупь, на вид, на вкус. Прежде всего, конечно, на ощупь: мягкий ли хлеб, легко ли сжимается под рукой или вилкой...

Так поступают не только потребители, но и специалисты: смотрят, как проминается батон или булка (либо кусочек мякиша) под нагрузкой. Но, разумеется, с помощью приборов, дающих количественную оценку черствения. Так, во ВНИИ хлебопекарной промышленности разработан метод, позволяющий изучать динамику черствения. Суть его в том, что кубик мякиша сжимают под непрерывно возрастающей нагрузкой до локального разрушения, то есть, проще го-



1
Диаграмма деформации сжатия мякиша под действием переменной нагрузки – через четыре часа (1), сутки (2), двое суток (3) и трое суток (4). Чем черствее хлеб, тем зависимость ближе к линейной

вора, пока не появятся трещины. Чем черствее хлеб, тем меньше сжимается его мякиш, а зависимость между деформацией и нагрузкой становится все ближе к линейной: хлеб начинает подчиняться закону Гука (рис. 1). Но если так, то свежесть хлеба, как и прочность стали, можно характеризовать модулем упругости. И чем дольше хлеб дожидается нас в булочной, тем выше у него модуль упругости.

Как известно, черствый хлеб крошится легче свежего. Но растирать мякиш между пальцами – не слишком надежный способ. Лучше положить ломтики на металлическое сито, которое колеблется в горизонтальной плоскости. Выждав некоторое время, надо взвесить образовавшиеся крошки: отношение их массы к массе взятого хлеба – это так называемая крошковатость.

Наконец, и аромат хлеба при черствении ухудшается; этот факт тоже можно оценить экспериментально. Аромат зависит от содержания в хлебе бисульфитсвязывающих соединений, а их удастся определить количественно, окисляя до тех или иных органических кислот.

Все эти изменения в черствеющем хлебе вызваны, само собой разумеется, процессами, которые проходят на молекулярном уровне. Хлеб на 80–85% состоит из крахмала и воды; белков в нем около 8%. Этим компонентам и уделялось главное внимание при изучении черствения.

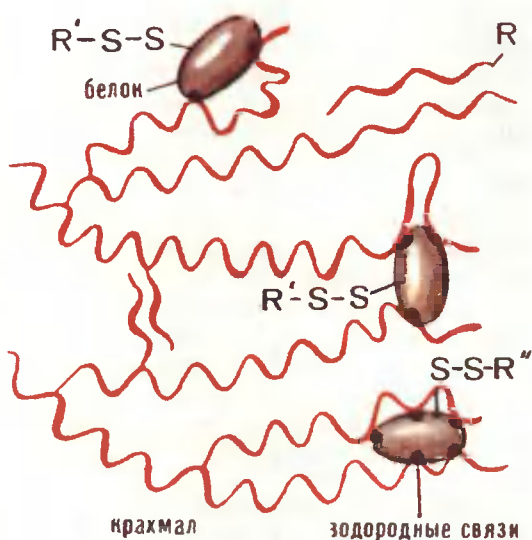
Некоторые специалисты связывают черствение хлеба с ретроградацией крахмала, то есть с обратным его переходом из более аморфного состояния (как в свежем хлебе) в более кристаллическое (как в тесте). При этом предполагается, что часть выделившейся воды связывается клейковиной.

Крахмал состоит из двух фракций – амилозной и амилопектиновой, в пшеничном крахмале их соответственно 24 и 76%. Молекулярный вес амилозы – от 300 тысяч до миллиона, амилопектина – до сотен миллионов. Растворы амилозы весьма нестойки, из них легко выпадают кристаллические осадки. Амилопектин, напротив, образует устойчивые растворы. Выпавшие в осадок цепочки амилозы могут перейти в жидкое состояние только при значительном нагревании, до 140–

150° С, в то время как цепочки амилопектина диссоциируют уже при 50–60° С. Видимо, амилопектиновой фракции и принадлежит главная роль в процессе черствения, в то время как свойства амилозы изменяются незначительно. При тепловом освежении хлеба – скажем, в духовке – вода, находящаяся частично в свободном состоянии, связывается крахмалом, который приобретает более аморфную структуру. Деагрегация амилопектина в процессе освежения хлеба показана на рис. 2.

Некоторые исследователи связывают черствение хлеба с синерезисом крахмала (синерезис – это отсечение жидкой фракции, сыворотки). Они полагают, что при старении клейстеризованный крахмальный студень разделяется на две части. Однако крахмал при выпечке клейстеризуется далеко не полностью, так как в тесте не хватает для этого воды; предположение о синерезисе, при котором выделяется свободная вода, весьма шатко.

Теперь о белках хлеба, которые также влияют на черствение: чем их больше, тем медленнее черствеет хлеб. Во-пер-



2
Схема превращений амилопектина в хлебе. Макромолекулярные цепочки сжимаются при черствении и распрямляются, связываясь с водой при нагреве

вых, белковая структура претерпевает изменения значительно медленнее, чем крахмал, а во-вторых, у высокобелкового хлеба большой удельный объем, в нем много мелких, равномерно распределенных пор, что заметно тормозит черствение.

Многие исследователи придают большое значение взаимодействию крахмальной и белковой фракций. Так, М.И. Княгиничев выдвинул гипотезу, частично подтвержденную опытами, о том, что стенки пор мякиша – это набухшая система, состоящая из денатурированного белка и частично клейстеризованного крахмала. В процессе черствения благодаря гибкости звеньев крахмала его цепные молекулы сближаются и под действием межмолекулярных сил образуется более прочная структура мякиша.

Высказывалось предположение и о том, что при старении мякиша амилоза и амилопектин частично объединяются в агрегаты. Если это справедливо, то старение можно затормозить, заставляя крахмальные полисахариды образовывать комплексы с липидами или белковыми веществами. И в самом деле, добавление этих веществ в хлеб замедляет черствение.

Работы, проведенные во ВНИИХПе, показали, что хлеб черствеет медленнее, когда в мякише тонкие стенки, мелкие поры: в этом случае энергия испарения влаги, адсорбированной на поверхности пор, больше, чем энергия испарения свободной воды. Энтропия биополимеров хлеба растет по мере хранения, когда нет потерь влаги. Это свидетельствует о том, что молекулярные структуры укрупняются, а значит, мякиш становится более жестким и твердым.

Краткий вывод: точек зрения на процесс черствения хлеба более чем достаточно. На наш взгляд, предпочтительнее выглядят теории, учитывающие испарение главного пластификатора хлеба – воды и старение биополимеров.

ПРАКТИКА КАК ПРОДОЛЖЕНИЕ ТЕОРИИ

Зная возможные механизмы черствения, можно ввести в технологию хлебопече-

ния такие приемы, которые замедлят старение хлеба. Таких приемов известно уже немало. Расскажем о нескольких.

Чтобы продлить свежесть хлеба, тесто надо подготовить к выпечке таким образом, чтобы деструкция крахмала благодаря воздействию ферментов и органических кислот, накапливающихся при брожении теста, прошла как можно глубже. Длительное набухание клейковины и крахмальных зерен в тесте благоприятно сказывается на качестве хлеба, но в современном крупномасштабном производстве хлеба оно и экономически, и организационно невыгодно.

Поэтому широко используются ускоренные способы изготовления теста. Как же сделать, чтобы и в этом случае хлеб черствел медленно?

После обстоятельных исследований было установлено, что интенсивная механическая обработка теста даже при кратком, от 60 до 90 мин, брожении позволяет получить тесто, по всем свойствам и по содержанию всех компонентов не хуже контрольного, приготовленного традиционным опарным способом за 5–5,5 часов. Такой интенсивный замес способствует быстрой пептизации крахмала и замедляет его старение. Сложность заключается в том, что конкретные параметры процесса зависят от качества муки и рецептуры изделий; кроме того, излишне энергичная обработка приводит к дезагрегации белков и резкому ухудшению качества (в том числе и к убыстренному черствению). Сейчас известно, что при ускоренном способе наилучшая доза энергии – 30–40 джоулей на каждый килограмм теста.

Помимо сугубо технологических приемов есть и приемы биохимические; тут главная роль принадлежит так называемым улучшителям хлеба. К ним относят в первую очередь ферментные препараты.

Во всякой муке есть амилолитические ферменты, расщепляющие молекулы крахмала. Но в одной партии муки их много, в другой – мало. Вот и получается хлеб то лучше, то хуже. А ферментные препараты позволяют четко регулировать качество теста. Из применяемых

сейчас ферментов назовем амиларезин, под действием которого молекулы крахмала расщепляются более интенсивно; скорость старения образующихся «осколков» существенно замедлена. Под действием другого фермента — амила-субтолина образуются водорастворимые углеводы — декстрины, которые кристаллизуются медленно, благодаря чему хлеб дольше сохраняет мягкость. Эти препараты, таким образом, не только ускоряют естественные процессы, которые происходят при брожении, но и продлевают свежесть хлеба на 3–4 часа.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ), способные адсорбироваться на поверхности раздела фаз и снижать поверхностное натяжение, также могут служить улучшителями хлеба. Их свойства достаточно разнообразны. Так, анионоактивные ПАВ (преимущественно соли высших жирных кислот) способны укрепить слабое тесто, а неионогенные ПАВ (простые и сложные эфиры многоатомных спиртов), напротив, снижают прочность теста. Наконец, есть еще фосфатиды растительного и животного происхождения, ПАВ со смешанными свойствами. И все это, заметим, пищевые продукты.

Варьируя поверхностно-активные вещества, можно получить тесто с хорошей газоудерживающей способностью, а из него выпечь пышный хлеб с мелкими порами и тонкими стенками, что и требуется для замедленного черствения. Заметим, что отечественная промышленность выпускает моно- и диглицериды жирных кислот, которые уже применяются в качестве улучшителей теста; особо хорошо они маскируют черствение, когда их применяют вместе с жирами.

Если предварительно замесить тесто, а потом ввести ПАВ и энергично перемешать, то в результате сильного механического воздействия произойдет расщепление крахмальных зерен и распад белковых агрегатов. Поверхностно-активные вещества, обволакивая образовавшиеся частицы, создают как бы разделительные слои, стабилизирующие структуру теста, а затем и хлеба. Возможно, что ПАВ дополнительно образуют комплексные соединения с компо-

нентами крахмала и белка. Во всяком случае, у хлеба с такими улучшителями черствение замедлено еще на 6–10 часов.

Наконец, хлебопекарная промышленность стала использовать в последние годы модифицированный крахмал, который улучшает качество хлеба и тормозит его черствение. Этот крахмал изготовляют из обычного — картофельного, кукурузного и т.п., воздействуя на него окислителями. По сравнению с исходным продуктом модифицированный крахмал дает стабильные студни; кроме того, благодаря окисленным спиртовым и альдегидным группам он легче вступает в реакции.

Если добавить к муке при замесе теста всего 5% модифицированного крахмала, свежесть хлеба будет продлена на 3–4 часа. Причина — в укрепляющем действии такого крахмала на клейковину.

Модифицированный крахмал сейчас широко применяют на многих хлебозаводах.

ЧТО МОЖЕТ БЫТЬ ЛУЧШЕ УПАКОВКИ

Для хлеба, пожалуй, ничего, ибо хорошая, правильная упаковка — лучший способ сохранения свежести. Материалы могут быть разными, лишь бы прочность была достаточной, а газо- и влагопроницаемость — низкой. Годится прозрачная полиэтиленовая пленка, неплоха и парафинированная бумага. В любом случае потери влаги резко уменьшаются, а про улучшение гигиенических свойств и говорить не приходится. Хотя в руках неси такой хлеб, хоть в портфеле с бумагами, хоть в авоське с овощами...

Хлебопекарная промышленность сейчас использует для упаковки полиэтилен пищевых марок в виде пленки толщиной 30–40 мкм. Заворачивают в нее хлеб и булочки на специальных автоматах, которые заодно и сваривают пленку герметично. Расход материала невелик, процесс быстрый — и в результате стоимость продукта увеличивается незначительно. А экономия хлеба благодаря более полному его использованию весьма велика.

В некоторых странах упаковывают практически весь выпекаемый хлеб. Социологические исследования, проведенные в нашей стране, показали, что не всем потребителям нравится упакованный хлеб; примерно половина предпочитает неупакованный. Так что заворачивать в пленку весь хлеб подряд нет смысла, однако, без сомнения, упаковывать надо гораздо больше, чем сейчас.

Во ВНИИ хлебопекарной промышленности сравнивали, как долго сохраняется свежесть нарезных батонов (0,4 кг), столовых батонов (0,3 кг) и рижского хлеба. Вот результат: 36 часов, если хлеб без упаковки, от 4 до 5 суток, если он с упаковкой. Прибор, который измеряет усилие нажима на поверхность хлеба (вроде того, как мы проверяем хлеб вилок в булочной самообслуживания), показывает, что через двое суток неупакованный батон сжимается в 10 раз, а упакованный — только в 2,5 раза хуже.

Немаловажно, что хлеб в упаковке легко освежается и после трех суток хранения; для этого достаточно нагреть его в газовой духовке или на сковородке (если он порезан на ломтики) при температуре 115–130° С в течение 5–15 минут. При этом мякиш хлеба прогревается до требуемых 65° С, становится очень мягким и эластичным, да к тому же появляется аромат, свойственный свежему хлебу.

Отечественные машиностроители уже сделали машины, позволяющие упаковывать хлеб любой конфигурации и любых разумных размеров — от пятидесятиграммовых булочек до подовых караваев весом в килограмм.

Частично упаковку могут заменить закрытые контейнеры для хранения, перевозки и торговли хлебом. Они способны продлить свежесть хлеба на 8–12 часов, однако, к сожалению, их выпускают пока явно недостаточно. И пожалуйста, не пренебрегайте дома хлебницами с крышками: они не дадут хлебу зачерстветь примерно двое суток.

Тяжелый хлеб легионера

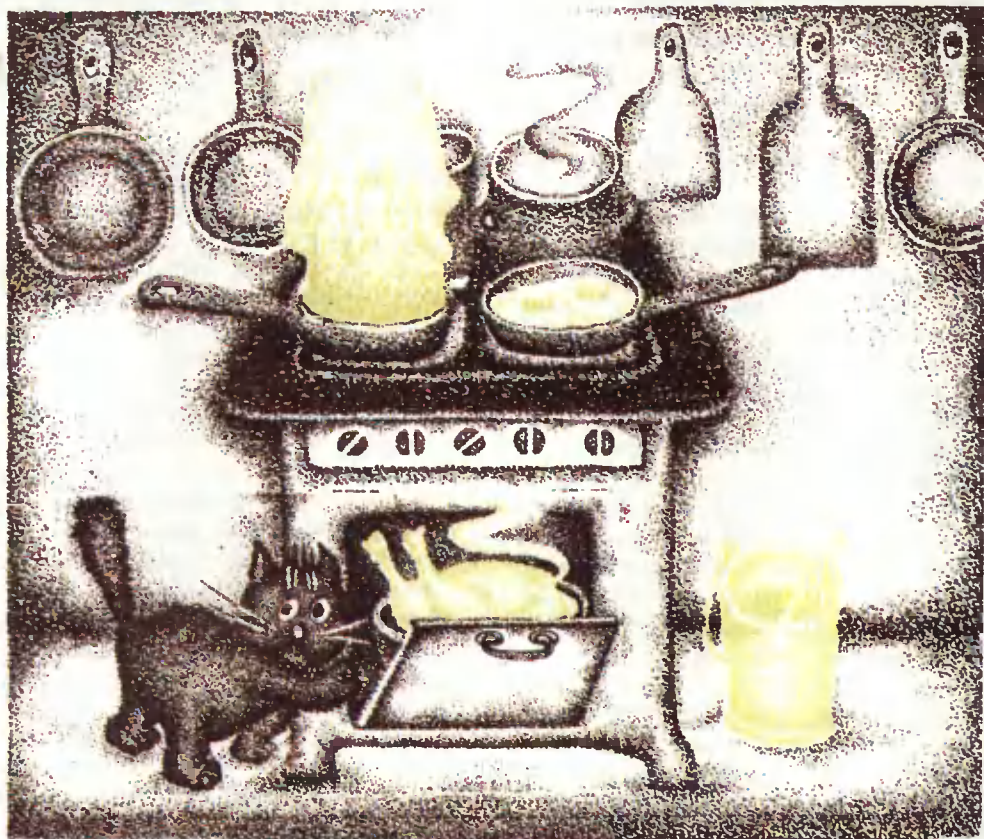
Помойка — клад для археолога: это хорошо знает всякий, кто имел касательство к раскопкам.

На протяжении нескольких лет английские археологи раскапывали остатки римского форта II века н.э., расположенного в Шотландии, неподалеку от Глазго. В одном месте на дне рва, когда-то окружавшего форт, в толстом слое ила они обнаружили много остатков растений. Большинство их принадлежало представителям местной флоры — эти, очевидно, попали в ров естественным путем. Но как оказались там семена заморских растений — инжира, кориандра, опийного мака? А кроме них, ил содержал в необычно большом количестве фрагменты хлебных зерен и семена сорняков, обычно встречающихся на хлебных полях.

Археологи предположили, что это, возможно, непереваренные остатки рациона римских солдат. Это предположение удалось подтвердить с помощью современной методики, которую применяют санитарные врачи, чтобы определить, не загрязнен ли водоем бытовыми сточными водами. Верным признаком такого загрязнения служит присутствие копростердина и его производных — стероидных соединений, содержащихся в канализационных стоках. Анализ показал, что эти вещества в изобилии содержатся в донном иле древнеримского рва.

Если так, то можно сделать кое-какие выводы о том, чем питались солдаты римских легионов. По-видимому, большей частью хлебом, да и то скверным — с отрубями, из плохо очищенной от сорняков муки. А мяса они ели, вопреки общепринятому мнению, мало: иначе в иле было бы много холестерина, а его содержание там оказалось крайне низким.

Не блестящим было, видимо, и санитарное состояние форта. На счастье римского коменданта, тогда еще не существовало санэпидстанций, а то не миновать бы ему крупных неприятностей...



Темное царство меланоидинов

Кандидат химических наук
С.Б. ДАВИДЯНЦ

В старом анекдоте два деревенских жителя впервые попадают в ресторан и, рассмотрев внимательно меню, выбирают себе самое дешевое блюдо – пюре. После обеда один глубокомысленно замечает другому: «Если бы я не знал, что это пюре, то решил бы, что это мятая картошка...»

Люди много веков жарили на костре мясо, пекли хлеб и сушили на солнце фрукты. И не догадывались даже, что во всех этих и многих других случаях они наблю-

дают образование меланоидинов, продуктов реакции между белками и углеводами. Тех самых меланоидинов, которые придают многим пищевым продуктам такую привычную коричневую окраску...

Официальная жизнь азотсодержащих поликонденсатов, именуемых в дальнейшем меланоидинами, началась только в нашем веке. Американский ученый Л. Майлард (у нас его обычно именуют на французский лад – Майяр) в 1912 г. впервые и достаточно подробно описал реакцию между аминокислотами и восстанавливающими сахарами. Эта реакция была названа именем Майяра, а ее продукты – несколько длинным словом меланоидины, от греческого меланос, что означает «черный».

Несколько лет спустя русские ученые С.П. Костычев и В.А. Бриллиант, экспериментируя с дрожжевыми культурами,

показали, что меланоидины, полученные синтетическим путем и выделенные из природных объектов, практически идентичны. Этими веществами стали усиленно заниматься, принимая во внимание их роль во многих природных процессах; в научной литературе появились такие термины, как «неферментативное покоричневение», «сахароаминная реакция», «меланоидинообразование» и пр. Более шестидесяти лет идет работа, накопилось много фактов, но химическое строение меланоидинов до сих пор окончательно не доказано. Орешек оказался не на шутку прочным, хотя скорлупа и покрылась многочисленными трещинами...

Но обо всем по порядку.

КОРКА ХЛЕБА, ТОРФ И РОДИНКИ

Те меланоидины, с которыми мы чаще всего имеем дело, нам же и обязаны своим появлением на свет. Речь идет о пищевых меланоидинах, которые содержатся в аппетитной хлебной корке и в румяной корочке шашлыка, в жареной рыбе и в ряженке, в солоде, пиве, вине, соках, в консервах и пряниках – да мало ли где еще.

Надо заметить, что при сахароаминной реакции образуются не только меланоидины, но и многочисленные летучие вещества различного строения. Именно они формируют запах и отчасти вкус пищевого продукта. Кулинария, без которой большинство из нас обойтись не может, обходится недешево – сахароаминная реакция «съедает» до 30% белка, значительные количества углеводов, витаминов и других биологически активных веществ. Тем не менее мы не в силах отказаться (да и надо ли это?) от ароматного хлеба и хорошо поджаренного мяса. И на каждой плите – электрической, газовой, дровяной – идет синтез пищевых меланоидинов...

Впрочем, и природа не пренебрегает сахароаминными реакциями. Благодаря фотосинтезу на Земле образуется ежегодно около 80 миллионов тонн органической массы, основные компоненты которой – все те же белки и углеводы. Можно представить себе масштабы сахароаминных реакций в биосфере! Эти реакции имеют немалое значение для формирова-

ния каменного угля, торфа, горючих сланцев, гумуса почвы. Однако нет смысла искать там значительные количества меланоидинов: за длительное время они уступили место более сложным образованиям – гуминовым кислотам, в синтезе которых участвовали и микроорганизмы.

Вообще же трудно провести четкую границу между меланоидинами и гуминовыми кислотами. Например, поликонденсаты, выделенные из сравнительно молодого, «недозрелого» торфа, будут походить скорее на меланоидины, а полученные из старых образцов – на гуминовые кислоты. Основное различие между ними не столько в структуре элементарных ячеек, сколько в степени и характере их уплотнения.

Помимо меланоидинов и гуминовых кислот есть еще обширная группа азотсодержащих поликонденсатов, – меланины растений, животных и человека. Именно эти вещества вырабатываются в нашей коже, когда мы загораем на солнце. Они же служат пигментами микроорганизмов и цветов, волос и родинок. Меланины, в отличие от меланоидинов, образуются в ходе ферментативных процессов. Тем не менее в последнее время появляется все больше доказательств тому, что оба эти класса веществ вместе с гуминовыми кислотами весьма близки между собой, и поэтому их можно объединить в одну большую группу природных соединений, важное звено в круговороте углерода и азота в природе.

Теперь, познакомившись и с ближайшими родственниками, перейдем к самим меланоидинам.

НЕ СЛИШКОМ ЛИ МНОГО ДЛЯ ОДНОЙ РЕАКЦИИ?

Стандартный меланоидин, основной объект химического исследования, получают на редкость просто; реакция, надо полагать, доступна даже для школьного химического кабинета. Смесь из четырех частей глюкозы, одной части аминокислоты (глицина) и пяти частей воды нагревают до кипения в течение двух-трех часов и один час держат при 140° С, а затем продукт реакции промывают водой, спиртом и высушивают. Вот и все.

Однако в литературе можно встретить упоминания об огромном числе меланоидинов, для синтеза которых использованы и амины, и аминокислоты, и пептиды, и белки, а также сахара различного строения. Сахароаминная реакция оказалась вполне управляемой: для нее известны катализаторы и ингибиторы, а максимальный выход достигается, когда сахара взято вчетверо больше, чем азотного компонента. Отрабатаны до мелочей и выделение меланоидинов, и их очистка (в основном хроматографическими методами, включая гельфильтрацию и электрофорез). Изучена их структура: она в основном аморфная, однако в молекулах есть и участки с кристаллическим строением; в этом смысле меланоидины близки к целлюлозе, только степень кристалличности у них меньше, и рентгеновскими методами ее не обнаружить.

Химические свойства меланоидинов тоже неплохо исследованы. Так, эти вещества способны окисляться и восстанавливаться, причем первая реакция идет быстрее второй. В щелочных растворах меланоидины более устойчивы, чем в кислых. При термической обработке идет дальнейшая поликонденсация, а выше 400° С образуются так называемые пиромеланоидины, дающие мощный сигнал ЭПР, который свидетельствует о наличии неспаренных электронов.

Одним словом, свойства изучены хорошо, однако ни один исследователь не может пока сказать, что он точно знает структуру меланоидинов. То есть, иными словами, — что он знает точное строение элементарной ячейки и природу связи между ячейками.

Стандартный меланоидин содержит гидроксильные, карбонильные и карбоксильные группировки, кратные и эфирные связи, а молекулярная масса колеблется между двумя и тридцатью тысячами. Многие исследователи, изучавшие реакцию Майяра на различных примерах, выделили производные фурана, пиррола, пиридина, пиазина, карболина, других гетероциклических соединений... Не слишком ли много для одной реакции?

Конечно, можно предположить, что

все эти вещества участвуют в построении меланоидинов (хотя это и мало вероятно). Скорее лишь какое-то из этих соединений претендует на звание основной структурной единицы, а остальные — лишь побочные продукты реакции.

Первоначально выбор пал на фурановое кольцо, образующееся из углеводного компонента. Однако затем исследователи переориентировались на пиазиновое кольцо, и публикации начала семидесятых годов свидетельствуют о том, что чаша весов склоняется в сторону пиазиновой структуры. Однако не обходится и без противоречий: во-первых, ни пиазин, ни его ближайшие гомологи не имеют сколь-либо заметной окраски и, во-вторых, пиазиновое кольцо устойчиво к действию окислителей, чего не скажешь о меланоидинах. В общем, поиск продолжался.

ПРОДОЛЖЕНИЕ МАРАФОНА

В 1972 г. к долгому меланоидиновому марафону подключились физики и химики двух институтов, расположенных в Ставрополе: педагогического института, где работает автор статьи, и ВНИИ люминофоров и особо чистых веществ. Мы начали с синтеза и изучения свойств высокомолекулярных меланоидинов, стараясь как можно полнее освободиться от низкомолекулярных примесей и карамелей. Нам удалось синтезировать и охарактеризовать более пятидесяти меланоидинов, причем многие из них ранее не были описаны. Реакции окисления, гидролиза, пиролиза и бромирования, поведение веществ в различных растворителях, оценка различных схем меланоидинообразования применительно к нашим соединениям — все это позволило предложить новую гипотезу строения. Название ее хоть и несколько сложно, зато вполне определено для специалиста: дикетопиазинохиноидная гипотеза.

Процесс образования меланоидинов, согласно нашей гипотезе, состоит по меньшей мере из четырех стадий, причем на каждой могут образоваться побочные продукты сахароаминной реакции. Чередующиеся кратные связи хиноидной сис-

темы стабилизируются, принимая ароматический характер гетероциклических соединений. Что касается безазотистых конденсатов, то есть карамелей, близких к меланоидинам по внешнему виду и многим свойствам, то они образуются из производных глюкозы (и других восстанавливающих сахаров).

Предложенные структуры меланоидинов и карамелей неплохо объясняли их физические и химические свойства, однако надо было и экспериментально подтвердить, что модель выбрана в целом правильно. Для этого мы решили получить меланоидины, минуя традиционную сахароаминную реакцию, то есть провести встречный синтез, а точнее, два ряда синтезов — на основе дикетопиперазина и оксиальдегидов, глюконовой кислоты и ароматических аминов. Не вдаваясь в подробности, замечу, что и в первом, и отчасти во втором случаях образовались поликонденсаты, которые практически не отличались от эталонных образцов меланоидина. Во всяком случае, аналитические и спектральные исследования подтвердили их идентичность, и поликонденсаты, полученные из дикетопиперазина и оксикислот, были названы не без оснований искусственными меланоидинами.

В соответствии с новой гипотезой меланоидины — это циклические амиды (лактамы), а карамели — циклические эфиры (лактоны), и от карамели возможен переход к меланоидину (в среде глицирина и с помощью ароматических диаминов).

Конечно, авторы работы далеки от утверждения, что их гипотеза окончательна. Напротив, она порождает очередные вопросы, решение которых требует очередных экспериментов. И может быть, эти новые эксперименты приведут к следующей гипотезе, а там появится еще одна — и так до тех пор, пока не восторжествует единая и всеми признанная концепция. Что ж, будем довольствоваться тем, что преодолели хотя бы одну ступеньку...

ЧЕТВЕРТЫЙ КИТ

Принято считать, что в растительном и животном мире господствуют три поли-

конденсата: белки, полисахариды и лигнин. Нам кажется справедливым добавить к этим трем высокомолекулярным китам, на которых покоится жизнь, и четвертого. Как догадывается читатель, речь идет именно о продуктах сахароаминной реакции.

О положительных или отрицательных свойствах меланоидинов нельзя говорить столь же определенно, как скажем, о пользе витаминов и вреде канцерогенов. Меланоидины скорее напоминают белки — настолько многообразна их роль. Ростовые, витаминные, противоокислительные, антикоагулянтные, антимикробные, антигрибковые и прочие свойства меланоидинов изучены и изучаются, а иногда и используются.

Конечно, синтетические меланоидины из-за своей молодости пока не нашли практического применения, однако их доступность и невысокая стоимость исходных веществ дают основание предполагать, что за использованием дело не станет.

Начнем с медицины. Меланоидины не расщепляются пищеварительными ферментами, и, следовательно, они не усваиваются. Однако они могут образовать комплексы с белками-ферментами, влияя тем самым на их каталитическую активность. А недавно было высказано даже предположение, что меланоидины — это протоферментные системы, игравшие роль матрицы в процессах зарождения жизни...

Так нужны ли человеку меланоидины? Определенного ответа пока нет. Тем не менее мы постоянно поглощаем эти коричневые вещества, не ведая о том, балластные ли они, или малополезные, или же, напротив, весьма полезные. Во всяком случае разговор о лекарственном применении меланоидинов станет конкретным лишь после того, как будут найдены гарантии их безвредности. Сегодня таких гарантий нет, и поэтому сведения о возможном использовании меланоидинов, скажем, в бальнеологии или в кардиологии будем считать сугубо предварительными.

А вот ростовые свойства меланоидинов уже сейчас могут оказаться полезными в растениеводстве и животноводстве.

Например, в Ставропольском политехническом институте из отходов молочного производства получен так называемый препарат «ПВ» (по имени автора – П.Ф. Ведяшкина). Этот препарат рекомендован для широкого применения в качестве биостимулятора. Его активные свойства обусловлены продуктами сахароаминой реакции.

И технология приготовления пищи вряд ли останется в стороне от проблемы меланоидинов. Можно предположить, что стремление сохранить максимум полезных свойств будет иметь следствием отказ (во многих случаях) от варки, обжарки, выпечки – словом, от того, что называют высокотемпературной обработкой. Но как же быть тогда с сахароаминой реакцией, которая формирует запах и

вкус? Многие ли согласятся есть безвкусную пищу?

Сама собой напрашивается мысль: а нельзя ли вводить продукты сахароаминой реакции в здоровую пищу, чтобы сделать ее впридачу и вкусной? Впрочем, об этом подумали и до нас – многие ароматизаторы и интенсификаторы запахов получены именно на основе сахароаминой реакции. И не исключено, что эти или подобные вещества будут когда-нибудь добавлять к натуральным продуктам.

Как бы то ни было, меланоидины имеют прямое отношение к каждому из нас. И чем меньше загадок будет с этими темными веществами, тем лучше для всех...

1980, № 3

Шоколад в утешение

Наверное, каждый влюбленный переживает разлад по-своему. И каждый по-своему ищет утешение. Одни переключаются на спорт, кинофильмы и беллетристику, другие заводят новые знакомства, третьи замыкаются в себе и злятся на весь мир. Есть и такие, что безуспешно ищут забвения в горячительном. А кое-кто – в сладком. В шоколаде хотя бы.

И в самом деле, плитка приличного шоколада может поднять настроение. Или подбодрить. А кое-когда и развеять тоску. И не классический теобромин, которым славен шоколад, тому причиной: в плодах какао есть немало других биологически ак-

тивных веществ. И среди них фениламин, который относится к числу психостимулирующих средств.

Взаимосвязь между шоколадом и радостным возбуждением обнаружили случайно: врачи, наблюдавшие за больными с нестабильной депрессией, заметили, что в подавленном состоянии их пациенты утешения ради ели много шоколада. Тогда-то и было высказано предположение, что шоколад компенсирует недостаток фениламина в головном мозге...

Но вернемся к переживающим влюбленным. Может ли им помочь шоколад? Поскольку состояние эйфории, столь характерное для счастливых влюбленных, сопровождается выделением в головном мозге фениламина, то – вполне возможно. Однако не будем торопиться: из-

ложенное выше не более чем гипотеза, и биохимия мозга слишком сложна, чтобы можно было надеяться на всеисцеляющее средство. Но если придется выбирать, то шоколад выглядит привлекательнее скучных таблеток, и лучше уж в нем искать утешение...

Т. ПЕРСТЕНЕВА
1981, № 2



Синяки на картошке

Кандидат биологических наук
Ю. КЛЮКВИНА

Хозяйка принесла из магазина пакет картошки, почистила, заглянула в кастрюлю, а там — на один обед для семьи и то мало. Снаружи на клубнях вроде и не было никаких изъянов, а на разрезах — сплошь черные и синие пятна. И вот половина картошки идет в отходы...

Что же это за пятна?

Каждому в жизни, увы, случалось получать синяки, особенно в детстве. В энциклопедии это явление под названием «кровоподтек» трактуется следующим образом: «Кровоизлияние в мягкие ткани под действием удара или давления тупым предметом». Мы стараемся не подвергаться подобному действию. А вот картофель, пока дойдет от поля до кастрюли, бит бывает неоднократно. Бьют его при уборке, пересыпают из корзин в самосвалы, из самосвалов в вагоны, разгружают вагоны лопатами, топчут при этом картошку сапогами. Вот и получает она ссадины и синяки. Да, темные пятна в клубнях — не что иное, как синяки — результат разрушения живой ткани.

Клубень — разросшийся кончик подземного побега. Таким способом растения картофеля запасают питательные вещества для будущего потомства. Ткани клубня состоят из сочных и очень сложно устроенных клеток, которые, помимо того, что они — кладовые для хранения крахмала, выполняют все функции, присущие живой клетке. Клубень дышит, в нем протекают сложные биохимические процессы ферментативного превращения одних веществ в другие. В вакуолях здоровых неповрежденных клеток локализованы фенольные соединения. Если же клетку разрушить, то содержимое вакуолей растекается и происходит необратимое окисление полифенолов кислородом воздуха. В основном окисляется тирозин под влиянием фермента тирозиназы. Тут-то и обра-

зуются темноокрашенные соединения — меланиновые пигменты.

Темные пятна от ушибов у картофеля появляются не сразу, а иногда лишь через несколько недель хранения. Ведь клубень не разрезан и не раскололся, разрушились только отдельные клетки, и окисление полифенолов в них протекает медленно.

Темнеет клубень и в том случае, если его разрезать и оставить на воздухе. Это явление всем знакомо. Каждая хозяйка знает, что очищенный впрок сырой картофель надо класть в воду. Впрочем, потемнеет он и в воде, если не сварить его вовремя, и тем быстрее, чем больше содержится в клубнях тирозина.

Какая же картошка чаще «ходит в синяках»? Замечено: та, что рассыпчатее, крахмалистее, ее клеточные ткани непрочны и плохо противостоят ударам. То же бывает и с незрелыми клубнями.

Чувствителен к повреждениям и охлажденный картофель: на холоде все становится хрупким. Потому-то, убранный поздно, в холодную погоду, он так часто огорчает нас темной сердцевинкой.

Специалисты сельского хозяйства знают, что на картофель плохо действует избыток азотных удобрений: клубни получаются очень крупными, но долго остаются молодыми и потому сильнее повреждаются. Небольшой избыток фосфорных и калийных удобрений, напротив, ускоряет созревание. Ионы калия усиливают к тому же эластичность клеточных оболочек.

Вообще калийным удобрениям в картофелеводстве отводится особая роль. По содержанию калия в ботве можно даже предсказать качество будущего урожая. Если в сухом веществе ботвы этого элемента больше чем 0,5%, то можно уверенно сказать, что клубни не потемнеют. При 0,4–0,5% калия в ботве темные пятна в клубнях, вполне возможно, появятся. Такой картофель надо убирать нежно, бережно. Если же калия в ботве еще меньше, то клубни будущего урожая почти наверняка будут темнеть. Их лучше не хранить, а использовать как можно быстрее.

Но, конечно, самое надежное средство от «синяков» — осторожное обращение с

картофелем, такое же, как и с яблоками, помидорами и другими сочными плодами.

Может случиться и так: сырая картошка не темнела, а сварили ее да чуть остудили – и вот уже она выглядит совсем неаппетитно: появились темные пятна, а некоторые клубни целиком как-то посерели...

Тут уже совсем другой процесс, его вызывает взаимодействие железа и хлорогеновой кислоты. Кислота эта в сырых клубнях находится в связанном состоянии, а при температуре 80°C высвобождается и вступает в реакцию с окислами железа, которого в клубнях всегда достаточно.

С окислами железа реагирует еще и лимонная кислота, которая тоже есть в картофеле. Но соединения при этом получаются бесцветными. От соотношения этих двух кислот и зависит степень потемнения картофеля, а оно – признак сортовой, и потому все новые сорта селекционеры обязательно испытывают на потемнение после варки. Впрочем, условия выращивания здесь могут изменить картину. Например, картофель с торфяников (которые бедны калием и богаты азотом) независимо от сорта почти всегда темнеет.

Сохранить белизну картофеля можно, добавив при варке несколько капель лимонной кислоты. Однако учтите, что это слегка изменит вкус и картошка лишится аппетитной рассыпчатости. С этим приходится мириться, если, скажем, для салата нужно, чтобы картошка и холодная осталась красивой, а горький опыт подска-

зывает, что она непременно потемнеет.

Еще один вид подобных неприятностей происходит с картофелем, когда его жарят при высокой температуре. Дома, на кухне, мы умеем этого избежать, а интуиции нам бывает, как правило, достаточно, чтобы добиться от жареной картошки золотистого цвета. А вот в перерабатывающей промышленности при изготовлении чипсов или хрустящей соломки потемнение доставляет много хлопот. Готовые продукты получаются не только некрасивыми, но еще и горьковатыми. Причина – в реакции между редуцирующими сахарами (фруктозой, глюкозой, мальтозой, ксилозой, маннозой) и свободными аминокислотами. В зрелом, только что убранном картофеле таких сахаров немного, от 0,25 до 0,80%. Однако уже 1% достаточно, чтобы чипсы или соломка потемнели. А между тем, если картофель убирали в холодную погоду или чересчур охладили при хранении, он может накопить до 12% редуцирующих сахаров. Вот почему картофель для такой переработки очень сложно хранить: ему нужна температура 7–8°, но в таком тепле клубни прорастают, и надо все время заботиться о том, чтобы этого не случилось.

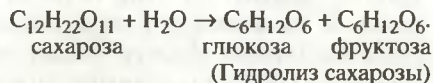
Итак, подведем итоги. Более всего повинна в «синяках» несовершенная техника уборки, перевозки и хранения картофеля. Знать причины – это уже полдела. Устранить их нетрудно на своем огороде, много сложнее – на колхозном и совхозном поле. Но главное – возможно.

1981, № 10



Сахарные близнецы

В. ГЕЛЬГОР



Не так уж много есть продуктов, столь однородных по составу: по стандарту, в сахаре-рафинаде 99,9% приходится на чистую сахарозу. Но кое-когда эта целостность нарушается – например, согласно реакции, вынесенной в эпиграф. Полученная с участием воды смесь моносахаров вращает плоскость поляризации влево, в отличие от правовращающей сахарозы, и поэтому реакцию называют инверсией, а смесь равных количеств глюкозы и фруктозы – инвертным сахаром (в техническом просторечии – инвертом). Фермент, ответственный за эту реакцию зовут инвертазой.

Ферменты, конечно, действуют в живых системах. А в промышленных установках (но иногда и в кастрюлях) действуют обычно кислоты, особенно при повышенной температуре. Не обязательно серная или соляная, вполне годятся органические, «пищевые»: с ними гидролиз протекает спокойно.

Комплект атомов у молекул глюкозы и фруктозы одинаков, и внешне они, как и подобает близнецам, очень похожи. Но альдегидная группа глюкозы и кетонная фруктозы придают характерам близнецов своеобразие. Впрочем, в нашем случае они действуют совместно, приобретая новые достоинства (а также и недостатки как известно, продолжение достоинств).

ИСПЫТАНИЕ ИНВЕРСИЕЙ

Посмотрим, что за свойства у сахара, прошедшего испытание инверсией.

Он сладок, как и положено сахару, а по вкусу напоминает мед. Он очень гигроскопичен. Высокая вязкость инверт-

ного сахара препятствует образованию кристаллов; по этой причине ему нередко отводят роль антикристаллизатора в самых разных продуктах, которые не должны хрустеть на зубах, – от халвы до мороженого. При взаимодействии с аминокислотами благодаря меланоидиновой реакции глюкоза и фруктоза образуют темные вещества, иногда весьма ценные, – как, в корочке пирога.

Очень часто само присутствие сахарных близнецов свидетельствует о доброкачественности продуктов. Или, напротив, о потере качества. В обычном рафинаде их не должно быть более 0,03%, в мелассе – не более десятых долей процента. Это, кстати, один из признаков ее пригодности для выращивания полноценных дрожжей. Содержание инвертного сахара введено в стандарт для многих кондитерских изделий. И для меда. Более того, в книге «Гигиеническая оценка меда и методы его исследования» говорится, что «по содержанию инвертного сахара представляется возможным судить почти о всех видах фальсификации меда».

Справедливости ради надо упомянуть еще об одном продукте, близком к инверту. Это патока, тоже продукт гидролиза, но не сахарозы, а крахмала. Патока содержит декстрин, мальтозу и глюкозу; чем дальше заходит процесс гидролиза, тем больше – как и при инвертировании сахара – образуется глюкозы.

Как бы то ни было, у технологов есть свобода выбора, а это существенно расширяет возможности...

СЛАЩЕ САХАРА

Сходство инвертного сахара с медом, разумеется, не случайно. Пчела, перерабатывая нектар, готовит продукт, в котором львиная доля (не лучше ли сказать – медвежья доля?) принадлежит глюкозе и фруктозе.

Свежий инверт, как и мед, слаще сахара. Если сладость сахарозы принять за 1, то сладость глюкозы – 0,7, фруктозы – 2, а их смеси – примерно 1,3. Однако не случайно здесь упомянут именно свежий инвертный сахар – его стой-

кость, к сожалению, ограничена. Если среда остается кислой, а температура повышенной, то моносахарам придется несладко. Они разлагаются, образуя целый букет производных, как бесцветных, так и окрашенных. Более сладкая фруктоза быстрее теряет лицо в такой ситуации, и сладость уменьшается.

Искусственный мед, в подражание натуральному, также составлен преимущественно из глюкозы и фруктозы в равных количествах. Его получают, инвертируя сахар с помощью кислоты, обычно молочной; а чтобы воспроизвести неповторимый аромат натурального меда, вводят немного собственно меда или медовой эссенции. Но для чего вообще искусственный мед?

Например, для пряников: разумно ли тратить на подсобные цели такой уникальный дар природы? К тому же надо понимать, что главные потребители пряников – дети, а для многих из них мед – сильный аллерген... (Точности ради скажем, что в пряники «медовые», согласно рецептуре, кладут все же натуральный мед. В знаменитые тульские – тоже.)

Некоторые диеты строго ограничивают углеводы, и для таких диет инвертный сахар может оказаться полезным. Пусть, к примеру, речь идет о безалкогольных напитках. Если вместо сахара добавить в них инверт, то при меньшей концентрации углеводов напитков будет иметь привычный вкус. И в более крепких напитках наподобие наливок часть сахара инвертируют – в водно-спиртовой смеси инверт гораздо меньше, чем сахароза, подвержен кристаллизации.

И еще один поворот темы. Хотя с химической точки зрения гидролиз сахарозы достаточно зауряден, однако с практической (в том числе экономической) он выгоден: вода отдает сахарам свои водород и кислород, и содержание сухих веществ в сиропе растет! Нетрудно прикинуть, что грамм-молекулы фруктозы и глюкозы вместе на 5% тяжелее грамм-молекулы сахарозы. Выходит, что предварительное инвертирование повышает и плотность, и сладость...

КОЕ-ЧТО О КАРАМЕЛИ

Наверное, даже дети, первейшие потребители карамели, знают, что ее делают из сахара. Способ в принципе ясен – надо уварить сахарный сироп. Однако пересыщенные растворы этому сопротивляются, и уварить сироп до влажности 2–3% не удастся: задолго до этой истинно карамельной концентрации образуются кристаллы сахарозы. И здесь спасает инверт: сахароза в сочетании с продуктами ее гидролиза дает стабильный раствор, в котором концентрация сухих веществ очень высока. Влага в таком растворе не более 15–16% (чуть больше, чем в пчелином меде).

Однако до карамели пока далеко: надо удалить из карамельного сиропа еще немало влаги, притом по возможности быстро и при минимальном нагреве, иначе не избежать разложения сахаров. Для этого ставят вакуум-аппараты – в них за полторы-две минуты сироп преобразуется в карамельную массу, очень густую жидкость. Впрочем, ее вязкость еще не такова, чтобы твердо можно было исключить засахаривание (то есть кристаллизацию). Поэтому массу стремительно охлаждают до 80–90° – вязкость резко возрастает, опасность засахаривания снижается. И появляется отменная пластичность, столь нужная на следующих этапах долгого процесса – во время так называемой проминки, придающей массе однородность, и вытягивания, при котором тонкие карамельные ленты многократно складывают и вновь вытягивают, чтобы масса стала пышной, менее прозрачной и чуть шелковистой...

Материал этот и впрямь пластичен необычайно. Как-то мне пришлось держать в руках вполне съедобное произведение декоративно-прикладного искусства, изготовленное полностью из карамели: это была плетеная корзина с разноцветными розами. Искусство редкое и почти утраченное, о чем можно лишь сожалеть. И не только из-за уважения к былому мастерству, а потому еще – и даже в большей степени, – что спрос на фигурную карамель устойчив и рождает своеобразное предложение в виде пресловутых базарных «петушков», неизвестно кем произве-

денных и непонятно чем окрашенных; при одном их виде сердце санитарного врача трепещет.

Однако к теме. Миновав ряд ступеней, интересных, но прямого отношения к инверту не имеющих, обратим взор к готовой карамели. Мы увидим, что, проявив свои несомненные достоинства, инвертный сахар благодаря неумеренной гигроскопичности способен сократить и без того недолгую жизнь карамели. Чтобы конфета не размокала, ее изолируют водостойкой парафинированной бумагой. Или обсыпают менее гигроскопичным сахарным песком. Или гляncуют, то есть покрывают карамельки тонким слоем смеси воска, парафина и растительного масла.

Между прочим, печенье благодаря инверту тоже легче вбирает влагу и размачивается; но тут это запланированный технологами эффект. К тому же продукты, которые образуются при частичном разложении моносахаров во время выпечки, придают печенью особо аппетитный коричневато-золотистый оттенок.

ИНВЕРСИЯ ВОЛЕЙ-НЕВОЛЕЙ

В ягодах и фруктах, за редким исключением, органических кислот хватает. А любое их взаимодействие с сахарозой в той или иной мере сопровождается инверсией. Как правило, с пользой для конечного продукта, будь то кисель или печенные яблоки. В общем, хотим мы того или нет, но, готовя сладкие блюда, очень часто инвертируем сахарозу.

Многие на собственном опыте знают, что очень нелегко сохранить на долгое время привычную консистенцию домашнего варенья. Стоит чуть-чуть переложить сахара, чуть-чуть подольше поварить, слегка переохладить варенье при хранении — и оно быстро становится жестковатым от кристалликов сахара (это заметно не только на вкус, но и на взгляд).

Правильное понимание и своевременное использование инверсии может исправить положение. При варке плодов с малой кислотностью (например, груш или черешни) надо добавить немного лимонной или виннокаменной кислоты. В ре-

зультате сахароза частично разлагается и густой сироп, содержащий одновременно сахарозу, глюкозу и фруктозу, практически не засахаривается, так как концентрация каждого из сахаров невелика.

Но чаще бывает так, что кислотность плодов, напротив, высока, и тогда сахароза может почти полностью инвертироваться, а это тоже угроза засахаривания, но уже другого, глюкозного. (Фруктоза в этом случае отходит на второй план: она лучше растворяется, а длительная термическая обработка разрушает ее быстрее других моносахаров.) Чтобы избежать глюкозного засахаривания, нужен щадящий режим варки. Хороша, скажем, дробная варка, при которой ягоды кипятят в сиропе минут пять, потом выдерживают несколько часов, а затем эту процедуру повторяют еще два-три раза. Такой же прием полезен и при варке жестковатых плодов: они равномернее пропитываются сиропом, и варенье получается более нежным.

Промышленные режимы, естественно, строят с учетом и этих, и многих других тонкостей. Поэтому засахаривание не часто поражает варенье заводского производства. Что же касается тонкостей, упомянем напоследок еще об одной. Сахара не кристаллизуются даже при весьма высоких концентрациях, если отсутствуют центры кристаллизации. В нашем случае «элементом нестабильности» служат обычно твердые частицы сахарозы. Поэтому полное растворение всего взятого сахара, предельная чистота всех продуктов, тщательность подготовки плодов, варки и расфасовки — вот что очень важно для профилактики засахаривания. Не будем же пренебрегать этим и дома, тем более что чистота требуется не только в борьбе с засахариванием...

1982, № 6

仲仙年恒山有雙鹿酒子
印



Чашка чая

М. БОГАЧИХИН

*Пейте чай, мой друг старинный,
Забывая бег минут.*

Б. Окуджава

Как это просто – чашка чая. И каждый, наверное, сам знает единственно правильный способ заваривания – был бы только чай получше. А нет, так добрые люди сообщат главный принцип: сыпь побольше заварки...

Но все ли так очевидно? Не оглянуться ли вокруг, не заглянуть ли в другие страны и в другие времена – как там? И что же все-таки нужно, чтобы выпить чашку хорошего чаю?

КОМПОНЕНТ ПЕРВЫЙ: ЧАЙ КАК ТАКОВОЙ

Собственно чай, сухой порошок или экстракт, – без этого, понятно, не обойтись.

Откуда и как появился чай – это хорошо известно из легенды. Знаменитый буддийский монах Бодхидхарма как-то уснул нечаянно во время молитвы. Проснувшись, он в гневе отрезал себе веки, чтобы глаза никогда больше не закрывались. Но из выброшенных ресниц выросли чайные деревья. И с тех пор не требуются такие суровые меры – достаточно попить чаю, чтобы не уснуть. (Кстати, во время молитвы чаша с чаем шла по кругу – так начиналась чайная церемония.)

История с ресницами произошла, надо полагать, на границе Китая с Бирмой: именно там, в горах провинции Юньнань (что значит «Облачный Юг»), растут самые древние дикие чайные деревья высотой около 15 метров. Чем севернее живут эти близкие родственники камелий и дальние родственники роз, тем ниже они становятся, тем больше напоминают куст. Плодоносит дикий чайный куст более 100 лет.

В середине IV века чай уже начали культивировать. (Бодхидхарма тогда еще не родился.) Правда, поначалу чай считали не основой для напитка, а скорее овощем со своеобразным горьким вкусом; да и сейчас кое-где из листьев чая готовят блюда вроде овощных. В VI веке китайская аристократия признала чай напитком, а четирыеста лет спустя, при династии Тан, чай стал уже национальным напитком. О нем слагают легенды, пишут книги, для него создают особую посуду и особый обряд – чайную церемонию.

В IX веке чай попал в Корею и Японию. Здесь он был сначала атрибутом религиозной церемонии, а кроме того, лекарством; современное японское название чайной церемонии «тя-но ю» означает буквально «лекарственный настой из чая». Что же касается простых японцев, то они начали употреблять чай даже позже европейцев – не ранее XVII века. Да и в Китае, откуда чай разошелся по всему свету, его пьют гораздо реже, чем у нас в стране. Обычный же, ежедневный напиток китайцев – простой кипяток. Вот его пьют целый день, сохраняя горячую воду в термосе с бамбуковой оплеткой.

Когда чай уже признали во многих странах, выращиванием его по-прежнему занимались все те же три страны Восточной Азии. Только через тысячу лет после Кореи и Японии растение стали культивировать и в других районах мира, в том числе и в Грузии.

КОМПОНЕНТ ВТОРОЙ: ВОДА

Что и говорить – для хорошего напитка нужен как минимум хороший чай. К этому можно смело добавить: и хорошая вода. И может быть, даже поставить воду на первое место...

Чтобы чай заварился как следует, то есть, на химическом языке, легко экстрагировался, в воде должно быть мало примесей. Испортить хороший чай проще простого, и поэтому вода нужна без запаха (особенно – хлора, сероводорода, нефтепродуктов, плесени). Вода для чая просто не имеет права содержать взвешенные частицы, а значит, не так уж хороша вода из деревенского колодца. Естествен-

но, что непригодна и минеральная вода: растворенные в ней соли мешают экстракции. Так называемая жесткая вода, содержащая много солей кальция и магния, не только плохо экстрагирует чай, но и лишает его вкуса и аромата. Понятно, отчего на Украине не так уж много любителей чая: из-за жесткой воды его здесь и заварить-то почти невозможно. А вот, скажем, мытищинская вода в Подмоскowie (в Мытищах когда-то специально ездили на чаепитие) и сейчас хороша. Даже пройдя сквозь железные трубы, она остается очень вкусной, и чай из нее получается отменным.

На улицах Пекина некогда продавали для чая ключевую воду, привезенную с гор. Но самой лучшей считалась «персиковая» или «сливовая» вода – из снега, выпавшего весной на только что распустившиеся цветы персика или сливы. Впрочем, В.В. Похлебкин, автор подробнейшей книги «Чай», без объяснения причины считает снеговую воду негодной. Но если есть уверенность, что снег совершенно чист, то отчего же...

Исключая экзотику, воду для чая по степени пригодности можно выстроить в такой ряд: ключевая неминерализованная вода – вода горных речек с каменисто-песчаным дном – вода проточных ледниковых озер. Все остальное существенно хуже...

Но что же делать тем, для кого что горная вода, что с ледниковых шапок Марса – все едино?

Если в вашем распоряжении есть только обычная водопроводная вода, то дайте ей хотя бы ночь отстояться, чтобы выдохся хлор и осели взвешенные частицы. Если же она впридачу и жесткая, то помимо этого необходим легко экстрагирующий чай, желательно индийский или цейлонский. Сыпать его в чайник нужно побольше, заваривать – подольше.

КОМПОНЕНТ ТРЕТИЙ: ПОСУДА

Лишь бы из чего можно пить лишь бы что. Для правильного чая нужна правильная посуда. Даже теплопроводность чашки и та влияет на вкус: из железной кружки пить горячо и невкусно. И заваривать в металлическом чайнике тоже не рекомендуется.

Чтобы ускорить экстракцию, стараются заварить чай в воде по возможности самой горячей, перемешивая доливанием воды. В упомянутой книге В.В. Похлебкина утверждается, что фарфоровый чайник для заваривания лучше фаянсового, так как он легко прогревается. Действительно, в Японии и Китае фаянсовую чайную посуду изготавливают редко, традиционная посуда – фарфоровая (чайная церемония – исключение, но о ней ниже). У нас же по традиции наоборот: гораздо больше фаянсовой посуды, а пористый фаянс проводит тепло хуже фарфора. Вот когда чайник нагревают снаружи, погружая его в кипяток, то хорошая теплопроводность действительно нужна. Если же ограничиться более привычной заливкой кипятка внутрь, то теплоизоляционные свойства фаянса окажутся предпочтительными.

В Восточной Азии чаще заваривают чай прямо в чашках, точнее в пиалах, а иногда – в толстостенных фарфоровых кружках с крышками. Пьют здесь большей частью зеленый чай неимоверного числа сортов, способов закрутки и других особенностей. Зеленый чай, говорят, заваривается вдвое дольше, чем черный, однако любители чая на Востоке не дожидаются окончания процедуры. Они выпивают примерно две трети свежезаваренного чая, потом доливают кипяток и пьют «второй» чай, затем «третий» и т.д. Лучшим может оказаться третий чай; пятый уже жидковат, хотя пить его можно вполне.

Технология приготовления чая (завариванием и назвать неудобно) при чайной церемонии стоит особняком. Растертый в тончайшую пудру плоский, нескрученный листовой зеленый чай высыпают небольшими порциями в чайник, доливают каждый раз капельными дозами горячую воду и метелочкой сбивают в кремovidную массу. Медлительность не случайна: многовековой опыт показал, что именно так получается чай высшего качества. Концентрация терпкого сметанообразного напитка достигает 200–240 г сухого чая на литр воды (наша норма для общественного питания – 4 г/л, обычная крепость у англичан – главных любителей чая в Европе, а также у китайцев и японцев – 25–30 г/л).

Для традиционного чаепития требуется, конечно, и традиционная посуда. Вот о ней и поговорим.

БЕЛЫЙ ЧАЙ В ЧЕРНОЙ ПИАЛЕ

Начало традиции было положено в 1228 году, когда Като Сиро и Саэмон Кагэсима прибыли из Японии в Китай. Пять лет они провели у печей Черной Глины (Уни яо) в провинции Фуцзянь и Слоновой Горы (Сяншань яо) в соседней провинции Чжэцзян. В то время керамических красок еще не придумали, белый фарфор был редкостью, поэтому не было и росписи по фарфору; керамику же либо украшали глазурью, либо обходились без украшений (что при изысканной форме не так уж плохо).

Местные печи не считались лучшими. Север страны был под властью монгольских феодалов, а при безавшем на юг дворе работали императорские печи, славившиеся своими селадонами (с легкой руки французов на всех европейских языках так называют керамику, покрытую непрозрачной, глухой зеленовато-синеватой светлой глазурью). Когда глину, содержащую несколько процентов окиси железа, обжигают при недостатке воздуха, то трехвалентное железо восстанавливается до двухвалентного, придавая глазури характерный зеленоватый оттенок. В наше время если и делают селадоны, то на основе фарфора или фаянса; а в давние времена глухая глазурь скрывала невзрачную бурую глину черепка.

В том районе, куда приехали японцы, особо красивых селадонов делать не умели. А что умели – так это черные глазури, довольно грубую и, честно говоря, не очень черную керамику. Тем не менее ее уважали и ценили. Потому что для хорошего белого чая нужна хорошая черная пиала.

Если терпкий, как говорят сейчас, полуферментированный чай (его называют еще желтым) окатить в пиале кипятком, то мелкие частички всплывут и получится мутная жидкость. Это и есть белый чай. Так уж было принято – не настаивать терпкие чаи, а только окатывать кипятком.

Старые книги отмечали, что черные пиалы из печи Черной Глины хороши тем, что черепок у них толстый и хорошо сохраняет тепло. Это излишне, когда мы спозаранку и на ходу пьем, обжигаясь, утренний чай с бутербродом, заглядывая одним глазом в газету. Но представим себе, к примеру, поезд, где можно не спеша, поглядывая в окно или перелистывая «Химию и жизнь», спокойно, с чувством и с толком, попить чайку. Или – восточный театр, на сцене которого медленно, обстоятельно разворачивается действие. Как уместен здесь толстый черепок и толстая крышка к фарфоровой кружке!

БОРЬБА ЧАЕВ

Качество чайных пиал оценивали, конечно, не только по теплоизоляционным свойствам. Существовал особый прием технического контроля – «борьбы чаев». Две пиалы ополаскивали чаем и смотрели, быстро ли исчезает след. Хороший чай на хорошей посуде оставляет долго не исчезающий мокрый след. Иными словами, чай должен хорошо смачивать посуду. А это возможно в том случае, если посуда очень чистая; влияет на смачивание и состав глазури. Но главное, хороший чай, видимо, растворяет жировую пленку, которая неизвестно как попадает и на чистую посуду.

Между прочим: не проверить ли, пользуясь описанной методикой, какая у вас посуда и что за чай? Если нет черных чашек и белого чая, возьмем белые чашки и черный чай. Лучшим будем считать тот чай, который меньше пачкает (и тем более вовсе не пачкает) чашку коричневыми следами. Это – характерное свойство сильно вяжущих чаев, а они, как правило, имеют достойный вкус и аромат.

В популярных чайных соревнованиях не последнюю роль играл цвет посуды: когда она темная, след белого чая на ней лучше виден. И толстостенные грубые чаши, покрытые темной и тоже довольно грубой глазурью, стали любимой чайной посудой. Лучшую черную глазурь называли «черным золотом», хотя она кажется черной лишь в толстом слое, а

вообще-то она бурая или темно-фиолетовая.

Сунский поэт записал: «Неожиданное изумление вызвали пиалы с пятнами заячьей шерсти». Дело тут в том, что черные глазури содержат примерно 10% окиси железа. Во время обжига при температуре около 1300° С глазурь, как обычно, расплавляется, но она не в состоянии растворить всю окись железа. Окись выделяется в виде бурых микрокристаллов, из-за которых глазурь получается непрозрачной и грубой (верхний край пиалы иногда даже покрывали медной или серебряной фольгой, чтобы не поцарапать рот). Скопления кристалликов в виде полос и создают узор «заячья шерстка»; если же кристаллы собираются в круглые пятна, то это уже «пятна куропатки».

Были, конечно, и другие украшения. Например, «звездчатая пиала» — результат скопления в глазури газовых пузырьков, которые образуются при термическом разложении окиси железа. А когда в глазурь попадают окислы марганца и некоторых других металлов, звездочки переливаются разными цветами. С точки зрения современного керамиста все эти случайные при-

меси, пузырьки и скопления кристалликов — не более чем дефекты глазури...

Иногда в глазури можно разглядеть цветы, листья, надписи. Больше всего удивляют листья: на них видны все прожилки. И немудрено: на глину просто-напросто накладывали настоящие листья и обжигали. Зола, чуть проплавляя поверхность, создавала узор.

...После пятилетней практики, научившись многим тонкостям изготовления чайной посуды, японцы вернулись домой. Недалеко от Киото они построили керамические мастерские. До сих пор грубая керамика из тех мест ценится особо, а основателя мастерской Като Сиро именуют «родоначальником керамики», что есть, конечно, преувеличение...

Скоре после описанных событий пала Сунская династия, и вместе с некоторыми другими культурными ценностями Китай потерял и чайную церемонию. Но в Японии полученное наследство сохранили и развили. Впрочем, это особая тема, а наш рассказ, во многом основанный на личных впечатлениях, на этом заканчивается.

1983, № 2

Чаепитие по-японски

При великом разнообразии сортов и разновидностей, самый распространенный в Японии и неизменно любимый напиток — зеленый чай. Им угощают гостей дома, его предлагают в любом ресторанчике с национальной кухней; и даже в номере гостиницы на столе непременно стоит небольшой заварочный чайник с бамбуковой ручкой, коробочка с чаем, чашки и термос с горячей водой. Зеленый чай, растертый в порошок, ни в коем случае не заваривают кипятком, а только горячей водой (около

60 градусов) в течение 2–4 минут.

Пьют чай из небольших пиал или из керамических стаканов. Иногда чай выливают прямо в чашку с рисом, и тогда получается что-то вроде нашей каши с молоком. Сахар не полагается, но лакомства не возбраняются. Есть и особые сорта чая, порою неожиданные, например кобутя — с морской капустой (по цвету и по вкусу напоминает соловячий бульон). Но все это просто чай. А еще есть обряд, церемония, чаепитие по-японски: тян-ю.

Искусству приготовления чая учатся годами. Слово «тядзин», состоящее из иероглифов «чай» и «человек», означает и «знаток чайной церемонии», и «человек с тонким вку-

сом». Правда, есть и третье значение — «чудак». В чайной церемонии видят и глубокий смысл, и пустую трату времени. В русском чаепитии у самовара, с баранками и вареньем, тоже можно усмотреть бессмысленное времяпрепровождение. Однако спрос на самовары не уменьшается.

Чайная церемония стала практиковаться в Японии с XII века в монастырях буддистской секты дзэн, утверждавшей, что единственный способ существования в этом противоречивом мире — постоянно совершенствовать душу. Человек, отгороженный от мира тонкими стенками чайного дома, отрешался на время от забот и проблем. Чайный дом находился обычно в саду, к нему вела дорожка из камней, шагая

по которой волей-неволей приходится смотреть не по сторонам, а под ноги. У небольшого, внешне непримечательного домика — замшелый каменный сосуд с водой, мелкий бамбуковый ковш с длинной ручкой. В чайный дом полагалось вползать через вход высотой менее метра. Низкая притолока заставляла кланяться и крестьян (им это не было в новинку), и самураев, и богатых феодалов, которым приходилось оставлять за дверью свой меч и свою спесь. Помещение невелико. Стены внутри обмазаны глиной, свет проникает через бамбуковые жалюзи, прикрывающие отверстия в потолке и в стенах, внутри всегда полумрак. А если чайная церемония начинается затемно, то жалюзи откидывают — и взору предстает луна, весной — цветущая вишня, осенью — красные листья.

Непременное украшение комнаты — белый свиток с надписанными кистью иероглифами. В отличие от стандартных печатных знаков, они сохраняют душу и руку мастера. Может быть и не иероглифическая, а обычная картина, но в любом случае это семейная реликвия, передаваемая из поколения в поколение. Другое (и последнее) украшение комнаты — букет цветов, составленный специально для этого случая.

Хозяйка встречает гостей у входа на коленях, кланяясь так, что почти касается лбом пола. Гости обязательно отвечают поклонами и вежливыми приветствиями. Церемония немногословна, но приветствия, так же как последующие возгласы восторга по поводу картины и букета — неотъемлемый ее элемент.

Перед каждым гостем на низком стуле стоят посуда и сладости. Нередко подают обильную еду и сакэ. Закуска,

которую съедают перед чаем, называется кайсэки, что значит «камень за пазухой». В древности, чтобы не замерзнуть в мороз, за пазуху клали нагретые камешки. Вот так же должна согревать пищу...

После небольшого перебива хозяйка вносит поднос. На нем — деревянная лакированная чашка, корбочка с чаем, бамбуковая метелка и чайник с водой. Чайник ставится на огонь (иногда в воду кладут металлические бубенцы, которые начинают позвякивать, когда вода закипает). Расположение предметов на подносе строго определено, и уже несколько веков без особых изменений остается и порядок движений. Лакированную чашку моют и вытирают, затем в нее кладут растертый в порошок чай. Его заливают водой и быстро взбивают бамбуковой метелочкой до образования пышной пены. И наконец перед гостем, долго наблюдавшим за манипуляциями хозяйки (или хозяйки), — изумрудно-зеленый чай под слоем зеленоватой пены.

Выпить долгожданный чай столь же непросто, как и приготовить. Приняв чашку с поклоном и благодарностью, ее держат на левой ладони. Затем правой рукой поворачивают чашку тремя движениями против часовой стрелки. Обычно чая бывает налито как раз столько, чтобы выпить его тремя глотками. Потом чашку вновь поворачивают в три приема, но уже по часовой стрелке.

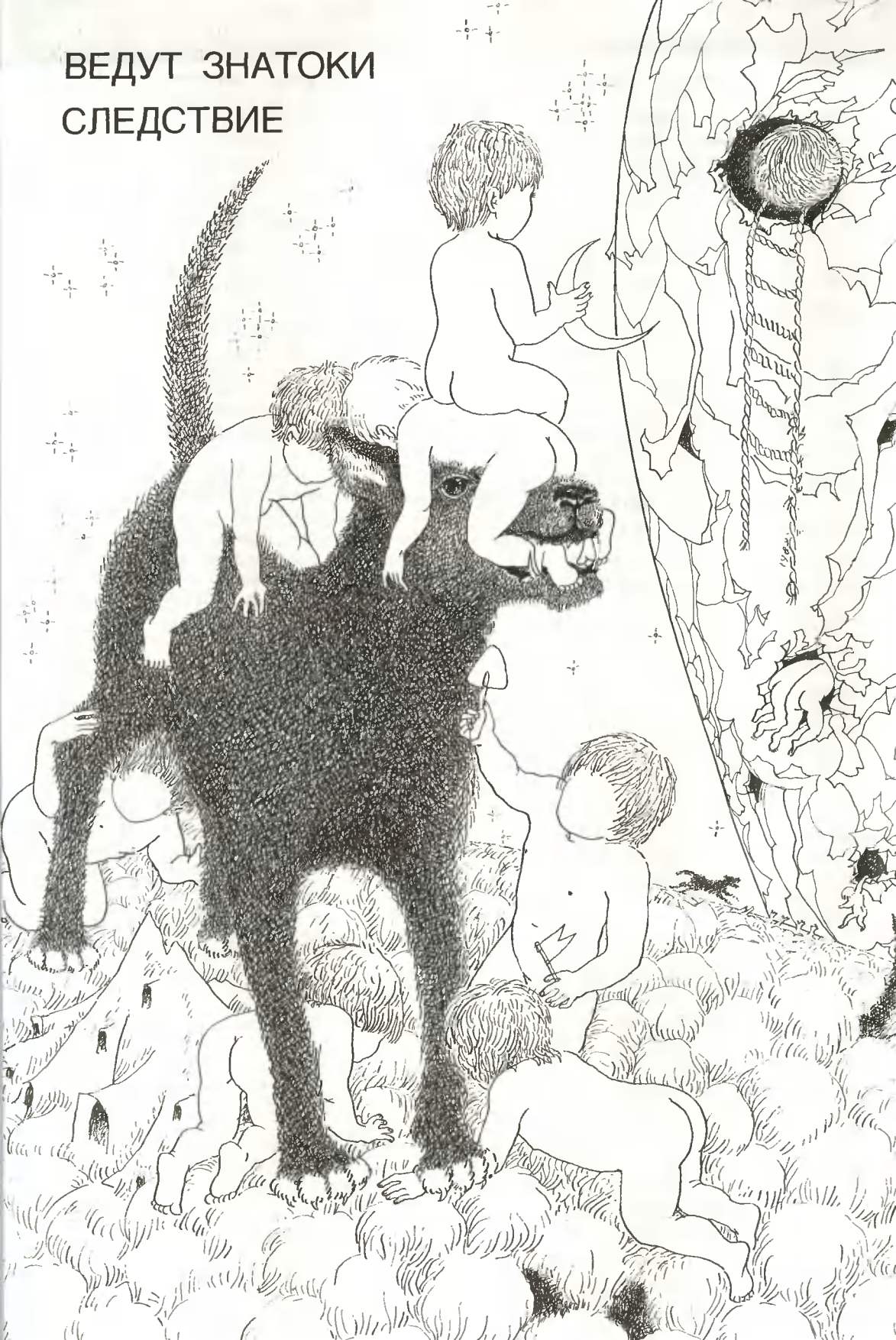
Чай выпит. Иностранцы, как правило, разочарованы — на вкус он вяжущий, горьковатый, многим кажется просто невкусным. В чем не приходится сомневаться — так это в тонизирующем действии...

Оценив достоинства чая, надо воздать должное и чашке. Ее рассматривают со всех сторон. В идеале это должна быть неказистая (на европейский взгляд) керамическая чашка. Но ценится не правильность форм или сложность рисунка, а напротив, чуть неровные края, неравномерный, иногда с подтеками, чуть глазури, сквозь который просвечивает глина. Полагается выразить восхищение посудой, спросить, какой мастер ее изготовил. После этого можно считать, что церемония закончена. Остаются только взаимные благодарности.

Во многих университетах наряду с другими дисциплинами читают курс тядо — искусства приготовления чая. Церемония жива; правда, ей приходится приспосабливаться к темпу наших дней. Не все каноны соблюдаются сейчас очень тщательно, некоторые атрибуты (например, низкий вход) сохраняются, но не используются. Всепроникающий бизнес сотворил ускоренный вариант чайной церемонии для туристов: наскоро осматривая какой-нибудь древний храм, можно на полчаса заскочить в чайный дом и получить отдаленное представление о ритуале (но главным образом о том, что чай зеленый и невкусный). Подлинная же чайная церемония — это время отдохновения души, а чай — просто повод для этого.

Н. МОЛОДКИНА
1983, № 2.

ВЕДУТ ЗНАТОКИ СЛЕДСТВИЕ



«Когда необходимы специальные познания...»

Естественные науки в судебной экспертизе

Кандидат химических наук Н.Д. ТРЕЙГЕР,
Г.В. МАЙОРОВА

Расследование преступления – точная наука, по крайней мере, должна быть ею.

А. Конан Дойл. Знак четырех

В детективных романах редко рассказывают о судебной экспертизе, разве что упоминают о ней вскользь, сообщая читателю лишь выводы и заключения судебных экспертов. Между тем, эта работа бывает не менее важна, нежели работа оперативных групп и следователей, – от нее зависят и ход расследования, и судьба подозреваемого.

КОГДА НАЗНАЧАЕТСЯ ЭКСПЕРТИЗА

Начнем с того, что уточним, когда именно назначается экспертиза. Уголовно-процессуальный кодекс отвечает на этот вопрос так: «В случаях, когда при производстве дознания, предварительного следствия и при судебном разбирательстве необходимы специальные познания в науке, технике, искусстве или ремесле».

Во многих крупных городах нашей страны есть лаборатории и институты судебной экспертизы, а в Москве – Всероссийский научно-исследовательский институт судебных экспертиз. Юристы, инженеры, химики, физики, биологи, почвоведы и другие специалисты, поступая сюда на работу, не сразу становятся судебными экспертами. В течение года они проходят стажировку у опытных сотрудников и одновременно изучают юридическую литературу, затем сдают экзамены и получают звание эксперта и право на самостоятельную работу.

Экспертизу обычно проводят по заданию следственных или судебных органов. Но иногда в учреждения судебной экспертизы обращаются и другие государственные организации, например нотариаты и отделы социального обеспечения, когда возникают сомнения в подлинности того или иного документа. Криминалисты, случается, помогают литературоведам и искусствоведам в атрибуции рукописей, картин. Например, в книге «В мире криминалистики» профессор И.Ф. Крылов рассказывает, что однажды в музей А.С. Пушкина принесли шкатулку, на внутренней стороне крышки которой была надпись: «Сия шкатулка принадлежала Александру Сергеевичу Грибоедову. Генерал-майор А. Опочинин. 1837 г.». А исследование показало, что надпись сделана анилиновыми чернилами, которых в то время еще не было: анилин впервые был синтезирован Н.Н. Зининым в 1842 г. Стало быть, дата надписи, а может быть, и сама надпись по меньшей мере ошибочны.

Объектом экспертизы служат обычно так называемые вещественные доказательства. Вот как их определяет закон: «Вещественным доказательством являются предметы, которые служили орудиями совершения преступления, сохранили на себе следы преступления или которые были объектами преступных действий обвиняемого, а также все иные предметы и документы, которые могут служить средством к обнаружению преступления и открытию виновных».

Вещественные доказательства, как видите, могут быть какие угодно. Поэтому в лабораториях судебной экспертизы бывает много отделов и секторов: судебно-бухгалтерский, инженерно-технический или автотехнический, баллистики и трасологии (от французского *trase* – след), физико-химический, исследования документов, биологических и почвенных исследований и другие.

На эксперте лежит огромная ответственность: от его заключения часто зависит судьба человека.

Работа начинается с того, что в лабораторию поступает опечатанный конверт или посылка с предметами, направленными на экспертизу, и постановление или

определение о ее производстве из прокуратуры или суда. Материал передается эксперту. В процессуальных документах обычно коротко изложены обстоятельства дела, имеющие значение для экспертизы, и перечислены вопросы, на которые надо ответить.

Знание этих обстоятельств дает возможность эксперту правильно выбрать метод исследования, а иногда, если следователь обратится за консультацией, помочь ему правильно поставить вопросы. Сам эксперт не имеет права изменять вопросы, заданные следователем, но он вправе провести любое расследование и по своей инициативе, указав в заключении на выявленные обстоятельства, имеющие значение для дела. Приведем пример: во дворе нашли труп, на одежде убитого обнаружены осколки стекла. Эксперт решил сделать эмиссионный спектральный анализ этих осколков. На спектрограмме оказались линии сурьмы – значит, стекло было от фары автомобиля. Следовательно, человек погиб от того, что был сбит машиной. Оставалось найти машину с разбитыми или недавно замененными фарой или подфарником.

О МЕТОДАХ ИССЛЕДОВАНИЯ

Как только объект экспертизы (скажем, те же осколки стекла на одежде) поступил в лабораторию, его тщательно осматривают и фотографируют. Особенность работы эксперта-криминалиста в том, что ему часто приходится иметь дело с очень небольшим количеством вещественного доказательства. Иногда частицы вещества можно рассмотреть лишь при 100-кратном увеличении. Металлографический микроскоп с увеличением до 2000 раз позволяет определить микроструктуру металлических изделий и установить число слоев краски (например, на автомобиле или на мотоцикле) по поперечному срезу. А чтобы исследовать микрочастицы растений или почвы, применяют не только обычный микроскоп, но и электронный, увеличивающий в сотни тысяч раз.

Образец осматривают не только в видимых лучах. Незаметные частицы ме-

талла в инфракрасных лучах проявляются черным пятном. А люминесцентный микроскоп, принцип действия которого основан на известном свойстве многих веществ люминесцировать в ультрафиолетовых лучах, применяют при анализе синтетических волокон, красителей, изделий из полимеров (пуговиц, расчесок).

При работе с документами – та же последовательность: вначале осмотр через лупу или под микроскопом, а потом исследование с помощью методов, не разрушающих предмет, например с использованием исследовательской фотографии. Так, при восстановлении слабо видимых надписей или текстов применяют фотосъемку с контрастными фотоматериалами. Можно прочесть, например, надпись, образованную вдавленными штрихами (на подложенной бумаге), если сфотографировать ее при косо падающем свете. А если есть подозрение, что текст документа изменен штрихами, буквами или словами, нанесенными, скажем, пастой другого, едва отличимого оттенка, то используют светофильтры. Например, берут такой фильтр, который исключит фиолетовый оттенок, а синий усилит. А пурпурный или красный фильтр приглушит синий оттенок и усилит фиолетовый.

Широко используют и фотографирование в отраженных ультрафиолетовых, инфракрасных и других невидимых лучах. Вытравленный текст можно прочесть, засняв видимую или инфракрасную люминесценцию записей (первая возбуждается ультрафиолетовыми, вторая – видимыми лучами). А фотография в отраженных инфракрасных лучах позволяет выявить участки подчистки и прочесть тексты, залитые чернилами. Известен случай, когда на экспертизу представили несколько облигаций, на которые выпали крупные выигрыши. С помощью инфракрасных лучей было обнаружено, что некоторые цифры номеров серий искусно подрисованы.

Применение неразрушающих методов исследования совершенно необходимо – судебные и следственные органы требуют, чтобы вещественное доказательство (или большая его часть) было

сохранено. Суд всегда должен осмотреть само вещественное доказательство, а при необходимости при сомнениях иметь возможность назначить повторную экспертизу.

Именно поэтому в судебной экспертизе, особенно при небольшом количестве вещества, очень важны современные физико-химические методы. Инфракрасная и ультрафиолетовая спектроскопия вообще не повреждают объект. Химический анализ, эмиссионный спектральный анализ, тонкослойная и газовая хроматографии с ионизацией в пламени не могут обойтись без разрушений, но для этих методов нужен не весь образец, а лишь малая его часть. Так, чтобы определить методом тонкослойной хроматографии марку чернил или пасты, которыми сделана надпись, достаточно штриха или даже половины штриха одной буквы. Но для того чтобы вырезать этот штрих из документа (или, например, сжечь часть образца при эмиссионном спектральном анализе), необходимо получить специальное письменное разрешение следователя или суда.

А бывает, исследуют такие микрочастицы, что эмиссионный спектральный анализ проводят не в пламени дуги, как обычно, а в луче лазера. Приведем такой пример: произошла серия краж, одинаковых по почерку. Вор залезал в квартиры через форточки и уносил золотые вещи: кольца, часы, старые золотые монеты. Следователь предположил, что преступник выносил украденное в карманах. На экспертизу представили одежду подозреваемого — видимых следов золота на ткани не было; не видно их было и под микроскопом. Но на эмиссионном спектре ткани одного из карманов эти следы проявились, значит, в этом кармане было золото. В данном случае улика оказалась очень важной для доказательства вины.

ЧТО БЫЛО РАНЬШЕ

Раньше на Руси была почерковедческая экспертиза — примерно со времени Ивана Грозного. Позднее появились судебная медицина и токсикология. В России еще Воинским уставом Петра I предписыва-

лось при подозрении на смерть от отравления проводить исследование внутренних органов покойного. Никаких специальных лабораторий не было, химические исследования обычно проводили фармацевты — владельцы аптек. В других случаях приглашали просто сведущих людей: например, для определения подделки почерка — учителей чистописания.

В начале XIX века в России были созданы Медицинские советы: в 1803 г. — при Департаменте внутренних дел, в 1811 г. — при вновь организованном Министерстве полиции, а в 1822 г. их объединили в Медицинский совет при Министерстве внутренних дел Российской империи. Но лишь в середине XIX века, когда членами этого совета стали Ю.Ф. Фрицше, Н.Н. Зинин, Д.И. Менделеев, а позднее Н.А. Меншуткин и другие крупные исследователи, экспертизу стали проводить на должном научном уровне. Обычно ученые проводили экспертизы в своих лабораториях: устанавливали подделку заемных писем, исследовали недоброкачественные вина, хлеб, квас, выясняли причины пожаров. Так, Ю.Ф. Фрицше и Н.Н. Зинин провели экспертизу по установлению подделки заемного письма; следы кислоты, которой были вытравлены чернила, они обнаружили с помощью реактивной бумаги.

Будучи профессором Медико-хирургической академии, Н.Н. Зинин дал А.П. Бородину тему «Об аналогии фосфорной и мышьяковой кислоты в химических и токсикологических отношениях». Диссертация была защищена будущим знаменитым химиком и композитором в 1858 г.

Часто в судебных экспертизах принимал участие Д.И. Менделеев. В статье, опубликованный в газете «Судебный вестник», он писал о том, что эксперту нет возможности судить о правильности или неправильности экспертизы, когда он сам ее не производил или при ней не присутствовал, и что эксперт должен быть предварительно ознакомлен с обстоятельствами дела, чтобы провести необходимые опыты. В других случаях на основании опытов, проведенных его сотрудниками в лаборатории Петербургского университета, Д.И. Менделеев давал заклю-

чения о возможном отравлении синильной кислотой, о фальсификации пищевых продуктов и вин, о загрязнении Невы сточными водами «Товарищества Невской Ниточной Мануфактуры». В сточных водах, например, подсчитывали количество сухого остатка и находили в нем медь, цинк и свинец.

В 1912 г. в Петербурге был организован первый кабинет научно-судебной экспертизы в России.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ, ДИАГНОСТИКА, КЛАССИФИКАЦИЯ

Вернемся к нынешним делам. Предположим, на каком-то предмете, скажем, на стакане, остался след папиллярного узора пальца. Точнее – указательного пальца правой руки. И совсем точно – указательного пальца правой руки такого-то человека.

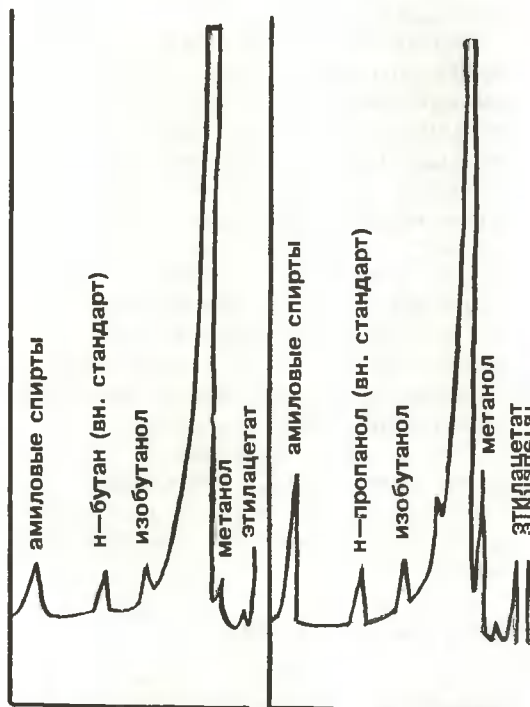
Все эти выводы – разные уровни решения задач экспертизы. Самый низкий – классификационная экспертиза (в нашем примере – след оставлен пальцем). Для физиков и химиков это ответы на вопросы об определении природы неизвестного вещества и о его родовой и видовой принадлежности.

Далее – диагностическая экспертиза. Она выявляет некоторые подробности свойств предмета и тоже может помочь следствию и суду (у нас – пальцем какой руки оставлен след). Самый высокий уровень решения задачи – это идентификационная экспертиза (указательным пальцем правой руки такого-то человека). Ее выводы категоричны, определены и доказательны для суда. Правда, иногда выводы бывают условными или альтернативными, особенно если есть сомнения в достоверности исходных данных или если эти данные противоречивы. Например: машина наехала на фонарный столб – виновен ли шофер? Выяснилось, что это произошло из-за неисправной детали в управлении. Когда произошла поломка – во время наезда или до него? Если бы деталь была новая, то можно предположить, что сломалась она в результате аварии. Но металлографическое исследование обнаружило на ней следы неоднократных ремонтов: деталь была изноше-

на и могла сломаться раньше, до наезда. В этом случае для категорического ответа о вине шофера данных недостаточно. Но случаи с альтернативными выводами бывают редко.

Основные вопросы, которые ставятся перед экспертом – физиком или химиком: имеются ли следы вещества одного предмета на другом, составляли ли они ранее одно целое, что представляет собой источник данных следов. Например, если на одежде потерпевшего найдены частицы обуви подозреваемого, а на этой обуви – волокна одежды потерпевшего, может быть сделан вывод о соприкосновении обуви с одеждой.

Эксперты-физики часто выполняют исследования по делам об автотранспортных происшествиях. По инфракрасному спектру можно определить, чем покрашена машина. Типичный пример – дело о наезде мотоцикла на женщину с двумя детьми. Один ребенок был в коляске, другой шел рядом с матерью по тротуару. Мото-



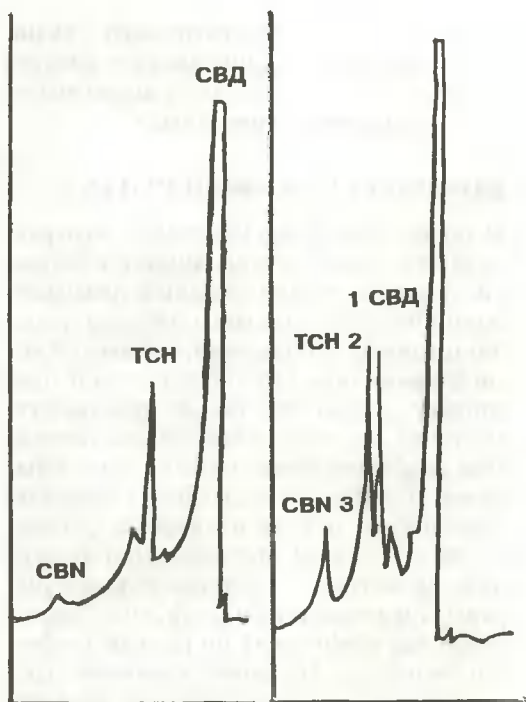
Хроматограммы микропримесей пробы коньяка из сомнительной бутылки и бутылки-образца (справа)

цикл на большой скорости выехал из-за поворота, заехал на тротуар, сбил ребенка и умчался. Неподалеку от места происшествия был задержан мотоциклист на «Яве» красного цвета. Анализ мельчайших частиц красной краски на металлических деталях коляски и на самом мотоцикле показал, что, хотя они и совпали по цвету, химический состав их неодинаков. Действительно, позднее был задержан истинный виновник происшествия.

Если на экспертизу представлены только вещественные доказательства, то иногда приходится давать общие ответы, классификационные (например, относится ли представленная жидкость к горючесмазочным материалам, винно-водочным изделиям, лекарствам и т.д.) и идентификационные – на уровне родовой принадлежности. К последним можно отнести и ответы на вопросы, соответствует ли жидкость в бутылке своему названию на этикетке (вино ли это, водка, коньяк или лекарство).

Но часто в одной экспертизе дают и общие, и однозначные ответы: это возможно, когда одновременно с вещественными доказательствами на экспертизу представляют так называемые объекты сравнения и требуется установить их тождество или различие. Например, буфетчицу подозревают в разбавлении вина или коньяка или в том, что вместо дорогих марок вина и коньяка она продавала дешевые. В этом случае следователь представляет экспертам сомнительные бутылки и бутылку-образец вина или коньяка, полученную с завода-изготовителя. Вопросы ставятся примерно такие: одинаковы ли по качеству жидкости в этих бутылках? Соответствует ли жидкость в сомнительной бутылке своей этикетке? Конкретный пример: на вопрос, соответствует ли представленная проба коньяка образцу коньяка «Азербайджанский», после сравнения хроматограмм дан ответ – не соответствует по содержанию микропримесей (заметим, что это не идентификация объектов по признакам, а их дифференциация).

Определить крепость водки просто: в стеклянный цилиндр с водкой опускают спиртометр (на его шкале плотность спирта уже пересчитана на градусы); а



Хроматограммы экстракта табака из подозрительной сигареты и стандартного экстракта гашиша (справа)

вот выяснить, соответствует ли содержимое бутылки с вином ее этикетке, – дело гораздо более сложное. Без газовой хроматографии здесь не обойтись: приходится учитывать присутствие экстрактивных веществ, содержание сивушных спиртов, сахара и т.д.

Иногда для экспертизы, даже идентификационной, бывает достаточно одного анализа. Но обычно эксперты исследуют образец разными методами: заключение более доказательно, когда основано на определении нескольких независимых и не связанных между собой веществ. Искусство эксперта и состоит в способности правильно выбрать необходимые методы исследования вещества; анализ должен быть полным и отвечать на все вопросы следствия или суда.

Кстати, эксперту надо учитывать, что свойства анализируемого вещества могли измениться, если с момента преступления прошло значительное время. Например: предполагается, что застарелое жирное пятно на пиджаке – от растительного мас-

ла. Его можно проэкстрагировать с ткани растворителем, но при анализе следует помнить, что за прошедшее время масло могло существенно окислиться.

КОМПЛЕКСНАЯ ЭКСПЕРТИЗА

В таких экспертизах участвуют эксперты разных специальностей: химики и биологи, химики и физики, химики и трасологи. Криминалисты-трасологи обычно работают с очень небольшими, следовыми количествами объекта: обнаруживают прилипшее волоконце ткани, приставшую частичку автомобильной эмали. Прежде чем подозрительная бутылка вина попадет к химикам, ее тщательно обследуют трасологи — нет ли на пробке, скажем, следа от прокола шприцем. При экспертизе наркотиков, в которой обычно участвуют и химики, и биологи, тоже происходит идентификация по разным свойствам вещества. Например сравнение хроматограмм экстракта табака из подозрительной сигареты и экстракта гашиша говорит о присутствии в первом из них алкалоидов гашиша; кроме того, под микроскопом желтовато-коричневая табачинка резко отличается от зеленой «реснички», частички гашиша.

Приведем пример комплексной экспертизы. Недалеко от железной дороги был найден труп задушенной женщины. Рядом валялся пустой кошелек из синего вельвета, отделанный белым пластмассовым бисером. Оперативные работники установили личность убитой и мужчины, с которым ее видели накануне убийства. Мужчина был задержан, но категорически отрицал и знакомство с убитой, и причастность к убийству. Однако в кармане его куртки нашли белую пластмассовую бисерину. Эксперты-физики исследовали ее методом инфракрасной спектроскопии и выяснили, что она сделана из отечественного полистирола определенной марки. Точно такой же бисер был на кошельке. Кроме того, на бисеринке оказались волокна синей ткани. Эксперты-биологи установили, что у них много совпадающих признаков с волокнами вельвета кошелька. А эксперты-трасологи определили форму, способ изготовления бисера и нашли место на кошельке, откуда он ото-

рвался. В результате комплексного исследования был сделан вывод: найденная в кармане куртки мужчины бисерина — от кошелька убитой. Это доказательство заставило преступника сознаться в убийстве.

ПОСЛЕДНИЙ ЭТАП ЭКСПЕРТИЗЫ

Мы уже говорили об одном важнейшем требовании судебных и следственных органов: сохранить, насколько возможно, объект экспертизы во время анализа. Другое требование — наглядность результатов исследования.

На диаграммной ленте газового хроматографа или прибора для снятия ИК- или УФ-спектров самописец рисует пики или полосы спектра. Вот хроматограммы соединения или смеси веществ, взятых на месте преступления. Вот хроматограммы образцов сравнения — одного, другого, третьего. Какой из них практически совпадает с исследуемым? К выводу экспертизы прилагаются фотоснимки исходных объектов исследования, фотоснимки их хроматограмм или спектров. Хроматограммы четко показывают, как определены крепость вина, содержание сивушных спиртов в водке и самогоне, присутствие наркотиков. Наглядны снимки ИК-спектров при экспертизах красителей, тонкослойных хроматограмм — при исследовании чернильных паст, лекарств. Особенно убедительны фотографии, полученные при экспертизах документов. Все должно быть ясно и понятно не только эксперту, но и следователю, и суду, и свидетелю, и самому обвиняемому.

Есть и третье требование: выводы эксперта должны быть категоричны. Некаатегоричные не могут служить доказательством для суда.

Практика показывает, что большинство преступников незнакомо с успехами естественных наук в судебной экспертизе. Иначе бы они знали заранее: бессмысленно надеяться на удачу. При нынешних научных методах расследования любое преступление рано или поздно будет раскрыто, любая вина — доказана.

Следы запаха

Доктор юридических наук
Г.А. САМОЙЛОВ

В больнице произошла большая неприятность: из сумочки врача С., лежавшей на столе, пропала крупная сумма денег. Это была здесь не первая кража, и каждый раз преступник брал только деньги. Действовал он очень осторожно, и обнаружить его не удавалось. Ясно было одно: он – не посторонний человек.

На этот раз работники милиции с согласия персонала больницы решили прибегнуть к помощи служебно-розыскной собаки. Обнюхав сумочку, ищейка пошла вдоль нестройного ряда белых халатов. Сначала ее внимание привлекла сама владелица сумочки. А потом она уверенно остановилась возле гражданки В. и залаяла... Как выяснилось в ходе расследования, именно В. и совершила все кражи.

Еще один случай, посложнее. Во время обеденного перерыва из сельского магазина был похищен небольшой переносный сейф, куда заведующая, уходя, положила всю выручку. Прибывшие сотрудники уголовного розыска установили, что преступник вынес сейф через подсобное помещение – там были взломаны замки входных дверей. Но куда он направился дальше? Служебно-розыскная собака Пьекс взяла след запаха в том месте, где преступник бросил ломик, привела к складу лесоматериалов, находившемуся более чем в километре от магазина, и остановилась у большой кучи опилок. В ней и был найден сейф. А немного позже с помощью того же Пьекса на складе задержали и самого преступника...

Эти примеры вновь и вновь убеждают нас в том, что запах каждого человека строго индивидуален. Именно благодаря этому и можно с помощью собак-ищеек по следам запаха находить и задерживать преступников, выделять их среди окружающих, обнаруживать предметы, к которым они прикасались.

Но и специально обученные собаки иногда не могут помочь следователю. Они, например, отказываются брать след в сильный мороз (ниже минус 23–25°C), сразу после дождя или когда они сильно возбуждены. Чтобы в меньшей степени зависеть от возможностей и особенностей поведения и наших четве-

роногих друзей, чтобы полностью использовать информацию, содержащуюся в следах запаха (эту информацию называют одорологической), криминалисты вместе с физиками и химиками сейчас усиленно изучают, как образуются эти следы, исследуют их информационную природу. И создают специальные приборы для определения их химического состава.

Запах – явление сложное. С одной стороны, это мельчайшие частицы газообразных веществ, которые вызывают ощущение запаха. С другой стороны, это реакции на такие вещества обонятельных рецепторов и соответствующих центров мозга – эти реакции и порождают обонятельные ощущения. Мы будем здесь говорить только о первой половине проблемы – о составе веществ, образующих запах человека, о механизме образования следов запаха и о той информации, которую криминалисты могут извлечь из этих следов при расследовании преступлений.

Своеобразие запаха человека зависит, главным образом, от состава ароматических выделений потовых и сальных желез, находящихся в толще кожи. Особенно много потовых желез на ладонях рук и подошвах ступней. Поэтому следы запаха чаще всего и остаются именно там, где ступала нога человека (молекулы пахучих веществ легко проходят сквозь материал и швы обуви), или на тех предметах, к которым человек прикасался руками. Источниками одорологической информации могут быть и вещи, принадлежащие преступнику: они тоже сохраняют на себе пото-жировые выделения.

Среди пахучих веществ, выделяемых потовыми железами, главную роль в образовании следов запаха играют, как можно предположить, жирные кислоты (в основном масляная): они формируют наиболее сильную и стойкую ароматическую основу запаха. Если на долю кислот вообще приходится около 0,15% выделений потовых желез, то жирные кислоты составляют почти четверть этого количества. И пусть сквозь обувь проникает хотя бы тысячная их доля, – все равно на поверхности каждого следа останется по крайней мере 250 миллиардов молекул жирных кислот! А специально натренированная собака способна ощутить присутствие в миллион раз меньшего количества пахучих веществ в нескольких десятках кубометров воздуха – и не только ощутить, но – в благоприятных условиях – целые сутки идти по таким следам и найти оставившего их человека или вещь, к которой он прикасался...

Кроме жирных кислот, в формировании следов запаха человеческого тела принима-

ют участие также входящие в состав потожировых выделений сульф- и оксикислоты. Различные сочетания тех и других и образуют основную часть запаха человека — индивидуальную и, как правило, относительно постоянную на протяжении всей его жизни. В образовании запаха тела участвуют и дополнительные компоненты, например, запах помещения, в котором человек работает или живет, запах предметов, с которыми он часто соприкасается, а также запахи парфюмерии, табака, пищи. Но такие запахи — сопутствующие и побочные — могут принадлежать не одному человеку, а многим.

Ароматические вещества, образующие запахи, постоянно отделяются от своего носителя — тела человека. При совершении преступления в окружающем воздухе, на вещах, в почве и т.д. неизбежно остаются скопления этих веществ — следы запаха.

Если такие скопления образуются при отделении молекул ароматических веществ непосредственно от тела человека, то возникают следы запаха, которые мы условно назовем нефиксированными. В закрытом помещении они входят в общий состав находящегося в нем воздуха, а на открытом пространстве сравнительно быстро рассеиваются и исчезают. Типичным примером этого может служить хорошо известный каждому «шлейф» запаха духов, бензина или табака, оставляемый идущим человеком.

Значительно сложнее образуются следы запаха тела человека из ароматических веществ, уже перенесенных с поверхности тела на подложку — например, какой-нибудь предмет, до которого дотрагивался преступник. Теперь источником запаха становится сама подложка: отделившиеся от нее молекулы ароматических веществ образуют микрооблако, которое в результате диффузии также постепенно рассеивается в воздухе. Такие фиксированные следы запаха сохраняются до тех пор, пока концентрация ароматических веществ в микрооблаке не упадет ниже порога чувствительности обоняния специально натренированной собаки или прибора. Время их существования зависит, прежде всего, от интенсивности испарения и сублимации веществ, а также от скорости диффузии их молекул. Важную роль играют и физические свойства подложки. Например, чем плотнее материал, на котором преступник оставил следы рук или ног, и чем темнее его окраска, тем сильнее он прогревается солнцем и тем быстрее улетучиваются ароматические вещества. Влияют на продолжительность существования следов запаха и атмосферные условия: при высокой температуре воздуха, не-

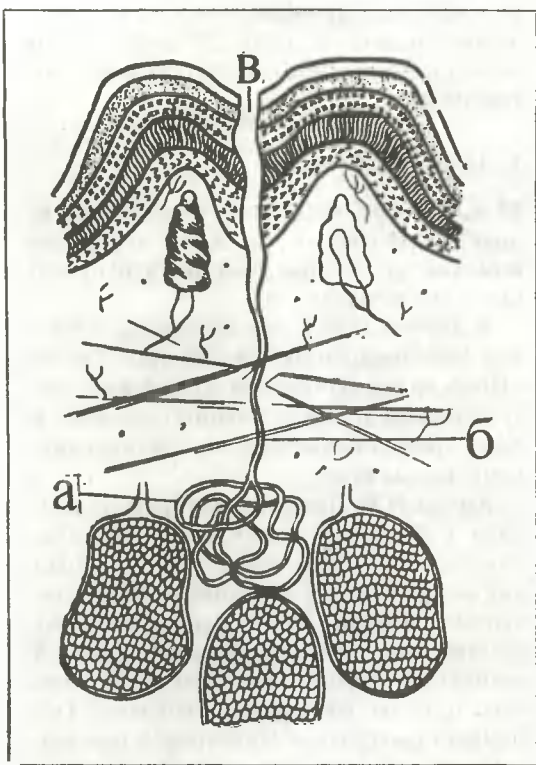
большой влажности и при ветре они исчезают гораздо быстрее.

Изучая закономерности диффузии молекул пахучих веществ, криминалисты вместе с физиками пытаются с математической точностью определить, сколько времени могут существовать следы запаха человеческого тела в закрытом помещении или на открытой местности. Это позволит не только наиболее успешно применять служебно-розыскных собак или приборы-анализаторы, но и устанавливать очень важное обстоятельство расследуемого преступления — его начальный момент. Это важно знать, во-первых, потому, что закон вообще требует от следователя выяснить все обстоятельства преступления, в том числе и то, когда оно совершено, а во-вторых, потому, что так можно получать своеобразный эталон для проверки правильности показаний свидетелей, потерпевших и подозреваемого. Например, такой эталон поможет опровергнуть ложное алиби преступника, доказывающего, будто в момент совершения преступления он находился в другом месте.

Сейчас разработаны способы консервации и хранения следов запахов, изымаемых с места преступления, это позволяет в дальнейшем использовать их для выявления скрывающегося преступника. Эксперименты показали, что взятые в специальные контейнеры пробы воздуха, содержащие запах тела человека, на протяжении двух лет полностью сохраняют свои информационные свойства — служебно-розыскная собака может по ним обнаруживать того человека, запах тела которого был «законсервирован».

Пожалуй, не будет большим преувеличением сказать, что заветная мечта криминалистов — создание «искусственного носа», специального прибора, который помог бы находить преступника по запаху его тела. Что это — только мечта или уже реальность?

Сейчас предложено немало конструкций таких аппаратов, хотя окончательно проблема еще не решена. Один из подобных приборов — сконструированный в США электронный анализатор запахов, или, как его часто называют, «электронный нос». Он гораздо совершеннее человеческого носа и в тысячу раз чувствительнее обоняния натренированной собаки (а ведь она может различать до полумиллиона тончайших оттенков запаха!). Подробного описания устройства «электронного носа» еще нет, но из того, что о нем уже известно, можно сделать



Поперечный разрез кожного покрова на ладонях человека. А – потовая железа, вырабатывающая вещества, которые составляют основную часть запаха человека; Б – выводной проток железы; В – устье выводного протока, через которое постоянно выделяются вещества, образующие запахи тела; такие устья расположены по ходу возвышений на поверхности кожи – папиллярных линий, которые образуют характерные отпечатки пальцев; на схеме видна в разрезе одна папиллярная линия

вывод, что этот прибор копирует функции обонятельных клеток слизистой оболочки носа животных. Он работает на полупроводниках, которые в разной степени изменяют электропроводность в зависимости от строения молекул попадающих в аппарат газообразных веществ. Эти изменения фиксируются и позволяют различать запахи.

В других моделях «искусственного носа» в качестве чувствительных элементов, реагирующих на химический состав запаха, используется сочетание полупроводников с адсорбентами. При поступлении в аппарат пахучих веществ адсорбенты, поглощая их, в

зависимости от их химического состава выделяют разное количество тепла, в результате чего изменяется сопротивление электрической цепи. Эти изменения фиксируются на ленте самописца – сопоставляя такие записи, можно сравнивать составы следов запаха, изъятых с места преступления, с пробами запаха подозреваемых лиц.

Наконец, создаются анализаторы, основанные на методе газовой хроматографии. Но расшифровка хроматограмм – дело довольно сложное, и действительно эффективными такие приборы могут стать, по-видимому, лишь в сочетании с ЭВМ, которая позволит более точно уловить в пиках хроматографической кривой индивидуальные особенности состава веществ, образующих исследуемый запах.

Когда будут созданы достаточно надежные приборы-анализаторы, которые позволят обнаружить человека, совершившего преступление, по запаху его тела, поиск преступников станет в какой-то мере более простым и в то же время более научно обоснованным. Прибор определит индивидуальный состав веществ в следах запаха, взятых с места преступления, и сопоставит его с составом запаха подозреваемого. Если составы совпадут, это будет свидетельством того, что подозреваемый находился на месте преступления в тот момент, когда оно было совершено. Конечно, одно это еще не будет доказательством его вины, но значительно облегчит работу следователя, расследующего преступление и стремящегося установить истину.

1972, № 10

Дело Катюши Масловой

Доктор медицинских наук
Б. СВАДКОВСКИЙ,
Я. ШЕСТОПАЛ

Как ни странно это сказать, а художество требует еще гораздо большей точности, чем наука.

Л. Толстой (из письма к Л.Д. Семенову,
1908 г.)

От какого яда умирает Нина в «Маскараде» Лермонтова? Неизвестно.

Может ли при ударе в висок хлынуть ручьями кровь, как это изображено на картине Репина «Иван Грозный и его сын»? Нет, так не бывает.

Верно ли, что, как утверждал известный русский терапевт профессор Н.Ф. Голубев, болезнь Ивана Ильича в повести Льва Толстого описана настолько точно, что «любой студент-медик поставит диагноз»? Едва ли.

Спору нет, медицинские ситуации в произведениях Толстого обрисованы с поразительным знанием дела. Смерть князя Андрея от анаэробной гангрены, мозговой инсульт у старика Безухова, начинающийся туберкулез у Кити – все это не названо по-научному, но изображено с поистине научной точностью.

А вот в «Смерти Ивана Ильича» такой безупречной медицинской точности нет. Читателю-врачу ясно, что речь идет, по всей вероятности, о злокачественной опухоли. Но какой? Что поражено: почка, желудок, кишечник? Догадаться невозможно. Впрочем, так было и в жизни: диагноз болезни Ивана Ильича Мечникова, послужившего медицинским прототипом толстовского героя, остался неуточненным.

Авторы этой статьи имели возможность ознакомиться с рукописями романа Л.Н. Толстого «Воскресение» и проследить формирование его судебно-медицинской фабулы – истории мнимого преступления Катюши Масловой. Хотя творческая история романа изучена вдоль и по-

перек, литературоведы как-то не обращали внимания на медицинские подробности сюжета. А между тем здесь есть о чем поговорить.

1. ЗАМЫСЕЛ

28 ноября 1890 г. Толстой пометил в дневнике: «...Пошел в суд. Жара и стыдная комедия, но я записывал то, что нужно было для натуры».

В апреле 1895 г. его видели на заседании Московского окружного суда. Газета «Новости дня» сообщила: «Граф живо интересовался ходом судебного следствия и даже формальностями по составлению присутствия суда».

Юрист Н.В. Давыдов, которого связывала с Толстым многолетняя дружба, рассказывал, что писатель посещал тюрьмы и подолгу беседовал с их обитателями. Весной 1899 г. (год окончания работы над «Воскресением») Толстой прошел по городу с партией арестантов весь путь от Бутырок до вокзала. Тюремный зритель Виноградов просмотрел по просьбе автора корректурные листы романа и исправил неточности в описании одежды надзирательниц женского отделения.

Что касается уголовного дела, изложенного в романе, то исследователи обычно указывают на три источника, которыми воспользовался или мог воспользоваться Толстой. А.Ф. Кони, знаменитый адвокат и общественный деятель, рассказывал Толстому случай из практики Петербургского окружного суда. Публичная женщина обокрала пьяного клиента. На суде один из присяжных узнал в подсудимой некогда соблазненную им девушку. Движимый чувством раскаяния, он решил жениться на ней, но осужденная заболела тифом и умерла.

Другая версия принадлежит известному исследователю творчества Толстого В.А. Жданову: он обратил внимание на опубликованные в начале века в журнале «Русское богатство» записки одного адвоката, где, между прочим, рассказывалось о напугавшем деле 16-летней девушки, тоже обвиненной в краже. Во время судебного разбирательства присяжный за-

седатель сделал преступнице официальное предложение вступить с ним в брак. По мнению В.А. Жданова, Толстой не мог не слышать об этой истории.

Наконец, есть сведения (на них указал академик Н.К. Гудзий), что замысел «Воскресения» был в большей мере связан с некоторыми обстоятельствами личной биографии писателя.

Однако ни в одном из этих трех вероятных источников нет интересующего нас (и столь важного для судьбы Катюши Масловой) мотива отравления. Нет его и в первых рукописных вариантах романа.

2. КТО ОШИБСЯ?

Припомним, как все происходит в романе.

В городском суде слушается очередное уголовное дело. Секретарь читает обвинительный акт, где говорится, что такого-то числа в номере гостиницы «Мавритания» скоропостижно скончался приезжий купец Ферапонт Смелков. Полицейский врач (так называли в то время судебно-медицинских экспертов) нашел, что смерть наступила от разрыва сердца в связи с чрезмерным употреблением спиртных напитков; купца похоронили.

Но затем обнаружилось, что в комнате произошла пропажа. Исчезла крупная сумма денег и драгоценный перстень, принадлежавший купцу. Выяснилось, что накануне смерти Смелков был в «заведении», откуда послал девицу Любку (Катюшу Маслову) к себе в гостиницу за деньгами. Вскоре после этого Смелков вернулся в номер вместе с Любкой, и она, чтобы отделаться от него, дала ему выпить в рюмке коньяка белый порошок — как она думала, опий (снотворное). Произведена эксгумация, и исследование внутренних органов показало «несомненное присутствие яда в организме покойного, подавшее основание заключить, что смерть последовала от отравления».

Первую и пока единственную судебно-медицинскую оценку дела, описываемого Толстым, дал видный советский патолог профессор А.В. Русаков, у которого посчастливилось учиться одному из нас. Русаков считал, что экспертиза допустила в деле Масловой грубый промах: причиной

смерти был признан яд (по всей вероятности, мышьяк), который, скорее всего, попал в тело купца посмертно.

В самом деле, для отравления мышьяком типичны боли в животе, рвота, понос, часто бывают судороги. Ничего подобного у Ферапонта Смелкова не было. Из показаний Масловой на суде мы узнаем, что купец, выпив коньяк, уснул; во сне он и умер. Заметим, что прием снотворного вместе с алкогольными напитками значительно усиливает его действие и даже небольшая доза может оказаться опасной для жизни. Обнаружить яд после смерти во внутренних органах невозможно. Что же касается мышьяка, то он мог попасть в тело умершего из металлического венка — такие венки, изготовленные из сплава цинка и мышьяка, весьма широко применялись в конце прошлого века.

Итак, правдоподобней считать, что пьяный купец умер, случайно отравившись снотворным (тем же опиум). Такое предположение и должен был сделать эксперт.

Но кто же в таком случае оплошал: Толстой, заставивший полицейского врача совершить профессиональную ошибку, или реально существовавший эксперт, участник следственного дела, материалами которого воспользовался автор романа? Что это было за дело?

3. ЯД

«От Давыд(ова) получил очень хорошее дело для Кон(евского) рассказа», — записывает Толстой 2 мая 1891 г. Коневский рассказ — это история о раскаявшемся присяжном заседателе, которую сообщил Толстому А.Ф. Кони. По-видимому, Н.В. Давыдов снабдил писателя сведениями о каком-то уголовном деле, которое могло быть затем использовано в романе.

Однако сам Давыдов в своих воспоминаниях указывает: «Мне пришлось... по просьбе Л.Н. написать имеющийся в романе отрывок кассационной жалобы, вопросы, резолюции и т.п.». О том, какое конкретное дело выслал Толстому Давыдов, он ничего не говорит. Поставленный выше вопрос остается, таким образом, неясным.

Но вот перед нами рукописный архив «Воскресения».

В рукописи, числящейся под № 15, читаем: секретарь «достал бумагу и начал читать протокол судебно-медицинского освидетельствования 1890 года января 17 дня испр. должн. судеб.». Начиная со слова «протокол», вся эта фраза зачеркнута рукой Толстого, и вместо нее помещено: «списать из дела с листа 12, заложеного бумажкой, с поправками каран-дашом, которые стереть».

На другом листе той же рукописи написано: «...чтение исследования началось. Нехлюдов сидел и слушал и глядел и слышал звук чтения». Слово «исследования» зачеркнуто, вместо него стоит «акта», а далее вся фраза от слова «Нехлюдов» тоже вымарана. Рукой писателя сделана помета: «Выписать из 54 стр. акт с изменениями каран(дашом) и стереть».

Эти записи не что иное, как документальное подтверждение того, что включенные в роман материалы судебно-медицинской экспертизы не сочинены, а заимствованы из подлинного уголовного дела. Писатель лишь внес в него некоторые изменения, отметив их для переписчика.

Теперь посмотрим, как выглядит это дело на разных этапах работы над романом. «Потом стали спрашивать эксперта-врача о признаках отравления» (рукопись № 15). Следует обвинительный акт, в котором приведены результаты исследования трупа, причем яд назван по имени: «Вскрытие трупа показало, что в желудке была среди большого количества вина еще сильная доза лауданума, от которого и должна была произойти смерть». (Лауданум – синоним опия.)

Но в позднейших вариантах название препарата опускается. Затем, еще позже, появляется упоминание о мышьяке. Вероятнее всего, это было подсказано изучением все того же реального дела, откуда автор черпал подробности для будущей книги. Мышьяк, типичный яд в криминальной практике того времени, будет фигурировать во всех последующих редакциях, вплоть до корректурных листов.

4. ДВЕ ВЕРСИИ ОТРАВЛЕНИЯ

Переписчик выполнил указания писателя, сделанные в рукописи № 15. Новая рукопись № 31 содержит вводную часть судебно-медицинского протокола, составленного по всем правилам, а сам протокол вместе с актом химического исследования органов образует отдельную рукопись – № 39.

И тут возникает противоречие между двумя версиями, которые писатель должен был каким-то образом объединить: версией со снотворным, отвечающей общему замыслу романа (Маслова хочет усыпить купца, купец умирает во сне, убийство совершенно ненамеренно), и версией с чем-то похожим на мышьяк, почерпнутой из подлинного дела.

Сравним рукописный вариант с окончательной редакцией романа.

Рукопись № 39

Чтение акта началось: «1890 года, февраля 15 дня, я, нижеподписавшийся, по поручению врачебного отделения Московского губернского правления, вследствие требования судебного следователя города Москвы от 10 февраля сего года за № 638-м, – опять начал с решительностью, повысив диапазон голоса, как будто желая разогнать сон, удручающий всех присутствующих, секретарь, – в присутствии помощника врачебного инспектора произвел химическое исследование внутренностей трупа купца 2-ой гильдии Ферапонта Смелькова по делу смерти его:

1) Правого легкого и сердца (в 6-тифунтовой банке).

2) Содержимое желудка (в 6-тифунтовой стеклянной банке).

3) Желудка (в 6-тифунтовой стеклянной банке).

4) Печени, селезенки и почек (в 3-х фунтовой стеклянной банке).

5) Кишок (в 6-тифунтовой стеклянной банке).

От всего этого были взяты части и подвергнуты химическому исследованию правилом, изданным Медицинским Советом, причем оказалось...»

Чтение акта началось: «188* года февраля 15-го дня я, нижеподписавшийся, по поручению врачебного отделения, за № 638-м, — опять начал с решительностью, повысив диапазон голоса, как будто желая разогнать сон, удручающий всех присутствующих, секретарь, — в присутствии помощника врачебного инспектора, сделав исследование внутренностей:

- 1) Правого легкого и сердца (в шестифунтовой банке).
- 2) Содержимого желудка (в шестифунтовой стеклянной банке).
- 3) Самого желудка (в шестифунтовой стеклянной банке).
- 4) Печени, селезенки и почек (в трехфунтовой стеклянной банке).
- 5) Кишок (в шестифунтовой глиняной банке).

На этом месте, как помнят читатели «Воскресения», чтение акта прерывается. Из сравнения обеих редакций — рукописной и окончательной — видно, что в ходе общего сокращения текста опускаются некоторые уточняющие подробности, и противоречие между двумя версиями отравления несколько затушевывается. Название яда отсутствует и в рукописи, и в окончательном тексте (мышьяк упомянут только в одном месте романа — в тексте обвинительного заключения). Однако упоминание об исследовании внутренних органов — желудка, кишечника, почек, ссылка на это исследование как на доказательство не оставляют сомнений в том, что речь идет именно о мышьяке: изменения в этих органах более или менее типичны для мышьяковой интоксикации, а отнюдь не для отравления опиумом или близкими к нему веществами. Кроме того, писатель устраняет из обвинительного заключения подробности смерти купца, характерные для отравления снотворным. В конечном счете читателю известно только одно: что купец умер, приняв какой-то порошок с вином.

Наконец, в числе вещественных доказательств, представленных на суде, фигурирует «склянка и фильтр». По вероятности, имеется в виду фильтровальная бумага, смоченная раствором азотнокислого серебра, на которой остался бурый оса-

док мышьякового соединения (принятый в судебной медицине прошлого века метод анализа желудочного содержимого на мышьяк). В рукописях «Воскресения» сохранились пометки, свидетельствующие о том, что автор придавал особое значение этой подробности. Очевидно, что и она перекочевала в текст романа из того неизвестного нам уголовного дела, где речь шла об отравлении мышьяком.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, мы вправе утверждать, что материалы судебно-медицинской экспертизы в романе «Воскресение» взяты писателем из подлинного уголовного дела (а не сочинены, как принято считать, юристом Н.В. Давыдовым). Правда, это уголовное дело до сих пор не удалось разыскать. Нам известно лишь, что оно касалось отравления мышьяком.

Описывая судебный процесс по делу Катюши Масловой, Толстой как мы убедились, изменил версию об отравлении. По первоначальному замыслу купец Ферапонт Смелков умер, отравившись опиумом. На этой стадии работы автор будущего романа еще не располагал конкретным документальным материалом.

Затем, познакомившись с подлинным делом, писатель заменил опиум более характерным для того времени способом отравления: теперь речь идет о мышьяке. Соответственно в описание суда вводятся некоторые процессуальные уточнения, и прежде всего материалы экспертизы: исследование внутренних органов подтверждает, что смерть Смелкова вызвана мышьяком. В дальнейшей работе над рукописями (подробный анализ которых мы здесь опустили) Толстой исключил из текста обвинительного акта описание обстоятельств смерти купца, которые могли бы наводить на мысль об отравлении другим ядом. Последние следы первоначальной версии исчезли, и вся история в целом приобрела безукоризненную научную достоверность. Если кто и ошибся в деле Масловой, то не писатель, а суд; но в этом и заключался замысел романиста.

1980, № 12



Снежный человек с точки зрения криминалистики

*Кандидат биологических наук
В.Б. САПУНОВ*

Когда мы встречаем свидетеля, на полном серьезе рассказывающего о встрече со снежным человеком, то соблазнительно произнести старую поговорку следователей – «врет, как очевидец». Смысл сентенции ясен – на одни слова и следствие, и наука полагаться не могут. Покажите нам фотографии, отпечатки следов или, еще лучше, самого снежного человека – пусть даже его маленький кусочек, тогда будем говорить серьезно.

И все-таки есть явления и события, информацию о которых удастся получить преимущественно из свидетельств очевидцев: шаровые молнии, миражи... Наиболее часто с выявлением истины из подчас очень нечетких свидетельств сталкиваются криминалисты. Разработанная ими тео-

рия свидетельских показаний заинтересовала и других исследователей, изучающих то, что можно наблюдать лишь случайно.

Согласно обширным палеонтологическим данным, подытоженным профессором Б.Ф. Поршневым, люди неандертальского типа – палеантропы в своем филогенезе (историческом развитии) разделились на две ветви. Одна ветвь развивалась по пути усложнения головного мозга, совершенствования высшей нервной деятельности и привела к формированию современного человека. Другая – приспособлялась к среде с помощью увеличения физической силы особей и некоторого снижения их интеллекта. Момент полного исчезновения второй ветви в науке не датирован. Возможно, что на Земле еще уцелели такие реликтовые приматы. Видовое их название, данное К. Линнеем, – человек пещерный (*Homo troglodytes*). Эти существа и могли послужить основой легенд о снежных людях.

Свидетельские показания о снежном человеке в конце 50-х – начале 60-х годов были подытожены специальной комиссией Академии наук СССР. К сожалению, во время работы комиссии еще отсутство-

вал ряд важных методик – в последние годы достигнут немалый прогресс в биологической статистике и теории свидетельских показаний. Трудами Н.В. Тимофеева-Ресовского и его учеников создана дисциплина, позволяющая судить о процессах в популяциях с помощью дискретных признаков у организмов, так называемая фенетика.

Так вот, что сказал бы Шерлок Холмс, если бы к нему пришел гость, заявивший о своей встрече со снежным человеком?

Здесь возможны две альтернативные гипотезы. Первая: снежный человек – это весьма малочисленный вид, находящийся под давлением неблагоприятных условий и вымирающий. Вторая: такого вида не существует, все свидетельства – плод ошибок и вымысла.

Нынешний Шерлок Холмс подумал бы: если справедлива первая гипотеза, то показания свидетелей должны укладываться в рамки новейших представлений о вымирающих видах млекопитающих, разработанных в экологии, генетике и фенетике. При справедливости второй гипотезы свидетельские показания в своей совокупности должны выйти за эти рамки, ибо просто невозможно вообразить, что все недобросовестные или оказавшиеся жертвой ошибки люди глубоко знают современную биологию.

Основу обработанного мною материала составили данные комиссии Академии наук СССР по изучению вопроса о снежном человеке. К ним были добавлены свидетельские показания, собранные в 1984–1985 годах в Тянь-Шане экспедицией, организованной Волгоградским клубом альпинистов «Вертикаль», в составе которой был и автор этой статьи. Из свидетельств я отбросил те, что получены из третьих рук, и те, где не было более или менее подробного описания «объекта». Проанализированы свидетельства о 140 особях, где были сведения о росте, цвете волос и половых признаках. Все эти данные были обработаны методами биологической статистики, фенетики и теории свидетельских показаний.

Математическая теория свидетельских показаний, созданная в основном для исследования дорожно-транспортных происшествий, гласит, что количественный

параметр, оцениваемый свидетелями, распределяется в своей совокупности по закону Гаусса, или закону нормального распределения. Вершина кривой соответствует истинному значению количественной величины (расстояние, скорость, размер...). В группах свидетелей, субъективно заинтересованных в итогах оценки (например, пострадавших), есть смещение середины этого распределения в ту или иную сторону. Чем выше квалификация свидетелей в той области, о которой идет речь, тем меньше отклонение. Если говорить о дорожно-транспортных происшествиях, то понятно, что показания шоферов наиболее точны. И особенно важно то, что при намеренной фальсификации распределение становится не Гауссовым.

Давайте примем во внимание эти положения и сперва рассмотрим сведения о росте снежного человека. Так вот: средняя величина 191 ± 3 см, среднее квадратичное отклонение (σ) – 30 см. Сравните: средний рост человека мыслящего – $166 \pm 0,4$ см, $\sigma = 5,7$ см (данные без учета половых различий получены на студентах Ленинградского университета). Получается, что снежный человек выше, чем мы, изменчивость роста тоже больше. Это может объясняться несовершенством способа измерения – на глаз, а также и тем, что повышенная изменчивость вообще свойственна малочисленным животным, пребывающим на грани вымирания. Распределение свидетельских показаний о росте снежного человека демонстрирует зависимость, близкую к Гауссовой, с двумя вершинами. Одна соответствует 2,04 м ($\sigma = 0,24$ м), вторая – 1,56 м ($\sigma = 0,15$ м). Эти два максимума можно объяснить или половым диморфизмом (у крупных обезьян большие различия в размерах самок и самцов), или расовым. К тому же у человека разумного даже в пределах одной расы есть нации, сильно отличающиеся по росту.

Но вот беда – насколько эти данные достоверны? Ведь сознательная или бессознательная фальсификация для привлечения внимания к снежному человеку или к себе лично не исключена. Мотивы ее могут быть разными. Но высокообразованный человек должен исходить из других соображений и принципов, чем необ-

разованный. Человек с высшим образованием будет подлаживать свои показания под литературные данные. У необразованного же велика доля чистой фантазии, и вряд ли он будет опираться на научные источники. Иными словами, степень квалификации может влиять на характер показаний. Для проверки этого предположения я разделил свидетелей на две группы: имеющих высшее образование и не имеющих. Если же образовательный уровень был неизвестен, материалы не рассматривали. Средние величины были проанализированы отдельно в каждой из

Зависимость показаний о росте снежного человека от образовательного уровня свидетеля

Показатель	Образование	
	высшее	начальное и среднее
Рост, м	1,96	1,90
Ошибка	0,05	0,03
Изменчивость	0,24	0,37

групп наблюдателей. В обоих случаях выявилась двухвершинная кривая (средние значения приведены в таблице).

Как видно, достоверных различий в свидетельских показаниях нет. Значит, субъективизм свидетелей невелик, значит, в основе их показаний лежит нечто объективно существующее.

Теория свидетельских показаний утверждает, что заведомая фальсификация при ее математической обработке не может дать кривых с одной или двумя вершинами. Наличие одной или двух вершин и быстрое убывание функции по мере удаления от вершин в нашем случае может свидетельствовать либо об единой установке на фальсификацию, которой заведомо не может быть у независимых, большей частью малообразованных свидетелей, либо на стоящую за наблюдениями объективную реальность.

Фенетика анализирует качественные признаки в популяциях и на основе их распределения и частот делает выводы о происходящих генетических процессах. Опираясь на это, я вычленил основные дискретные формы (фены) по окраске шкуры. Я не принимал во внимание при-

знаки, связанные с возрастом (например, седина), и субъективные, связанные с наблюдателем нюансы (например, коричневый, рыже-бурый и близкие цвета попадали в одну группу). Так вот, выявлено четыре фена со следующими частотами: коричневый – 0,63, серый – 0,23, желто-коричневый – 0,09 и черный – 0,05. Похожий набор вариантов окрасок ныне бытует у многих приматов. Во всяком случае, степень разнообразия окрасок гипотетического снежного человека не больше, чем у животных, обитающих в неблагоприятных условиях.

Генетика окраски млекопитающих ныне хорошо изучена, и точно известно, какие гены отвечают за цвет шерсти. Это позволяет рассчитать генетическую структуру популяции снежного человека по традиционным правилам математической генетики, что и было проделано мною с помощью ЭВМ. Здесь нет нужды выписывать все расчеты и формулы. Можно лишь подчеркнуть, что рассказы свидетелей о расцветке шкуры снежного человека разумно описываются с позиций современной биологии.

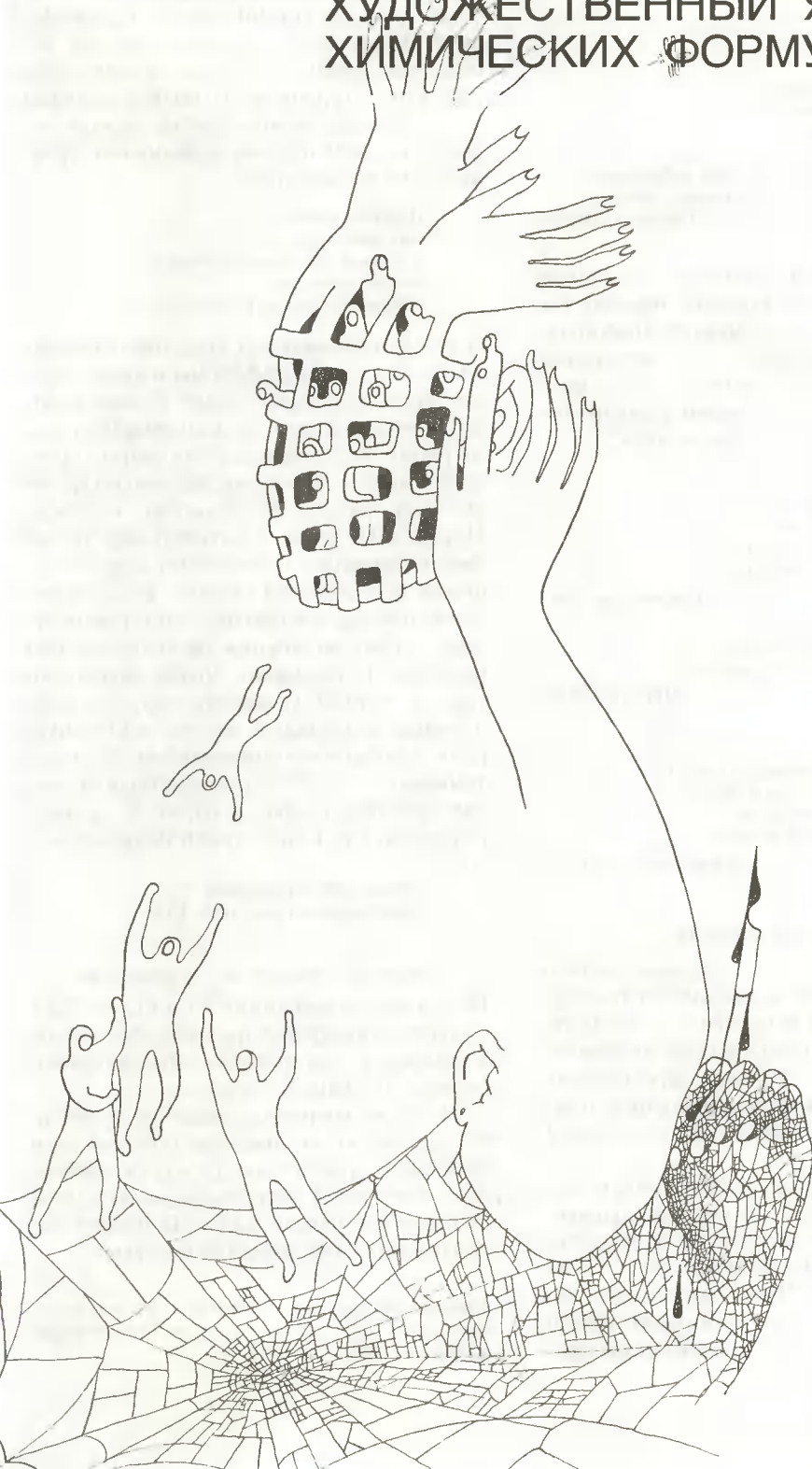
Теперь о соотношении полов. Анализ тех случаев, когда свидетели наблюдали половые признаки, дает долю самцов в $56 \pm 3\%$. Это близко к обычному, некоторое же преобладание самцов для популяций с сокращающейся численностью закономерно. Выходит, что и по этому критерию свидетельские показания в своей совокупности выглядят правдоподобно.

Так что же из всего этого следует? А то, что окончательного вывода о реальности снежного человека как биологического вида пока сделать нельзя. Но можно утверждать, что свидетельские показания о снежном человеке внутренне не противоречивы. Во всяком случае, методы криминалистики не выявляют неточностей, основанных на сознательной или бессознательной фальсификациях. И другое: рассказы очевидцев о снежном человеке соответствуют современным представлениям о генетике и экологии приматов и явлениях, сопутствующих вымирающим популяциям.

И не посоветовать ли нынешнему Шерлоку Холмсу всерьез заняться этой проблемой?

1987, № 12

ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ ЯЗЫК ХИМИЧЕСКИХ ФОРМУЛ



Я. А. 84.24.3.

Химизация поэзии и поэтизация химии

Д. ВЛАДИМИРОВ

*Что делается,
В механике,
И в химии,
И в биологии, —
Об этом знают лишь избранныки,
Но, в общем, пользуются многие.*

Леонид Мартынов

Химизация поэзии началась с освоения химического языка, в первую очередь названий химических элементов. Достаточно сравнить химическую терминологию стихотворений, разделенных столетием, чтобы убедиться, как резко расширился круг элементов, известных поэтам:

XIX век

И железная лопата
В каменную грудь,
Добывая медь и золото,
Врежет страшный путь!

(Лермонтов, 1841)

Торговали мы булатом,
Чистым серебром и золотом.

(Пушкин, 1830)

XX век

Здесь в дробильнях, в бункерах,
В жерновах железных пугал
Превращаются во прах
Известь, марганец и уголь,

(Антокольский, 1936)

Ответят нам,
что цинк, и уголь, и вольфрам.

(Сельвинский, 1949)

Современная поэзия настолько овладела терминологией неорганической химии, что, используя поэтические отрывки, можно составить периодическую систему элементов, вторая группа которой выглядит так, как это показано на следующей странице.

Эта таблица неполна — в ней отсутствуют кадмий и барий. Вспомним, однако, что при создании настоящей периодической системы некоторые клетки тоже не были заполнены. Лишь постепенно, по мере развития науки, вопросительные знаки были заменены химическими сим-

волами. Поэтому можно не сомневаться, что в скором времени будут написаны стихи и о кадмии, и о барии...

Давно привлекала внимание поэтов и своеобразная терминология органической химии, богатая возможностями необычных рифм, ассонансов и аллитераций. Еще в тридцатых годах Кирсановым была написана поэма «Герань — миндаль — фиалка», насыщенная названиями органических соединений:

И нитрат свинца,
и нитроглицерин,
и бравый, с выправкой взрыва
тринитротолуол...
и нетерпеливая нитроклетчатка.

В поэме упоминаются россыпи бромбензилцианида, реки дифосгена и даже «мастер Дихлордиэтилсульфид». В годы написания поэмы подобные названия благодаря работе Осовиахима были широко распространены. Вспомним лекцию во время учебной тревоги из «Золотого тельника» Ильфа и Петрова, в которой перечислялись хлорпикрин, бромацетон, хлорацетофенон и бромистый бензол*. Но, как резонно отмечено в романе, его героиня думала во время лекции не о бромистом бензоле. По-видимому, другие слушатели тоже с трудом усваивали непривычные научные названия. В живую обиходную речь, а затем и в поэтический язык вошли тривиальные, а не научные названия — не дихлордиэтилсульфид, а иприт, не тринитротолуол, а тол. Вот строки Вознесенского:

Кружка вспенится парная
с завышенным процентом ДДТ

.....

Наверно, опять побегла... за димедролом.

Ведь и не каждый химик помнит, что ДДТ — это дихлордифенилтрихлорметилметан, а димедрол — хлоргидрат диметиламиноэтилового эфира бензгидрола...

И все же современные поэты не только используют химические названия, но и прекрасно ориентируются в сути химических явлений. Кристаллизация вещества из раствора знакома каждому химику, но, оказывается, она известна и поэту:

* Видимо, авторы «Золотого тельника» имели в виду бромистый бензоил, обладающий слезоточивым действием. — Ред.

Я был как перенасыщенный раствор.
Еще чуть-чуть – и начнется кристаллизация.
Поэзия станет выпадать во мне
Ромбами или октаэдрами.

(Винокуров)

Только хорошо представляя себе, что такое перегонка, можно написать:

А в перегонном кубе все упрямей
Варилась жизнь.

(Пастернак)

В стихотворении Вознесенского «сирень пылает ацетиленом». Вообще-то сравнение цветов или плодов с огнем привычно – достаточно вспомнить есенинскую строку: «В саду горит костер рябины красной». Но с неярким пламенем костра можно сравнить лишь простое растение. А сирень Вознесенского – не обычная сирень, ее цветение описывается в техниче-

a	б	
	4	На красном бархате – <i>хризоберилл</i> прозрачно-розовый (Кирсанов)
Be		
	12	Когда под утро, точно <i>магний</i> , Бледнеют лица в зеркалах. (Вознесенский)
Mg		
	20	Видишь мрамор? Это – просто <i>кальций</i> . Химия. Поробистый кристалл. (Сельвинский)
Ca		
30		Сколько майских луж, Обрезков голубого <i>цинка</i> . (Полетаев)
	Zn	
	38	Вы их берите осторожно В них тоже <i>стронций</i> - девяносто.
Sr		
49		?
	Cd	
	56	?
Ba		
80		И квакуши, как шарики <i>ртути</i> , Голосами сцепляются в шар. (Мандельштам)
	Hg	
	88	Поэзия – та же добыча <i>радия</i> . В грамм добыча, в год труды. (Маяковский)
Ra		

ских терминах:

Из всех одна
На третьей скорости цветет она.

Эта сирень не горит, как костер, а пылает, как ацетиленовое пламя, температура которого достигает 3000° С!

В старину иней всегда сопоставляли с серебром:

Сребрит мороз увянувшее поле.
(Пушкин)

Вознесенский нарушает вековую традицию, вводя другую химическую метафору, используя более характерный для нашего времени металл:

А за окошком в первом инее
Лежат поля из алюминия.

И это химическое сравнение «иней – алюминий» по точности рифмы, по наглядности образа – одно из наиболее убедительных доказательств обогащения поэзии в результате химизации.

Подобно тому как иней был серебряным, луна всегда считалась золотой или хотя бы позолоченной:

Вот взошла луна золотая
.....
Месяц, месяц, мой дружок,
Позолоченный рожок!
(Пушкин)

Но уже Маяковский пишет:

Облил бульжники лунный никель.

Традиционно сравнение синих глаз с морем или небом:

И небо Италии в глазах ее светится.
(Лермонтов)

Глаза твои, как море,
Голубым колышутся огнем.
(Есенин)

И женщина с прозрачными глазами
Такой глубокой синевы, что море
Нельзя не вспомнить, поглядевши в них.
(Ахматова)

И неожиданно звучат на фоне этих сравнений строки Кушнера:

Люблю твои глаза с лиловой синевой.
И впрямь фиалковый, оттенок их так редок.
Хоть это, может быть, просвечивает слой
В фуксин окрашенных эпителиальных
клеток.

Синий цвет глаз в отличие от синевы моря и неба действительно обусловлен кра-

сителем, только не фуксином, а меланином...

Приведенные цитаты далеко не исчерпывают всех случаев использования химии в поэзии. А вот поэзия в химии встречается значительно реже. В «Journal of Organic Chemistry» (№ 1 за 1971 год) была опубликована статья Дж. Баннета и Ф. Кирли «Сравнительная подвижность галогенов в реакциях дигалогенбензолов с амидом калия в аммиаке». Весь материал статьи, разделенный на введение, описание результатов исследования и их обсуждение, изложен белыми стихами. Исключение сделано лишь для экспериментальной части и, разумеется, таблиц, написанных прозой.

Редакция сопровождала статью следующим примечанием: «Хотя наш журнал от-

крыт для новшеств в стиле и форме изложения научных публикаций, получение настоящей статьи вызвало у нас удивление. Мы нашли, однако, что статья содержит новые химические данные и удобочитаема. Вследствие несколько повышенных требований печатного пространства и возможных сложностей для не склонных к поэзии читателей будущее подобных статей в нашем журнале неопределенно».

Судя как по этому примечанию, так и по тому, что статья пока остается единственной в своем роде, поэтизация химии происходит значительно медленнее, нежели химизация поэзии.

1979. № 2

Какова статья — таков реферат

В статье Д. Владимиров «Химизация поэзии и поэтизация химии» («Химия и жизнь», 1979, № 2) упоминается научная статья, написанная в стихотворной форме и опубликованная в «Journal of Organic Chemistry». Однако это не единственный случай, когда ученые излагали в стихах результаты своих исследований.

Как-то мне понадобилось подобрать литературу о жидком гелии. Листая реферативный журнал «Физика» за прошлые годы, я вдруг увидел реферат (1968, 5Е34), резко отличающийся от всех остальных:

Гелий квантовый всех удивляет
Амплитуду имеет и фазу,
А она, как законы считают,
Должна вызывать дифракцию сразу.

Вполне этой жидкости странной
Дифрешеткой путь преградили
И затем в направлении данном
Изменение T ловили.

Хотя сотысячную градуса
Детектор чувствовал надежно,
Обнаружить P_5 -дифракцию
Было невозможно.

В уравнении для ψ , как известно,
Нелинейные члены имеются,
В связи с чем не всегда уместно
На дифракцию P_5 надеяться.

В конце реферата было помещено примечание, из которого следовало, что стихами напи-

сана и сама реферируемая работа (M. Chester, E. Guyon, B.K. Jones. Solid State Communications, 1967, т 5. с. 807).

Эту статью я разыскал; она действительно написана стихами, и даже не белыми. Вот как звучит первая строфа:

Helium II is a liquid quite strange.
It flows without viscosity,
It goes through holes and powder packed tubes
Of exceedingly low porosity.

И вот что интересно. Во-первых, в работе описываются только отрицательные результаты; во-вторых, статья посылалась в редакцию дважды — 10 июля 1967 года и, в переработанном виде, 14 августа того же года.

Вряд ли это случайно. Научные журналы обычно не публикуют отрицательные результаты, а за один месяц почти невозможно выполнить новое исследование (да оно и не было сделано). Скорее всего, дело обстоит так: сначала редакция отклонила статью на вполне законном основании, а авторы переписали ее стихами и послали вновь. Расчет оказался верным: редакция не устояла перед искушением опубликовать научную работу, изложенную в столь экстравагантной форме.

Разумеется, референту ничего не оставалось, как пойти вслед за авторами и написать стихотворный реферат. Однако мне кажется, что английский язык лучше приспособлен для стихотворного изложения экспериментов с жидким гелием.

И. ИЛЬИН
1979, № 7

