



Ж

10
2010

ЖИЗНИ И ВЕЩЕЙ





Зарегистрирован
в Комитете РФ по печати
19 ноября 2003 г., рег. ЭЛ № 77-8479**НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:****Главный редактор**

Л.Н.Стрельникова

Заместитель главного редактора

Е.В.Клещенко

Главный художник

А.В.Астрин

Редакторы и обозреватели

Б.А.Альтшулер,

Л.А.Ашкинази,

В.В.Благутина,

Ю.И.Зварич,

С.М.Комаров,

Н.Л.Резник,

О.В.Рындина

Технические рисунки

Р.Г.Бикмухаметова

Подписано в печать 5.10.2010

Адрес редакции:

105005 Москва, Лефортовский пер. 8

Телефон для справок:

8 (499) 267-54-18

e-mail: redaktor@hij.ru

Ищите нас в Интернете по адресам:

<http://www.hij.ru>;<http://www.informnauka.ru>При перепечатке материалов ссылка
на «Химию и жизнь — XXI век»
обязательна.

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —

картина Хендера Саффеллана.

В любом контакте один забирает

тепло, а другой отдает.

Об этом читайте в статье

«Прижмись ко мне покрепче...».

*Не все рукописи не горят.
Некоторые не тонут.**Народная мудрость*

Содержание

Роснаука

НАНООПАСНОСТЬ В ПРУДУ... 2

ХОРОШЕньКОГО ПОНЕМНОЖКУ 2

МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ПО БОЛЕЗНИ АЛЬЦГЕЙМЕРА 3

Расследование

ПОЖАР-2010. С.М.Комаров 4

ДЫМ ОТЕЧЕСТВА. 6

ГОД ПОЖАРНИКА. 9

Технологии

ОЧИСТИТЕЛИ ВОЗДУХА: ВРЕД ИЛИ ПОЛЬЗА. И.Ветрова 10

Расследование

РАСТВОРЯЙ И ВЛАСТВУЙ. Р.Акасов 16

Проблемы и методы науки

ГЕМОГЛОБИНОВЫЙ ТЕСТ. Н.Р.Аблаев 19

Гипотезы

УСКОЛЬЗАЮЩЕЕ СТАРЕНИЕ. Б.В.Адрианов 24

Земля и ее обитатели

ДРАКОН И ЗЕМЛЕКОП. Н.Л.Резник 30

Проблемы и методы науки

АНАТОМИЯ ВКУСА. В.В.Благутина 34

НАУКА СО ВКУСОМ. С.С.Колесников 38

Вещи и вещества

ПРИЖМИСЬ КО МНЕ ПОКРЕПЧЕ... Л.Намер 40

ПЕНТАГОНАЛЬНАЯ БИПИРАМИДА М.Ю.Корнилов 43

Из дальних поездок

ЧЕТВЕРТАЯ СТАДИЯ КОРРУПЦИИ. Л.В.Каабак 44

Страницы истории

ХИМИЯ НА БЕСТУЖЕВСКИХ КУРСАХ. А.В.Востриков 48

Наша книжная полка

О ТОМ, КАК СЛУЧАЙ УПРАВЛЯЕТ НАШЕЙ ЖИЗНЬЮ.

МИФ О РАЗРУШЕНИИ МИФОВ. Е.Лясота 52

Что мы едим

РОЖЬ. Н.Ручкина. 54

Фантастика

ФАТА-МОРГАНА. Александр Неуймин 56

Материалы нашего мира

КАК РОЖДАЕТСЯ СТАЛЬ. М.Демина 64

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ 14 **КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ** 62

ИНФОРМАЦИЯ 23,61 **ПИШУТ, ЧТО...** 62

ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ 33 **ПЕРЕПИСКА** 64

КНИГИ 47



НАНООПАСНОСТЬ В ПРУДУ

По уверениям экспертов и СМИ, в ближайшее время развернется массовое производство наноматериалов, а значит, наночастицы станут загрязнять окружающую среду. И кто знает, как это отразится на самочувствии живых организмов? Данные о том, как влияют наиболее «употребительные» наночастицы на обитателей водоемов, собрали воедино сотрудники Института проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН («Известия РАН. Серия биологическая», 2010, № 4).

Обычно наночастицы плохо растворяются в воде, к тому же склонны образовывать агрегаты, и это снижает их потенциальную опасность — как для водных существ, так и для наземных, внутренняя среда которых тоже главным образом водная. Амебы, инфузории, ветвистоусые и веслоногие рачки могут захватывать вместе с пищей углеродные наночастицы. Не вполне понятно, способны ли эти частицы проникать во внутренние органы многоклеточных животных. Например, когда водные малощетинковые черви жили в среде, содержащей углеродные нанотрубки, меченные ^{14}C , метка обнаруживалась только в пищеварительном тракте, но не в других органах и тканях. Кстати, точно так же дело обстояло и у наземных дождевых червей.

Обычные фуллерены C_{60} проникают в икру рыбки данио, любимой экспериментаторами и аквариумистами, а вот гидроксिलированные молекулы фуллерена $\text{C}_{60}(\text{OH})_{24}$ — не проникают, как и крупные агрегаты одностенных углеродных нанотрубок. А после того как в воде с нанотрубками поплавали радужная форель, аксолотли (личинки мексиканской саламандры) и головастики шпорцевой лягушки, нанотрубки у них были найдены не только в кишечнике, но и в жабрах.

Следующая подозрительная группа наночастиц — оксиды металлов. Наночастицы оксидов титана, алюминия, цинка накапливаются в пищеварительном тракте рачков-дафний, а если пересадить их в чистую воду

— выводятся медленно. С другой стороны, наночастицы TiO_2 не накапливались во внутренних органах форели — распределение их по рыбьим органам удалось посмотреть, лишь введя суспензию внутривенно. Зато исследователи обнаружили, что титан аккумулируется в мышцах и печени карпов, которых содержали в воде с этими наночастицами. Как показали эксперименты самих авторов обзора, если в воду с суспензией наночастиц гидратированного диоксида олова поместить гуппи, олово накапливается в жабрах, печени и селезенке рыбок. Аналогичные результаты получены на данио для наночастиц оксида цинка.

Наночастицы серебра легко проникают в икринки данио путем пассивной диффузии. Есть похожие данные и для наночастиц меди, хотя неясно, проникают ли в жабры сами наночастицы или медь в виде ионов.

Трудно предположить, что в прудовой воде окажется много квантовых точек (см. «Химию и жизнь», 2010, № 5), слишком высока их себестоимость. Но поскольку эти наночастицы могут флуоресцировать, их удобно наблюдать. У дафнии квантовые точки попадали не только в кишечник, но и в другие части тела.

Насколько опасно присутствие наночастиц в тканях животных? Может, они биологически инертны, тогда и говорить не о чем. Сравнительно большие дозы фуллеренов C_{60} и C_{70} (200 мкг/л) вызывали уродства и гибель эмбрионов данио. Гидроксिलированные фуллерены менее токсичны. Углеродные нанотрубки повредили здоровью форели в концентрациях 100—500 мкг/л, и только 500 мкг/л оказались токсичными для головастика шпорцевой лягушки. Для наночастиц оксидов металлов не показано острой токсичности. Например, TiO_2 лишь в концентрациях до 1 мг/л вызвал у радужной форели патологии внутренних органов. У наночастиц меди и серебра ЛД₅₀ за 48 часов для дафний составила 60 и 40 мкг/л соответственно, для рыбок данио — 0,9 и 7,2 мг/л. Высокие концентрации наночастиц серебра влияли и на развитие икринок данио.

Известно, что на биоактивность наночастиц влияют и их модификации. Наночастицы в пруду могут претерпевать превращения, как уменьшающие, так и увеличивающие их доступность. Например, гуминовые и фульвовые кислоты, содержащиеся в донных отложениях (и в воде торфяных озер, например), делают суспензии нанотрубок и фуллеренов более стабильными. А внутри живых организмов наночастицы могут соединяться с белками, фосфолипидами и ДНК, могут путешествовать по пищевым цепям, о чем известно очень мало. Очевидно, что дополнительные исследования в этой области необходимы. И лучше бы сначала в лабораторных условиях, а не сразу в полевых.

ХОРОШЕНЬКОГО ПОНЕМНОЖКУ

Земледелие — одно из древнейших занятий человека, и его суть мало изменилась за прошедшие тысячи лет. Земледелец кидает в землю зерно, а получает колос. Но если раньше крестьянин вкладывал в урожай прежде всего свой труд, то сейчас агроиндустрия немыслима без усилий ученых и инженеров. Химия, разумеется, не остается в стороне.

Термин «пестициды» давно и прочно вошел в наш лексикон. Экологи очень любят пугать им людей, а люди охотно пугаются. И действительно, эти вещества часто приносят больше вреда, чем пользы. Внесенные один раз за сезон в почву, они не могут обеспечить защиту культурным растениям на долгое время. При этом пестициды могут вымываться с полей в реки и озера, накапливаться в биосфере, попадать в продукты питания. Сорняки и вредители со



временем привыкают к препарату, а значит, его требуется все больше и больше. Кроме того, пестициды часто обладают мутагенным и канцерогенным эффектом.

Перечисленных ужасов достаточно, чтобы навсегда отказаться от применения пестицидов. Однако производители сельскохозяйственной продукции не спешат с подобным шагом — ведь применение этих препаратов может серьезно увеличить урожай. Компромисс, как выяснилось, вполне достижим. Традиционно пестициды используются в виде порошков, суспензий и эмульсий, но можно поступить хитрее и поместить их внутрь биоразлагаемой оболочки. Тогда почвенные микроорганизмы будут постепенно поедать оболочку, а препарат станет понемногу переходить в почву, выполняя свою задачу. Можно убить сразу целое стадо зайцев: пестицид не создает высоких концентраций, действует долго и адресно, причем скорость выхода можно регулировать.

В недавней работе красноярских ученых, выполненной в Институте биофизики, Сибирском федеральном университете и в Институте леса и опубликованной в журнале «Прикладная биохимия и микробиология», 2009, т. 45, № 4), носителем для пестицида стали полимеры, относящиеся к полигидроксиалканоятам (ПГА) — эфирам микробного происхождения. Они удобны тем, что устойчивы к химическому гидролизу, и разрушить их может лишь деятельность микроорганизмов. Время разложения оболочки из ПГА исчисляется месяцами.

Необходимый полимер получили микробиологическим синтезом, используя особый штамм бактерии *Wautersia eutropha*. Вещество, накапливавшееся в биомассе в виде хлопьев, отделяли, измельчали и смешивали с пестицидом, в роли которого выступали инсектициды альфа-гексахлорциклогексан и линдан. Из этой смеси формировали таблетки диаметром 3 мм и весом чуть более 20 мг. Их помещали в пластиковые контейнеры со ста граммами огородной почвы и наблюдали за миниатюрными плантациями в течение 84 суток. Исследователей интересовали скорость разложения полимера и изменения в микробном сообществе почвы.

Основная масса полимера разрушилась через 40—50 суток после начала эксперимента, а в конце наблюдения от внесенного ПГА оставалось не более 5–10%. Интересно, что де-

ятельность микроорганизмов заметно оживилась, и процессы минерализации органического вещества шли быстрее. Это значит, что полимер сыграл роль дополнительного субстрата, «подкормки» для микробного сообщества почвы. При этом пестицид освобождался тем быстрее, чем больше его было в исходных гранулах-таблетках. Скорость его выхода в почву росла по мере того, как микроорганизмы постепенно выедали полимер из гранул. Причем за время эксперимента пестицид не успел полностью перейти в почву, то есть в полевых условиях его действие продолжилось бы и далее.

Всё это значит, что ПГА можно использовать как основу для «упаковки» пестицидов. При этом во всем мире ведется поиск и других подходящих веществ — дешевых, стойких и удобных в применении. Ну а итоговый выбор в пользу того или иного материала, скорее всего, сделает экономика.

МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ПО БОЛЕЗНИ АЛЬЦГЕЙМЕРА

От болезни Альцгеймера никто не застрахован, если вам перевалило за 65 лет. Это неизлечимое дегенеративное заболевание, или разновидность деменции, или попросту слабоумие впервые обнаружил и описал в 1906 году немецкий психиатр Алоис Альцгеймер. А сегодня ученые уже говорят о своего рода эпидемии этой болезни: если общемировая заболеваемость в 2006 году составила почти 27 миллионов человек, то к 2050 их может стать вчетверо больше. По мнению Рона Брукмейера и его коллег из университета Джона Хопкинса (США), к этому времени один из 85 жителей на планете будет страдать болезнью Альцгеймера. Столь активное ее распространение исследователи связывают с увеличением продолжительности жизни и старением населения планеты в целом. А пожилой возраст — главный фактор риска в данном случае.

Болезнь страшна тем, что разрушает главный компьютер человека — мозг. В 1991 году была предложена «амилоидная гипотеза», согласно которой причина заболевания — отложение амилоидных бляшек, состоящих из амилоидного бета-протеина. Эти нерастворимые белковые скопления находятся внутри и снаружи нейронов. Они-то и губят мозг, постепенно

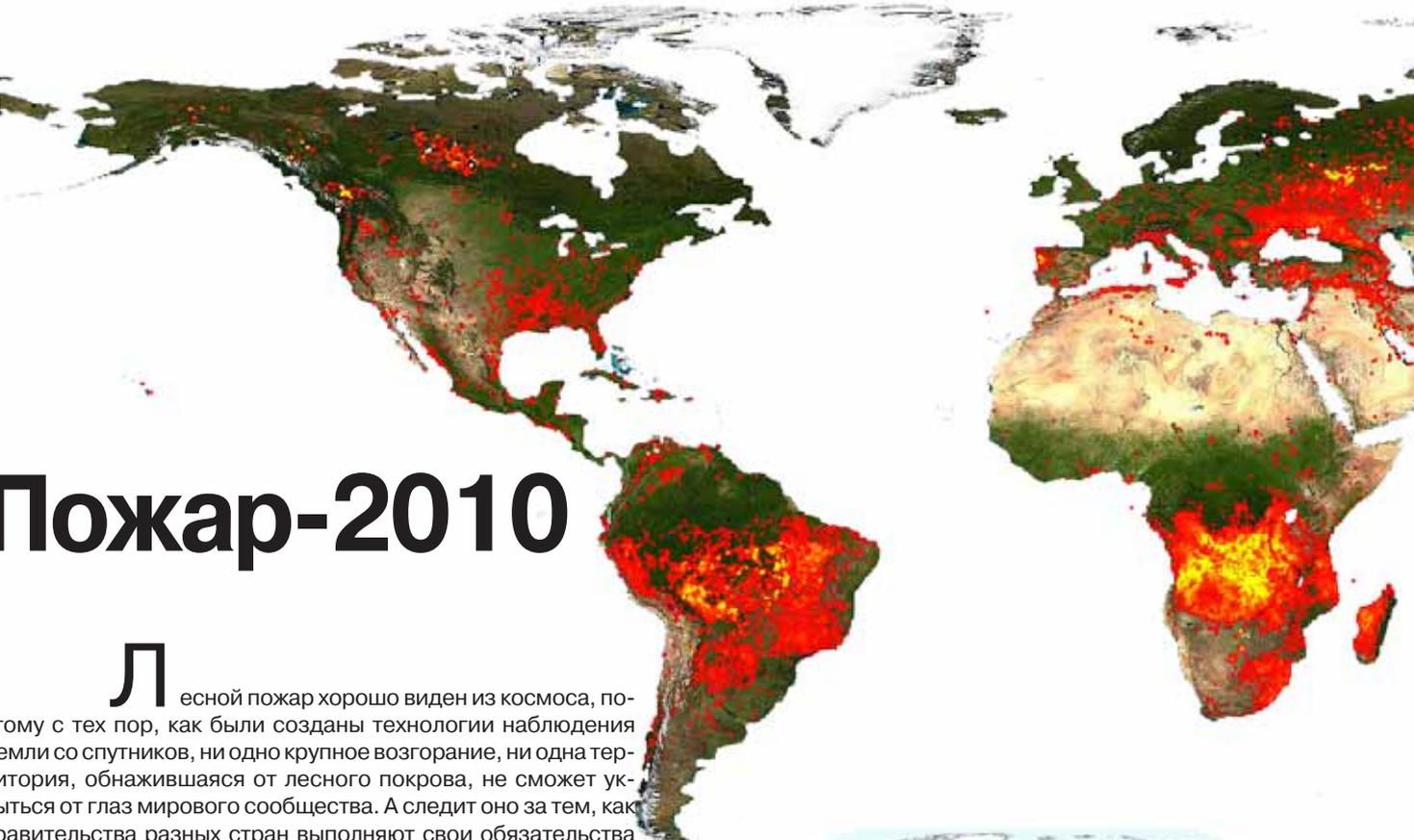
захватывая в нем все более обширные области. Особенно много их в височных долях. Электрические импульсы между нейронами перестают проходить, и человек становится нежизнеспособным.

Ученые всего мира неустанно ищут спасительное лекарство от болезни Альцгеймера, но успехи пока более чем скромные. И здесь любые идеи и подсказки важны. В журнале «Нейрохимия» (2010, т. 27, № 2) появилась статья академика Л.А. Пирюзьяна из Центра теоретических проблем физико-химической фармакологии РАН (Москва). Автор рассматривает возможные подходы к лечению различных заболеваний, которые просматриваются при анализе результатов фундаментальных исследований. Один из таких подходов — использование слабых магнитных полей для разрушения амилоидного бета-протеина.

Еще в конце 90-х годов российские исследователи установили, что слабые комбинированные магнитные поля ускоряют спонтанный распад некоторых белков и пептидов на фрагменты. На водные растворы амилоидного бета-протеина воздействовали слабыми магнитными полями — постоянным (42 мкТл) и переменным (0,05 мкТл, суммирование частот в диапазоне 3,58—4,88 Гц). Столь слабое воздействие, тем не менее, ускорило распад (гидролиз) бета-протеина в четыре раза. Более того, исследователи установили, что наиболее чувствителен к слабым магнитным полям участок, расположенный между аминокислотными остатками Asp-Ser в положениях 7 и 8 пептидной последовательности. Именно здесь начинается разрушение бета-протеина.

Важно, что этот эффект проявляется не только в растворах, то есть модельных системах, но и в тканях мозга животного, когда полями воздействуют на целый его организм. Однако в статье не приводится описание эксперимента на животных. Впрочем, и модельного эксперимента достаточно для того, чтобы начать активно копаться в этом направлении. А вдруг и в самом деле спасением от болезни Альцгеймера станут слабые магнитные поля?



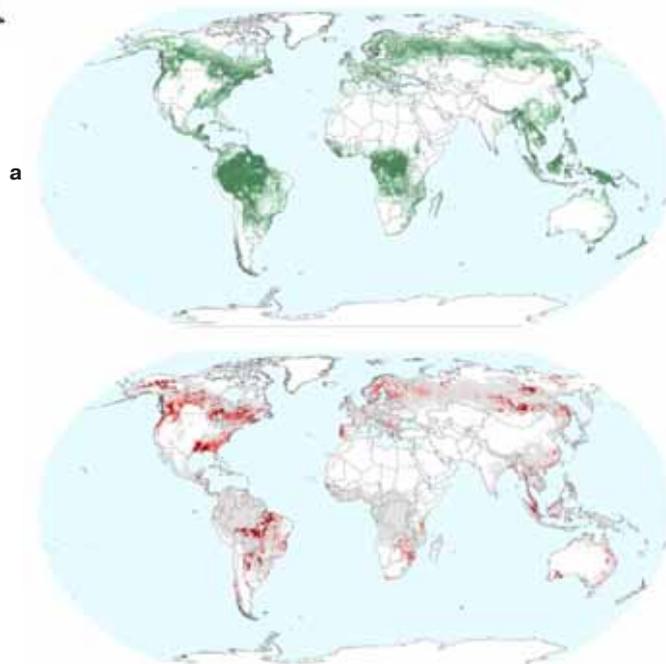


Пожар-2010

Лесной пожар хорошо виден из космоса, поэтому с тех пор, как были созданы технологии наблюдения Земли со спутников, ни одно крупное возгорание, ни одна территория, обнажившаяся от лесного покрова, не сможет укрыться от глаз мирового сообщества. А следит оно за тем, как правительства разных стран выполняют свои обязательства по сокращению выбросов углекислого газа: ведь именно лес лучше всего способен извлекать его из атмосферы. Поэтому государство, где площадь леса растет, с полным правом может позволить себе увеличивать промышленные выбросы, в отличие от государства, где лес горит или его вырубает. С другой стороны, многие ученые связывают рост числа лесных пожаров с глобальным потеплением, а оно, в свою очередь, усиливается по мере выделения углекислого газа при лесном пожаре, обеспечивая положительную обратную связь.

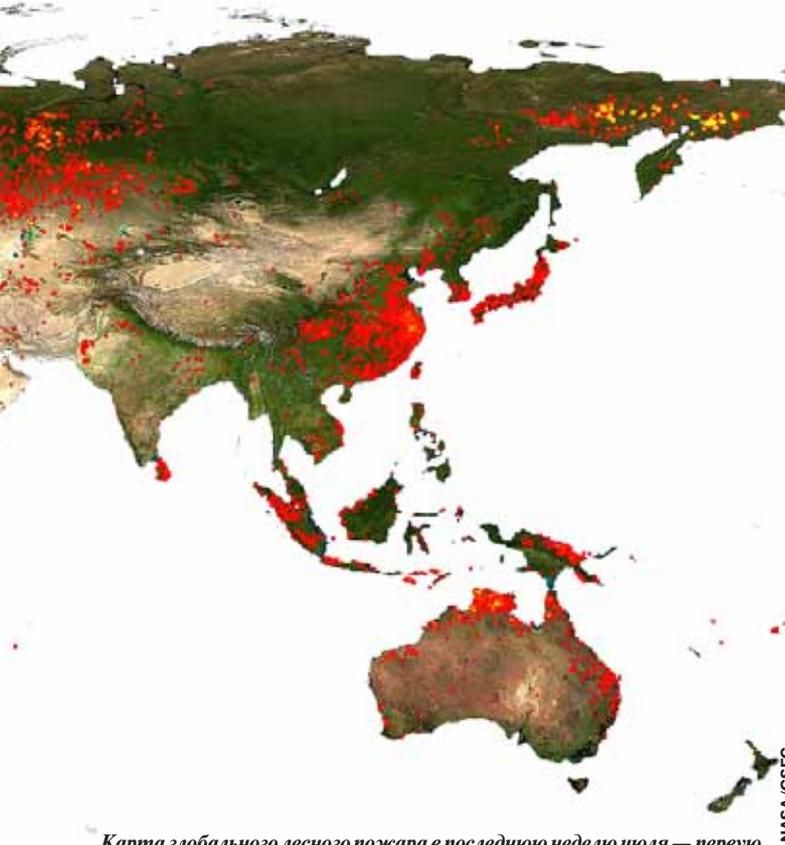
Правда, лес лесу рознь. Вспомним, к примеру, тропические леса в бассейне Амазонки. Деревья там растут быстро, поглощая огромное количество углекислого газа из атмосферы. Но они столь же быстро и гниют, выделяя этот самый газ. Поэтому баланс оказывается близким к нулю. Иное дело северные леса. Прирост здесь по сравнению с тропиками невелик, но и гниение не быстрое. Более того, если дерево или его листья окажутся в болоте, то они там будут захоронены на многие тысячи лет в виде торфа. Северные леса — это и есть та форточка, через которую можно вывести из атмосферы планеты излишки парникового газа. Однако, как выяснилось, именно они горят и чаще, и сильнее. Во всяком случае, на северные леса пришлось наибольшее сокращение площади за период 2000—2005 годов — 35%. Уменьшение пространства, занятого влажными тропическими лесами, внесло в общую убыль 27%. А занимают они 11,5 млн. км², в то время как северные — 8,7 млн. км². Это установили ученые из университета штата Северная Дакота во главе с профессором Мэтом Хансеном, которые изучали космические снимки («Proceedings of the National Academy of Science», 2010, т. 107, № 19). Лидером выступила Северная Америка — 30% общего сокращения. За ней следуют Азия и Южная Америка, ответственные за 23% и 22% потерь. Вклад Европы составил около 8,5%. Остальное пришлось на Африку и Австралию. Всего же за эти пять лет планета лишилась 3,1% своего лесного покрова, или 1,011 млн. км².

В абсолютном исчислении лидерами оказались Бразилия и Канада, у которых площадь леса сократилась на 165 и 160 тыс. км² соответственно, однако в процентном отношении в лиде-



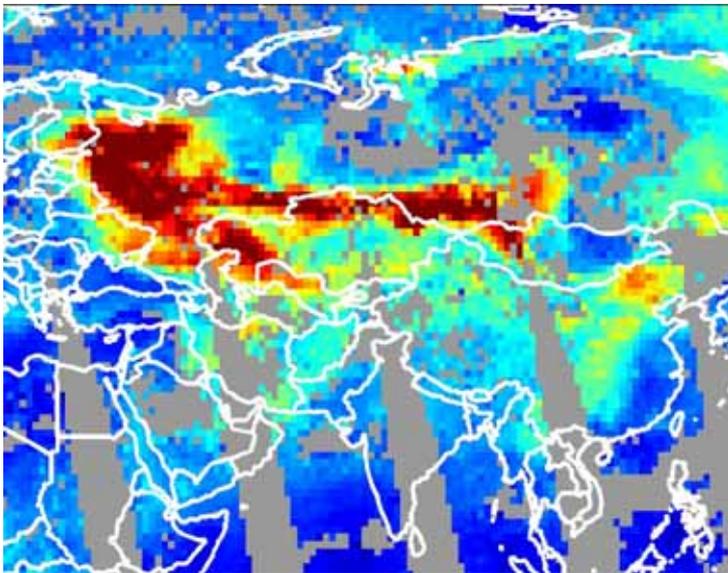
Так, согласно наблюдениям из космоса, распределены леса по поверхности планеты (а). А так (б) выглядит площадь, очищенная от них за период 2000—2005 годы («Proceedings of the National Academy of Science», 2010, т. 107, № 19)

ры вышли США: это государство потеряло 6% тех лесов, что были в 2000 году, тогда как Канада — 5,2%, а Бразилия — 3,6%. Интересно, что, по данным государственной статистики, канадские леса за пять лет совсем не сократились. Проблема, как всегда, связана со способом счета. Канадская лесоохрана считает лесами то, что не тронут человеком, спутник же видит все земли, занятые лесной растительностью. Вот и то площадь и сократилась.



NASA/GSFC

Карта глобального лесного пожара в последнюю неделю июля — первую неделю августа 2010 года. По данным спектрометра MODIS на спутниках НАСА «Aqua» и «Terra»



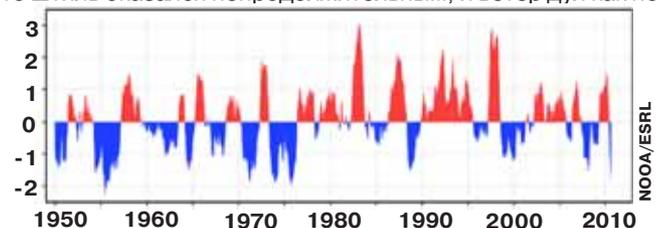
Шлейф угарного газа (темный цвет соответствует концентрации более 200 частей на миллиард, тогда как светлый — около 100) на высоте до 5 км к 8 августа дотянулся до Монголии, причем его концентрация по меньшей мере в три раза превысила обычные значения. По данным спутника «Aqua» (НАСА)

Лесные пожары вносят немалый вклад в исчезновение северных лесов — 60%. А остальные 40% приходятся прежде всего на банальные вырубку, а также на всевозможных вредителей леса. Например, в РФ, где площадь лесов сократилась за пять лет на 2,8%, вырубка характерна для европейской части и Дальнего Востока, а пожары — для Сибири. В США лес рубят в основном на юго-востоке. О том, что именно экономически развитый человек, а не природные факторы в большей степени сокращает площадь леса, косвенно свидетельствует статистика Демократической Республики Конго — одного из семи государств, в которых пло-

щадь лесов более миллиона км². Это государство потеряло за пять лет всего 0,6% (или 10 тыс. км²) своих лесов, что, как сказано в статье Хансена, связано с «малыми инвестициями в развитие инфраструктуры и коммерческое агропромышленное развитие». При этом (см. фото на заставке), именно в Конго летом бушуют самые сильные пожары на планете — с ними может сравниться разве что пожар на юге Бразилии.

Итак, за пять лет в РФ площадь лесов сократилась на 144 тыс. км², или на 28,8 тыс. км² ежегодно. Пожары этого лета, по данным Института космических исследований РАН на 18 августа, самая основная их часть в европейской части страны сошла на нет, охватили площадь 5,9 тыс. км². Впрочем, по данным Рослесхоза, пострадало гораздо меньше — около 1 тыс. км². Видимо, у нас, как и в Канаде, мнения ученых и чиновников о том, что следует считать лесом, несколько различаются.

Пожары этого года были велики. Их можно сравнить с пожарами двенадцатилетней давности (рис. 2). Тогда, по данным Европейской экономической комиссии ООН и ФАО, их площадь в РФ составила 5,3 тыс. км², что не намного меньше, чем в этом году. В среднем ежегодная площадь пожаров в 90-х годах находилась на уровне 1,2 тыс. км², причем меньше всего, 0,46 тыс. км² пришлось на 1995 год. Как следует из замеров средней температуры планеты, погода в том году была не самая жаркая — примерно на 0,1°C выше нормы. А в 1998 и в 2010 годах, с самыми крупными пожарами, летом аномалия глобальной температуры зашкаливала за 0,6°C, что некоторые климатологи связывают с явлением Эль-Ниньо у берегов Чили (см. «Химию и жизнь», 1997, № 12). Этот аргумент кажется довольно слабым, поскольку Эль-Ниньо случается каждые два года, достигая максимума каждые 12 лет. В 1998 году он был достигнут, однако именно в 2010 году максимума Эль-Ниньо как раз и не было, более того, уже в конце весны оно пошло на спад, сменяясь холодной аномалией — явлением Ла-Нинья; все это хорошо заметно на графике изменения индекса Эль-Ниньо, который строят в Колорадском университете. Да и крупные лесные пожары на территории РФ не стали ждать дюжину лет, а случились уже спустя четыре года после максимума 1998-го. Летом 2002 года столицу заволокло дымом, и, по данным космических наблюдений, пожаров в том году было никак не меньше, чем в этом. Просто штитель оказался непродолжительным, и ветер дул как по-



Индекс, показывающий мощность Эль-Ниньо не раз достигал максимума за последние шестьдесят лет

Дым отечества

Летом 2010 года дым лесных и торфяных пожаров накрыл на несколько недель районы страны с общим населением около 40 миллионов человек. Естественно, возник вопрос: к каким последствиям для здоровья это приведет? Дым давным-давно рассеялся, но получить ответ на этот вопрос еще не поздно. Во-первых, климатологи утверждают, что подобные масштабные пожары будут случаться у нас все чаще и чаще, а во-вторых, помимо кратковременных эффектов, у дыма есть и долговременные, которые могут проявиться через несколько месяцев или даже лет. Что же это за эффекты? Обратимся к материалам Всемирной организации здравоохранения.

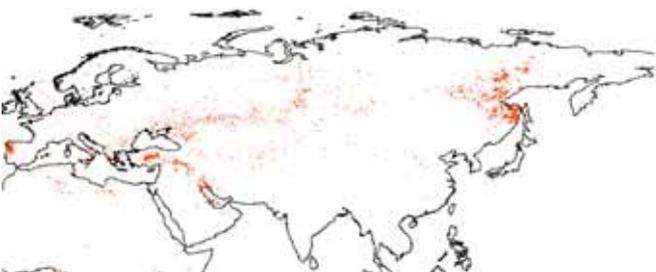
На англоязычной страничке, посвященной проблеме пожаров, указаны две группы последствий (на русскоязычной, как ни странно, список короче). Первая — те, что проявляются непосредственно во время пожаров. Это вполне ожидаемые ожоги, ухудшение работы легких (особенно у маленьких детей), рост числа астматических и сердечных заболеваний и соответственно увеличение смертности от этих болезней. Вторая — долговременные проявления. На первом месте стоит повышенный риск раковых заболеваний, затем идут обострение астматических и легочных заболеваний, а потом — новые случаи хронических заболеваний этого типа.

Очевидно, что перечисленные эффекты связаны с составом дыма. Подробный обзор вредных веществ дыма лесных и степных пожаров можно найти в докладе Джозефины Малилей из Национального центра здоровья и окружающей среды (США), который она представила на конференции ВОЗ в Лиме в 1998 году. Наверное, с тех пор появились и более свежие данные, однако общую картину можно составить и на основании этого документа.

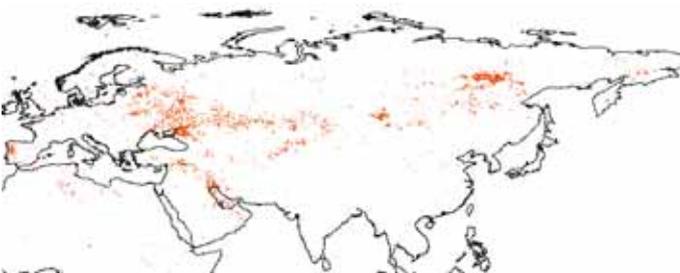
Угарный газ

Итак, основной поражающий фактор пожара — это угарный газ. Причина его появления, так же, как и многих других вредных веществ дыма, — неполное сгорание органических веществ. Действительно, когда площадь пожара велика, кислород расходуется быстро, а поступает медленно: попасть в очаг горения он может только с периферии, ведь в центре восходящий поток воздуха выносит его вверх, прочь от места горения. В результате дефицита кислорода вместо реакции $C+O_2 \rightarrow CO_2$ идет реакция $2C+O_2 \rightarrow 2CO$. Аналогичная реакция протекает и в печи, где тлеют угли, а заслонка закрыта.

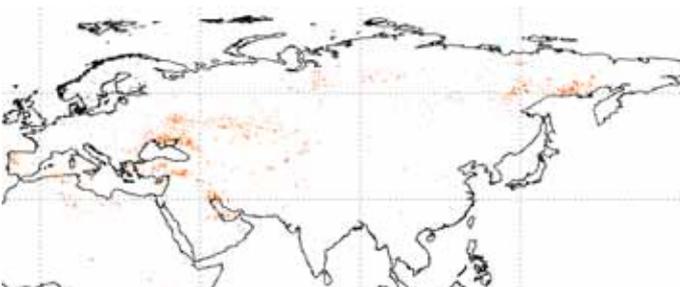
Угарный газ взаимодействует с гемоглобином, образуя карбоксигемоглобин, неспособный к переносу кислорода (см. статью Н.Р.Аблаева в этом же номере). В результате ткани и органы «задыхаются». Обладая высокой реакционной способностью, этот газ и напрямую поражает клетки организма. Надышавшись газом, человек угорает: его одолевают головная боль, тошнота, жажда, учащается пульс. Затем наступают слабость, безучастие и приятная истома. Сильнее всего страдает нервная система. Очевидно, что чем слабее человек изначально, чем хуже у него работают легкие и сердце, тем сильнее будут последствия отравления угарным газом. Чрезвычайно опасен этот газ для беременных, особенно на первых трех месяцах. Дело в том, что, попав в кровеносную систему плода, этот газ долго из нее не выводится, дольше, чем из организма взрослого человека. Поэтому возможно серьезное нарушение развития плода, прежде всего его нервной системы. Самое печальное, что спастись от угарного газа трудно — его маленькую молекулу может задержать только специальный фильтрующий противогаз. Народное же средства спасения угоревших — выпить побольше молока: как известно, оно всегда помогает при отравлениях. В справочнике «Вредные вещества в промышленности» рекомендовано давать при легком отравлении CO кофе или крепкий чай, а главное — дышать кислородом.



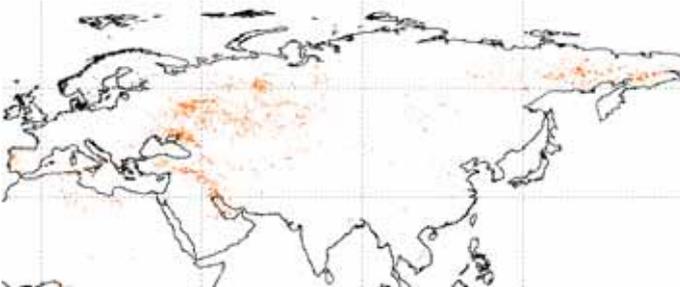
Июль-август 1998



Июль-август 2002



Июль-август 2009



Июль-август 2010

На территории РФ пожары были наиболее сильны в 1998, 2002 и 2010 годах. А в 2009 году леса горели в гораздо меньшей степени

ложено — с запада на восток, а не с юго-востока на северо-запад, как в этом году. В результате московский смог быстро рассеялся, и пожары-2002 не оказали существенного воздействия на работников центральных СМИ.

В этом году снимки, полученные со спутников, позволили разглядеть пожар, накрывший дымом наиболее плотно населенную часть нашей страны, во всей красе. Так, на изображении, полученном спектрометром «AIRS» американского спутника «Aqua», видно, что шлейф CO простирается 8 августа до границ Монголии. При этом максимальное количество угарного газа над европейской территорией РФ превысило 16 мегатонн. Для сравнения: в 2009 году оно не превышало 12 Мт, а в 2002 году, когда основной вклад внесли торфяные пожары, оказалось больше 18 Мт. Вот такое жаркое и вонючее выдалось в этом году лето.



Угарный газ вместе с углекислым — основные газообразные углеродсодержащие продукты горения леса: на них приходится 90—95% всего углерода, перешедшего в газообразную форму. По концентрации угарного газа можно судить о степени недостатка кислорода и соответственно об образовании всех остальных недоокисленных веществ в дыме пожара. В среднем один килограмм биомассы выделяет 170 г угарного газа, однако в зависимости от ее происхождения и влажности может быть и 60, и 300 г.

Предельная концентрация CO, если дышать загрязненным им воздухом в течение дня, по разным оценкам составляет 20—40 мг/м³, или 17—34 ppm. Поскольку в пик пожаров концентрация угарного газа, например, в Москве превышала ПДК в шесть раз, то и всех остальных вредных веществ было немало. Их перечисление начнем с озона.

Озон

Озон — это продукт фотохимической реакции, поэтому в дыме пожара он образуется не напрямую, а опосредованно, причем в далеке от очага пожара. Главным источником приземного озона служит диоксид азота: $\text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{hv} \rightarrow \text{NO} + \text{O}$; $\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{O}_3$ (атом кислорода при фотолизе диоксида азота находится в основном состоянии). Реакция, в принципе, обратима, поскольку $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$. Однако это еще не все. Так, в присутствии паров воды могут образовываться OH-радикалы. Их источником оказывается тот же озон, распавшийся при фотолизе: $\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + \text{OH}$ (атом кислорода находится в возбужденном состоянии); $\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{OH}$. Если имеются летучие органические соединения (ЛОС), то получившиеся радикалы вступят в такую реакцию: $\text{OH} + \text{ЛОС} + \text{O}_2 \rightarrow \text{RO}_2$; $\text{RO}_2 + \text{NO} \rightarrow \text{RO} + \text{NO}_2$ и далее в результате фотолиза диоксида азота снова выйдет молекула озона. Поскольку одна молекула озона может породить два OH-радикала, да еще и будет уничтожена молекула оксида азота, которая могла бы прореагировать с озоном, получается разветвленная цепной реакция. В то же время OH-радикал может и исчезнуть: $\text{NO}_2 + \text{OH} \rightarrow \text{HNO}_3$. Вносит свой вклад и угарный газ: он после нескольких реакций превращает оксид азота в диоксид. В общем, количество образовавшегося озона будут определять два процесса фотолиза, действующих в противоположенных направлениях: распад диоксида азота и распада озона. При пожаре образуются частицы дыма, которые поглощают солнечный свет и уменьшают вероятность фотолиза. Однако какой из двух упомянутых процессов получит в результате преимущество, сказать трудно. Измерения на европейских станциях наблюдения во время пожаров июля—августа 2003 года, когда Центральную Европу накрыло несколько тепловых волн, вызвавших пожары, свидетельствуют, что концентрация приземного озона растет в полтора—два раза. Причем хотя больше всего горела Португалия, максимум зафиксировали в Бельгии и в центре Франции — именно туда ветер и нес дым пиренейского пожара. В общем, дым пожара способствует загрязнению воздуха этим опасным газом.

Дышать озоном вредно (см. статью И.Ветровой в этом номере), поскольку он весьма химически активен. Считается, что озон вызывает першение в горле, раздражение слизистых оболочек и затрудняет дыхание вплоть до отека легких при больших концентрациях и длительном воздействии. Особенно вреден этот газ, если человек выполняет физические упражнения. В пик пожаров августа 2003 года в Западной Европе приземные станции фиксировали концентрации 0,2—0,3 мг/м³, что в два—три раза больше ПДК для производственных помещений. А до пожаров уровень на тех же станциях был 0,05 мг/м³. Видимо и наши пожары этого года не могли обойтись без роста концентрации приземного озона.

Малые примеси

Следующие компоненты дыма — альдегиды и образующиеся из них при повышенной влажности воздуха органические кислоты. Основные альдегиды — формальдегид ($\text{CH}_2=\text{O}$) и сильнейшее слезоточивое вещество акролеин ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$). Альдегиды и образуемые ими кислоты вызывают раздражение носа, горла и глаз. Формальдегид к тому же канцерогенен.

К числу уже упомянутых летучих органических соединений принадлежат бензол, нафталин, толуол, бутадиен, изопрен и многие другие продукты распада органики при нагреве. Помимо соучастия в производстве озона, они вызывают раздражение слизистых оболочек и кашель. До сих пор поведение этих веществ в дыме изучено недостаточно, поэтому о вредном влиянии летучих веществ на здоровье говорить можно только на качественном уровне — оно есть, коль скоро в их число входят канцерогены, например бензол.

А как насчет свободных радикалов? Несомненно, из-за большой температуры они обязаны образовываться и, обладая сильной реакционной способностью, взаимодействуют с тканями человека. Однако надо учитывать, что живут радикалы от силы 20 минут, поэтому их действию больше всего подвергаются пожарные. Данных о влиянии на здоровье, так же, как и о кинетике их образования, опять нет.

Серьезную опасность представляют диоксины. Опыты по сжиганию древесины показали, что килограмм дерева дает в среднем 160 мкг диоксинов, которые затем долгие годы находятся в почве или накапливаются в пищевых цепях, например в жировых тканях животных. Откуда они берутся — не совсем понятно. Ведь для их образования нужны не только температура горения ниже 800°C (что соответствует условиям лесного пожара), но и присутствие металлического катализатора и соединений хлора. Не исключено, что источником хлора служат гербициды и другие ядохимикаты, которыми опрыскивают поля и леса.

Естественно, пожар способен высвободить накопленные в древесине тяжелые металлы, прежде всего свинец, если речь идет о местах с сильным движением автотранспорта. Сейчас этилированный бензин запрещен, однако дерево растет десятки и сотни лет, поэтому оно очень долго сохраняет следы былых действий человека. Высвобождаются также и радионуклиды, если они в дереве были.

Следующими в списке опасных веществ стоят полициклические углеводороды, прежде всего бенз-(а)-пирен. Эти вещества — канцерогены. В частности, про такое качество бенз-(а)-пирена узнали, изучив рак легких у машинистов дизельных тепловозов. Образование этих веществ сильно зависит от условий горения: чем меньше его интенсивность, чем ниже температура пламени (оптимум — 500—800°C), тем выше их концентрация. Возрастает она и при увеличении плотности растительности. Опыты, поставленные в аэродинамической трубе, показали, что один килограмм дерева может давать и 5 мг полициклических углеводородов, и 685 мг. Образуются они и при горении топлива в дровяной печи, причем больше всего дает свежесрубленное дерево — 10—30 мг на килограмм древесины.

Пыль

Но самый неприятный компонент дыма — это микрочастицы. Поговорим о них подробнее.

Медики разделяют частицы на три группы — более 10 мкм в диаметре, 2,5 мкм в диаметре и менее 0,2 мкм в диаметре. Такое различие связано с механизмом образования. Крупные частицы — продукт механического воздействия: истирания шин, асфальта, рельсов, измельчения камня и песка на мостовых; к ним относится и соль морских брызг. В общем, это уличная пыль. Сверхмелкие частицы — продукты конденсации каких-то летучих веществ, как правило, возникших при горении того или иного топлива. А просто мелкие — результат роста частиц мельчайших. Поскольку крупные частицы быстро оседают, а сверхмелкие — растут, они достаточно быстро исчезают из воздуха (если нет их постоянного притока). А вот мелкие могут существовать неделями. И как раз частицы размером менее 1 мкм в диаметре составляют 80—90% дыма лесного пожара.

Крупные частицы по большей части оседают в бронхах, а мелкие и мельчайшие оказываются в альвеолах. Соответственно первые быстро, примерно за сутки, выходят со слюной, а вторые задерживаются надолго. Чтобы избавиться от ненужного организму материала, на них следует натравить макрофагов. Заглотив частицы, эти клетки иммунной системы выносят их из глубин



легкого и выводят опять же через дыхательные пути либо через лимфу. Есть данные, что наночастицы диаметром 20—30 нм из легких попадают и в кровь, и даже, преодолев гематоэнцефалитный барьер, в мозг, однако надежного подтверждения эти результаты пока не получили. Очевидно, что пребывая в густом дыму, а этим летом из-за пожаров видимость во многих городах и поселках по несколько дней не превышала ста метров, человек получит немалую дозу как мелких, так и крупных частиц.

Как же будут действовать частицы дыма на клетки легких и каковы основные поражающие факторы? Ответ на второй вопрос очевиден: все, что содержится в дыме, сорбируется на поверхности его твердых частиц. Самые вредные компоненты — ионы тяжелых металлов и полициклические углеводороды. Джозефина Малилей отмечает, что в зависимости от интенсивности лесного пожара грамм частиц может содержать и 3 мкг бенз(а)-пирена, и 297 мкг. Да и сами по себе частицы дыма, которые состоят из 40—70% органических соединений и 2—5% графита (остальное — неорганика), тоже не подарок: сорбирующиеся вещества вступают друг с другом в реакции, порождая новые соединения. Как весь этот химический коктейль поведет себя в организме, предсказать трудно, тем более что дым пожаров мало кто изучал. Зато есть много исследований действия различных других видов пыли на легкие. Вот по ним и судят о влиянии дыма на здоровье человека.

Самый близкий аналог дыма пожара — выхлопы дизельного двигателя: его частицы тоже покрыты слоем полициклических углеводородов и содержат ионы металлов, прежде всего железа. Впрочем, и остальные частицы тоже интересны. Подробное исследование этого явления можно найти в кандидатской диссертации Ханни Карлсон из стокгольмского Каролинского института, защищенной в 2006 году. Сейчас сложилось представление о том, что эти частицы вызывают окислительный стресс у клеток, разрушают митохондрии, нарушают структуру ДНК. На уровне же организма основное действие — это воспаление. В чем их опасность?

Как следует из исследования Карлсон, воспаление вызывают прежде всего крупные частицы уличной пыли. Менее сильное воздействие оказывают продукты износа автомобильных шин. В результате воспаления увеличивается выработка интерлейкинов и, самое главное, фибриногена. Он сгущает кровь, и, если у человека и так есть проблемы с кровотоком, например имеются атеросклеротические бляшки, может возникнуть сердечная недостаточность со всеми вытекающими последствиями.

Непосредственное действие частиц на клетки легких сложнее, оно идет несколькими путями. Во-первых, макрофаг на поверхности легочного эпителия, помимо заглатывания частиц, выделяет наружу еще и свободные радикалы — супероксид-радикал, HOCl и NO — для полного уничтожения инфекции. Частицам дыма эти радикалы вредят не сильно, разве что переводят опасную органику в какие-то другие формы, а вот клетки подвергаются окислительному стрессу. Кстати, есть подозрения, что и сами клетки дыхательного эпителия тоже выделяют такие радикалы — во всяком случае, при воспалении у них замедлила активацию соответствующих ферментов.

Во-вторых, если на поверхности частицы присутствуют вещества, способные обмениваться электронами, они сами могут вызвать образования очень реакционных радикалов. Возьмем двухвалентное железо. В каскаде реакций, включающем реакцию Фентона, оно много раз порождает гидроксил-радикал: $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{OH} \cdot + \text{OH}^- + \text{Fe}^{3+}$; $\text{Fe}^{3+} + \text{O}_2^- = \text{O}_2 \cdot + \text{Fe}^{2+}$. Для восстановления

израсходованного железа не обязательно тратить супероксид-радикал, с этой задачей справляется, например, аскорбиновая кислота. Аналогичные последствия могут вызвать и другие вещества, легко обменивающиеся электронами. В частности, из металлов опасны хром и ванадий. Видимо, именно за счет этого механизма наночастицы, проникнув в клетку, разрушают митохондрии и вызывают апоптоз.

В-третьих, вспомним про полициклические углеводороды. Некоторые ферменты их окисляют, за счет чего получается электрофильное соединение. А нуклеофилами оказываются гидроксид- и аминоксигруппы ДНК. Найдя друг друга, они соединяются, и полициклическое соединение повисает на главной молекуле жизни. Теперь без ремонта она будет работать неверно.

Все это чревато возникновением злокачественной опухоли. Так, окислительный стресс приводит к нарушению связи между клетками, начинают вырабатываться гормоны роста, и клетки размножаются, а тут еще и геном сбоит. В целом, наибольшую токсичность по отношению к клеткам проявляют мелкие и мельчайшие частицы, причем в наибольшей степени — металлические, возникающие при износе рельсов и колес поездов подземки: они разрушают и клетки, и митохондрии, и окисляют ДНК. Впрочем, частицы от горения дров тоже не оказываются в стороне — вместе с выхлопами дизеля они вызывают сильнейшую поляризацию мембран митохондрий, а также разрушают ДНК.

Как бы то ни было, статистические исследования на больших выборках людей показывают, что частицы выхлопа дизельного двигателя увеличивают вероятность развития рака легких на 30—50%. Сейчас эти частицы входят в группу 2А по классификации Международного агентства исследований рака. Это означает, что по ним есть ограниченные данные на людях и достаточные на животных. Исследование на 500 тысячах человек за 16 лет с 1980 года в городах США показали, что увеличение концентрации частиц диаметром менее 2,5 мкм на 10 мкг/м³ вызывает рост на 4, 6 и 8% соответственно общей смертности, смертности от сердечно-легочной недостаточности и рака легких. В Европе исследовали 43 миллиона человек, в США — 50 миллионов, и нашли, что увеличение концентрации частиц размером 10 мкм на 10 мкг/м³ увеличивает смертность на 0,5—0,6%. Финские исследователи из хельсинского Национального института общественного здоровья, впрочем, сумели оценить вклад именно от частиц лесных пожаров в дополнительную смертность (летом 2002 года Хельсинки заволкло дымом от пожаров на территории РФ). По их мнению, каждые 10 мкг/м³ таких частиц диаметром 2,5 мкм увеличивает смертность на 0,8—2,1%.

Данных о том, какова в этом году была концентрация частиц дыма на территории РФ, нет. Зато есть информация о ней при европейских пожарах 2003 года. За время пожаров в Европе было выброшено 220 тысяч тонн частиц диаметром менее 2,5 мкм, из них 84 тысячи тонн — в наиболее сильно горящей Португалии. В результате концентрация мелких частиц выросла где на 20%, а где и на 200%. При этом основное превышение было сосредоточено в 200-километровой зоне вокруг очагов крупных пожаров и достигало 40 мкг/м³ над обычным уровнем. По нормативам же ВОЗ содержание таких частиц не должно превышать 25 мкг/м³, если этот уровень держится в течение суток, и 10 мкг/м³, если речь идет о среднем значении за год. Следовательно, дым пожаров действительно несет в себе немало угроз здоровью.

Защиту от газов обеспечивает только противогаз, но можно ли защититься хотя бы от вредных частиц? Да, но это не очень просто. Как писала «Химия и жизнь» в декабрьском номере за 2009 год, хирургические повязки нисколько не защищают дыхательные пути от аэрозолей. То же самое сообщает и сайт ВОЗ. Единственное спасение — респиратор, специально созданный для защиты от мелкой и мельчайшей пыли, например «Лепесток». Говорят, что в Японии подобные респираторы продаются на любом углу — на каждое время года свой, то есть защищающий от пыльцы цветов, уличной пыли или от болезнетворных вирусов. Хорошо, если к следующему отечественному пожару и у нас такие удобные респираторы появятся в продаже.



Год пожарника

Лес и степи горят каждый год и по всей планете. Вот как выглядит 2009—2010 год глобального пожарника по данным центра проекта «Iopia», который ведет Европейское космическое агентство.

В сентябре прошлого года продолжали гореть леса в Конго, Заире, Мозамбике и других странах юга Африки; другой очаг — центральная часть Южной Америки. Понемногу переставали гореть леса в Европейской части РФ и Индонезии. А на тихоокеанском побережье Австралии пожар бушевал.

В октябре интенсивность всех пожаров, кроме австралийских, снижается.

В ноябре загораются Бразилия, Экваториальная Африка и Скалистые горы в США, а в Австралии огонь добирается до побережья Индийского океана.

В декабре горит только Экваториальная Африка, а остальные пожары затухают.

В январе к ней присоединяется Венесуэла.

В феврале вспыхивают Индия с Индокитаем.

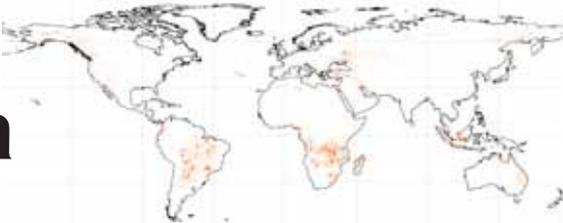
В марте загорается еще и Центральная Америка, а в Экваториальной Африке пожар наконец-то идет на спад.

В апреле пожары бушуют уже в Гималаях, загораются леса в США, в РФ и на побережье Персидского залива. В Экваториальной Африке и в Венесуэле пожар к тому времени заканчивается, зато добавляется горящий лес на Аляске и на стыке Бразилии, Аргентины и Парагвая — он погаснет в сентябре. Кстати, в это время у антиподов вовсе не весна, а осень, и, стало быть, буйство огня там приходится на зиму...

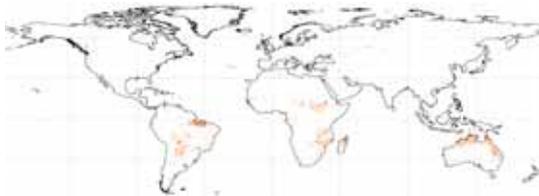
В мае начинает потухать пожар в Индии и Индокитае, зато он вспыхивает в Конго и сопредельных странах. В РФ число пожаров возрастает по всей стране.

В июне загораются Канада и южные районы Турции, северные — Сирии, а также леса Ирака и Ирана. Пожары на юге Африки и в центре Южной Америки усиливаются.

Смена пожаров в течение года



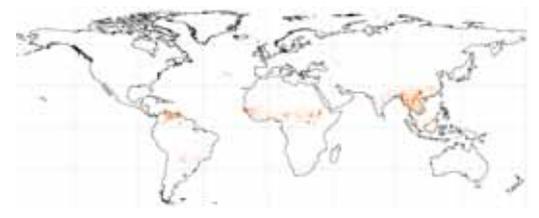
Август—сентябрь 2009



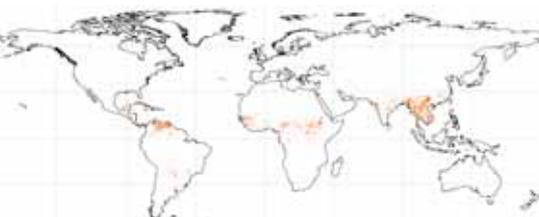
Октябрь—ноябрь 2009



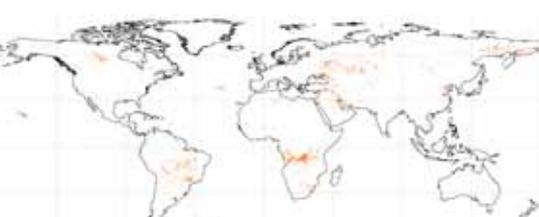
Декабрь 2009 — январь 2010



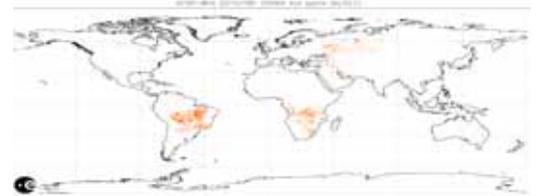
Февраль—март 2010



Апрель—май 2010



Июнь—июль 2010



Август—сентябрь 2010

По данным проекта «Iopia»
Европейского космического
агентства



РАССЛЕДОВАНИЕ

В июле бушуют пожары как в европейской части РФ, так и на Дальнем Востоке, в Канаде, Турции, Ираке, Иране, Тунисе и в Калифорнии. Загорается Мадагаскар.

В августе вспыхивает Португалия, а пожары на европейской части РФ, на юге Африки и в центре Южной Америки достигают апогея. Начинаются пожары в Австралии.

И далее эта история повторяется каждый год с теми или иными вариациями интенсивности, которые зависят от общей погоды на планете и от степени подготовки противопожарной службы. Например, засуха на Восточном побережье Северной Америки этим летом была ничуть не меньше, чем на территории РФ, однако, как видно из данных спутниковых наблюдений, пожаров там почти не было. Так же, как и в Белоруссии, расположенной совсем недалеко от России.

Есть мнение, что пожары на территории РФ в этом году имели такие разрушительные последствия из-за нового Лесного кодекса, принятого в 2006 году. После этого началось массовое увольнение лесников и передача лесов в аренду частным собственникам. Данные космических наблюдений не совсем подтверждают такую версию: интенсивные пожары, охватившие страну в 1998 и 2002 годах, свидетельствуют, что система охраны леса была разрушена задолго до этого. Хотя, с другой стороны, климатические аномалии могли внести свою лепту и при хорошей организации дела. Видимо, в недалеком будущем мы сможем оценить эту организацию — климатологи обещают частое повторение так называемых волн тепла, одна из которых и вызвала засуху-2010.

Подборку материалов о лесных пожарах подготовил кандидат физико-математических наук

С.М. Комаров

Очистители воздуха: вред или польза?

И. Ветрова

Воздух в городских помещениях, где мы проводим более 90% своего времени, в несколько раз более грязный, чем на улице. Что делать? Самое лучшее — установить хорошую вентиляцию. Но это не всегда возможно, к тому же это имеет смысл, когда снаружи он действительно чистый.

Тогда остается единственный способ: воздух нужно очищать. Именно очищать, а не менять его содержание, добавляя тот или иной ингредиент. Воздух — не суп, в который можно что-то добавить в зависимости от кулинарных пристрастий. Для него характерно определенное соотношение азота, кислорода, инертных газов, углекислого газа и других компонентов. Также в воздухе должно быть определенное количество положительных и отрицательных ионов, озона.

От чего надо очищать воздух? Самое главное — от мелких частиц, которых так много в городе: от пыли, сажи, пыльцы и прочего. Эти мелкие частицы, помимо того, что сами не очень полезны для наших легких, сорбируют на себе летучие органические загрязнения и пыльцу растений. В осажденном виде, как показывают многочисленные исследования, все эти вещества становятся гораздо более сильными аллергенами.

Второе, от чего надо очищать загрязненный воздух в помещении, — это вредные газовые примеси, которые не входят в его обычный состав: формальдегид, аммиак, хлор, диоксид серы, запахи и многое другое.

Соответственно есть очистители для твердых частиц или для газов. Внутри этих двух групп существуют также свои разновидности. Но есть тонкости, о которых реклама очистителей предпочитает не говорить.

Очистка от твердых частиц

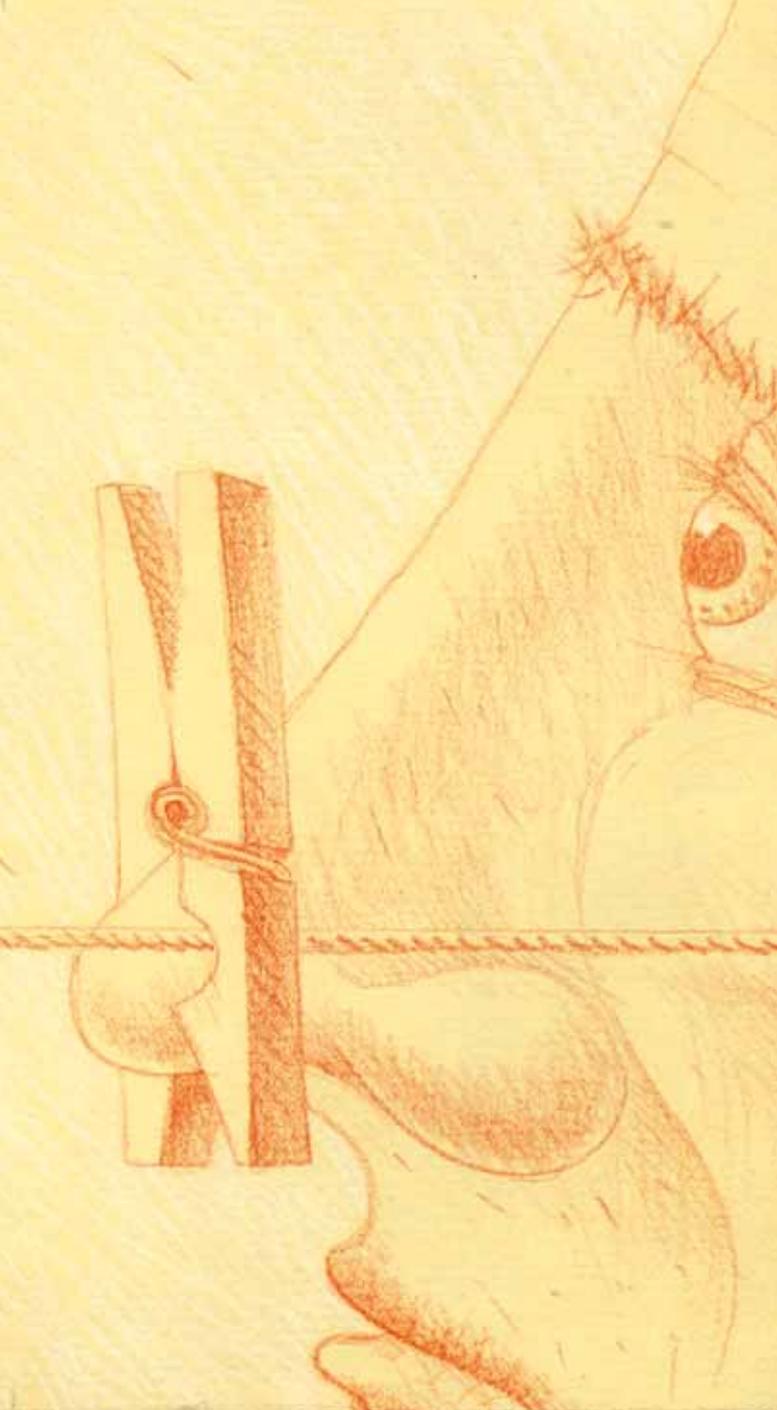
Существует два типа фильтров — механические и так называемые электронные. В качестве механического часто применяют фильтр ХЕПА (HEPA, от английского High Efficiency Particulate Air — высокоэффективный фильтр для очистки воздуха от частиц). Он сделан из материала, состоящего из тонких волокон, которые образуют сеть с мельчайшими порами. Такой материал задерживает частицы размером от 0,3 мкм (включая пыльцу, споры плесени, перхоть домашних животных, останки пылевых клещей и тараканов), поэтому его применяют не только в обычных бытовых очистителях, но и в специализированных, предназначенных для медицинских учреждений и научных лабораторий. Новейшие технологии позволяют предотвратить размножение бактерий и грибов плесени на этих фильтрах. Как будто бы в механическом фильтре никакого подвоха нет. Но надо помнить, что его необходимо вовремя менять: как только емкость фильтра будет исчерпана, он перестанет работать.

Электронные очистители воздуха бывают двух типов: электростатические очистители и ионные генераторы (ионизаторы). Принцип работы у тех и других один — образование ионов



под действием коронного разряда или ультрафиолетовой лампы. При этом большинство счастливых владельцев таких приборов не подозревает, что они генерируют вредные для нашего здоровья вещества. Самое известное из них — озон (см. подверстку). Коронный разряд в очистителе разбивает молекулы кислорода на атомы, они присоединяются к молекулам кислорода O_2 и образуется O_3 .

Сначала немного об электростатических очистителях воздуха. Они состоят из двух частей: первая — ионизационная, где частицы получают электрический заряд, а вторая содержит противоположно заряженные пластины, на которые прилипают заряженные частицы. Электростатические фильтры могут задерживать частицы, но не удаляют газообразные соединения и запахи. В электростатических воздухоочистителях нет заменяемых фильтров, поэтому они дешевле в обслуживании. Однако эффективность большинства из них значительно ниже, чем у ХЕПА-фильтров. Дело в том, что пластины, к которым притягиваются заряженные частицы, быстро загрязняются. По мере того как это происходит, электростатический фильтр все хуже задерживает новые частицы.



По данным французского национального научно-исследовательского Института проблем безопасности, электростатические фильтры могут быть эффективны только очень короткое время в начале работы. Тесты, которые проводят производители этих фильтров, длятся всего нескольких минут. Однако после часа работы их эффективность падает в несколько раз. Кроме того, электростатические фильтры не успевают задержать заряженные частицы, если воздух через них проходит с большой скоростью. В этом случае они возвращаются в помещение и могут осесть в легких человека. Там, конечно, и так есть обычная пыль. Но ее наш организм легко отдает обратно при кашле и чихании. А вот заряженные частицы прилипают к слизистой дыхательных путей в 50—100 раз сильнее, и их токсичность гораздо больше, поскольку они намного реакционно-способнее.

Второй тип электронных очистителей — ионизаторы. Принцип работы у них такой же, как у электростатических фильтров, однако нет второй части — пластин, на которые оседают заряженные частицы. Поэтому образовавшиеся ионы «при-

липают» к частицам в воздухе и сообщают им заряд, после чего те оседают на лежащие вокруг поверхности: стены, потолок, шкафы... Надо помнить, что когда отрицательные ионы заряжают воздушную пыль, то эти же заряженные частицы могут осесть и в легких. Эффект от работы ионизаторов можно увидеть по темным пятнам, образующимся вокруг них.

Нередко рекламные сообщения уверяют нас, что, дескать, ионизаторы насыщают помещение отрицательными ионами («витаминами воздуха»), полезными для нашего здоровья. Ни в одной стране мира, кроме России, ионизаторы не позиционируют как приборы, добавляющие в воздух «витамины»: всюду их продают только как очистители.

Популярность ионизаторов воздуха в нашей стране, очевидно, связана с тем, что сначала появились в продаже устройства, которые называли «люстрами Чижевского», но которые на самом деле не имели с изобретением А.Л.Чижевского ничего общего. Чижевский, пытаясь помочь шахтерам, страдающим заболеваниями дыхательных путей, изобрел аппарат со следующими характеристиками: напряжение на электродах 100 000 Вольт, высота от пола до потолка 4—5 метров, количество электродов — несколько сотен. Пациентов сажали под люстру на 5—7 минут. Дольше было нельзя — ведь при таком напряжении образуется сильное электростатическое поле, а значит, повышенные концентрации озона. Возникал поток легких аэроионов, которые, как считается, и оказывали положительный эффект. Но живут они доли секунды, поэтому находиться надо было в радиусе не дальше одного метра от люстры, иначе не имело смысла, ионы быстро распадались.

В домашних условиях сделать это практически невозможно. Если понизить напряжение на электродах, то скорость потока ионов резко упадет (при напряжении 5000 Вольт скорость движения ионов составит 25 см/с) и они просто не успеют долететь до пола. Сегодня использовать такое высокое напряжение по всем санитарным нормам запрещено, а устройства с меньшим напряжением и меньшим количеством игл-электродов не имеют ничего общего с изначальным изобретением Чижевского.

Легкие ионы — это хорошо?

На содержании ионов в закрытых помещениях стоит остановиться особо, поскольку именно на этом построена рекламная кампания очистителей воздуха.

В чистом воздухе всегда есть аэроионы, то есть ионы газов и паров, несущие на себе положительный и отрицательный заряды. Это так называемые легкие ионы, которые образуются под действием радиоактивного излучения, солнечного света и космических лучей. Считают, что в среднем в природе число легких аэроионов обоих зарядов в солнечный день равно примерно $800—1000/\text{см}^3$. По некоторым данным, в морском и горном воздухе этих аэроионов на порядки больше — именно с этим, в частности, принято связывать оздоравливающее действие морского воздуха. В промышленных районах и больших городах, где очень много пыли, легкие аэроионы оседают на твердые частички и на аэрозоли — получа-

ются средние и тяжелые аэроионы. Их полезными назвать никак нельзя. Из общих соображений заряженные частицы любого вещества вреднее нейтральных, потому что активно прилипают к любой поверхности и вступают в реакции.

Можно найти немало публикаций, авторы которых утверждают, что одна из причин воздушного дискомфорта в закрытых и кондиционируемых помещениях — это изменение ионного состава воздуха: он содержит не легкие ионы, а тяжелые. Более того, утверждается, что лишь легкие отрицательные ионы полезны для человека, а положительные — вредны. Следующий логичный шаг — установка в помещениях простейших ионизаторов воздуха будто бы полностью решает эту проблему.

В этом вопросе много непонятного и недоказанного, а главное, очень много противоречивых фактов и утверждений. В частности, не доказано однозначно ни то, что в воздухе закрытых помещений нет ионов, ни то, что заряженные ионы (отрицательные или положительные) полезны для организма, а тяжелые вредны.

В работах А.Л.Чижевского (1960) лабораторные животные, помещенные в камеру с деионизированным воздухом, через две-три недели заболели и погибли. Однако попытки воспроизвести эти опыты окончились неудачно. Серия исследований в области ионизации воздуха, сделанная академиком Ю.Д.Губернским в 1969—1985 годах, показала, что концентрация легких отрицательных ионов в современных высотных административных зданиях не только не уменьшается по сравнению с наружным атмосферным воздухом, но и возрастает в 2,53 раза. А концентрация легких положительных ионов в помещении остается той же, что и снаружи. Это было зафиксировано не только в зданиях с системами кондиционирования воздуха, но и в жилых и общественных зданиях без принудительной вентиляции. Академик Губернский объяснил возрастание концентрации ионов тем, что в помещениях воздух ионизирует остаточная радиоактивность строительных материалов.

Специалисты, пропагандирующие искусственную отрицательную ионизацию, большое значение придают коэффициенту униполярности ионов (отношению концентраций

положительных и отрицательных ионов). При этом считается, что оздоровительное действие ионов наблюдается лишь при коэффициентах униполярности значительно меньше единицы. Между тем в природе в атмосферном воздухе положительных ионов обычно больше, чем отрицательных. Объясняют это так: при действии ионизирующих излучений одновременно образуются положительные ионы и свободные электроны. Электроны значительно подвижнее, поэтому они быстрее нейтрализуются на различных поверхностях, что и приводит к повышению коэффициента униполярности. Если это так, то неверно утверждение, что лишь отрицательные ионы имеют важное биологическое значение, а положительные вредны.

Примем, что воздух лесов, курортов и морских побережий полезен именно благодаря легким ионам (без уточнения, положительным или отрицательным). Но почему из этого следует вывод, что если мы ионизируем грязный воздух в помещении и добавим туда вредный озон, то мы ощутим себя на берегу моря или в лесу? Нужно понимать, что чистый морской воздух имеет массу составляющих, которые невозможно воспроизвести искусственно, тем более с помощью одного ионизатора.

Подтверждением этому служит методика, давно существующая в медицине, — аэроионотерапия. Врачи прописывают эти процедуры очень аккуратно, начиная с маленькой дозы, и не при всех заболеваниях. Тем, кто думает, что, применяя ионизаторы или «люстры Чижевского», можно излечиться от различных болезней, стоит подумать, прежде чем устанавливать в доме подобные аппараты. Совершенно непонятно, почему ионизаторы продают в магазинах для аллергиков, — запыленный воздух ни в коем случае нельзя ионизировать.

Очистка от газовых примесей

Еще одна группа очистителей воздуха удаляет не пыль, а чужеродные газообразные вещества. Это можно сделать механически, используя фильтры-сорбенты, или с помо-

Озон

В стратосфере, на высоте 19—35 км над Землей, расположен озоновый слой, который защищает биосферу от сильной солнечной радиации. Там озон необходим, однако у поверхности земли, в воздухе, которым мы дышим, он может быть опасен. Озон реагирует с другими веществами очень быстро и действительно способен нейтрализовать органические примеси в воздухе. Но столь же активно он реагирует с молекулами в человеческом организме, что не всегда полезно.

Приземный озон образуется в безветренную солнечную погоду: оксиды азота, летучие углеводороды (выхлопы автотранспорта и промышленные выбросы) и другие вещества вступают в фотохимические реакции, в результате которых и образуется озон. Когда уровень солнечной радиации низок (пасмурная летняя погода, осень, зима), фотохимические реакции в приземном слое атмосферы замедляются и концентрация озона падает.

Всемирная организация здравоохранения отнесла озон к веществам беспорогового действия, то есть любая кон-

центрация этого газа в воздухе опасна для человека. В России это вещество относят к первому, самому опасному классу вредных веществ (предельно допустимая концентрация для жилых помещений 0,03 мг/м³). В справочнике Я.М.Глушко «Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу» сказано: «Озон оказывает общетоксическое, раздражающее, канцерогенное, мутагенное, генотоксическое действие; вызывает усталость, головную боль, тошноту, рвоту, раздражение дыхательных путей...». Исследования, проведенные Ассоциацией промышленной гигиены США, показывают, что озон усиливает опасность многих вредных для человека загрязняющих веществ и аллергенов, поскольку человек становится к ним более восприимчивым.

Количество озона, которое производит ионизатор, зависит от модели. В технических характеристиках электронных очистителей воздуха обязательно должно быть указано, сколько озона производит прибор за единицу времени. Человек не всегда может сразу почувствовать себя плохо, но, если наш нос ощущает запах озона, значит, его достаточно много. Поскольку озон накапливается в помещении, чем дольше ра-

ботает очиститель, тем больше в вашей комнате озона. В некоторых штатах США запрещены к продаже все озонаторы и ионизаторы, вырабатывающие озон.

Некоторые производители утверждают, что добавление озона в воздух помещения — это благо. Действительно, озон устраняет неприятные запахи, может воздействовать на бактерии и удалять табачный дым. Но все это происходит, только когда его концентрация превышает безопасный для здоровья уровень. Согласно многим исследованиям, озон в помещении может вступать в реакции с другими химическими веществами и образовывать токсические органические вещества. В частности, реагируя с терпенами, которые содержатся в освежителях воздуха и в бытовой химии (запахи лимона или сосны), озон образует формальдегид. После реакции с алкенами и другими органическими соединениями образуются альдегиды, кетоны, карбоксильные кислоты и прочие соединения. Все эти реакции происходят при невысоких концентрациях озона в помещении.

К сожалению, до сих пор ни одна российская организация, отвечающая за наше здоровье, не оповестила население, что озон в помещении всегда вреден.

щью химической реакции (ультрафиолетовые лампы, фотокаталитические устройства и озонаторы).

Полезные свойства углей были известны еще в Древнем Египте, где за 1500 лет до новой эры древесный уголь использовали в медицинских целях. Древние римляне с помощью угля также очищали воду, пиво и вино. Сегодня активированный уголь — это основной фильтрующий материал. Существует большой выбор активированных углей, и, поскольку обычный не может удалить весь спектр газообразных загрязнений, в последние годы все более широкое распространение получили специальные импрегнированные активированные угли и активированные угли в смеси с хемосорбентом.

Как делают активированный уголь? Сначала углеродсодержащее сырье обжигают при высокой температуре, а потом угли обрабатывают водяным паром при высокой температуре или специальным реагентом. Получается развитая структура пор — соответственно площадь активной поверхности активированных углей увеличивается во много раз. Активация водяным паром позволяет получать угли с внутренней площадью поверхности до 1500 м² на грамм угля.

Молекулы прилипают к внутренней поверхности пор и удерживаются там межмолекулярными силами Ван-дер-Ваальса. Некоторые вещества слабо держатся на поверхности обычных активированных углей — это аммиак, диоксид серы, пары ртути, сероводород, формальдегид, хлор, цианистый водород. Поэтому для их удаления используют угли, пропитанные специальными химическими реагентами, или добавляют специальное вещество — хемосорбент.

Преимущество угольных фильтров в том, что они не изменяют состав воздуха в помещении. Они просто задерживают вредные вещества на своей разветвленной поверхности. Это, наверное, самый безопасный для человека метод удаления загрязняющих веществ. Что касается эффективности, активированные угли способны задерживать загрязнители в количестве 60% от собственного веса.

Но 60% — это много только в том случае, если активированного угля много, а не тоненькая пластинка. Ведь чем больше сорбента, тем больше площадь активной поверхности, а значит, тем больше веществ может задержать фильтр. Если же изготовитель сообщает, что фильтр — это небольшая пластина, то, скорее всего, поры угля быстро забьются, фильтр перестанет работать и его придется часто менять. Кстати, чтобы уголь быстро не забивался частицами пыли, перед ним обычно ставят фильтр ХЕПА.

Фотокаталитические очистители воздуха разлагают газообразные вещества с помощью ультрафиолетовой лампы и катализатора. В результате фотокаталитического окисления летучие органические вещества превращаются в углекислый газ и воду. И все же есть соединения, которые нельзя разложить таким способом. Да и не очень понятно, как происходит реакция, если в устройстве воздух находится короткое время. Очевидно, что при увеличении скорости потока воздуха эффективность разложения веществ будет снижаться. Табачный дым, микроорганизмы и аэрозольные частицы, скорее всего, проскочат, несмотря на заверения производителей.

Исследование, проведенное для американской ассоциации ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), показало, что фотокаталитическое устройство, установленное в очистителе, не смогло эффективно удалить ни одно из летучих органических соединений в тех концентрациях, в каких они обычно встречаются в помещении. В этом исследовании сравнивали 15 очистителей воздуха, использующих различные технологии. Выводы: фотокаталитические устройства работают не так, как обещают производители, поэтому, чтобы их рекомендовать для широкого применения, необходимы дальнейшие исследования. Впрочем, уже сейчас известно (и это было отмечено в докла-



де Агентства по защите окружающей среды США): при разложении некоторых газообразных химических соединений таким методом могут образовываться токсичные вещества, в том числе фосген.

Еще один вопрос, над которым стоит задуматься, — применять ли фотокаталитическую очистку воздуха в помещениях, где курят. Сигаретный дым включает более 1000 различных химических веществ, и сегодня непонятно, что с ними происходит после реакции в фотокаталитическом устройстве. Какие будут побочные продукты, сколько их — все это требует дальнейшего изучения. Воздух — многокомпонентная смесь, и то, что вы хотите получить, не всегда совпадает с тем, что получается. Причем продукты химической реакции могут оказаться намного опаснее, чем вступающие в реакцию вещества.

Ультрафиолетовые лампы эффективно убивают бактерии, вирусы, плесень и споры микроорганизмов в воздухе и на поверхностях. Ультрафиолет давно применяют в здравоохранении, в фармацевтической промышленности и на предприятиях общественного питания. В очистителях для жилых помещений УФ-лампы, как правило, комбинируют с какими-нибудь фильтрами — например, ХЕПА.

В докладе Агентства по защите окружающей среды США отмечается, что УФ-излучение может убивать споры плесени, только когда оно подается в очень высоких дозах. Если надо продезинфицировать поверхность, то достаточно просто направить поток УФ-света на нее. Если же требуется обеззаразить воздух в помещении, УФ-устройство должно быть обязательно оснащено вентилятором, который подает поток воздуха к УФ-лампе. Однако если скорость потока воздуха, проходящего через очиститель, оснащенный УФ-лампой, будет слишком большой, то не все бактерии и вирусы будут уничтожены. Кроме того, обычные УФ-лампы продуцируют озон.

Так какой очиститель воздуха правильный? Тот, который очищает воздух, а не добавляет в него побочные продукты. Этому критерию удовлетворяют только очистители механического и абсорбционного типа. Наилучший результат получается при сочетании фильтра ХЕПА и специализированных активированных углей. Это наиболее безопасные очистители, особенно для тех, кто страдает аллергией и астмой, а также для детей.

Чтобы правильно выбрать очиститель, необходимо рассчитать объем помещения в кубических метрах. Посмотрите, какой воздухопоток в час заявляет изготовитель, разделите его на пять, и вы получите максимальный объем помещения, который в состоянии очистить данное устройство. В том случае, когда воздух очень грязный — например, в комнате курят, — воздухопоток очистителя стоит разделить на десять. Если кубатура вашего помещения значительно больше, данный очиститель не будет эффективным. Но правильно подобранный и качественно выполненный очиститель воздуха значительно улучшит воздух.



В зарубежных лабораториях

Рапс с большой дороги

Трансгенный рапс убежал с поля.

Агентство «NewsWise», 6 августа 2010.

Дипломница Арканзасского университета Меридит Шафер и ее профессор Синтия Сагерс этим летом заинтересовались желтыми цветочками вблизи одной из парковок. С помощью бумажной полоски, которая меняет цвет в присутствии веществ, придающих растению устойчивости к гербицидам, они проверили эти цветочки. И тест дал положительный результат — в них есть гены, присущие трансгенному рапсу. Заправив полный бак бензина, исследовательницы стали колесить по дорогам Северной Дакоты.

Каждые пять миль — остановка и проверка растений вдоль ближайших 50 метров обочины. Порой плотность рапса была очень высока — до 20 штук на метр. За 3000 миль путешествия ученые в 43% случаев обнаружили рапс на обочине или в трещинах дорожного полотна. И в 83% он содержал вставки устойчивости к гербицидам. Более того, у некоторых растений оказались гены устойчивости и к глифосату (препарат «Раундап»), и к глифосинату («Либерти» или «Баста»). Поскольку семян такого трансгенного рапса никто официально не делает, это намек на возможность появления диких трансгенных гибридов либо на пиратство.

Вопрос о том, что это — гибрид с сурепкой, или же одичавший рапс, остался без ответа из-за трудностей с определением. Однако вывод напрашивается сам собой — заверения трансгенщиков — наше детище никогда не покинет поле и не сможет размножиться из-за включения в геном терминального гена — не соответствуют действительности: трансгенный рапс таки вышел на большую дорогу. И сразу же стал на ней сверхсорняком: обочины американских дорог обрабатывают гербицидами, к которым он устойчив. И действительно, где на обочине есть рапс, другие растения встречаются редко. Синтия Сагерс, впрочем, отмечает, что, прежде чем делать серьезные выводы, нужно еще проследить, действительно ли трансгенный рапс одичал, то есть стал размножаться и скрещиваться, или же они обнаружили растения, получившиеся из просыпавшихся семян.

В зарубежных лабораториях

Спать при свете вредно

Недостаток мелатонина из-за яркого ночного освещения способствует развитию опухоли.

Агентство «NewsWise», 2 сентября 2010.

Еще в советское время было доказано, что яркий свет по ночам, он же «световое загрязнение окружающей среды», вызывает рак, поскольку препятствует образованию гормона мелатонина (а его организм вырабатывает только в темноте). Однако ученые не перестают изучать явление, видимо, предполагая, что новое — это хорошо забытое старое. очередной опыт поставил профессор Абрахам Хаим из университета Хайфы. Четырем группам мышей впрыснули раковые клетки, а затем давали им разный световой режим. Первой группе обеспечили длинный день — 16 часов света и 8 часов темноты. У второй группы день был тоже длинным, но им вводили мелатонин. У третьей день был коротким, восьмичасовым. А четвертой группе посреди длинной ночи на полчаса включали яркий свет. Результат был таков: у мышей короткого дня опухоль выросла до 0,85 см³, при длинном дне — 5,92 см³. Полчаса света ночью обеспечило 1,84 см³, а мелатонин при длинном дне оказался целебным — размер опухоли у этих мышей составил лишь 0,62 см³.

«Световое загрязнение вызывает озабоченность медиков во всем мире. Международное агентство ВОЗ по исследованиям рака уже отнесло сдвиги в продолжительности ночи к факторам, повышающим риск заболеть», — отмечает профессор Хаим

В зарубежных лабораториях

Чисто там, где убирают

Комплексы марганца отлично защищают клетку от радиации.

«PLoS ONE», 3 сентября 2010, <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0012570>.

Есть такая бактерия — *Deinococcus radiodurans*. Как трудно догадаться по названию, она выдерживает огромные дозы облучения, причем в широком диапазоне, от ультрафиолета до гамма-лучей. Группа ученых во главе с профессором Майклом Дейли из Медицинского центра ВМФ США обнаружила интересный механизм, с помощью которого радиодуранс может жить в невозможных условиях. Напомним, что ионизирующее излучение вызывает появление в клетке так называемых активных форм кислорода, АФК, а именно гидроксил-радикала, супероксид-радикала и перекиси водорода, которые и разрушают внутриклеточные структуры, прежде всего ДНК.

Оказывается, дело не в повышенной устойчивости ДНК, а в высокой устойчивости ферментов микроорганизма, в частности тех, что чинят повреждения наследственного аппарата. Ключ к успеху — низкомолекулярный комплекс двухвалентного марганца. Именно он придает вырабатываемым клеткой веществам мощную способность нейтрализовать АФК; с гидроксил-радикалом борется комплекс из марганца с фосфатом, а с остальными — комплекс с пептидами или даже с отдельными аминокислотами.

Экстракт радиодуранса защищал от облучения клетки кишечной палочки и человеческие клетки в культуре. Более того, обычный раствор ионов марганца, пептидов и фосфата в тех же концентрациях, что и в экстракте, сохранял активность ферментов даже при огромных дозах радиации — более 15 кГреев. А ведь обычные бактерии погибают при облучении уже в сотни греев. Похоже, в клетках радиодуранса при облучении возрастают концентрации низкомолекулярных компонентов и именно они обеспечивают защиту ферментов. Авторы работы считают, что нашли путь к созданию перспективных радиопротекторов, которые могут быть использованы, например, при радиационной стерилизации вакцин. Другое применение — защита клеток от окислительного стресса, связанного со старением организма.



В зарубежных лабораториях

О чтении мыслей

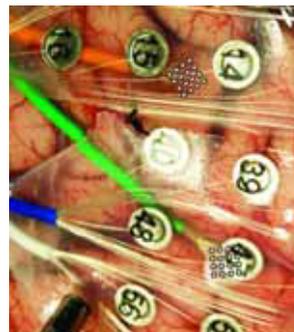
С помощью микро-электродов можно узнать загаданное человеком слово.

«Journal of Neural Engineering», сентябрь, 2010.

Кто-то считает телепатию фантастикой, кто-то шарлатанством. Ученые же не устают искать способ чтения мыслей. Двигает ими не только научное любопытство, но и желание помочь парализованным людям общаться с внешним миром. Очередного успеха достигли физиологи из университета Юты во главе с доцентом Брэдди Грегером.

В их работе согласился принять участие один из пациентов клиники, страдающий эпилепсией. Для борьбы с недугом ему вскрыли череп и установили на поверхности мозга несколько электродов — поданный на них сигнал гасит припадок в зародыше. К ним Грегер с коллегами добавил еще 16 микроэлектродов, которые расположили над участком, отвечающим за речь. Затем пациент стал задумывать слова — всего их было 10: «да», «нет», «тепло», «холодно», «голод», «сытость», «привет», «пока», «больше», «меньше», — а электроды фиксировали возникающий при каждом из них электрический импульс. После этого настала пора расшифровки. При выборе из двух слов — «да» и «нет» — удача улыбалась исследователям в 76—90% случаев. Увеличение числа слов до десяти снизило вероятность правильной расшифровки электрического сигнала до 28—48%, то есть она была по крайней мере в три раза больше, чем 10%, которые получились бы при случайном угадывании.

«Мы доказали справедливость концепции и теперь будем совершенствовать методику», — говорит профессор Грегер.



В зарубежных лабораториях

Антибиотики из лягушек и муравьев

Лягушачья кожа и муравьиные симбионты — вот кто поможет людям в борьбе с инфекциями.

Агентство «NewsWise», 19 августа 2010; «BMC Biology», <http://www.biomedcentral.com/1741-7007/8/109>.

Антибиотики помогли справиться со многими инфекциями, разносимыми бактериями. Но отбор на это ответил созданием устойчивых к лекарствам бактерий. К тому же поскольку многие антибиотики имеют «грибное» происхождение, их использование обеспечило грибку преимущество над бактериями, то есть способствовало распространению грибковых заболеваний. В общем, сложилась хорошо знакомая человечеству ситуация, которую описал еще Ло Гуаньчжун: «Изгнали шакала и выдру, их волки и тигры сменили». Золотистый стафилококк, устойчивый к антибиотикам возбудитель смертельного воспаления легких, уже вышел за пределы больницы. А в Ираке раненные солдаты коалиции страдают от инфекций, вызванных *Acinetobacter baumannii* — этот микроб получил прозвище «иракибактер», и он также нечувствителен к большинству антибиотиков. Такие случаи отнюдь не единичны. Неудивительно, что в начале XXI века поиск новых источников антибиотиков стал первоочередной задачей медиков. И тут каждый действует в меру своей фантазии.

Так, доктор Майкл Конлон из университета ОАЭ решил обратить внимание на лягушек. Еще бы, они триста миллионов лет живут на планете и все это время успешно борются и с бактериями, и с грибами, мечтающими постоянно поселиться на их шкурках. По его просьбе коллеги со всего мира присылают образцы лягушачьей слизи в его лабораторию в Абу-Даби. Анализ слизи от 6000 видов лягушек выявили более сотни веществ, активных против бактерий и грибов, в том числе золотистого стафилококка и иракибактера. Впрочем, проблема с лягушачьими антибиотиками состоит в том, что они ядовиты для клеток человека и быстро разлагаются в крови. Поэтому Конлон немного изменяет строение молекул обнаруженных им веществ. Кстати, после того, как вещество найдено, его синтезируют химическим путем, лягушек больше не используют.

А энтомологи из университета Восточной Англии обратили внимание на муравьев-листорезов. Эти существа освоили сельское хозяйство и биотехнологии за миллионы лет до человека: они выращивают грибы. Естественно, что на плантации пытаются пробраться сорные грибы. Анализ, проведенный участниками исследования во главе с доктором Мэттом Хатчингсом, показал, что муравьи борются с ними при помощи веществ, которые вырабатывают обитающие с ними в симбиозе актиномицеты — низшие грибы. Анализируя найденные в муравейнике антигрибковые вещества, ученые заметили среди них давно известный фармакологам нистатин.

В зарубежных лабораториях

Защита для вертолета

Лазер отведет ракету от цели.

Агентство «NewsWise», 2 сентября 2010.

Готовясь к войнам настоящего и будущего, американцы не устают разрабатывать средства защиты своих военнослужащих. Возьмем вертолеты, которые сейчас с успехом заменяют кавалерию, обеспечивая переброску войск на дальние расстояния. А борются с ними с помощью маленьких ракет, оснащенных датчиком тепла, чтобы точно попасть в двигатель. Как защитить вертолет от такой ракеты? Очередной способ предложил профессор Мичиганского университета Мухамед Ислам, который основал свою компанию и получил грант в один миллион долларов от армейского агентства DARPA на создание производства.

В основе защиты находится волоконный лазер суперконтинуума, работающий на средних инфракрасных частотах. Подобные лазеры видимого диапазона излучают свет в широком диапазоне волн. Инфракрасный же лазер с аналогичным широким спектром создает иллюзию теплового объекта, и ракета летит к этому фантому, а не к настоящему вертолету. У созданного профессором Исламом лазера, в отличие от других образцов подобной защиты, нет подвижных частей, что снижает цену и повышает надежность.

Растворяй и властвуй

Р.Акасов

«**Л**ожка дегтя бочку меда портит». Эту старинную русскую поговорку наверняка оценили бы на берегах Мексиканского залива, пострадавшего от аварии на нефтедобывающей станции «Deepwater Horizon». «Ложка» и впрямь получилась впечатляющая — семьсот миллионов литров сырой нефти вылилось в залив. Почернело синее море, не хуже, чем в сказке Пушкина.

С первым вечным вопросом, возникающим в таких случаях, — «кто виноват?» — разобрались довольно быстро. Нефтедобывающую компанию «British Petroleum» (BP) обвинили во всех смертных грехах, и, наверное, не без оснований. Другой вопрос — «что делать?» — до сих пор остается открытым, даже несмотря на объявленное прекращение утечки. Нефти в заливе по-прежнему очень много. Для борьбы с нефтяной пленкой на поверхности воды BP применила специальные химические вещества — дисперсанты. И это решение тоже вызвало критику. Многих настораживает и пугает применение этих веществ и их возможная токсичность.

Вообще, дисперсанты — это лишь один из возможных методов борьбы с разлившейся нефтью. Попав в воду, нефть, как менее плотное вещество, поднимается на поверхность и образует пленку. Пока ее слой достаточно мощный, бороться с загрязнением можно разными способами. Например, собирать нефть с помощью специальных судов, работающих по принципу кухонной шумовки. Или сжигать — если позволяют погодные условия. Кроме того, нефтяные пятна ограждают плавучими бонами, чтобы помешать нефти растекаться по поверхности, и посыпают сорбентами — для облегчения ее сбора.

Однако со временем нефть расплзается все шире и шире, образуя очень тонкую пленку. Толщина ее может составлять доли микрона — нечто вроде радужного бензинового блеска на лужах. Несмотря на малую толщину, бед эта пленка может наделать немало. Она уменьшает проникновение света под воду, а значит, на голодном пайке оказываются морские водоросли и фитопланктон. А это, между прочим, кормовая база для многих морских обитателей. Кроме того, пленка ухудшает газообмен океана с атмосферой и для животных и птиц может оказаться смертельной, если испачкает их мех и перья, — им трудно будет сохранять тепло тела и плавучесть. Принято считать, что одна тонна нефти способна загрязнить 12 квадратных километров водной поверхности.

Например, при аварии на танкере «Эксон Вальдез», произошедшей в 1989 году у берегов Аляски, в море попало около 37 тысяч тонн нефти. Это очень много, и до недавнего времени авария на «Эксон Вальдез» считалась крупнейшей экологической катастрофой подобного рода. Из-за нее погибли около 20 китов, 300 морских котиков, 2800 каланов и 250 000 морских птиц. Две тысячи километров береговой линии были загрязнены нефтью, и, несмотря на спасательные работы, в которых за четыре сезона участвовало около 11 тысяч человек, на побережье Аляски даже спустя десять лет оставались участки, покрытые слоем нефти. При этом авария в Мексиканском заливе по масштабу примерно в 15 раз превосходит аварию «Эксон Вальдез» — около 540 000 тонн нефти против 37 000. Инте-



ресно, что у берегов Аляски тоже применяли дисперсанты — вещество Corexit 7664, но в весьма ограниченных количествах. Современные препараты той же марки использовали и в Мексиканском заливе — это Corexit 9500 и Corexit 9527.

Конечно, со временем даже самая труднодоступная нефтяная пленка разложится под действием света и микроорганизмов. Но это произойдет нескоро. Сырая нефть — смесь множества различных углеводородов, и разные микроорганизмы очень избирательно потребляют ту или иную фракцию. В итоге процесс биоразложения нефти может затянуться на многие годы — особенно если ее разольют где-нибудь в северных морях, как в случае с «Эксон Вальдез». Тут-то на помощь и придут дисперсанты.

Компоненты нефти, как правило, малополярны и поэтому растворяются в воде не очень охотно и не очень быстро. Получаются как бы две пленки: сверху — нефтяная, а под ней — водная, и для молекул в каждом из этих слоев энергетически выгоднее держаться «за своих». Молекулы дисперсанта имеют и гидрофобные, и гидрофильные участки, они соединяются с обеими пленками и понижают энергию их поверхностного натяжения, устойчивость пленок при этом заметно падает. Таким образом, сам дисперсант не разлагает и не разрушает нефть, но зато способствует ее растворению в воде в виде множества маленьких капелек с большой удельной поверхностью. Такие капли быстрее разлагаются микроорганизмами и не могут навредить птицам и водоплавающим животным.

Схожий принцип, кстати, применяется и в мощных средствах, которыми пользуется почти каждая хозяйка. Да и в других областях химии поверхностно-активные вещества не в диковинку. Однако применение дисперсантов в Мексиканском заливе вызвало много нареканий — обоснованных и не очень. Попробуем разобраться с основными аргументами скептиков.



РАССЛЕДОВАНИЕ

Аргумент первый

«Дисперсанты токсичны и приносят больший вред, чем разлившаяся нефть»

Пожалуй, это обвинение звучит в адрес дисперсантов наиболее часто. В том числе и вполне официально. Так, «Нью-Йорк таймс» приводит слова директора Института изучения морской окружающей среды Сюзан Д.Шоу, утверждающей, что применяемое вещество Corexit 9500 высокотоксично и губит мальков рыб. Но, судя по всему, подобные заявления не соответствуют истине. По крайней мере, Агентство по защите окружающей среды (Environmental Protection Agency, EPA) недавно инициировало серию экспериментов, которые показали, что и Corexit 9500, и семь других исследованных дисперсантов в целом достаточно безопасны. Какие-то чуть более токсичны для рыб, какие-то чуть сильнее действуют на креветок, но в целом все не так страшно. Во всяком случае, сырая нефть гораздо токсичнее, а значит, дисперсанты — меньшее зло.

Необходимо отметить, что в этом немалая заслуга химиков, создававших препараты: еще несколько десятков лет назад дисперсанты были куда как менее безобидными. При этом все восемь исследованных препаратов входят в список из четырнадцати ранее одобренных в США для борьбы с разливами нефти, то есть все они уже проходили определенные тесты и доказали свою сравнительную неопасность. Дополнительное исследование понадобилось по двум причинам: во-первых, процедура тестов менялась со временем, а во-вторых, до этого исследования проводили на дизельном топливе. А в Мексиканском заливе разлита сырая нефть, и внезапно выяснилось, что ее взаимодействие с дисперсантами до сих пор не очень понятно. Есть вероятность, что токсичность смеси дисперсанта и сырой нефти может быть куда выше, чем обоих этих компонентов по отдельности. Чтобы проверить это, экологи уже объявили о проведении второго раунда испытаний, но их результаты пока неизвестны.

Аргумент второй

«Препарат Corexit запрещен во всем мире»

С момента аварии BP использовало дисперсанты только двух типов — Corexit 9500 и Corexit EC9527A, первый — для легкой и недавно разлившейся нефти, второй — для более тяжелой и разлившейся несколько дней назад. Агентство по защите окружающей среды выдало предварительные разрешения на использование обоих видов Corexit в чрезвычайных ситуациях, подобных этому разливу нефти. Однако в ряде стран, например в той же Великобритании, применение Corexit запрещено, а сам он считается не самым эффективным препаратом из разрешенных к применению. Поэтому 20 мая EPA настойчиво попросило, чтобы химики из BP в течение 24 часов нашли другой препарат. Компания отказалась, обосновав это тем, что помимо корексита лишь реагент «Sea Brat 4» доступен в достаточных объемах, но его компоненты могут прореагировать с компонентами Corexit, образовав токсичный нонилфенол.

Этот отказ побудил EPA начать собственные исследования дисперсантов разных марок, результаты которых мы привели чуть выше. Кроме того, EPA потребовало снизить количество применяемых химикатов, и BP в целом следовала этой линии, к концу мая отказавшись от Corexit EC9527A и значительно снизив использование Corexit 9500.

Тем не менее в адрес компании уже посыпались иски, обвиняющие ее в использовании дисперсантов. Производитель препарата, «Nalco Holding Company», тесно сотрудничает с BP, что наводит на определенные мысли. С другой стороны, найти замену корекситу действительно непросто — даже федеральные власти США признали, что на месте аварии нет в достаточном количестве какого-либо другого вещества, которое могло бы полностью заменить Corexit 9500.

Аргумент третий

«BP использовала слишком много корексита, при этом скрывая его свойства»

За время борьбы с разлившейся нефтью BP применила более семи миллионов литров дисперсантов — цифра сама по себе впечатляет. Пожалуй, впервые химический препарат применяется одновременно в таких количествах. С другой стороны, необходимое количество дисперсанта обычно рассчитывают как одна часть вещества на 10—20 частей нефти. Учитывая, что объем утечки оценивается где-то в семьсот миллионов литров, семь миллионов литров дисперсанта — еще достаточно скромно.

Конечно, Мексиканский залив — не пробирка, где кислоту титруют щелочью, и опасения экспертов перед таким количеством реагента в океане вполне понятны. Было бы значительно проще, если бы состав корексита и других дисперсантов открыли для общего изучения. Однако состав препаратов — коммерческая тайна, а условия тестов, которые они проходят при выходе на рынок, весьма слабо соотносятся с реальными условиями в заливе. Под давлением общественности «Nalco» опубликовала список из шести ингредиентов Corexit 9500, в числе которых оказались сорбитан, бутадиионовая кислота, пропиленгликоль, органический сульфонат и нефтяные дистилляты. Раскрыть данные о концентрации того или иного компонента в реагенте производитель отказался, но предоставил эту информацию в EPA.

Исследования в «полевых» условиях, на месте разлива, затруднены тем, что BP очень неохотно сотрудничает с учеными, не связанными контрактами с компанией. Те же, кто находятся у них на контракте, не имеют права публиковать результаты в открытой печати. Подобный подход не только вызывает недовольство у многих специалистов, но и грозит превратить и без того сложную научную проблему в детектив. Точнее, в плохой детектив, в котором интригу заменяет неразбериха.

**Аргумент четвертый***«Нефть под водой образует ядовитые облака»*

Образовавшиеся под действием дисперсанта капельки нефти должны, по замыслу инженеров, рассеиваться в водном пространстве до очень низких концентраций и быстро потребляться микроорганизмами. Однако если нефти очень много, есть риск, что ее капельки не успеют рассеяться и создадут очень высокую концентрацию на отдельно взятом участке. В этом случае головной боли эколога только прибавится, потому что мелкие частицы нефти довольно легко проникают в организмы морских обитателей. Особенно это критично для фильтраторов, ежечасно пропускающих через себя многие литры воды и собирающих мелкие частицы всего, что плавает в воде, — в том числе и капельки нефти. Это значит, что нефть и ее соединения с дисперсантами будут накапливаться в их организмах, включаться в пищевую цепь и, вполне вероятно, могут вызвать неприятные последствия — в том числе хронические болезни и снижение репродуктивной способности морских животных.

Кроме того, микроорганизмы, потребляя нефть, нуждаются в больших количествах кислорода. Следовательно, есть вероятность, что на каких-то участках моря, и так загрязненных нефтью, кислорода будет не хватать для дыхания прочих существ. Все эти соображения заставляя некоторых комментаторов называть подводные облака из капелек нефти «дорогой смерти». Чтобы звучное название себя не оправдывало, дисперсанты разрешено использовать только в водах глубже десяти метров и не ближе чем в пяти километрах от берега. Учитывая, что нефтедобывающая платформа находилась примерно в 80 км от берега, простор для использования дисперсантов у BP был. Компания уверяет, что не применяла Corexit ближе 15 км к берегу, а основная масса вещества использовалась более чем в 30 км от береговой линии. Однако следить за тем, что происходит с нефтью под водой, гораздо труднее, чем наблюдать за пленкой. Не раз звучали заявления о том, что облака из нефти достигают побережья и что дефицит кислорода в воде губит морских обитателей, а BP опровергала эти данные, утверждая, что и с кислородом, и с побережьем все в порядке.

Независимые исследователи утверждают, что нефть под водой распространилась очень широко — настолько, что загрязнение вряд ли ограничится одним заливом и, скорее всего, затронет и открытый океан. Кроме того, нефть проникла на километровые глубины, где ей вообще не место. Содержание кислорода в воде в нефтяных облаках, кажется, тоже падает — процентов на 30, а то и больше. Все это очень неприятно, но подобный дефицит кислорода, даже если он есть, вряд ли приведет к смерти животных. Массовой гибели подводных обитателей действительно пока не наблюдается, несмотря на то что нефть уже должна заметно на них повлиять. А самое главное, важно помнить, что рассеивание нефти в воде — естественный процесс и дисперсанты лишь ускоряют его. Полностью избежать появления нефтяных облаков не удалось бы в любом случае.

Аргумент пятый*«BP пытается скрыть масштабы применения дисперсантов»*

Обычно дисперсанты распыляют с самолета на поверхность нефтяной пленки. Однако в Мексиканском заливе BP впервые применила метод подводного введения препарата. Вещество

под давлением подавали на глубину около полутора километров, где с помощью автоматизированных систем его направляли в поток нефти. Примерно треть дисперсантов была использована именно таким образом. Подобное новшество вызвало ряд вопросов. Вопрос сугубо технический — насколько это эффективно?

С одной стороны, такая технология вообще исключает появления пленки нефти на воде, с другой — на глубине не так много сил, способных перемешать нефть. А вот при традиционном использовании дисперсантов, когда их распыляют с самолета, волны и ветер (если они есть, конечно) весьма эффективно разбивают пленку. Но кажется, эксперимент удался — дисперсант справился со своей задачей даже в необычных условиях.

Совершенно другой вопрос: что заставило BP использовать препарат по-новому? Высказывалось мнение, что это всего лишь уловка, скрывающая масштабы катастрофы. Ведь следить за рассеянной нефтью гораздо труднее, чем за пленкой на поверхности. А кальмары, рыбы и креветки, если они пострадали от подобных мероприятий, вряд ли побегут в суд — в отличие от тех же рыбаков и владельцев прибрежных отелей, которые, впрочем, и так обвиняют BP в причинении ущерба.

К сожалению, наиболее точные данные о масштабах аварии принадлежат BP, и компания не слишком расположена ими делиться. Вполне может быть, что они соответствуют официальным сведениям, а активное использование дисперсантов — попытка BP не допустить загрязнения побережья.

Пожалуй, главный вывод, который можно сделать из всего сказанного, — что наши знания о природе и о взаимодействии ее с человеком еще потрясающе малы. Даже сейчас, спустя почти полгода после аварии, трудно не только спрогнозировать развитие ситуации в заливе, но даже обоснованно сказать, что же там происходит сейчас. В 2005 году в научной печати обсуждалось использование дисперсантов при разливе сырой нефти, и, очевидно, в нынешнем и следующем году появится немало статей на эту тему. Впрочем, продолжая тему с русскими поговорками, — «Дорога ложка к обеду».

Но в целом эксперты сходятся во мнении, что последствия аварии пока не так ужасны, как можно было ожидать. В первую очередь благодаря тому, что очень мало нефти добралось до берега. Можно сказать, что тактика BP сработала и дисперсанты тоже выполнили свою задачу. С другой стороны, по оценкам на середину августа, всего лишь 8% нефти было рассеяно с помощью препаратов. Естественным путем в воде растворилось в два раза больше — около 16% вылившейся нефти. Поэтому второй вывод, который можно было бы сделать, — в подобных ситуациях природа пока гораздо сильнее человека. Так, по тем же оценкам, микроорганизмы разложили 26% нефти. Это больше, чем сумма нефти, удаленной человеком за счет сбора с поверхности (3%), сжигания (5%) и отвода ее от места аварии (17%). Еще около четверти разлитой нефти испарилось с поверхности или самопроизвольно распалось в воде.

Экзамен для экосистемы Атлантики продолжается.

PS. Когда номер готовили к печати, мы узнали, что лауреатами шуточной Игнобелевской премии по химии стали сотрудники МТИ, Техасского университета, Гавайского университета и компании «British Petroleum» — «за опровержение старого заблуждения, будто нефть и вода не смешиваются». Наградой отмечена публикация «Review of Deep Oil Spill Modeling Activity Supported by the Deep Spill JIP and Offshore Operator's Committee. Final Report», Eric Adams and Scott Socolofsky, 2005.



Гемоглибиновый тест



Доктор медицинских наук,
профессор

Н.Р.Аблаев,

Казахский национальный
медицинский университет

Парадный портрет

Гемоглобин (Hb) — одна из важнейших молекул в нашем организме. Это основной дыхательный пигмент и главный компонент эритроцитов. Он не только переносит кислород из легких в ткани и углекислый газ из тканей в легкие, но и способствует сохранению рН крови в физиологических пределах, создавая буферную систему.

В состав молекулы гемоглобина (Hb) входят четыре белковые цепи: две α -цепи (длиной 141 аминокислотный остаток) и две β -цепи (146 аминокислот). Они образуют глобин, белковый компонент гемоглобина. К каждой цепи прикреплена одна небелковая молекула — гем (рис. 1), атом железа соединен координационными связями с остатками гистидина в цепях. При этом один остаток более отдален от атома железа в центре гема — а значит, его связь слабее. Когда концентрация кислорода повышается до определенного значения, соединение этого остатка гистидина с Fe рвется, его место занимает молекула кислорода (рис. 2) — происходит оксигенация Hb. Связь O_2 с Fe также непрочна: железо в составе гема не окисляется.

Образование и разрыв этой связи, то есть присоединение и отдача кислорода, зависят от определенных факторов (рис. 3). Один моль гемоглобина может связать до четырех молей кислорода. Всего гемоглобина в крови около 64,5 г, а 1 г гемоглобина, согласно формальному расчету, может связать 1,39 мл кислорода. Но при реальном химическом анализе получают меньшую величину: 1,34—1,36 мл. Причина в том, что небольшая часть гемоглобина находится в химически неактивной форме (при некоторых заболеваниях уровень неактивной формы может сильно увеличиваться). Таким образом, ориентировочно можно считать, что в организме здорового человека грамм гемоглобина связывает 1,34 мл кислорода. Этот по-

казатель называют коэффициентом Хюфнера, по имени первооткрывателя, Густава фон Хюфнера. В одном эритроците содержится до 250 миллионов молекул гемоглобина, следовательно, эритроцит может переносить до миллиарда молекул O_2 .

Нормальными типами гемоглобина считаются HbA, характерный для взрослых людей, HbF — фетальный, или плодный, гемоглобин и HbA2 — гемоглобин A2. Две β -цепи у HbF заменены ζ -цепями, а у HbA2 — δ -цепями. Сродство к кислороду у HbF повышено — это важно для нормального развития плода. Он постепенно заменяется «взрослым» гемоглибином: у новорожденного на долю фетального гемоглобина приходится 80—85% от общего количества, затем его синтез замедляется, и к трем годам его остается 1—1,5%, как и у взрослых людей. Гемоглобина A2 в норме тоже немного, около двух процентов.

О том, каким еще бывает гемоглобин, поговорим далее, а пока напомним, как протекают его отношения с кислородом и углекислым газом.

Как работает гемоглобин

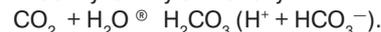
Первая функция гемоглобина — перенос кислорода от легких к тканям: в легких гемоглобин присоединяет кислород ($Hb + O_2 \rightleftharpoons HbO_2$), в тканях высвобождает

($HbO_2 \rightleftharpoons Hb + O_2$). Напомним еще раз, что при этой реакции валентность атома железа в геме не изменяется, то есть не происходит окислительно-восстановительных превращений — только оксигенация и дезоксигенация.

Одна молекула гемоглобина, как уже сказано, переносит четыре молекулы кислорода, причем больше всего времени требуется для присоединения первой молекулы. После этого конформация гемоглобина изменяется таким образом, что каждая последующая молекула кислорода присоединяется более легко.

В обратном направлении, от тканей к легким, гемоглобин переносит молекулы углекислого газа, CO_2 . Углекислый газ — конечный продукт метаболизма, и основной его поставщик — цикл трикарбоновых кислот, или цикл Кребса. Эта замкнутая в круг цепочка реакций — биохимическая печь, в которой организмы, дышащие кислородом, «сжигают» питательные вещества. Фрагменты углеродного скелета сахаров, липидов, аминокислот поступают в цикл Кребса, и там углерод окисляется кислородом до CO_2 , а параллельно высвобождается энергия, благодаря которой образуются молекулы АТФ (аденозинтрифосфата) — энергетический запас клетки.

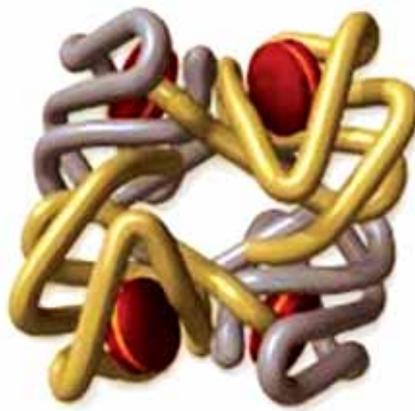
Понятно, что по мере накопления CO_2 его надо убирать из тканей. Он поступает в кровь, причем примерно 5% его переносится плазмой, а основная часть попадает в эритроциты, где фермент карбоангидраза превращает углекислый газ в угольную кислоту:



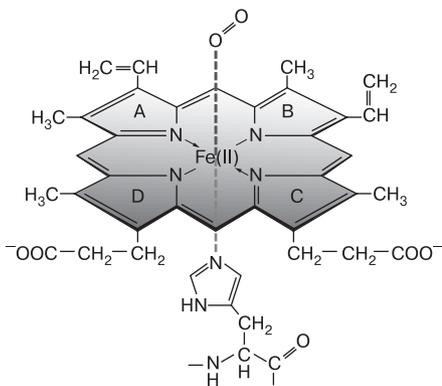
Существуют два пути переноса угольной кислоты гемоглибином: прямой и непрямой. В первом случае угольная кислота взаимодействует с аминогруппой гемоглобина:

$H_2CO_3 + H_2N-Hb \rightleftharpoons H_2O + Hb-NH-CO_2H$ — образуется карбаминогемоглобин. Вместе с венозной кровью он попадает в легкие, где происходит обратный процесс и освободившаяся угольная кислота разлагается карбоангидразой на H_2O и CO_2 , которые выделяются с выдыхаемым воздухом.

О непрямом пути редко рассказывают на уроках биологии в школе, хотя этим путем выводится около 20% все-



1
Четвертичная структура гемоглобина (цепи связаны с гемами, показанными в виде красных дисков)



2

Оксигенированный, то есть связанный с молекулой кислорода, гем (HbO₂)

го CO₂. Здесь гемоглобин выступает в роли слабой кислоты, которая образует буферные системы вместе со своими калийными солями: Hнb/ Kнb (гемоглобиновый буфер) в эритроцитах венозной крови и HнbO₂/ KнbO₂ (оксигемоглобиновый буфер) в артериальной крови. Угольная кислота диссоциирует сильнее, чем гемоглобиновая кислота (Hнb), поэтому происходит реакция:

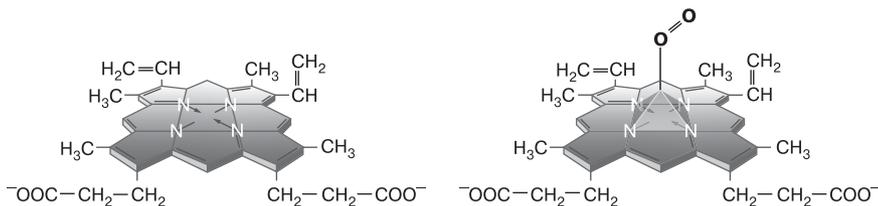


Когда кровь проходит через легкие, гемоглобиновая кислота присоединяет кислород и превращается в оксигемоглобиновую, HнbO₂. Но она уже сильнее, чем угольная кислота:



Угольная кислота, которой в артериальной крови немного, разлагается в альвеолах легких карбоангидразой на H₂O и CO₂ (фермент катализирует и прямую, и обратную реакции). Вода и углекислый газ точно так же удаляются из легких с выдыхаемым воздухом.

Перенос CO₂, гемоглобин предохраняет организм от закисления (ацидоза), так как задержка угольной кислоты в крови приводит к накоплению H⁺. На долю гемоглобиновой буферной системы приходится около 75% всей буферной емкости крови.



Hb

Увеличение P_{O₂} Снижение кислотности среды

Снижение температуры

Увеличение P_{CO₂} Закисление среды

Повышение температуры

HbO₂

Кислородное дыхание создает много проблем. Но выбора нет: именно с участием кислорода протекают все наиболее эффективные энергетические процессы в природе. Для сравнения, в анаэробных (бескислородных) условиях расщепление одной молекулы глюкозы дает две молекулы АТФ, а окисление той же глюкозы в цикле Кребса — более тридцати.

«Общий гемоглобин»: неизвестные слагаемые суммы

Понятно, что гемоглобиновый тест — важнейший показатель в общем клиническом анализе крови. При сниженной концентрации гемоглобина говорят, что у больного анемия. Дефицит гемоглобина проявляется как слабость, быстрая утомляемость, бледность кожных покровов. При очень сильной анемии возможна сердечная недостаточность. Зачастую анемия развивается при серьезных нарушениях обмена, несбалансированном питании, после серьезных инфекционных заболеваний, а также во время беременности.

Для измерения концентрации гемоглобина существует несколько методов. Гемиглобинцианидный метод основан на переводе всех форм Hb в одну форму — HbCN (цианметгемоглобин). Кровь добавляют к трансформирующему раствору, который содержит феррицианид калия, цианид калия, дигидрофосфат калия и неионный детергент, перемешивают, выдерживают 20 минут и измеряют интенсивность цвета раствора на фотоэлектроколориметре. Интенсивность цвета раствора прямо пропорциональна концентрации гемоглобина в пробе.

В настоящее время для определения гемоглобина в крови разработан новый колориметрический метод, получивший название гемихромного. Он основан на переводе всех форм Hb в гемихром

(HbChr). Принцип метода тот же, однако при этом лаборанту не приходится работать с опасными цианидами.

Но вот в чем важный недостаток обоих методов: они позволяют измерить лишь общий уровень гемоглобина. А он складывается по крайней мере из пяти форм: дезоксигемоглобин Hb, оксигемоглобин HbO₂ и так называемые патологические формы — карбоксигемоглобин HbCO, метгемоглобин metHb, содержащий железо со степенью окисления +3, и гликозилированный гемоглобин HbA1c. Менее известна еще одна форма, а именно Hbs, сульфгемоглобин. Нормальную дыхательную функцию выполняют лишь две формы — Hb и HbO₂.

В 1963 году, когда во всем мире цианметгемоглобиновый метод внедряли как стандарт лабораторной диагностики, уже были известны метгемоглобин и карбоксигемоглобин. Но считалось, что они образуются лишь при отравлениях, например, нитритами и угарным газом, поэтому их называли патологическими производными гемоглобина и не предполагали, что их нужно учитывать при рутинном анализе. Однако со временем гемоглобиновое досье пополнилось новыми фактами.

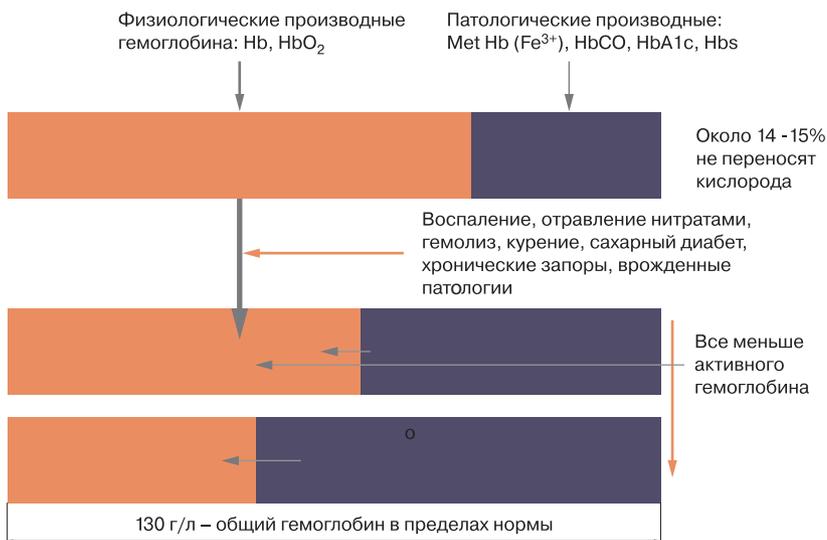
«Патологические» формы гемоглобина, как выяснилось, постоянно образуются и в организме здорового человека, и яды с угарным газом тут ни при чем. В ходе жизнедеятельности клеток, органов и тканей появляются вещества, которые превращают гемоглобин в метгемоглобин, карбоксигемоглобин, сульфгемоглобин, гликозилированный гемоглобин. Такого рода веществ в некоторых случаях может быть очень много. И когда нормальные, активные формы гемоглобина превращаются в «плохих ребят», «хороших парней» остается все меньше и с газообменом дела обстоят все хуже. Но если при этом провести анализ на общий гемоглобин, то он не покажет отклонений от нормы, к удивлению лечащего врача (рис. 4). Все это напоминает картину девальвации валюты: денег вроде бы много, а «эффективность» их невелика.

Пора уже говорить не о патологических производных гемоглобина, а о гиперметгемоглобинемии, гиперкарбоксигемоглобинемии и т. д. — по аналогии с гипергликемией (повышении концентрации глюкозы в крови) или гиперхолестеринемией. (Все названия болезней и синдромов, заканчивающиеся на -емия, от греческого αίμα — кровь, так или иначе связаны с состоянием крови, например с концентрацией ее важных компонентов.)

Ясно, что тактика выявления уровня общего Hb не отвечает ни запросам практической медицины, ни потребно-

3

Факторы, способствующие присоединению кислорода к гемоглобину и его отщеплению



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Hb внутри эритроцитов. Молекулы гемоглобина образуют длинные цепи, эритроциты легче разрушаются, их жизнь укорачивается, и они приобретают характерную форму (рис. 5), давшую название и болезни, и гемоглобину с мутацией, — буква S взята от английского Sickle-cell anaemia.

Серповидноклеточная анемия сравнительно широко распространена в районах тропической малярии. Носители мутантного гена обладают повышенной устойчивостью к заражению малярийным плазмодием: он проникает в эритроциты, но их ранняя гибель мешает возбудителю инфекции закончить развитие. Поскольку у гетерозигот (то есть тех людей, у кого мутацию несет лишь одна копия гена из двух) симптомы анемии слабо проявляются, эта мутация дает преимущество в тех местах, где эпидемии малярии случаются часто.

M-гемоглобинемии — группа гемоглобинопатий, при которых затруднено восстановление трехвалентного железа в двухвалентное. У таких гемоглобинов остаток гистидина, участвующий в связывании железа, замещен другими аминокислотами — тирозином или глутаматом. Связь между Fe и остатками этих аминокислот становится более прочной, чем в норме, поэтому при даже при высокой концентрации O₂ не может прикрепиться к гемму. Понятно, что способность к транспорту кислорода гемоглобин утрачивает и в крови нередко возрастает уровень метгемоглобина.

Недавно, в 2008 году появились сообщения об открытии еще одного типа гемоглобина с аминокислотной заменой в α-цепи. Его назвали «боннским гемоглобином» — Hb Bonn, потому что открыли его доктор Берндт Цур (Berndt Zur) с соавторами из Боннского университета. Из-за замены гистидина аспарагиновой кислотой в позиции 87 этот гемоглобин чересчур быстро насыщается кислородом, и при нормальном уровне гемоглобина кровь содержит значительно меньше O₂, чем нужно. По симптоматике эту патологию можно спутать с врожденными пороками сердца, сердечной недостаточностью и т. д. Она также может быть причиной синдрома апноэ (прекращения дыхания во сне).

4
«Общий гемоглобин» определяемый при обычном анализе крови, включает в себя как «хороший», так и «плохой» гемоглобин. Различные вредные факторы увеличивают долю патологических производных, не переносящих кислород, и уменьшают долю функционального гемоглобина, однако цифры на бланках анализов остаются без изменений

стям чистой науки. Поскольку речь идет о больных, с картиной патологии у которых врачу непросто разобраться, необходимо определять в одной и той же пробе крови содержание «патологических» типов Hb и обязательно — содержание активного гемоглобина (Hb + HbO₂). Только тогда можно будет сказать, обеспечен ли организм больного кислородом.

Дефекты глобина: СКА и талассемия

Когда и почему накапливаются «патологические» типы гемоглобина? Причиной может быть изменение в структуре гемоглобина, которое меняет его свойства не в лучшую сторону. Повреждающие факторы оставляют свои следы как на белковом компоненте, так и на простетической (небелковой) группе, то есть на геммах.

К первой группе изменений относятся гемоглобинопатии. По разным оценкам, их существует от 200 до 600 вариантов, но лишь некоторые из них про-

являются в виде заболеваний, связанных с нарушенным транспортом кислорода или накоплением метгемоглобина. Причина гемоглобинопатий — дефекты, обусловленные заменой аминокислоты в полипептидной цепи гемоглобина.

Известно более 20 видов «патологического» гемоглобина, в α- или β-цепях которых одна из аминокислот заменена другой. При этом изменяются физико-химические свойства белка, в частности электрофоретическая подвижность, что и позволяет идентифицировать вариант гемоглобина, отличный от нормы.

Возможно, самая известная гемоглобинопатия — серповидноклеточная анемия. У взрослых течение болезни характеризуется умеренной анемией, снижающей трудоспособность. Возможны и более серьезные осложнения. Кризы (повышенный гемолиз, острая болезненность в местах кровоизлияний после травмы, боль в костях) провоцируются инфекциями, стрессовыми факторами.

В эритроцитах больного содержится измененный гемоглобин, который обозначают **HbS**. Не перепутайте с сульфгемоглобином Hbs, о котором речь пойдет дальше. У сульфгемоглобина нарушение функции связано с геммом, а у HbS — с аминокислотными заменами: β-6 Глу® Вал (в β-цепях Hb остаток глутамина в положении 6 заменен на остаток валина). Появление валина меняет заряд всего белка, так как глутаминовая кислота содержит лишнюю карбоксильную группу, которой нет у валина. Отсюда снижение растворимости



5
Эритроциты при серповидноклеточной анемии

Другие дефекты обусловлены нарушением синтеза целых цепей гемоглобина. Примером может служить еще одно наследственное заболевание — талассемия. (Оно распространено в средиземноморском регионе, поэтому и получило название от греч. Thalassa — богиня Средиземного моря.) Если нарушен синтез α -цепей, то развивается α -талассемия, при которой снижено образование всех видов гемоглобина. Избыточные β - и γ -цепи образуют аномальные молекулы из четырех одинаковых цепей — **Hb b4 (HbH)** и **Hb g4 (гемоглобин Бартса)**. β -Талассемия вызвана нарушением синтеза β -цепей, в этом случае усиленно образуются фетальный гемоглобин **HbF** ($\alpha_2\gamma_2$) и **HbA2** ($\alpha_2\delta_2$). δ -Талассемия связана с торможением синтеза δ -цепей и также ведет к увеличенной продукции гемоглобина F.

При всех видах талассемии нарушается продукция клеток-предшественников эритроцитов в костном мозге и насыщение эритроцитов гемоглобином. Это проявляется в виде микроцитоза (уменьшение размеров эритроцитов) и снижения эритроцитарных индексов. При тяжелых формах талассемии больные нередко умирают в первый год жизни.

Кровь и гем

Количество «патологических» форм гемоглобина, о которых говорилось в начале, резко возрастает не только из-за отравлений угарным газом, нитритами и нитратами, но также при врожденных аномалиях и в некоторых других ситуациях.

У здоровых людей до 4% от всего гемоглобина составляет метгемоглобин, содержащий трехвалентное (окисленное) железо. При продолжительных воспалительных процессах метгемоглобина становится больше. Почему это происходит?

Макрофаги — клетки крови, которые уничтожают и переваривают крупные частицы, чужеродные или токсичные для организма. Чтобы бороться с бактериями, макрофаги выделяют свободные радикалы, в том числе оксид азота. Его вырабатывает из аминокислоты аргинина специальный фермент — индуцибельная NO-синтаза, — который активируется в присутствии компонентов бактериальной стенки: на «запах врага» макрофаг отвечает залпами NO. У большинства бактерий защиты от него нет, они погибают, и макрофаги пожирают их. Но некоторые бактерии (туберкулезная палочка, *Helicobacter pylori* и др.) научились противостоять химическому оружию. Макрофаги мужественно продолжают сражаться, в

очаге инфицирования их накапливается очень много, и они создают высокие концентрации NO, от которого организм каким-то образом вынужден избавляться.

Часть оксида азота утилизируется эритроцитами: гемоглобин в десятки тысяч раз сильнее притягивает к себе NO, чем свой родной молекулярный кислород. Оксид азота неистово стремится в эритроциты — к ней, к вожделенной молекуле гемоглобина. Оксигемоглобин и NO сливаются в экстазе, и нарождается нитрат NO_3^- . Но за все приходится платить, и гемоглобин окисляется ($\text{Fe}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$), превращаясь в немогущий (с точки зрения способности переносить O_2) **метгемоглобин**.

Как уже говорилось, подобное происходит и в здоровом организме. Природой это учтено: с помощью специальной ферментной системы метгемоглобинредуктазы метгемоглобин худобно приобретает прежние силы ($\text{Fe}^{+3} + e^- \rightarrow \text{Fe}^{+2}$). Однако многочисленные исследования показали, что мощность этой ферментной системы ограничена. А при некоторых генетических дефектах она может быть и совсем неактивной, и тогда восстановления метгемоглобина совсем не происходит. Чем больше его накапливается, тем тяжелее состояние больного: от слабости, одышки при физической нагрузке, тахикардии при 20—45% до угнетения сознания, комы, сердечной недостаточности при более высоких концентрациях. Если метгемоглобина более 70%, то возможен летальный исход.

У детей гиперметгемоглобинемия может также развиваться при инфекционных заболеваниях кишечника: нитраты и нитриты — продукты жизнедеятельности бактерий всасываются в кровь и окисляют Hb в MetHb.

Если же MetHb по той или другой причине либо по нескольким сразу накапливается в эритроцитах и нормального гемоглобина остается все меньше, то ткани недополучают жизненно важного кислорода. Но содержание общего гемоглобина, измеренное существующими методами, остается в пределах нормы: у мужчин 130—150 г/л, у женщин — 120—140 г/л.

Кстати говоря, оксид азота — Казанова среди молекул. Он не обходит стороной и другие гемсодержащие белки и ферменты (а их много — это цитохромы, каталазы, пероксидазы и др.). И почти все они после близкого знакомства с NO перестают выполнять свои обязанности: ослабевают тканевое дыхание и окислительное фосфорилирование (образуется мало АТФ), не обезвреживаются свободные радикалы и т. д. Высокая концентрация оксида

азота в крови нарушает агрегацию тромбоцитов, ослабляя свертывающую систему. Но и это еще не все: как свободный радикал, оксид азота инициирует оксидативный стресс, повреждающий мембраны, белки и хромосомы. Поскольку по разным причинам в клинических лабораториях химические проявления оксидативного стресса не всегда исследуются, врачи не могут своевременно заметить молекулярные нарушения у больных. Хорошим маркером гиперпродукции оксида азота могла бы служить гиперметгемоглобинемия — если бы метгемоглобин определяли отдельно от общего гемоглобина.

Карбоксигемоглобин Hb — соединение гемоглобина с оксидом углерода, к которому Hb также питает страсти, — появляется в крови не только при вдыхании угарного газа. Оксид углерода CO постоянно образуется в организме при гемолизе, то есть распаде эритроцитов (рис. 6). Молекулы CO прикрываются к другим молекулам Hb в еще не старых эритроцитах, выводя их из сферы переноса газов. Распадаются же эритроциты не только под воздействием различных ядов или при ошибочном переливании крови, но также у новорожденных при замене фетального гемоглобина на основную гемоглобин взрослых HbA. Погибают старые эритроциты после 120 дней жизни. Поэтому CO постоянно «крутится под ногами» у эритроцитов, и они его в конце концов связывают, превращая гемоглобин в карбоксигемоглобин. По некоторым данным, уровень HbCO в крови здорового человека может достигать 4%. А вот у курильщиков его не менее 12%, причем количество нормального гемоглобина соответственно уменьшается, и этого также не показывает анализ на «общий гемоглобин».

Еще одна нефункциональная форма гемоглобина, **сульфгемоглобин Hbs** — это, как легко догадаться, гемоглобин плюс атом серы. По мнению одних авторов, сера отщепляется от сероводорода, по другим данным, сульфгемоглобин получается под воздействием свободных радикалов, окисляющих HS-группу остатков цистеина в белковых цепях гемоглобина. Валентность атома железа при этом не изменяется, но гемоглобин все равно теряет способность участвовать в газообмене. Образованию сульфгемоглобина способствует совместное действие нитритов и сероводорода.

В норме содержание сульфгемоглобина не превышает 0,5% от общего гемоглобина, но при приеме сульфаниламидных препаратов или поступлении H_2S из кишечника (такое бывает при

хронических запорах) уровень Hbs может достигать 10% и более. Эта величина также вычитается из пула нормального гемоглобина.

Если в крови постоянно повышен уровень глюкозы (например, при сахарном диабете), говорят о гипергликемии. Избыточная глюкоза взаимодействует с различными белками, нарушая их функции. Появление таких гликозилированных белков свидетельствует о глубоких повреждениях в органах и тканях. Именно эти процессы приводят к диабетическим нарушениям зрения, изменениям межпозвоночных дисков и т. д. Страдает от переизбытка сахаров и гемоглобин.

Гликозилированный гемоглобин HbA1c — продукт неферментативного, а значит, неуправляемого химического присоединения молекул глюкозы к β -цепям. При этом изменяется структура гемоглобина: он более жадно связывает молекулы кислорода, но в капиллярах O_2 никак не может оторваться от гемоглобина. В результате ткани опять-таки испытывают кислородный голод. Нормальный уровень данного типа гемоглобина — 4—6,5%. Однако при хронической гипергликемии его содержание возрастает до 10% и более. Известны несколько вариантов гликированных гемоглобинов: HbA1a, HbA1b, HbA1c, но глюкозу связывает только последний — первые два взаимодействуют с другими видами сахаров, их количество невелико по сравнению с HbA1c, и ими реже интересуются лаборатории биохимического анализа. В одних лабораториях изме-

ряют содержание всех трех фракций и выдают суммарный результат (HbA1), в других определяют только основную фракцию — HbA1c.

Вместо заключения

Приведенными фактами и рассуждениями гемоглиновая проблема, конечно, не ограничена. К ней должна быть приурочена проблема анемий, особенно железодефицитной анемии, которой в мире страдает около двух миллиардов человек. Как оказалось, большая часть людей ошибочно носит этот диагноз. На многих из них сказывается действие гормона гепсидина, который поступает в кровь из печени при воспалительных процессах и тормозит поступление Fe из эпителиальных клеток кишечника и макрофагов в кровь. В результате развиваются гипохромия и анемия, хотя в пище железа достаточно. Но это уже тема для отдельной статьи.

Вполне очевидна необходимость стандартизации методик, обязывающей современные клинические лабора-

тории проводить не выборочно те или иные исследования крови, касающиеся уровня гемоглобина, а получать комплекс показателей — гемоглиновый профиль, который включал бы и общий гемоглобин, и его отдельные типы, и некоторые другие важнейшие показатели, о которых мы за недостатком места не говорим. Молекулярная картина любого заболевания очень сложна, намного сложнее, чем она описывается в доступных руководствах. Многие упрощаются, приводятся в состоянии, «удобное для логарифмирования», всех больших со сходными показателями сводят в общую группу, чтобы лечить единым способом, по готовым протоколам. Но всегда находятся пациенты, не подпадающие под стандартные схемы, и, чтобы выявить их генетические или биохимические особенности, необходимы дополнительные исследования.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ



ИНФОРМАЦИЯ

О ПОДПИСКЕ

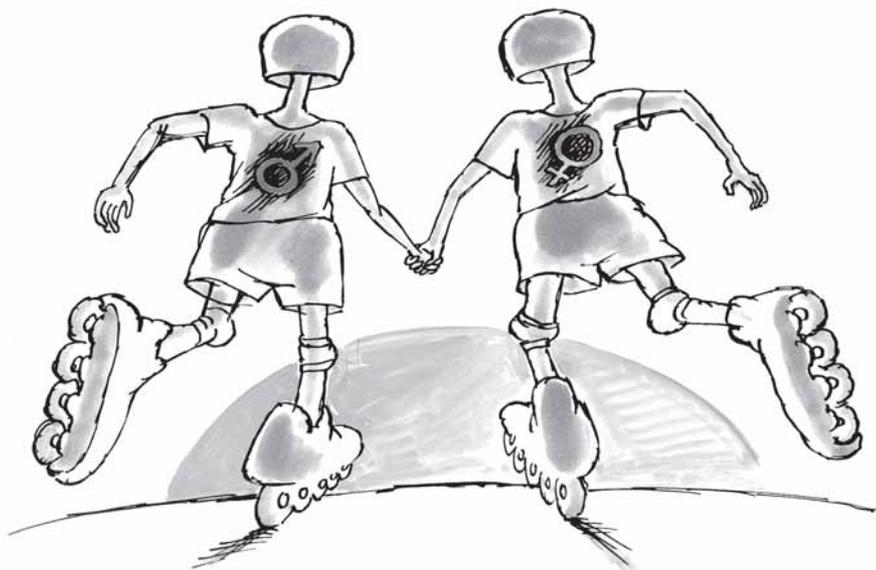
Напоминаем, что на наш журнал с любого номера можно подписаться в редакции.

Стоимость подписки на первое полугодие 2011 года с доставкой по РФ — 690 рублей (при получении в редакции — 510 рублей).

Подписку можно оплатить и электронными Яндекс-деньгами через киоск: www.hij.ru/kiosk.shtml.

Подписка на любой почте: каталоги «Роспечать», индексы 72231 и 72232; «АРЗИ» (Пресса России), индексы 88763 и 88764; «МАП» (Почта России), индексы 99644 и 99645.

Кроме того, обращайтесь в агентства: «Урал-пресс», uralpress.ur.ru; «Информнаука», www.infomnauka.com; «Артос-Гал», (495) 981-03-24 и другие.



Ускользающее старение

Кандидат биологических наук
Б.В. Андрианов

Концепции старения

Что такое старение, интуитивно всем понятно. Между тем дать ему непротиворечивое определение, отражающее сущность явления, а не внешний признак, такой, например, как увеличение вероятности умереть с возрастом, не удалось до сих пор. Поскольку старение — процесс хорошо известный, подробно описанный и протекает у всех стареющих организмов сходным образом, возникло предположение, что оно имеет большое значение для приспособленности и играет важную роль в эволюции. Впервые эти взгляды сформулировал в своих работах Август Вейсман, разделив все клетки организма на зародышевые нестареющие и соматические, подверженные старению. Впоследствии эту концепцию развил в начале XX века Иван Иванович Шмальгаузен, который обратил внимание на остановку клеточных делений у соматических клеток как на возможную основную причину их старения. Соматические клетки мозга, мышц и некоторых других органов не способны к митотическим делениям без нарушения их функции. Деление нарушает связи между клетками, а в таких условиях мышцы и мозг работать не смогут. Неделющиеся клетки обречены на гибель от случайных причин. Их смертность есть неизбежная плата за формирование индивидуальности у организма или личности у человека. Эта, несомненно, справедливая концепция тем не менее не позволяет ни объяснить факты разброса продолжительности жизни у разных видов, ни предложить методы увеличения продолжительности жизни.

В 1952 году Питер Медавар обратил внимание на тот несомненный факт, что естественный отбор на индивидуальном уровне не может воздействовать на признаки старения. Это очевидным образом следует из наблюдений в природе, где особи крайне редко доживают до старости и потому почти не оставляют потомства. Следовательно, индивидуальные различия в старости не могут быть оценены естественным отбором. Эти рассуждения привели к идее, что старения как биологической програм-



1
Англичанин Томас Парр (1483—1635) — пример действия эффекта Маккея. Большую часть жизни он питался крайне скудно и прекрасно себя чувствовал. Первый раз женился в 80 лет, второй — в 122 года, имел детей. В 152 года его, как диковину, привезли ко двору короля Карла I, где он и умер от передания

мы, имеющей приспособительное значение, не существует. Естественным развитием этой идеи стала свободно-радикальная теория старения, которую впервые сформулировал в 1956 году Денхэм Хармен. В современной версии эта теория утверждает, что организм повреждает прежде всего внутренние факторы, среди которых главная роль принадлежит активным формам кислорода (АФК), генерируемым митохондриями. Различия в продолжительности жизни, как видовые, так и индивидуальные, эта теория объясняет различной

устойчивостью клеточных структур к повреждающему действию АФК и различной скоростью продукции этих форм у разных видов. Кроме этого на итоговое количество накапливающихся повреждений влияет эффективность репарации. Согласно этой концепции, первичной причиной старения служат повреждения, возникающие на клеточном и молекулярном уровнях. Они реализуются в повреждении клеток, а повреждение клеток вызывает старение целого организма.

Свободнорадикальная теория старения остается популярной до настоящего времени. Популярность ее объясняется тем, что она позволила сделать нетривиальные выводы, которые поддаются экспериментальной проверке. Поскольку ресурсы среды ограничены и распределяются между затратами на размножение и репарацию, причем раз-



2

Теория старения В.П. Скулачева

множение имеет приоритет, репарация обеспечена ресурсами по остаточному принципу, поэтому осуществляется неполно и с дефектами. Следовательно, при искусственном ограничении ресурсов репарация будет менее эффективной, и организмы будут жить не так долго, как в комфортных условиях. Второй вывод состоит в том, что количество генерируемых свободных радикалов с возрастом должно непрерывно увеличиваться, так как свободные радикалы повреждают в том числе электронно-транспортную цепь митохондрий и в результате она вырабатывает больше свободных радикалов.

Оба эти положения свободнорадикальной теории старения были проверены экспериментально и отвергнуты. Мало этого, оказалось, что ограничение питания и помещение животных в умеренно стрессовые условия — самый надежный способ не сократить, а продлить им жизнь (рис. 1). Многочисленные опыты с применением антиоксидантов ни разу не позволили увеличить максимальную продолжительность жизни. В лучшем случае они излечивали некоторые заболевания. Таким образом, эмпирическая проверка свободнорадикальной теории старения позволяет заключить, что свободные радикалы не служат первопричиной старения, а лишь участвуют в проявлении возрастной патологии.

Как старение возникло в ходе эволюции

Эти результаты вновь оживили интерес к эволюционным гипотезам старения. Хотя отбор на индивидуальном уровне не может воздействовать на старение, на популяционном уровне это не так. Специфику отбора на этом уровне определяет то обстоятельство, что популяции обычно обитают в условиях неизменного ландшафта, поэтому их максимально возможная численность не может превышать некоторой конкретной величины. Если на индивидуальном уровне отбор в первую очередь оценивает число потомков животного, доживших до половой зрелости, то на популяционном важнее всего стабильность, позволяющая популяции избегать вымирания при колебаниях численности. Отбор на популяционном и на индивидуальном уровнях — это совершенно разные отборы, и следствия у них разные. Для популяционной стабильности опасно как сокращение численности, так и ее увеличение. При резком повышении численности популяции возможно истощение ресурсов и накопление в окружающей среде опасных для вида продуктов его жизнедеятельности. Кроме того, многочисленный вид привлекает хищников и паразитов. Все эти факторы способны вызвать значительный спад численности после ее резкого подъема, вплоть до вымирания данной локальной популяции. Поэтому популяции выгодно развить механизмы, ограничивающие размножение особей в благоприятных условиях, и увеличивать их устойчивость и способность к размножению в неблагоприятных. Только такие популяции и могут сохраниться в ходе эволюции, другие вымрут.

Яркий аргумент в поддержку того, что отбор популяций по признаку наибольшей стабильности в условиях изменчивой среды действительно существует, — эффект Маккея (удлинение жизни при ограниченном питании и сокращение ее при избытке пищи). Этот эффект экспериментально обнаружен у нематод, мух, рыб, мышей, крыс и приматов, и есть веские основания предполагать,

что он универсален для всех животных, в том числе и для человека. Открытие эффекта Маккея ввело понятие ускоренного и замедленного старения. Ускоренное старение наблюдается при избыточном питании и сопровождается комплексом признаков, характерных для старости. У млекопитающих это выпадение шерсти, помутнение хрусталика, развитие онкологических заболеваний, диабет и гипертония. Замедленное старение имеет место у животных, искусственно ограниченных по питанию. Оно протекает почти бессимптомно. Важно отметить, что животные, предоставленные сами себе, обычно выбирают самый вредный вариант питания и, следовательно, ускоренное старение.

Таким образом, геронтология внесла свой вклад в давний и очень напряженный спор биологов о возможности группового отбора.

Помимо продления жизни в стрессовых условиях, оптимальная популяционная стратегия предполагает сокращение жизни и плодовитости при существовании в благоприятных условиях, обеспечивающих максимальную скорость размножения. Суть ее состоит в том, что у организмов, которые оказались в условиях постоянного избытка пищи и доступности партнеров по размножению, включаются поведенческие, молекулярно-генетические и иные возможные механизмы, сокращающие продолжительность жизни и особенно продолжительность репродуктивного периода. Старческая дегенерация и старческие болезни с этой точки зрения выполняют функцию торможения численности слишком быстро растущей популяции.

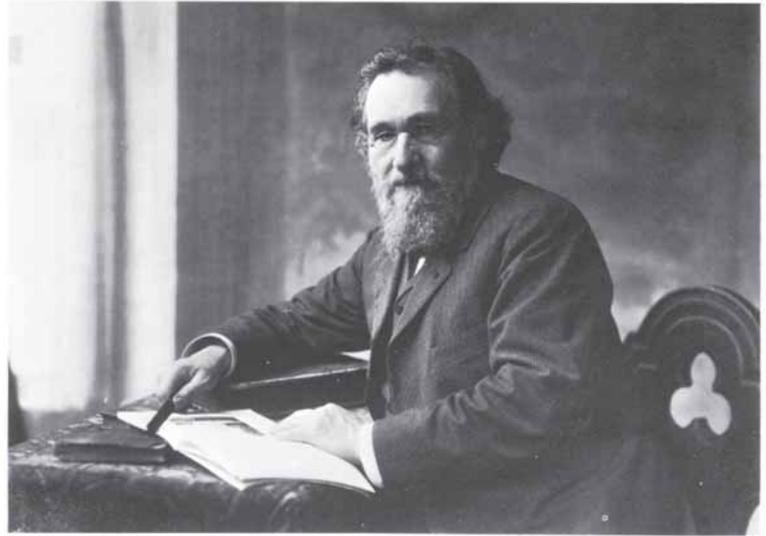
Наблюдаемая эпидемия так называемых болезней цивилизации, или ускоренного старения, точно соответствует задаче реализации такой эволюционной стратегии. Причина ускоренного старения лежит на популяционном уровне, а исполнение этой программы возложено на индивидуальные организмы, которые в условиях полного довольства начинают, так сказать, беситься с жиру, проявлять явно вредное для себя поведение, а затем быстро погибают от разнообразных болезней.

В 80-х годах XX века известные российские демографы Леонид Анатольевич и Наталья Сергеевна Гавриловы в своей книге «Биология продолжительности жизни» провели критический анализ теорий старения с точки зрения демографии. Изучив данные по смертности и продолжительности жизни человека, они смогли уточнить биологический смысл параметров уравнения Гомпертца, которое описывает процесс вымирания больших выборок населения. В частности, им удалось разделить смертность от случайных причин, то есть от стрессовых факторов, и вызванную старением смертность, растущую с возрастом. Это привело ученых к нетривиальному выводу о том, что в странах, более благополучных с социально-экономической точки зрения, скорость старения выше. Результат удивительный на первый взгляд, но так и должно быть, если эффект Маккея справедлив для человека.

Кроме того, Л.А. и Н.С.Гавриловы на основе анализа демографических данных по продолжительности жизни предположили, что человек, прежде чем смертельно заболеть, переходит в физиологическое состояние неспецифической уязвимости, названное ими «нежилец». У человека, находящегося в этом состоянии, неизбежно развивается одна из старческих болезней: рак, диабет, гипертония и др., от которых он умирает. Борьба с отдельными заболеваниями не может, согласно Гавриловым, привести к существенному увеличению продолжительности жизни, так как она зависит только от перехода организма из жизнеспособного состояния в состояние «нежилец». Если «нежильца» вылечить от гипертонии, он умрет от рака или диабета.

Принцип самурайской чести в биологии

Можно сказать, что состояние «нежилец» есть первая стадия запрограммированной самоликвидации организма. Академик Владимир Петрович Скулачев предположил, что программа самоликвидации есть у любого биологического объекта, будь то организм, клетка или органелла. Эта программа реализуется, если данный объект оказывается ненужным для более высокого иерархического уровня. Для организма это популяционный уровень, для клетки — организменный, для митохондрии — клеточный. Конкретная реализация самоликвидации определяется принципом, который В.П.Скулачев назвал «самурайским»: лучше умереть, чем ошибиться. Как только в митохондрии, клетке или организме накапливается опасное для точ-



3
*Илья Ильич
Мечников*

ного воспроизводства генома количество повреждений, срабатывает программа апоптоза, или биохимического самоубийства. На уровне организма это явление получило название «феноптоз».

Главную роль в механизме реализации феноптоза Скулачев отвел свободным радикалам, образуемым в митохондриях. При достижении критического их количества открываются поры внутренней мембраны митохондрии, что приводит к разрыву органеллы, или митоптозу. Из разорванной митохондрии в цитозоль выходит белок цитохром С, что, в свою очередь, вызывает апоптоз клетки, а уменьшение числа клеток в органах приводит к одряхлению организма и в конечном счете к феноптозу (рис. 2).

С такой моделью развития старения согласиться невозможно. Прежде всего, она противоречит фактам, которые получил Дж.Хаяши, трансформируя митохондриями безмитохондриальную клеточную сублинию HeLa. Митохондрии, перенесенные из старых клеток в безмитохондриальные, омолаживались и проявляли полную функциональную активность. Более того, замена ядер в старых клетках ядрами из молодых клеток полностью восстанавливала функциональную активность митохондрий. Эти данные позволяют исключить митохондрии из числа органелл, инициирующих старение. Если бы старение начиналось с митохондрий, то они были бы самыми поврежденными органеллами в клетке. Кроме того, согласно эволюционной логике, адаптивность старения проявляется только на популяционном уровне. Следовательно, сигнал, вызывающий ускоренное старение, сперва должен быть получен организмом, после чего его исполнение спускается на клеточный и субклеточный уровни. На субклеточном уровне такой сигнал возникать не может. Естественно, возникает вопрос, что это за сигналы, воспринимаемые организмом, и как конкретно выглядит механизм старения. И как реализуется популяционный

механизм контроля численности у конкретного вида *Homo sapiens*? Отвечать на эти вопросы начнем с конца.

Ускоренное старение контролирует численность человечества

О реальности существования популяционных механизмов, контролирующих скорость роста популяции, свидетельствует анализ данных о росте населения Земли, проведенный в книге Сергея Петровича Капицы «Гиперболический путь человечества». С.П.Капица отмечает, что на всем протяжении исторического времени рост населения происходил пропорционально квадрату численности людей, то есть по гиперболическому закону. Иными словами, скорость роста населения постоянно возрастала. В начале нашей эры на Земле жило около 230 млн. человек. Потребовались полторы тысячи лет, чтобы это число удвоилось. Следующее удвоение заняло уже всего триста лет, а в XX веке население Земли удваивалось каждые 40 лет. Причина ускоряющегося роста очевидна. Накопление знания и опыта расширяет доступные человеку ресурсы, поэтому среда все более и более способствует его размножению.

Обычно биологи работают с короткоживущими экспериментальными популяциями, для которых темп размножения организмов в благоприятной и неизменной среде постоянен и представляет собой видовой признак. В случае человека нельзя сделать вывод о неизменности способности к репродукции и выживанию. При росте численности по гиперболическому закону время ее удвоения постоянно сокращается, а это признак популяционной нестабильности. Поэтому следует ожидать сигнала к сокращению численности со стороны популяционных контролирующих механизмов. И действительно, с середины XX века темпы роста замедлились прежде всего в социально благополучных странах. Па-

раллельно со снижением темпов воспроизводства населения развивается эпидемия старческих болезней. В соответствии с логикой нашего рассуждения, эта эпидемия и есть проявление контроля численности со стороны популяционных механизмов.

Физиология ускоренного старения человека

Старение в природе проявляется по-разному. У некоторых видов возрастные изменения происходят без развития патологических процессов. Это нормальное прохождение жизненного цикла, которое, увы, встречается исключительно редко. Оно обнаружено у животных, обитающих в особых условиях, без конкуренции и давления со стороны хищников. Такие виды животных на Земле есть, их очень мало, и человек к ним не относится. К нестареющим животным относятся обитающий в полярных морях гренландский кит, пещерный ольм, колониальный грызун голый землекоп, гребнистый крокодил, гигантские черепахи. Отсутствие старения не синоним бессмертия. Хотя все эти виды хотя и живут примерно в десять раз дольше сравнимых с ними видов, у которых есть старение, их жизнь конечна.

Гораздо чаще встречается патологическое, или ускоренное, старение. У человека оно сопровождается целым букетом заболеваний, которые называются возрастными. Объяснение физиологического механизма ускоренного старения человека предложил еще в 50-х годах XX века врач Константин Павлович Бутейко, кандидат медицинских наук, обладатель нескольких авторских свидетельств в области медицины.

Патологический механизм ускоренного разрушения здоровья Бутейко назвал болезнью глубокого дыхания. В условиях, благоприятных для размножения, то есть при сытом и малоподвижном существовании и повышенной эмоциональной нагрузке, которая связана с высокой плотностью населения, дыхание человека становится более глубоким. Глубокое дыхание также вызывают прием алкоголя, наркотических средств и хроническое воспаление (больные зубы, грибки на ногах и т. п.). Такое дыхание вымывает углекислый газ из легких и крови. Как хорошо известно из физиологии, падение концентрации углекислого газа в крови приводит к спазму капилляров. И наоборот, повышение концентрации CO_2 раскрывает капилляры. Действие этого закона легко проверить на себе. Если задержать дыхание и сделать несколько энергичных движений, которые добавят

в кровь дополнительную порцию углекислоты, по телу пройдет волна тепла, возникающая из-за раскрытия капилляров. А после нескольких минут очень глубокого дыхания даже здоровый человек может упасть в обморок из-за спазма мозговых капилляров.

Если орган или ткань активно работает, он (или она) выделяет много углекислого газа, который, попадая в капилляры, локально закисляет кровь. В кислой среде происходит диссоциация гемоглобина и кислорода, который таким образом может проникнуть к работающим клеткам. Это явление названо эффектом Вериги — Бора в честь его первооткрывателей. Если же орган не работает, то выделяемое им количество CO_2 незначительно, локального закисления крови не происходит и кислород в щелочной среде остается связанным с гемоглобином, что приводит к гипоксии ткани и спазму капилляров.

По мере того как в окрестностях закрытого капилляра накапливается углекислый газ, сосуд снова открывается. Но пока он был закрыт, трехвалентные ионы железа в тканевой жидкости успевают восстановиться до двухвалентных, что создает предпосылки для окислительной вспышки в момент возобновления кровоснабжения. В присутствии кислорода в тканях всегда образуется некоторое количество перекиси водорода, прежде всего благодаря активности вездесущих NADPH-оксидаз и ряда других ферментов. При взаимодействии перекиси водорода с ионом двухвалентного железа она разлагается с образованием гидроксил-радикала (HO^{\bullet}), который повреждает макромолекулы и клетки. Эта реакция называется реакцией Фентона: $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{HO}^{\bullet} + \text{HO}^{\bullet}$

При болезни глубокого дыхания спазм и раскрытие капилляра повторяются многократно, это приводит к повреждению капиллярной стенки и развитию воспаления и формированию атеросклеротической бляшки, которая закрывает просвет сосуда и вызывает гипоксию окружающей ткани. Когда количество гипоксических тканей достигает определенного порога, дыхательный центр приходит в постоянное возбуждение, дополнительно углубляет дыхание и порочный круг замыкается. Это и есть болезнь глубокого дыхания. В крови при этом наблюдается постоянный дефицит углекислоты, иначе говоря, респираторный алкалоз, сдвиг реакции крови в щелочную сторону. В тканевой жидкости, напротив, реакция сдвигается в кислую сторону, потому что при хронической гипоксии в тканях накапливаются недоокисленные продукты дыхания, имеющие кислую реакцию.



ГИПОТЕЗЫ

Симптомы болезни глубокого дыхания зависят от того, какой орган более всего ею поражен. Атеросклероз сосудов сердца и мозга вызывает инфаркты и инсульты, атеросклероз сосудов поджелудочной железы — диабет, атеросклероз и гипоксия вместе с хроническим воспалением провоцируют рак, то есть все основные недуги, которые сопровождают патологическое старение. Эти старческие, а по нынешнему времени уже и не только старческие, болезни эффективно сокращают продолжительность жизни. Таков популяционный смысл возникновения болезни глубокого дыхания.

Естественно, когда патологические процессы заходят достаточно далеко и сильно повреждают клетки, имеет место и клеточный апоптоз, вторичный по отношению к организменному старению — фенотипозу. Потеря клеточности, то есть снижение числа клеток, играет существенную роль, так как делает старение необратимым.

Описанная модель позволяет сформулировать несколько выводов и предложить рекомендации по продлению жизни у человека.

Как преодолеть ускоренное старение

По мнению В.П.Скулачева, задача геронтологии состоит в преодолении программ, возникших для решения эволюционных задач, но контрпродуктивных для человека. В первую очередь к этим задачам относится предотвращение болезни глубокого дыхания. На втором месте стоит применение адаптогенов, которые увеличивают устойчивость клеток к апоптозу.

Обсуждая общебиологические закономерности старения, мы всегда имеем в виду человека, поэтому неизбежно переходим в область практических рекомендаций. Старение вылечить нельзя, но первопричину патологического старения — болезнь глубокого дыхания — можно. Для этого необходимо по возможности исключить действие факторов, углубляющих дыхание. Прежде всего это переедание, алкоголь и наркотики. Нужно научиться владеть собой. Человек, пережи-

вающий сильные страсти, пыхтит как паровоз. Современная жизнь чрезмерно насыщена эмоциями. Перенаселенность порождает сильнейшие переживания. С этим трудно что-либо поделать, но можно постараться контролировать эмоциональные реакции. Если просто пассивно сосредоточить внимание на своем дыхании в стрессовой ситуации, не делая при этом никаких усилий, дыхание самопроизвольно нормализуется. Если дыхание все же углубляется, его можно нормализовать с помощью простых упражнений. Эти упражнения основаны на использовании рефлекторного подавления вдоха при растянутых легких (рефлекс Геринга). Легкие растягиваются естественным образом при хорошей осанке, поэтому нормализовать дыхание можно, выпрямившись и поставив руки на пояс. Дыхание сокращается при концентрации внимания в процессе выполнения интересной работы. Надо найти себе постоянное осмысленное занятие, вместо того чтобы переживать кости знакомым, переживать чужие страсти по телевизору или вспоминать, как вас сегодня обхаживали в автобусе.

Вторая группа средств, продлевающих жизнь, это адаптогены. Они хорошо известны, наиболее доступны препараты родиолы розовой, таволги, лапчатки прямостоячей, огородного хрена, черной редьки, лука. Все эти растения совершенно не токсичны, практически не вызывают аллергии, поэтому допускают длительный прием. Люди старшего поколения прекрасно помнят, что горчица и хрен ежедневно присутствовали на обеденном столе. Все они оказывают

противовоспалительное действие, увеличивают работоспособность и препятствуют апоптозу клеток под влиянием стрессовых факторов, то есть клетка выносит большую нагрузку, не погибая. Тем самым сохраняется клеточность. Для решения задачи предотвращения одряхления адаптогены нужно принимать в течение всей жизни. Клетки погибают постоянно в небольшом количестве, поэтому однократное применение сколь угодно сильного адаптогена не окажет долговременного эффекта. Следовательно, идеальный адаптоген не должен иметь противопоказаний к ежедневному пожизненному приему.

Идеал ортобиоза, или Что такое нормальное старение

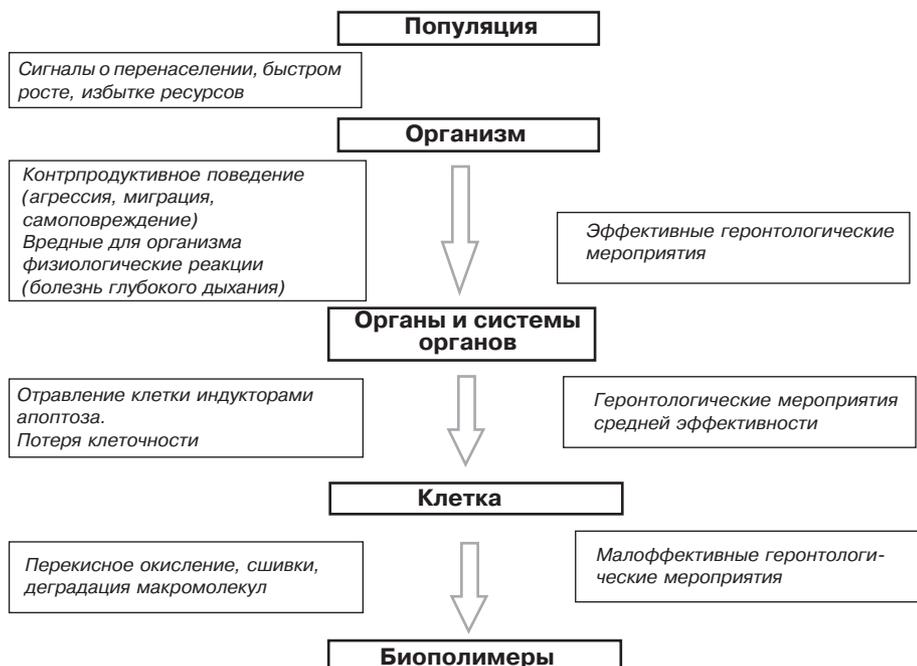
Понятие «жизненный цикл» обычно понимают как развитие организма от зиготы до половой зрелости, когда организм производит новые половые клетки. Для геронтологии более подходит другое определение: развитие от массы недифференцированных митотически делящихся клеток, образующих эмбрион, до старого организма, целиком состоящего из неделящихся дифференцированных клеток. В ходе этого процесса повышается степень индивидуализации и понижается способность к регенерации. По существу, прохождение жизненного цикла — это медленная кристаллизация организма. В этом случае старение следует понимать как асинхронную кристаллизацию организма, локально нарушенную процессами регенерации.

Генетическая программа развития вида предусматривает несколько вариантов прохождения жизненного цикла. Выбор варианта зависит от сигналов, идущих с популяционного уровня. Если мы поймем, что это за сигналы, можно попробовать избежать их получения. Например, популяционный механизм подталкивает жителей крупных городов к избыточному потреблению, которое неизбежно влечет за собой хронические заболевания и ускоренное старение. Но регулировать потребление во власти человека. Наверняка существуют и более тонкие популяционные механизмы регуляции, их раскрытие и составляет задачу геронтологии.

Механизм, обеспечивающий максимальную стабильность популяции, ограничивает ее рост и гармонизирует ее с окружающей средой методом Прокруста. При необходимости члены контролируемой таким механизмом популяции получают сигнал — умереть. Этот сигнал запускает программу самоликвидации, но с ней вступают в борьбу механизмы регенерации, которые приносят каждому организму и стараются сохранить ему жизнь. Из борьбы противоположно направленных программ развивается медленная болезнь — старость. Старение как самостоятельного явления в природе не существует, поэтому так трудно дать ему определение.

К выводу о том, что старость — это медленно развивающаяся болезнь, более ста лет назад пришел наш выдающийся соотечественник Илья Ильич Мечников. Согласно Мечникову, старение развивается вследствие хронического отравления организма токсинами — продуктами жизнедеятельности условно патогенных микроорганизмов толстого кишечника. По современным представлениям кишечные токсины — лишь малая часть всех образующихся при старении ядов; основная их часть возникает при нарушении кислородного дыхания и энергетического метаболизма. Но надо отдать должное проницательности великого биолога, сделавшего такой вывод, не имея современных данных о биохимических механизмах самоликвидации клеток и организмов. Кстати, Мечников предложил свой метод борьбы со старением, естественно вытекающий из предложенной им гипотезы. Он советовал вытеснять патогенную микрофлору молочнокислыми бактериями и сам много лет пил кефир, приготовленный на болгарской палочке.

Если есть патологическое старение, должно быть и нормальное, а точнее сказать, не старение, а полное прохождение жизненного цикла. Для него И.И. Мечников предложил новый тер-



4
Однонаправленные информационные потоки, контролирующие ускоренное старение

мин — ортобиоз. Этот термин не стал общепринятым, но следует признать важность терминологического разграничения различных явлений и избегать появления омонимов, которые всегда ведут к путанице.

«Центральная догма геронтологии»

Развитие геронтологии подошло к критическому моменту. До недавнего времени геронтологи насчитывали более 300 теорий старения, однако сейчас их количество можно решительно сократить. Создать теорию старения совсем не сложно. В доказательство мы сейчас создадим 301-ю. Сравнительно недавно был открыт новый механизм регуляции работы генов, названный косупрессией. Суть его сводится к выключению работы тех генов, которые образуют двуниевую РНК. У нормальных клеточных генов происходит считывание только одной нити ДНК, и в результате образуется однонитевая информационная РНК. А вирусный геном часто считывается с обеих нитей. Образовавшиеся при этом цепочки РНК гибридизуются с образованием двуниевой молекулы. Клетка обнаруживает двуниевую РНК, расщепляет их на сравнительно короткие фрагменты, которые использует как антивирусные сигналы для опознания и блокирования работы вирусов совершенно так же, как это делают компьютерные антивирусные программы. Это явление названо РНК-интерференцией, ее открытие отмечено Нобелевской премией (см. «Химия и жизнь», 2006, № 11).

Считывание РНК с генов (транскрипция) контролируется промоторными последовательностями, находящимися в начале гена, а заканчивается в конце гена, в области, называемой терминатором. Это в идеале. Но если мы представим себе реальный геном, содержащий десятки тысяч генов, которые ориентированы в разных направлениях на хромосоме и часто перемежаются последовательностями мобильных элементов, становится очевидным, что в этой системе возможны сбои и самый нормальный клеточный ген может начать считываться, как вирус, с обеих нитей, образуя двуниевую РНК. Естественно, данный процесс будет сильно ускорен за счет мутаций и особенно перемещений мобильных элементов. Вот и готовый механизм старения, которое начинается и усиливается с возрастом. Особенно подвержены такому старению будут гены рибосомных РНК, которые повторяются в геноме сотни и тысячи раз. Как только в результате мутации рибосомный ген начнет считывать-

ся неправильно, образуя двуниевую РНК, он попадет в поле зрения механизма косупрессии, который начнет тормозить работу этого гена и, следовательно, образование рибосом в клетке. Без рибосом никакие белки образовываться не могут. Различия в продолжительности жизни между организмами в этом случае объясняются разной скоростью возникновения мутаций в геноме. Действительно, долгоживущие организмы имеют лучшую систему репарации, чем короткоживущие. Вот вам и ключевой признак старения — угасание биосинтетической активности. Заодно исследователи получают обширное поле деятельности: можно изучать, какие гены с возрастом начинают образовывать двуниевую РНК. И можно не сомневаться, что будут найдены и такие гены, и аргументы в пользу новой теории. Нет сомнения и в том, что будут выдвинуты и контраргументы.

Такая ситуация существует для всех молекулярных теорий старения. Эти аргументы и контраргументы образовали непроходимый лес, блокирующий всякое понимание процесса. Истинную нитью Ариадны, выводящей из этого лабиринта, стала теория, которая поместила сигнал, запускающий старение, на популяционный уровень. Далее сигнал к ускоренному старению спускается на уровень органов и систем органов, затем клеток и лишь потом на уровень биополимеров (рис. 4). Первое, что следует отметить, это однонаправленный характер информационных связей: популяция воздействует на организм, но организм никоим образом не воздействует на популяцию. Болезнь глубокого дыхания влияет на состояние сосудов, но сосуды не влияют на возникновение болезни глубокого дыхания. Следствием болезни становится накопление токсинов, отравляющих клетки, а большие погибающие клетки продуцируют огромное количество поврежденных в биополимерах. На каждом из этих уровней возрастает масса управляющих сигналов. Если популяционный сигнал представляет собой несколько молекул, воспринимаемых рецепторами организма, то на уровне биополимеров это уже килограммы жи-

ров, отложенных солей, белков, испорченных поперечными сшивками. Эта модель напоминает центральную догму молекулярной биологии, которая также постулирует однонаправленный поток информации и постепенное увеличение массы макромолекул от ДНК к РНК и далее к белку. (Белка в организме на порядок больше, чем РНК, а РНК на порядок больше, чем ДНК.) Сходство увеличивается тем, что обе концепции имеют свойство отсекают ошибочные гипотезы. Молекулярная биология уже давно не рассматривает возможность передачи информации от белков к нуклеиновым кислотам. Так же и в геронтологии: следует признать ошибочными все теории, помещающие причину старения на молекулярный уровень. Поэтому схему, представленную на рисунке 4, можно назвать центральной догмой геронтологии.

Исходя из этой догмы, все молекулярные теории старения ошибочны.

Контроль продолжительности жизни, как и всякий признак, имеет два уровня: видовой и внутривидовой (норма реакции). Очевидно, что человек живет дольше, чем мышь: это видовое отличие. Но и внутри вида существует значительный разброс по продолжительности жизни. Именно они находятся под контролем популяционных механизмов старения.

Различия, определяющие видовую продолжительность жизни, многочисленны и включают такие признаки, как устойчивость макромолекул, активность мобильных элементов генома, точность репарации, которые контролируются множеством генов, и изменить их все невозможно. Внутривидовая продолжительность жизни, напротив, зависит от одного-двух ключевых процессов, обеспечивающих формирование либо короткоживущей стареющей формы, либо долгоживущей, с ослабленным старением или без оно. Поиск сигналов, управляющих этими процессами, и контроль над ними и составляют задачу новой геронтологии.



ГИПОТЕЗЫ



Дракон и землекоп

Кандидат биологических наук
Н.Л.Резник



Кому сколько жить

Каждому виду свойственна определенная продолжительность жизни. Несомненно, определена она генетически. Существуют общие закономерности, позволяющие ее рассчитать. Известно, например, что более крупные организмы живут дольше мелких видов: слон — 80 лет, а какой-нибудь мелкий грызун года два. Продолжительность жизни зависит также от уровня метаболизма, который связан с размерами тела. Животные выделяют тепло, чтобы не переохладиться. Мелким организмам, у которых мало отношение массы тела к его поверхности, приходится выделять больше тепла на единицу массы, чем крупным. Другими словами, чем меньше масса тела, тем выше уровень метаболизма и короче жизнь. Но скорость обмена веществ влияет и на срок жизни видов с примерно одинаковыми размерами тела. Например, нильские крокодилы, если их оставить в покое, протянут до 80—100 лет, соразмерные с ними львы — не более 18, а белые медведи максимум 25—30 лет (в неволе до 45).

По мнению многих исследователей, причиной старения служат повреждения, вызванные активными формами кислорода. Следовательно, у долгоживущих видов должно быть мало этих форм, или же они должны иметь сильную антиоксидантную защиту.

Еще один фактор, влияющий на продолжительность жизни, — плодовитость. Чем больше потомков, тем короче жизнь, и это вполне объяснимо с эволюционной точки зрения: тараканы-долгожители заполонили бы планету. Имеет значение и скорость развития. У млекопитающих, например, время, необходимое для полового созревания, составляет около 20% от средней продолжительности жизни.

И наконец, долгая жизнь дарована тем, кто может ею воспользоваться, то есть обеспечен едой и защищен от хищников. Это несомненный факт, проверенный экспериментально. На земле хищников больше, чем в воздухе, и летучие мыши и птицы живут дольше, чем наземные млекопитающие сходного размера, хотя уровень метаболизма у летающих видов выше. Очень показательным исследованием,

проведенное в начале 90-х годов американскими биологами. Они наблюдали за двумя колониями виргинских опоссумов. Одна популяция живет на острове и не имеет врагов, другая, на материке, делит территорию с лисицами и пумами. Так вот, материковая популяция менее плодовита, и редкий ее член доживает до второго сезона размножения. Островные опоссумы живут в среднем на 25% дольше своих континентальных сородичей, а максимальная продолжительность жизни отличается у них в два раза.

Некоторые теоретики объясняют этот феномен тем, что у видов и популяций, хорошо защищенных от внешней угрозы, развиваются в ходе эволюции механизмы, поддерживающие большую продолжительность жизни, в то время как многопоедаемым видам логичнее заботиться о плодовитости, чтобы успеть оставить как можно больше потомства за отпущенный им короткий срок.

Есть, однако, виды, чья продолжительность жизни в несколько раз больше расчетной, и никакие теории этот феномен не объясняют. Для исследо-



ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

ет, что рождает детенышей, и при ней 1—3 самца. Беременность длится 11 недель, для грызунов это долго, а детенышей в выводке около 30. Несчастливая самка в ходе беременности удваивает вес, но при этом не разбухает, а удлиняется, за счет того, что увеличивается длина ее позвоночника. Норное животное не может произвольно менять калибр. Скорость метаболизма у самки землекопа в этот период возрастает втрое. Несмотря на такую немислимую продуктивность, сопряженную с большими затратами энергии, царица, защищенная рабочими особями от всех возможных нападений, доживает до 28 лет. А вот большинство рабочих погибают в первые недели жизни, но не от болезни, а от стычек со змеями и соседями-землекопами.

На первый взгляд такое устройство жизни напоминает муравейник или улей, но, в отличие от пчел, все члены колонии генетически идентичны друг другу, и функции царицы может в принципе исполнять любая самка. Мы уже говорили о том, что голый землекоп стал первым лабораторным нестареющим видом. За животными около 30 лет наблюдают сотрудники тexasского Института исследования старения и долголетия (США) под руководством профессора Роланда Баффенштейна. Голые землекопы — существа общественные. В неволе они умирают поодиночке, но и большую колонию содержать нет возможности. Грызуны живут в специальных ящиках группами по несколько особей. В таких условиях они все размножаются и живут более 20 лет, а от чего умирают, ученые так и не разобрались. Пожалуй, защищенность от хищников играет в данном случае большую роль, чем социальность.

Как мы помним, виды-долгожители малоплодны, а самки землекопов ежегодно производят на свет по 30 детенышей. Но противоречия тут нет, если учесть, что землекопы живут большими колониями. В этом случае

нечно, но типичные признаки старения проявляются у них лишь в последние четыре года жизни. Это все равно что человек, не стареющий до 100 лет. Большую часть (85%) отпущенного ему срока голый землекоп бодр. С возрастом у него практически не ухудшаются двигательная активность, физическая форма, физиологические функции и активность белкового синтеза. Он не снижает плодovitости даже на третьем десятке лет, у него не бывает злокачественных опухолей, минерализации костей и сердечно-сосудистых заболеваний. Кроме того, вероятность смерти у голых землекопов с возрастом не увеличивается. Шансы умереть в течение следующего года у двухлетних и двадцатилетних животных одинаковы. У представителей стареющих видов, даже если это виды-долгожители, человек например, вероятность умереть с годами возрастает.

Почему голые землекопы живут так долго? Прежде всего под землей относительно стабильные условия и почти нет хищников, а эти условия, как мы знаем, способствуют развитию долгой жизни. Кроме того, общественные животные живут дольше, а голый землекоп эусоциален, то есть социальнее некуда. Эти зверьки обитают колониями особей по триста. Обязанности между ними строго распределены. Обширные жилые катакомбы роют многочисленные рабочие, солдаты защищают их от змей, которые иногда заползают в землекопские норы, и от неделикатных соседей, нарушающих границы. На всю колонию — одна размножающаяся самка-царица, которая только и дела-

вателей виды-долгожители представляют огромный интерес. Выведая секрет долгой жизни этих видов, возможно, удастся постичь механизмы старения. Однако изучать их непросто. Для таких животных, как гигантская черепаха или гренландский кит, виварий еще не придуман. Один вид всегда под рукой — это сам человек, но геронтологи никак не могут прийти к соглашению относительно причин его старения. До недавнего времени в распоряжении ученых был единственный лабораторный долгожитель — голый землекоп, подземный грызун размером с домовую мышь.

Голый, голый землекоп

Голый землекоп (*Heterocephalus glaber*) живет в Африке. В скальном грунте он роет систему ходов размером с два футбольных поля, где и обитает, практически не вылезая на поверхность. Так что он действительно землекоп. И голый, потому что вместо приличной шубки, как у крота, например, украшен отдельными волосинами. Землю он роет не только лапами, но и резцами: треть мышц землекопа составляют мышцы челюстей. Питается грызун корнями и клубнями растений, причем переваривает даже клетчатку. И в таких суровых условиях этот маленький зверек (длина 8—9 см плюс 3—4 см хвоста, масса около 40 г) живет до 28 лет, в 7—8 раз дольше, чем другие грызуны сходного размера.

Землекоп не просто долгожитель, он еще и не стареет. Отсутствие старения не означает, что животные не меняются с возрастом. Меняются, ко-



ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

на 10 взрослых особей приходится один детеныш, что совсем немного. Следовательно, условие малоплодия на видовом уровне соблюдено. А на индивидуальном самки как-то приспособились к непрерывному детопроизводству.

Следующее условие долгой жизни — низкий уровень метаболизма. У голых землекопов в состоянии покоя он составляет 66—75% от мышино-го, но при значительных физических нагрузках или беременности возрастает в 3 — 5 раз. Поэтому экстраординарную продолжительность жизни голых землекопов уровень метаболизма не объясняет. Более того, эти животные не обладают повышенной антиоксидантной защитой, а уровень окисления ДНК и белков у них даже выше, чем у короткоживущих видов.

Но с другой стороны, клетки голых землекопов очень устойчивы к воздействию тяжелых металлов и других токсинов. Правда, эти результаты ученые получили на культуре клеток, а в живом организме все может быть иначе. Судя по отсутствию злокачественных опухолей, голые землекопы не очень склонны к образованию мутаций, и это тоже аргумент в пользу долгой жизни. Специалисты также отмечают, что концентрация глюкозы и инсулина в крови у этих грызунов низкая. Возможно, это врожденное свойство, и оно, по мнению многих геронтологов, коррелирует с повышенной продолжительностью жизни.

Получается, что у голого землекопа есть основания, чтобы жить дольше соразмерных ему видов, но почему он живет так долго и при этом не стареет, ученые пока понять не могут. Более того, этот зверь стал общим аргументом в споре сторонников и противников существования программы старения. По мнению академика Владимира Петровича Скулачева, голые землекопы не стареют потому, что программа старения у них сломана. А раз она сломана, значит, существует. Оппоненты возражают, что особенности биологии *H. glaber* не позволяют под-

держивать ни одну из популярных теорий старения (о них «Химия и жизнь» писала в № 1 за 2010 год), а большинство из них опровергают.

Ольм, пещерная саламандра

До недавнего времени голого землекопа считали единственным лабораторным нестареющим видом-долгожителем. Но недавно к нему прибавился еще один. Это протей (*Proteus anguinus*) — маленькая саламандра, обитающая в пещерах Словении и Хорватии. Там она живет в полной темноте, в холодных ручьях и озерах, пробавляясь мелкими рачками и червями, и никогда не покидает своего убежища. Лишь изредка, во время сильных ливней и паводков, потоки воды выносят протей на поверхность, и тогда местные жители величают его ольмом, страшным драконом, повелителем рек, устроившим это стихийное бедствие.

Дракон из ольма, конечно, никакой. Длина его тела 20—25 см, а весит он всего 20 г. Лапки у него тоненькие, кожа белая, прозрачная, сквозь нее просвечивают кровеносные сосуды и кишочки. Взрослые ольмы сохраняют личиночную черту — жабры (они красные). Есть у протей и легкие, и кожное дыхание. Как и прочие амфибии, он может выбирать на сушу и оставаться там достаточно долго, если влажность подходящая.

В пещерах темно, и глаз у ольма практически нет. Но слепота не означает отрешенности. Самцы активно охраняют свой гнездовой участок: место под облюбованным камнем и территорию вокруг него диаметром сантиметров 18. Самки откладывают туда яйца, некоторое время караулят их вместе с самцом, но потом покидают, а отцы остаются до тех пор, пока не выведутся личинки.

Протеев держали в зоопарках, где они жили лет по 70, изумляя ученых. Чтобы всегда иметь под рукой такой чудный объект, французские исследователи в 1952 году оборудовали для разведения саламандр пещеру Мули в Сент-Жироне. Сейчас там обитают более 400 животных разного возраста. С 1958 года исследователи еженедельно регистрировали все случаи рождений и смертей. Воспользовавшись этой уникальной базой данных, французские биологи под руководством Жана Войуро, профессора Университета Клода Бернара в Лионе, уяснили наконец жизненный цикл протей.

К 2010 году самым старшим обитателям пещеры было около 58 лет, и они не выказывали признаков старения. Ученые подсчитали, что средняя продолжительность жизни протей — 68,5 лет. Средняя продолжительность жизни у разных видов составляет от 10 до 67% от максимальной. То есть, по самым скромным подсчетам, двадцатиграммовый ольм может прожить 102 года. И смертность у взрослых *Proteus anguinus* от возраста не зависит. Чему же обязан протей своим долголетием?

Во-первых, конечно, постоянным условиям обитания без стрессов и хищников. В пещере всегда темно, мокро и холодно, никто туда не полезет. Во-вторых, протей развивается и размножается не медленно, а очень медленно. Эта кроха достигает половой зрелости к 15,6 года и каждые двенадцать с половиной лет откладывает яйца. В одной кладке около 35 яиц, из которых проклевывается меньше половины. Детеныши выживают плохо и растут медленно. Максимального размера они достигают к шести годам, и лишь 25% саламандр, достигших этого возраста, доживают до 85 лет.

Но все равно для ольма с его двадцатью граммами это очень много. Амфибия, которая живет 50—60 лет, японская исполинская саламандра *Andrias japonicas*, весит более 25 кг при длине полтора метра.

Большинство специалистов возлагает ответственность за продолжительность жизни на два основных фактора: скорость обмена веществ и антиоксидантную активность. Может быть, дело в них? Но нет, по уровню метаболизма ольм не отличается от других саламандр родственных видов, а живет в три раза дольше. Его ДНК, белки и липиды к 28 годам не испорчены активными формами кислорода, а антиоксидантная активность — самая обычная для саламандры.

Иными словами, явных оснований «лет до ста расти без старости» у ольма нет. По словам французских ученых, он представляет собой парадокс. Тем не менее исследователи считают протей перспективной моделью, которая, как они надеются, поможет им решить проблему старения. Что ж, пусть они решают, а мы посмотрим, какой объект раньше приведет ученых к успеху: голый землекоп или пещерная саламандра.



Полезные ссылки



История древнего ремесла



<http://www.ancientcraft.archeologia.ru/>

Проект, подготовленный при поддержке Российского гуманитарного научного фонда, задуман для координации работ археологов, историков и этнографов в области изучения древнего производства. В разделе «Статьи on-line» — интересная подборка материалов по древней металлургии и кузнечному ремеслу, от Ближнего Востока до Старой Рязани, имеется также база данных по «бумажным» публикациям. Есть раздел группы «История керамики» Института археологии РАН, но там лишь информация о самой группе, а о собственно керамике ничего. Досадно, что сайт производит впечатление «замерзшего» — форум не работает, обновлений нет. Однако размещенные материалы от этого хуже не становятся.

Lingua Latina Aeterna



<http://linguaeterna.com/ru/>

Тех, кто знает довольно по латыни, чтобы в конце письма поставить vale, среди нас больше, чем принято считать. Сайт преследует амбициозную цель: снова сделать латынь живым языком, более того, языком международного общения. Но уже сейчас это место встреч любителей и знатоков латинского языка. Учебники, уроки («Quid facis? — Laboro, magistratus meus belua ferrea est!» — «Что делаешь? — Работаю, мой начальник просто зверь бесчувственный!»), аудиозаписи, статьи по классической филологии, юмор... Есть форум, совсем как в Древнем Риме.

New World Encyclopedia



<http://www.newworldencyclopedia.org/>

Пользователь Википедии сразу обратит внимание на знакомый дизайн. Действительно, «Новая всемирная энциклопедия» использует статьи из Вики, отредактированные и переписанные по соглашению между авторами и крупным издательством «Paragon House». Казалось бы, исполнились мечты снобов, критикующих Википедию: как, дескать, можно доверять этой помойке... Но вот что примечательно: спонсор и заказчик проекта, Universal Peace Federation, — это организация Церкви Объединения, членом которой в России обычно называют мунистами. В какой степени это повлияло на естественно-научный контент, трудно сказать, но гуманитарные статьи щедро дополнены информацией о заказчике. Похоже, этим сайтом, несмотря на авторитетный внешний вид, следует пользоваться с осторожностью.

Google Переводчик



<http://translate.google.ru>

После недавнего скандала с англоязычной версией одного крупного административного ресурса российской науки, где пушинский Институт белка превратился в Squirrel Institute, хочется порекомендовать читателям хорошего интернет-переводчика. Google — казалось бы, известнейший ресурс, но не все знакомы с его бесплатной службой переводов. Здесь мгновенно переводят слова, предложения и веб-страницы с любого и на любой из 57 поддерживаемых языков. Чтобы перевести предложенный фрагмент, переводчик Google ищет похожие фрагменты в миллионах сетевых документов, предположительно переведенных людьми, и выбирает наилучший вариант (это называется «статистическим машинным переводом»). От недоразумений вроде «Беличьего института» этот метод гарантирует — названия учреждений переводятся довольно адекватно, хотя почему-то и не всегда именно так, как в официальных документах. Общий смысл текста передается, но качество перевода далеко от литературного. (А в разделе «Справка» самого переводчика есть рубрика «Перевести весь веб-страниц и документов».) Может быть, это и хорошо: компьютер не скоро заменит переводчиков. Но дать переводчику хороший совет компьютер уже способен.

The Macrogalleria: a cyberwonderland of polymer fun



<http://pslc.ws/russian/index.htm>

Портал «Макрогалерея» — проект факультета науки о полимерах университета Южного Миссисипи. Есть русская версия (а кроме русской и английской — французская, итальянская и африкаанс). Перевод на русский язык выполняли сотрудники ИНЭОС РАН и физфака МГУ. В текстах можно найти стилистические недостатки, зато нет научных ляпов. Величественное здание Макрогалереи — пятиэтажное. На самом первом, детском рассказывают о том, где встречаются полимеры и как они называются. Игрушечный динозаврик — полиизопрен, компакт-диск — поликарбонат, теннисная ракетка — углеродное волокно... Гипертекстовые ссылки от названий полимеров ведут на второй уровень, где о каждом из них рассказывают на уровне хорошего школьного учебника, и при этом живым и доступным языком, с интересными фактами и примерами. Тут можно увидеть и структурные формулы, и трехмерные модели макромолекул («Структура молекулы метилметакрилата чем-то напоминает очертания штата Массачусетс. Но штат Массачусетс не полимеризуется»). Отсюда гиперссылки ведут на третий уровень, посвященный основным концепциям физической химии, важным для изучения полимеров. Четвертый уровень — химия синтеза полимеров, изготовление полимерных материалов, пятый — методы исследования полимеров. Рекомендуем!

Анатомия вкуса

Кандидат химических наук
В.В.Благутина

Изобретение нового блюда важнее для счастья человечества, нежели открытие новой планеты.

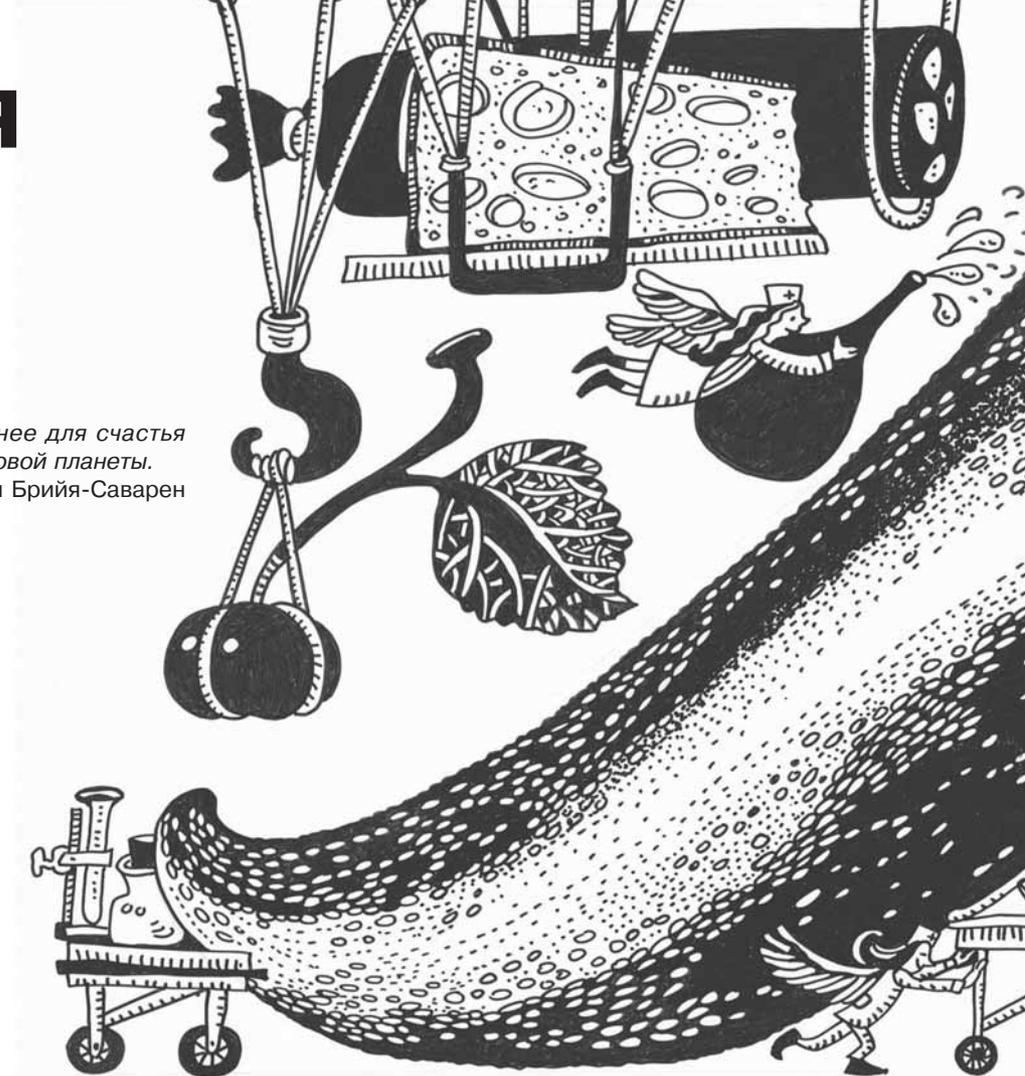
Жан-Антельм Брийя-Саварен

Самая простая радость в нашей жизни — вкусно поесть. Но как же трудно объяснить с точки зрения науки что при этом происходит! Впрочем, физиология вкуса еще в самом начале своего пути. Так, например, рецепторы сладкого и горького были открыты только лет десять назад. Но их одних совсем недостаточно для того, чтобы объяснить все радости гурманства.

От языка до мозга

Сколько вкусов чувствует наш язык? Все знают сладкий вкус, кислый, соленый, горький. Сейчас к этим четырем основным, которые описал в XIX веке немецкий физиолог Адольф Фик, официально добавили еще и пятый — вкус умами (от японского слова «умаи» — вкусный, приятный). Этот вкус характерен для белковых продуктов: мяса, рыбы и бульонов на их основе. В попытке выявить химическую основу этого вкуса японский химик, профессор Токийского императорского университета Кикунэ Икеда проанализировал химический состав морской водоросли *Laminaria japonica*, основного ингредиента японских супов с выраженным вкусом умами. В 1908 году он опубликовал работу о глутаминовой кислоте, как носителе вкуса умами. Позднее Икеда запатентовал технологию получения глутамата натрия, и компания «Адзидомото» начала его производство. Тем не менее умами признали пятым фундаментальным вкусом только в 1980-х годах. Обсуждаются сегодня и новые вкусы, пока не входящие в классификацию: например, металлический вкус (цинк, железо), вкус кальция, лакричный, вкус жира, вкус чистой воды. Ранее считалось, что «жирный вкус» — это просто специфическая текстура и запах, но исследования на грызунах, проведенные японскими учеными в 1997 году, показали, что их вкусовая система распознает и липиды. (Подробнее об этом мы расскажем дальше.)

Язык человека покрыт более 5000 сосочков разной формы (рис. 1). Грибовидные занимают в основном две передние трети языка и рассеяны по всей поверхности, желобовидные (чашевидные) расположены сзади, у корня языка, — они



большие, их легко увидеть, листовидные — это тесно расположенные складки в боковой части языка. Каждый из сосочков содержит вкусовые почки. Немного вкусовых почек есть также в надгортаннике, задней стенке глотки и на мягком нёбе, но в основном они, конечно, сосредоточены на сосочках языка. Почки имеют свой специфический набор вкусовых рецепторов. Так, на кончике языка больше рецепторов к сладкому — он чувствует его гораздо лучше, края языка лучше ощущают кислое и соленое, а его основание — горькое. В общей сложности у нас во рту примерно 10 000 вкусовых почек, и благодаря им мы чувствуем вкус.

Каждая вкусовая почка (рис. 2) содержит несколько дюжин вкусовых клеток. На их поверхности есть реснички, на которых и локализована молекулярная машина, обеспечивающая распознавание, усиление и преобразование вкусовых сигналов. Собственно сама вкусовая почка не достигает поверхности слизистой языка — в полость рта выходит только вкусовая пора. Растворенные в слюне вещества диффундируют через пору в наполненное жидкостью пространство над вкусовой почкой, и там они соприкасаются с ресничками — наружными частями вкусовых клеток. На поверхности ресничек находятся специфические рецепторы,

которые избирательно связывают молекулы, растворенные в слюне, переходят в активное состояние и запускают каскад биохимических реакций во вкусовой клетке. В результате последняя высвобождает нейротрансмиттер, он стимулирует вкусовую нерв, и по нервным волокнам в мозг уходят электрические импульсы, несущие информацию об интенсив-



1
На языке больше 5000 сосочков, в которых находятся вкусовые почки с рецепторами.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

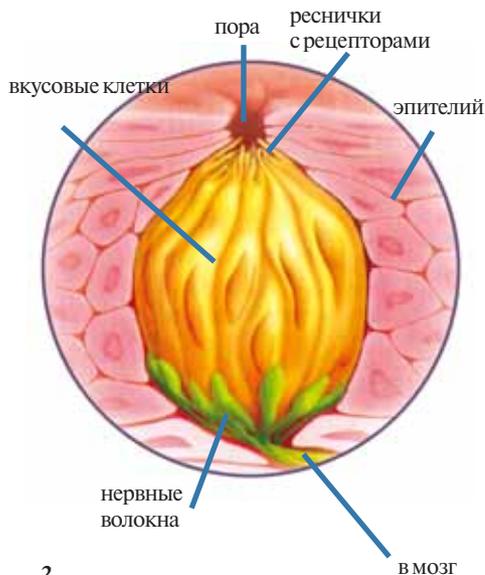


ности и типе (кислый, сладкий и т. п.) вкусового сигнала. Рецепторные клетки обновляются примерно каждые десять дней, поэтому если обжечь язык, то вкус теряется только на время.

Молекула вещества, вызывающего определенное вкусовое ощущение, может связаться только со своим рецептором. Если такого рецептора нет или он или сопряженные с ним биохимические каскады

реакций не работают, то вещество и не вызовет вкусового ощущения. Существенный прогресс в понимании молекулярных механизмов вкуса был достигнут относительно недавно. Так, горькое, сладкое и умами мы распознаем благодаря рецепторам, открытым в 1999 — 2001 годах. Все они относятся к обширному семейству GPCR (G protein-coupled receptors), сопряженных с G-белками. Эти G-белки находятся внутри клетки, возбуждаются при взаимодействии с активными рецепторами и запуская все последующие реакции. Кстати, помимо вкусовых веществ рецепторы типа GPCR могут распознавать гормоны, нейромедиаторы, пахучие вещества, феромоны — словом, они похожи на антенны, принимающие самые разнообразные сигналы.

Сегодня известно, что рецептор сладких веществ — это димер из двух рецепторных белков T1R2 и T1R3, за вкус умами отвечает димер T1R1-T1R3 (у глутамата есть и другие рецепторы, причем некоторые из них расположены в желудке, иннервируются блуждающим нервом и отвечают за чувство удовольствия от пищи), а вот ощущению горечи мы обязаны существованию около тридцати рецепторов группы T2R. Горький вкус — это сигнал опасности, поскольку такой вкус имеют большинство ядовитых веществ.

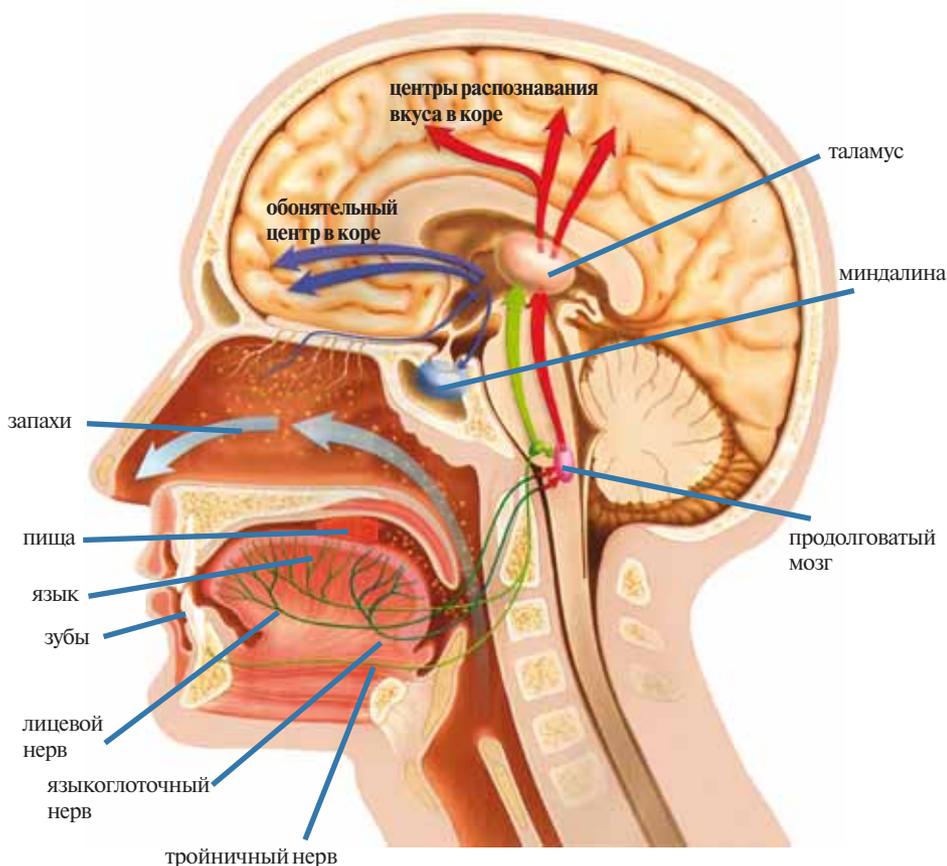


2
Вкусовая почка

Видимо, по этой причине «горьких» рецепторов больше: умение вовремя различить опасность может быть вопросом жизни и смерти. Некоторые молекулы, такие, как сахарин, могут активировать как пару сладких рецепторов T1R2-T1R3, так и горькие T2R (в частности, hTAS2R43 у человека), поэтому сахарин на языке кажется одновременно сладким и горьким. Это позволяет нам отличить его от сахарозы, которая активирует только T1R2-T1R3.

Принципиально иные механизмы лежат в основе формирования ощущений кислого и соленого. Химическое и физиологическое определения «кислого», по сути, совпадают: за него отвечает повышенная концентрация ионов H^+ в анализируемом растворе. Пищевая соль — это, как известно, хлорид натрия. Когда происходит изменение концентрации этих ионов — носителей кислого и соленого вкусов, — тут же реагируют соответствующие ионные каналы, то есть трансмембранные белки, избирательно пропускающие ионы в клетку. Рецепторы кислого — это фактически ионные каналы, проницаемые для катионов, которые активируются внеклеточными протонами. Рецепторы соленого — это натриевые каналы, поток ионов через которые возрастает при увеличении концентрации солей натрия во вкусовой поре. Впрочем, ионы калия и лития тоже ощущаются как «соленые», но соответствующие рецепторы однозначно пока не найдены.

Почему при насморке теряется вкус? Воздух с трудом проходит в верхнюю часть носовых ходов, где расположены обонятельные клетки. Временно пропадает обоняние, поэтому мы плохо чувствуем и вкус тоже, поскольку эти два ощущения теснейшим образом связаны (причем обоняние тем важнее, чем богаче пища ароматами). Пахучие молекулы высвобождаются во рту, когда мы пережевываем пищу, поднимаются вверх по носовым ходам и там распознаются обонятельными клетками. Насколько важно обоняние в восприятии вкуса, можно понять, зажав себе нос. Кофе, например, станет просто горьким. Кстати, люди, которые жалуются на потерю вкуса, на самом деле в основном имеют проблемы с обонянием. У человека примерно 350 типов обонятельных рецепторов, и этого достаточно, чтобы распознать огромное



3

Распознавание вкуса — это комплексный процесс. Вся информация от вкусовых рецепторов, термических, обонятельных и данные от механических датчиков, поступает по нервным волокнам в мозг. Мы практически мгновенно понимаем, что едим

множество запахов. Ведь каждый аромат состоит из большого числа компонентов, поэтому задействуется сразу много рецепторов. Как только пахучие молекулы связываются с обонятельными рецепторами, это запускает цепочку реакций в нервных окончаниях, и формируется сигнал, который также отправляется в мозг.

Теперь о температурных рецепторах, которые также очень важны. Почему мята дает ощущение свежести, а перец жжет язык? Ментол, входящий в мяту, активирует рецептор TRPM8. Это катионный канал, открытый в 2002 году, начинает работать при падении температуры ниже 37°C — то есть он отвечает за формирование ощущения холода. Ментол снижает температурный порог активации TRPM8, поэтому, когда он попадает в рот, ощущение холода возникает при неизменной температуре окружающей среды. Капсаицин, один из компонентов жгучего перца, наоборот активирует рецепторы тепла TRPV1 — ионные каналы, близкие по структуре TRPM8. Но в отличие от холодовых, TRPV1 активируются при повышении температуры выше 37°C. Именно поэтому капсаицин вызывает ощущение жгучести. Пикантные вкусы других пряностей — корицы, горчицы, тмина — также распознаются температурными рецепторами. Кстати, температура пищи имеет огромное значение — вкус выражен максимально,

когда она равна или чуть выше температуры полости рта.

Как ни странно, зубы тоже участвуют в восприятии вкуса. О текстуре пищи нам сообщают датчики давления, расположенные вокруг корней зубов. В этом принимают участие и жевательные мускулы, которые «оценивают» твердость пищи. Доказано, что, когда во рту много зубов с удаленными нервами, ощущение вкуса меняется.

Вообще вкус — это, как говорят медики, мультимодальное ощущение. Должна воедино свестись следующая информация: от химических избирательных вкусовых рецепторов, тепловых рецепторов, данные от механических датчиков зубов и жевательных мускулов, а также обонятельных рецепторов, на которые действуют летучие компоненты пищи.

Примерно за 150 миллисекунд первая информация о вкусовой стимуляции доходит до центральной коры головного мозга. Доставку осуществляют четыре нерва. Лицевой нерв передает сигналы, приходящие от вкусовых почек, которые расположены на передней части языка и на небе, тройничный нерв передает информацию о текстуре и температуре в той же зоне, языкоглоточный нерв переправляет вкусовую информацию с задней трети языка. Информацию из горла и надгортанника передает блуждающий нерв. Потом сигналы проходят через

продолговатый мозг и оказываются в таламусе. Именно там вкусовые сигналы соединяются с обонятельными и вместе уходят во вкусовую зону коры головного мозга (рис. 3).

Вся информация о продукте обрабатывается мозгом одновременно. Например, когда во рту клубника, это будет сладкий вкус, клубничный запах, сочная с косточками консистенция. Сигналы от органов чувств, обработанные во многих частях коры головного мозга, смешиваются и дают комплексную картину. Через секунду мы уже понимаем, что едим. Причем общая картина создается нелинейным сложением составляющих. Например, кислотность лимонного сока можно замаскировать сахаром, и он будет казаться не таким кислым, хотя содержание протонов в нем не уменьшится.

Маленькие и большие

У маленьких детей больше вкусовых почек, поэтому они так обостренно все воспринимают и настолько разборчивы в еде. То, что в детстве казалось горьким и противным, легко проглатывается с возрастом. У пожилых людей многие вкусовые почки отмирают, поэтому еда им часто кажется пресной. Существует эффект привыкания к вкусу — со временем острота ощущения снижается. Причем привыкание к сладкому и соленому развивается быстрее, чем к горькому и кислому. То есть люди, которые привыкли сильно солить или подслащивать пищу, не чувствуют соли и сахара. Есть и другие интересные эффекты. Например, привыкание к горькому повышает чувствительность к кислому и соленому, а адаптация к сладкому обостряет восприятие всех других вкусов.

Ребенок учится различать запахи и вкус уже в утробе матери. Проглатывая и вдыхая амниотическую жидкость, эмбрион осваивает всю палитру запахов и вкусов, которые воспринимает мать. И уже тогда формирует пристрастия, с которыми придет в этот мир. Например, беременным женщинам за десять дней до родов предлагали конфеты с анисом, а потом смотрели, как вели себя новорожденные в первые четыре дня жизни. Те, чьи мамы ели анисовые конфетки, явно различали этот запах и поворачивали в его сторону голову. По другим исследованиям, тот же эффект наблюдается с чесноком, морковью или алкоголем.

Конечно, вкусовые пристрастия сильно зависят от семейных традиций питания, от обычаев страны, в которой вырос человек. В Африке и Азии кузнечики, муравьи и прочие насекомые — вкусная и питательная еда, а у европейца она вызывает рвотный рефлекс. Так или иначе, природа нам оставила немного простора для выбора: как именно вы будете ощущать тот или иной вкус, в значительной мере предопределено генетически.

Гены диктуют меню

Нам иногда кажется, будто мы сами выбираем, какую пищу любить, в крайнем случае — что мы едим то, к чему нас приучили родители. Но ученые все больше склоняются к тому, что выбор за нас делают гены. Ведь люди ощущают вкус одного и того же вещества по-разному, и пороги вкусовой чувствительности у разных людей также сильно отличаются — вплоть до «вкусовой слепоты» к отдельным веществам. Сегодня исследователи всерьез задались вопросом: действительно ли некоторые люди запрограммированы есть картофель фри и набирать вес, пока другие с удовольствием едят вареную картошку? Особенно это волнует США, которые столкнулись с настоящей эпидемией ожирения.

Впервые вопрос о генетической предрасположенности обоняния и вкуса был поднят в 1931 году, когда химик фирмы «Дюпон» Артур Фокс синтезировал пахучую молекулу фенилтиокарбамида (ФТК). Его коллега заметил острый запах, который исходил от этого вещества, к большому удивлению Фокса, который ничего не чувствовал. Он также решил, что вещество безвкусно, а тот же коллега нашел его очень горьким. Фокс проверил ФТК на всех членах своей семьи — никто не чувствовал запаха...

Эта публикация 1931 года породила целый ряд исследований чувствительности — не только к ФТК, но и вообще к горьким веществам. Нечувствительными к горечи фенилтиокарбамида оказались примерно 50% европейцев, но лишь 30% азиатов и 1,4% индейцев Амазонии. Ген, ответственный за это, обнаружили только в 2003 году. Оказалось, что он кодирует рецепторный белок вкусовых клеток. У разных индивидов этот ген существует в разных версиях, и каждая из них кодирует немного другой белок-рецептор — соответственно фенилтиокарбамид может взаимодействовать с ним хорошо, плохо или вообще никак. Поэтому разные люди различают горечь в различной степени. С тех пор обнаружено около 30 генов, кодирующих распознавание горького вкуса.

Как это влияет на наши вкусовые пристрастия? Многие пытаются ответить на этот вопрос. Вроде бы известно, что те, кто различает горький вкус ФТК, испытывают отвращение к брокколи и брюссельской капусте. Эти овощи содержат молекулы, структура которых похожа на ФТК. Профессор Адам Древновски из Мичиганского университета в 1995 году сформировал три группы людей по их способности распознавать в растворе близкое к ФТК, но менее токсичное соединение. Эти же группы проверили на вкусовые пристрастия. Те, кто чувствовал уже очень маленькие концентрации тестового вещества, находили кофе и сахарин слишком горькими. Обычная сахароза

(сахар, который получают из тростника и свеклы) казалась им более сладкой, чем другим. И жгучий перец жег гораздо сильнее.

По-прежнему спорным остается вопрос о вкусе жира. Долгое время считали, что жир мы распознаем с помощью обоняния, поскольку липиды выделяют пахучие молекулы, а также благодаря определенной текстуре. Специальные вкусовые рецепторы на жир никто даже не искал. Эти представления поколебала в 1997 году исследовательская группа Тору Фукуси из университета Киото. Из эксперимента было известно, что крысы предпочитают грызунам без обоняния два раствора — один с липидами, а другой с похожей консистенцией, сымитированной благодаря загустителю. Крысы безошибочно выбрали раствор с липидами — видимо, руководствуясь вкусом.

В самом деле, выяснилось, что язык грызунов может распознать вкус жира с помощью специального рецептора — гликопротеина CD36 (транспортера жирных кислот). Французские исследователи под руководством Филлипа Бенара доказали, что, когда ген, кодирующий CD36, заблокирован, животное перестает отдавать предпочтение жирной пище, а в желудочно-кишечном тракте при попадании жира на язык не происходит изменения секреции. При этом животные по-прежнему предпочитали сладкое и избегали горькое. Значит, был найден специфический рецептор именно на жир.

Но человек — не грызун. Присутствие в нашем организме транспортного белка CD36 доказано. Он переносит жирные кислоты в мозг, сердце, вырабатывается в желудочно-кишечном тракте. Но есть ли он на языке? Две лаборатории, американская и немецкая, пытались прояснить этот вопрос, однако публикаций пока нет. Исследования на афроамериканцах, у которых обнаружено большое разнообразие гена, кодирующего белок CD36, как будто показывают, что способность распознавать жир в пище действительно связана с некоторыми модификациями конкретного гена. Есть надежда, что, когда будет найден ответ на вопрос «может ли наш язык чувствовать вкус жира», у врачей появятся новые возможности для лечения ожирения.

Животные-гурманы?

В XIX веке знаменитый французский гастроном и автор широко цитируемой книги «Физиология вкуса» Жан-Антельм Брийя-Саварен настаивал на том, что только человек разумный испытывает удовольствие от еды, которая вообще-то нужна просто для поддержания жизни. Действительно, современные исследования показали, что животные восприни-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

мают вкус иначе, чем мы. Но так ли сильно отличаются вкусовые ощущения у людей и других представителей отряда приматов?

Опыты проводили на 30 видах обезьян, которым давали пробовать чистую воду и растворы с разными вкусами и разными концентрациями: сладкие, соленые, кислые, горькие. Оказалось, что их вкусовая чувствительность сильно зависит от того, кто и что пробует. Приматы ощущают как и мы сладкое, соленое, кислое и горькое. Обезьяна отличает фруктозу плода от сахарозы свеклы, а также танины коры дерева. Но, к примеру, уистити — порода обезьян, которая питается листьями и зеленью, более чувствительна к алкалоидам и хинину в коре деревьев, чем фруктоядные приматы Южной Америки.

Вместе с американскими коллегами из университета штата Висконсин, французские исследователи подтвердили это еще и электрофизиологическими экспериментами и свели воедино картину, полученную на разных видах обезьян. В электрофизиологических экспериментах регистрировали электрическую активность волокон одного из вкусовых нервов — в зависимости от того, какой продукт ест животное. Когда наблюдалась электрическая активность, это значило, что животное ощущает вкус данной пищи.

А как обстоит дело у человека? Чтобы определить пороги чувствительности, добровольцам вслепую давали пробовать сначала очень разбавленные, а потом все более концентрированные растворы, пока они не формулировали четко, каков же вкус раствора. Человеческое «дерево вкуса» в целом похоже на те, что получили для обезьян. У человека так же далеко разнесены в противоположные стороны вкусовые ощущения от того, что приносит энергию организму (сахара), и того, что может навредить (алкалоиды, танин). Бывает и корреляция между субстанциями одного типа. Тот, кто очень чувствителен к сахарозе, имеет шансы быть также чувствительным к фруктозе. Но зато нет никакой корреляции между чувствительностью к хинину и танину, а некто, чувствительный к фруктозе, не обязательно чувствителен к танину.

Коль скоро у нас и обезьян так похож механизм вкуса, значит ли это, что мы стоим совсем рядом на эволюционном

дереве? Согласно наиболее правдоподобной версии, к концу палеозоя и появлению первых земных существ эволюция растений и животных шла параллельно. Растения должны были как-то сопротивляться активному ультрафиолетовому излучению молодого солнца, поэтому только те экземпляры, которые имели достаточно полифенолов для защиты, смогли выжить на суше. Эти же соединения защищали растения от травоядных животных, поскольку они токсичны и затрудняют переваривание.

У позвоночных в ходе эволюции развивалась способность различать горький или вяжущий вкус. Именно эти вкусы окружали приматов, когда они появились в кайнозойскую эру (эоцен), а затем и первых людей. Появление растений с цветами, которые превращались в плоды со сладкой мякотью, сыграло большую роль в эволюции вкуса. Приматы и плодовые растения эволюционировали совместно: приматы поедали сладкие фрукты и рассеивали их семена, способствуя росту деревьев и лиан в тропических лесах. А вот способность распознавать вкус соли (особенно поваренной) едва ли могла возникнуть в ходе коэволюции с растениями. Возможно, она пришла от водных позвоночных, а приматы просто унаследовали ее.

Интересно, приматы при выборе еды руководствуются только питательной ценностью и вкусом? Нет, оказывается, они могут поедать растения и с лечебной целью. Майкл Хаффман из Киотского университета в 1987 году на западе Танзании наблюдал за шимпанзе, у которого были проблемы с желудком. Обезьяна поела стебли горького растения *Vernonia amygdalina* (вернония), которые шимпанзе обычно не едят. Выяснилось, что побеги дерева содержат вещества, помогающие против малярии, дизентерии и шистосомоза, а также обладающие антибактериальными свойствами. Наблюдение за поведением диких шимпанзе дало ученым пищу для размышлений: были созданы новые растительные лекарственные препараты.

В общем вкус не сильно изменился в процессе эволюции. И приматам, и людям вкус сладкого приятен — в их организмах идет выработка эндорфинов. Поэтому, возможно, великий французский кулинар был не совсем прав — приматы тоже могут быть гурманами.

По материалам журнала «La Recherche», №7-8, 2010

Наука со вкусом

Все мы, за редким исключением, — последовательные гедонисты. Это и объединяет всех нас, и дарит каждому его личную радость. Ребенок с мороженым, купец Гиляровского над трактирной кулебякой, современный горожанин на природе, с шашлыком под красное вино — все они переживают незабываемые впечатления, надолго остающиеся в памяти. Вкусовое ощущение можно смело причислить к одному из самых сильных.

Человеческие «пять чувств», в том числе и вкус, всегда были в центре философских изысканий. Величайший римский философ и поэт Тит Лукреций Кар (I век до нашей эры) писал в своей поэме «О природе вещей»:

*Вкус мы сначала во рту ощущаем,
когда при жеваньи
Выдадим сок из еды, наподобье того,
как из губки,
Если в руке ее съесть,
можно досуха вытянуть воду.*

Удивительно, но до недавнего времени наши представления о вкусовой системе человека и животных не слишком отличались от тех, которые излагал Лукреций два тысячелетия назад. Во всяком случае, Лукреций, будучи атомистом, уже связывал ощущение сладкого и горького с формой «основных тел» (читай «молекул») пищи. Несомненный прогресс был достигнут к концу XX века, чему способствовали бурное развитие молекулярной биологии, гено-инженерных методов и расшифровка геномов человека и мыши. Сегодня мы неплохо представляем, как функционирует на молекулярном и клеточном уровнях вкусовая почка — тот самый орган, где зарождается вкусовое ощущение. В значительной части наше современное понимание молекулярных механизмов вкуса основано на том, как изменяется вкусовая чувствительность при выключении генов, кодирующих рецепторные и сигнальные белки вкусовых клеток.

Насколько объективны пять базовых вкусов, которые мы ощущаем? Применимы ли эти человеческие категории к объективному описанию вкусовой системы животных? Можно ли это проверить — ведь мы вряд ли услышим от собаки «мой суп пересолен»? Прежде чем ответить на эти вопросы, рассмотрим некоторые свойства вкусовой системы.

Физиологическая функция вкусовой системы — это оценка качества пищи, то есть источника энергии и строительных

материалов для жизнедеятельности организма. Пища может быть питательной или не слишком, а может быть и опасной, если содержит ядовитые вещества. По аналогии с тем, как наш мозг распознает цвет, обрабатывая сигналы от всего лишь трех типов фоторецепторов (сине-, зелено- и красночувствительных колбочек), есть основания считать, что вкусовое ощущение также формируется в результате комбинации ограниченного числа базовых вкусовых «цветов». Причем каждый из них ассоциируется с определенным классом физиологически важных веществ.

Сладкое

Сладкие вещества природного происхождения — это высококалорийные вещества (в частности, глюкоза — основное метаболическое топливо для мозга). Поэтому способность распознавать источники этой энергии в виде глюкозы, фруктозы или сахарозы важна для выживания. Некоторые другие природные вещества, в том числе аминокислоты (например, глицин), также могут ощущаться как сладкие. Хотя большинство животных активно ищет и ест пищу, которую мы называем сладкой, любовь к сладостям не универсальна. Например, члены семейства кошачьих в поведенческих экспериментах проявляют равнодушие к сладкому. Это связано с тем, что у них неактивен рецептор к сладким веществам — в гене, кодирующем этот рецептор, найдена специфическая для кошек мутация. Возможно, у этих хищников в процессе эволюции отпала необходимость в поиске высокоэнергетичных углеводов, что и привело к изменению вкусовой системы. Ведь она должна соответствовать диете.

Горькое

Неприятный горький вкус — это сигнал опасности, который предотвращает потребление токсинов. Практически все растения в разной степени содержат вещества, токсичные для человека и животных, например алкалоиды. У разных людей чувствительность к горькому сильно различается, один и тот же горький стимул кому-то может показаться едва заметным, а кому-то — невыносимо горьким. Это хорошо соответствует полиморфизму человеческих генов, кодирующих рецепторы к горькому. Подобную же разницу в чувствительности к горькому и полиморфизм генов нашли

у мышей различных линий. Вероятно, это отражает способность вкусовой системы быстро эволюционировать — ведь при длительных миграциях животных в поисках пищи, их диета сильно менялась.

Соленое

У человека ощущение соленого вызывают несколько солей, но, пожалуй, хлорид натрия действует сильнее других. Если поменять хлорид-анион на другой, это влияет на степень солености солей натрия — могут добавиться ощущения кислого, горького и даже сладковатого. Большинство не натриевых хлоридов металлов (например, KCl) вызывают у человека ощущение соленого в сочетании с другими вкусами. У грызунов вкусовое ощущение, сопоставимое с соленым для человека, специфически вызывается катионами натрия и лития. Специфические детекторы, позволяющие распознать Na^+ в пище, — физиологическая необходимость. Ионы натрия принципиально важны для жизнедеятельности клеток и не могут быть заменены никакими другими, а при этом теряются они постоянно. Именно специфический метаболизм животных и человека, особенно травоядных, заставляет регулярно искать соли натрия в окружающей среде.

Кислое

Вкус кислого не связан со специфической группой питательных веществ и ассоциируется лишь с содержанием протонов. Но анионы также сильно влияют на это ощущение. При одном и том же pH растворы сильных кислот, например HCl, кажутся менее кислыми, чем слабые органические кислоты вроде лимонной кислоты. Вероятно, этот вкус эволюционировал как индикатор спелости — чтобы сразу понять, созрел ли фрукт и можно ли его есть. Кроме того, кислотность — показатель ферментации, то есть процесса, который обеспечивает первичную переработку пищи в природе и увеличивает ее питательные свойства. Многим нравится кисловатый вкус, но мы избегаем сильной кислоты, поскольку она может повредить зубы и пищеварительную систему.

Умами

Вкус умами вызывают аминокислоты и некоторые пептиды, он может служить интегральным показателем содержания белков в пище. У человека этот вкус прежде всего ассоциируется с присутствием глутаматов, то есть солей глутаминовой кислоты — одной из самых распространенных в природе аминокислот. Ее много в мясе, рыбе, грибах, сырах и других продуктах с высоким содержанием белков. Поэтому глутаматы исполь-

зуют как пищевые добавки, придающие еде приятный вкус. Специфическое свойство вкуса умами — синергизм, то есть существенное усиление вкуса в присутствии некоторых других веществ, например пуриновых 5'-рибонуклеотидов инозин- и гуанозинмонофосфатов. Возможно, причина в том, что свободные аминокислоты в природе практически не встречаются, но обычно присутствуют в сочетании с другими веществами. Это и привело к появлению рецептора, реагирующего и на другие компоненты пищи. В отличие от человека, который специфически чувствителен только к глутаматам, грызуны распознают с помощью гомологичного рецептора многие аминокислоты.

Объективность вкусов

Сейчас мы можем с уверенностью утверждать, что наши чувства нас не обманывают и что субъективно горькое, сладкое, кислое, соленое и умами — объективно отражают работу наших устройств, анализирующих состав пищи. Строгие доказательства этому были получены около десяти лет назад американскими учеными во главе с Чарльзом Цукером из университета в Сан-Диего. Они открыли группу генов в геноме мыши, специфически экспрессирующихся во вкусовых клетках и кодирующих рецепторные белки. Гетерологическая экспрессия этих генов в клетках НЕК-293 (это нечувствительные к вкусовым веществам клетки, хорошо растущие в культуре), придала им способность отвечать на горькие субстанции и только на них. Стало ясно, что это семейство генов кодирует молекулярные детекторы горьких веществ.

Через несколько лет практически одновременно в нескольких лабораториях были идентифицированы рецепторы сладких веществ и аминокислот (ответственные за вкус умами). Гомологи этих генов нашли у многих животных и у человека. Потом дошла очередь до кислого и соленого: оказалось, что простые ионные вкусовые стимулы воспринимают, скорее всего, специфические мембранные белки — ионные каналы. Они и служат рецепторами.

Задача вкусовых клеток — не только распознавать и усиливать вкусовые сигналы, но и кодировать их, преобразуя в тот вид, который удобен для дальнейшего кодирования вкусовой информации не вполне ясны, но по совокупности данных практически нет сомнений в том, что все пять вкусов индивидуально представлены в мозгу и информация о них передается от специализированных вкусовых клеток по нервным волокнам вкусового нерва. Это подтверждает, в частности, электрическая активность индивидуальных нервных волокон — их выявляют при стимуляции языка иссле-

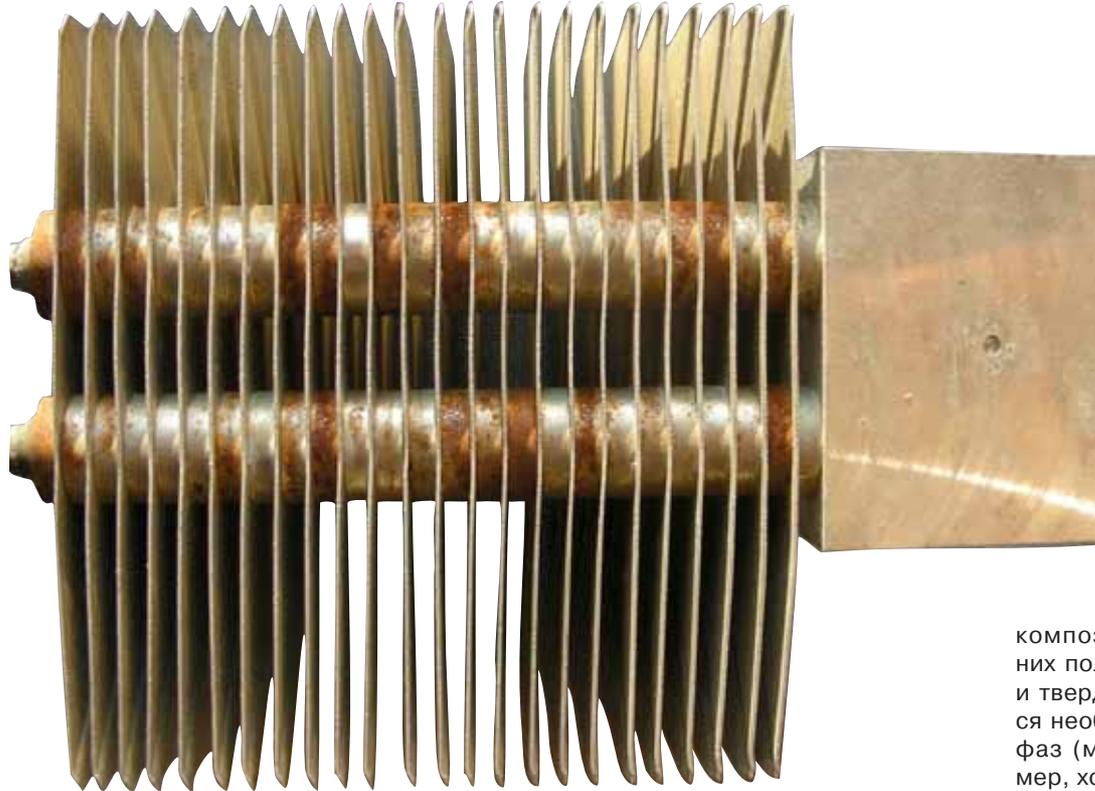
дуемого животного разными вкусами. Получается, что в основе наших субъективных вкусовых ощущений лежат вполне объективные молекулярные и физиологические процессы, во многом схожие с теми, что определяют пищевое поведение животных.

Зачем мы изучаем механизмы вкуса

«Ученые удовлетворяют собственное любопытство за счет государства» — часто повторяя эту шутку, многие начинают воспринимать ее всерьез. Финансируя фундаментальную науку, государство и общество в накладе не остаются: средства связи и передвижения, новые материалы и обезболивающие препараты — в основе всего, что делает нашу жизнь комфортной и относительно безопасной, лежат результаты деятельности любопытствующих ученых. Целесообразность изучения механизмов вкуса гораздо менее очевидна, чем, к примеру, механизмов боли — почему бы не ограничиться книгой о вкусной и здоровой пище? Между тем нормальное состояние вкусовой системы не только определяет удовольствие, получаемое от хорошей и вкусной еды, но критически важно для нормального пищеварения и усвоения пищи. Люди, потерявшие вкусовые ощущения, например, после радиотерапии, часто вообще отказываются от еды. Поэтому расширение знаний о механизме вкуса, изучение причин отклонений и поиск способов коррекции последних — важная задача медицины.

Другая группа задач физиологии вкуса — поиск модуляторов вкусовых рецепторов и создание искусственных вкусовых веществ. Ингибиторы рецепторов горького можно было бы использовать при создании горьких лекарств, вместо того чтобы помещать их в капсулы. Замена сахара на более эффективное и лишнее привкуса сладкое вещество для диабетиков тоже очень важна, но пока что у нас нет идеального решения. Уже очевидно, что крабов, икры и осетрины на всех не хватит, поэтому, возможно, качество жизни большинства населения планеты улучшит пакетик с пищевыми добавками, создающими ощущение королевского стола. Ведь мы не можем, как наши далекие предки, найти альтернативные деликатесы методом перебора.

Доктор биологических наук
С.С. Колесников,
Институт биофизики клетки РАН,
Пущино



Тепловые трубы соединяют ребра радиатора и площадку для установки тиристора; тепловой контакт обеспечивает запрессовка

Прижмись ко мне покрепче...

Л.Намер

...чтобы тепловой контакт был получше. А зачем? По отношению к теплу процессы в технике можно разделить на три группы. Первая — превращение химической или атомной энергии в тепловую. Собственно, это ядро почти всей энергетики. Вторая группа — применение тепла и нагрева, а также процессы, идущие при нагреве. Это почти вся металлургия, значительная часть машиностроения и химии. Третья группа — процессы не собственно тепловые, но связанные с выделением тепла: все механические процессы и переработка информации, например вся компьютерная сфера. Во всех ситуациях тепло надо передавать из одного места в другое. В первых двух — из одного определенного места в другое, а в третьем — из одного, где оно выделяется, в любое другое, лишь бы ничего не сгорело и не поплавилось.

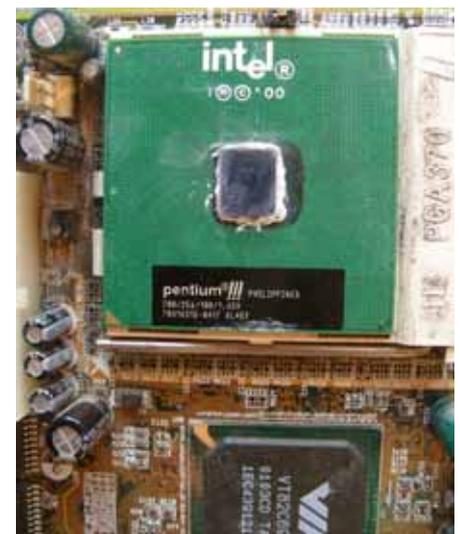
Ключевые слова здесь — передавать тепло. Если речь идет об однородной среде, то вопрос решается относительно просто: любой нормальный инженер знает, у какого металла наивысшая теплопроводность при обычных температурах. А загля-

нув в справочники, он ориентируется и в криогенной области, и с диэлектриками. Если же среда неоднородна, то все становится очень и очень сложным. Как только у нас появляются хотя бы два контактирующих тела, немедленно возникает вопрос: а что происходит на контакте? Все мы из обычного бытового опыта знаем, что с электрическими контактами проблемы возникают на каждом шагу, и поэтому должны настороженно относиться к контактам тепловым. А обойтись без них нельзя — в любом компьютере есть процессор и кулер, и это нынче знают не только инженеры прошлого века, но и некоторые студенты нынешнего.

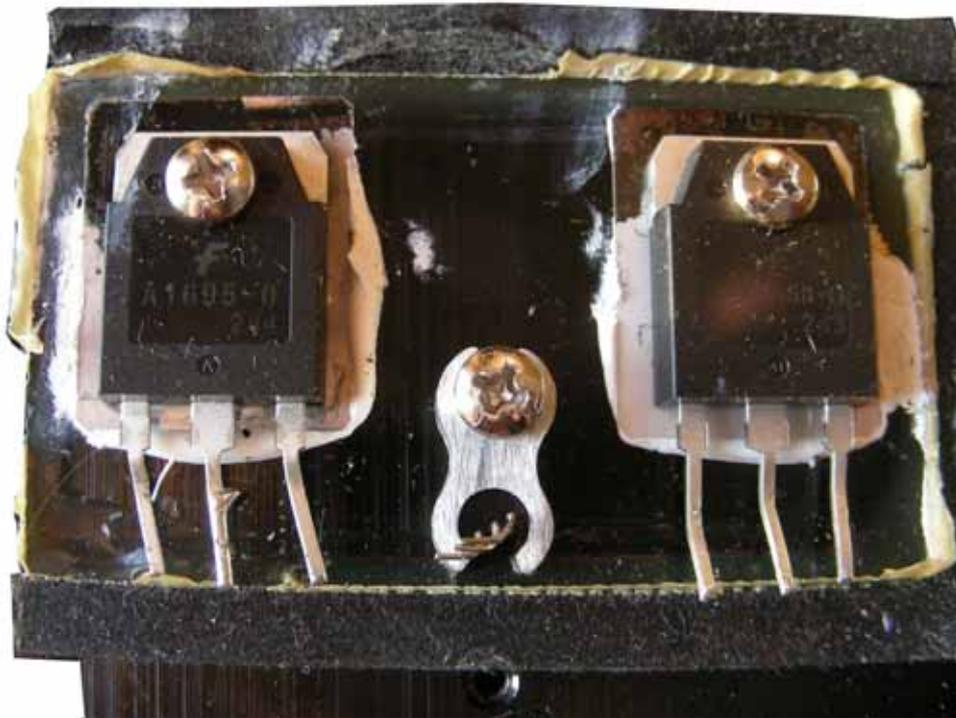
Две особые области, о которых мы не будем говорить в этой заметке, но о которых для полноты картины надо упомянуть, — это композиционные материалы и границы между твердым телом и не твердым, то есть жидким или газообразным. Эти границы есть во всех системах охлаждения, ибо в итоге тепло сбрасывается в окружающую среду, а именно в атмосферу или проточную воду. Систем с охлаждением путем отвода тепла в почву, кажется, нет. В любом случае их эффективность не будет велика — у почвы низкая теплопроводность. Что же до

композиционных материалов, то в них полно контактов между твердым и твердым, но проблема осложняется необходимостью учета геометрии фаз (матрицы, включений). Например, хорошо проводящие тепло нити могут сделать материал радикально анизотропным.

Итак, мы ограничиваемся рассмотрением контакта между двумя твердыми телами. И прежде всего, как и при рассмотрении электрического контакта, обратим внимание на шероховатость и на истинную геометрию контакта. Всякий знает, что стол, имеющий четыре ножки... если вы сами не догадались, поясним: стоит на трех. Действительно, два абсолютно жестких тела, приведенные в контакт, соприкоснутся в трех точках. Реально это оказываются не точки, потому что тела не абсолютно жесткие: они деформируются и точки превращаются в контактные области, количество которых зависит от размеров тел, характеристик шероховато-



Процессор: радиатор снят, видны остатки термопасты



Транзисторы на радиаторе, видны изолирующие прокладки (слода) и термопаста

сти и свойств материала. Что чем шероховатость меньше, тела больше и жесткость меньше, тем контактных областей будет больше, причем предсказать их количество трудно. Но общая их площадь определяется относительно легко — она равна нагрузке, деленной на упругость, точнее — на модуль Юнга (или предел пластичности, если материал потек).

В обычных ситуациях площадь контактных площадок (истинный контакт) оказывается много меньше общей площади контактирующих тел («геометрической площади» контакта). Тепловое сопротивление, то есть перепад температуры на контакте при фиксированном потоке тепла, определяется именно этими маленькими площадками, через которые протискивается тепло. (Совершенно аналогично тому, как электрическое сопротивление определяется этими же контактными пятнами.) Зависимость теплового сопротивления контакта исследовалась экспериментально для разных материалов и в разных условиях, нет также недостатка в попытках расчета теплового поля в окрестности контакта и тем самым теплового сопротивления. Но пока нет теории или эмпирических формул, позволяющих надежно определить эту величину без эксперимента.

Обычно считается, что теплопередача излучением отсутствует и воздух тепла не проводит. Окисные пленки, которые могут существенно повлиять на электрическое сопротивление, достаточно тонки, чтобы не влиять на передачу тепла. Тогда получается,

что тепловое сопротивление определяется только площадью отдельных контактов, но она зависит от шероховатости поверхностей, причем сложным образом, поэтому, в частности, и не существует теории, дающей надежные результаты. Эмпирические и полуэмпирические формулы при правильном выборе подгоночных параметров дают ответы, расходящиеся с экспериментом лишь на 30—50%, но для новых материалов никто не рискнет ими пользоваться без сравнения с экспериментом. А если эксперимент уже сделан, то ценность формул снижается (хотя и не становится равной нулю).

Большинство из нас знает, что такое клапан. Это такая вещь, которая в одну сторону пропускает газ или жидкость, а в другую — нет. Диод — полупроводниковый или вакуумный — в одну сторону пропускает, а в другую не пропускает электрический ток. Два контактирующих твердых тела, как это ни странно, в некоторых случаях в одну сторону пропускает тепло легче, чем в другую. Правда, отношение тепловых сопротивлений не достигает и полутора, но сам эффект представляется неожиданным.

Самая простая для понимания ситуация возникает, если хотя бы у одного из материалов теплопроводность зависит от температуры. Тогда теплопроводность всей сборки зависит от того, большая или меньшая температура на той стороне сборки, где находится этот материал. Эффект усиливается, если теплопроводности обоих материалов зависят от температуры, причем с ростом температуры одна растет, а другая уменьшается.



ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

Другой источник несимметрии возникает, если детали в сборке имеют существенно разные размеры, и в зависимости от того, на какой стороне сборки большая, а на какой — меньшая температура, сама зона контакта оказывается при большей или меньшей температуре. А ведь площадь контактных площадок зависит от теплового расширения материалов... В целом этот вопрос на данный момент исследован слабо. Но, как это часто бывает, Интернет полнится криками насчет японских ученых, которые создали тепловой диод, о будущих компьютерах, о демоне Максвелла во плоти и так далее. О тачании сапог пишут те, кто ни печь пироги, ни писать не умеют. Вообще-то, тепловой диод с большой асимметрией можно создать на основе тепловой трубы, управляя потоком рабочего вещества (которое, испаряясь и конденсируясь в другом месте, переносит тепло). Но габариты и постоянная времени такого устройства никак не вяжутся с гордым словом «компьютер».

Хотя в нанобласти ситуация может оказаться иной. Отражение фононов (колебаний решетки, переносящих тепло) существует всегда, но оно мало заметно на фоне теплового сопротивления материала. В нанобласти, когда сами детали становятся «нанотонкими», это отражение начинает доминировать. Тепловое сопротивление становится зависящим не от толщины деталей, а от количества границ между деталями. А в микроэлектронике и нанотехнике встречаются конструкции из множества чередующихся слоев разных материалов, в частности так называемые сверхрешетки. В результате их тепловое сопротивление может оказаться намного больше ожидаемого. Может оно оказаться и меньше, но не поперек границ раздела, а вдоль — так как фононы могут успешно распространяться вдоль границы. Например, в некоторых ситуациях теплопровод-



ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

ность нанотрубок — что она, нанотрубка, как ни сплошная граница, — оказывается на порядок больше, чем у меди.

В nanoобласти ситуация радикально осложняется тем, что вообще становится не вполне корректным понятие «температура» (ансамбль слишком мал; как мы говорим студентам, у атома есть энергия, но нет температуры). Поэтому здесь применимы только кванто-механические методы, метод молекулярной динамики и прочие страшные инструменты. И можно ждать еще более чем оригинальных результатов, например тепловой сверхпроводимости, и не в жидком гелии, а в твердом теле.

В заключение спустимся с nanoоб-

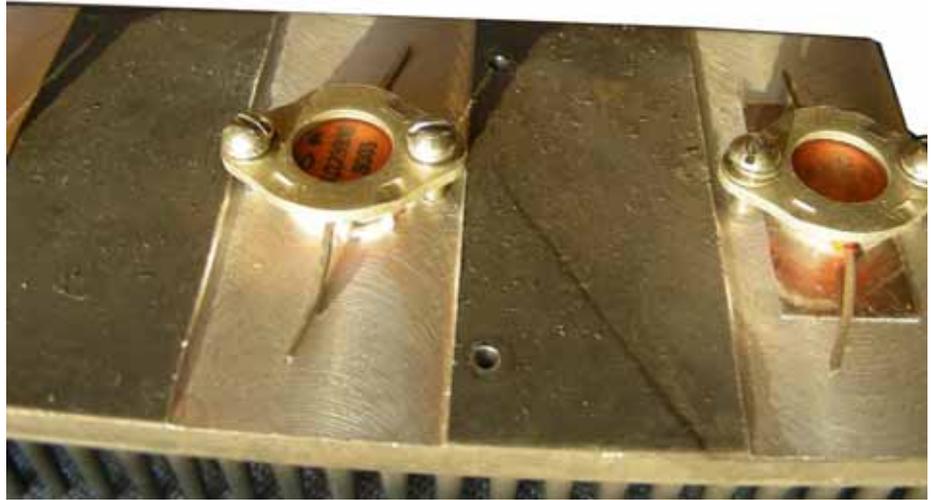
Транзисторы.

Конус на корпусе — для обеспечения лучшего прилегания к радиатору



Диоды.

Рифление на корпусе предназначено для того, чтобы при установке ребрышки врезались в материал радиатора, обеспечивая тепловой контакт



Диоды на радиаторе, под правым изолирующая прокладка, под левым — термопаста. Правому хуже

лаков на грешную землю и зададим себе сугубо практический вопрос: как улучшить тепловой контакт? Разработчики аппаратуры, выбирая материал для деталей, обычно исходят из других соображений, но вот на счет качества обработки и наличия покрытий иногда можно поторгаться. Для лучшего теплового контакта желательно, чтобы поверхности были а) плоские, б) гладкие и в) не окисленные. Последнее наводит нас на правильную мысль о коррозионно-стойком покрытии, если предполагается пребывание в агрессивной среде. Далее, из вышесказанного следует, что для улучшения теплового контакта детали должны прижиматься друг к другу, как это и указано в названии статьи. В некоторых случаях, например в мощной полупроводниковой технике, усилие прижатия нормируется. Но, как правило, две детали не могут быть прижаты так, чтобы площадь истинного контакта сравнялась с геометрической, — просто потому, что в этом случае детали почти наверняка разрушатся. Возникает естественное решение: заполнить зазор каким-то веществом, проводящим тепло. В мощной полупроводниковой технике применяют прокладки, например, из индия. Но хотя это и мягкий металл, а сдавливать его двумя контактирующими деталями приходится сильно, и эти детали должны быть металлическими. Между тем некоторые полупроводниковые приборы имеют керамический корпус — скажем, процессоры. Вещь это хрупкая, и давить ею индий до пластической деформации никому и в голову не приходит.

В качестве заполнителя зазора между процессором и радиатором применяют теплопроводящие пасты, имеющие теплопроводность в 30—50 раз большую, чем у воздуха (но, увы,

в 200—400 раз меньшую, чем у меди). Большинство паст состоит из кремнийорганического масла, в котором диспергированы частицы вещества с большей теплопроводностью (окиси цинка, нитрид алюминия). Разумеется, эти частицы должны быть меньше предполагаемой шероховатости сопрягаемых материалов (обычно несколько микрометров), то есть, во всяком случае, невидимы глазом. Паст таких много, в Интернете приводятся их параметры и, что гораздо важнее, результаты реальных экспериментов с ними — потому что по данным, которые сообщает изготовитель, не всегда удается понять, как именно будет работать паста в реальных условиях.

Если вы сами меняете радиатор или собираете компьютер, неминуемо возникает вопрос о выборе пасты. Первая рекомендация обычно состоит в том, чтобы не купить «осетрину второй свежести» — пасту с неравномерной окраской, странным запахом или, что по очевидным причинам полный криминал, — с видимыми включениями. Вообще-то эти рекомендации носят почти универсальный характер... Технология применения всех паст достаточно строга, и ее надо соблюдать, иначе вместо охлаждения можно получить перегрев. Например, некоторые пасты обретают свои замечательные свойства после довольно длительного процесса. Мне показались наиболее интересными эти два источника: «Термоинтерфейс» (<http://www.electrosad.ru/Ohlajd/Ti.htm>) и «Силовая электроника» (http://www.power-e.ru/2005_03_96.php).



Пентагональная бипирамида

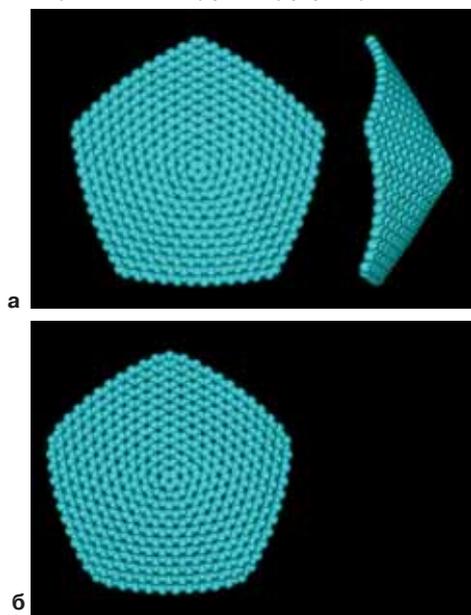


ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

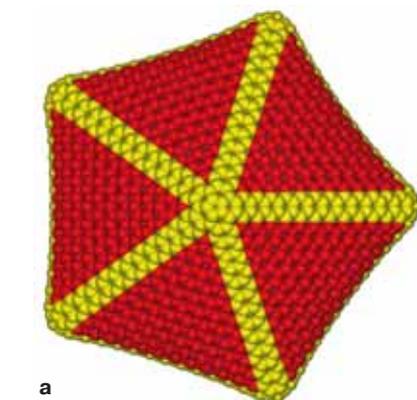
Чтобы было понятно, о чем пойдет речь, приводем картинку углеродного наноконуса (рис. 1а) с углом при вершине $\sim 113^\circ$ (точнее, $112,89^\circ$). Это один из пяти теоретически возможных наноконусов. Угол вычисляют по формуле $90 - 2\arccos(n/6)$, где n – число пятиугольников при вершине конуса. В нашем случае $n=1$, что хорошо видно на рисунке.

Число рядов шестиугольников вдоль края наноконуса бывает больше и меньше, но от этого угол не меняется. Из двенадцати таких фрагментов можно собрать разные фуллерены. А если взять только два наноконуса, заострить их вершины (рис. 1б), сложить острия навстречу и вершинами наружу, далее вершины полученных «чашечек» соединить по периметру и оптимизировать геометрию, получится пентагональная бипирамида (рис. 2).

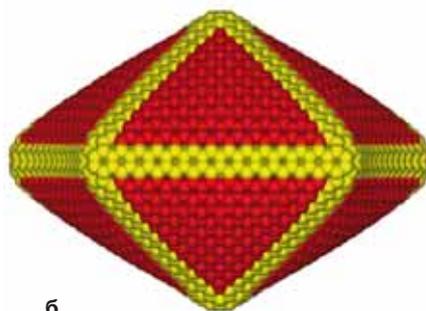
Вот эта фигура — вдоль экватора располагаются пять пар пятиугольников, обращенных друг к другу вершинами,



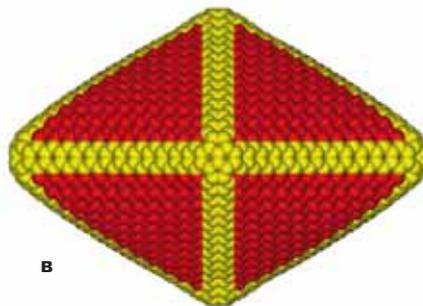
1
Углеродный наноконус с углом при вершине $\sim 113^\circ$ (вид сверху — вдоль оси пятого порядка и сбоку), у этой фигуры один пятиугольник (а); фрагмент для сборки пентагональной бипирамиды, полученный из наноконуса путем заострения углов основания, у этой фигуры шесть пятиугольников — один в центре и пять по краям (б)



а



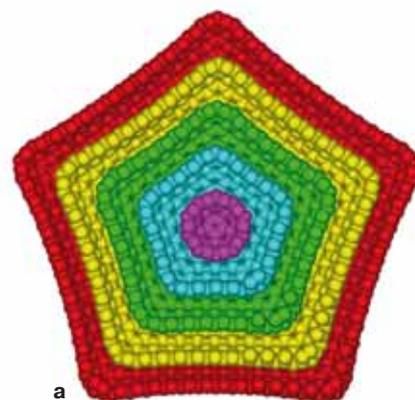
б



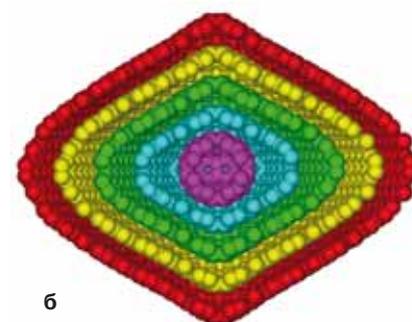
в

2
Пентагональная бипирамида из углерода. Вид сверху (а) и сбоку (б, в). Светлые полосы вдоль ребер сделаны для большей наглядности модели

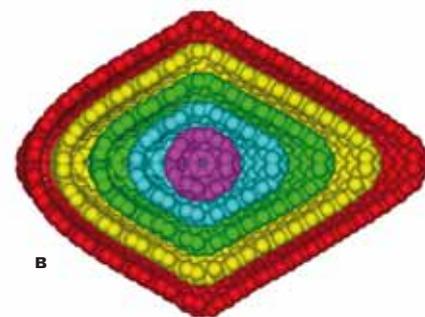
на главной оси бипирамиды напротив друг друга размещается по одному пятиугольнику, итого двенадцать, в полном согласии с теоремой Эйлера. После оптимизации геометрии ребра вдоль экватора слегка прогибаются внутрь, как того требует минимальная энергия всей структуры в целом. Получается нечто напоминающее морскую звезду.



а



б



в

3
Матрешка из пентагональных бипирамид в разрезе. Вид сверху (а) и сбоку (б, в). Раскраска составных частей сделана для большей отчетливости отдельных фрагментов

Внутри бипирамиды имеется полость, в которую можно поместить точно такую же фигуру, но меньшего размера, внутрь ее — еще одну и так далее. Матрешка готова (рис. 3). Захочет ли природа иметь такую игрушку или уже имеет, покажет будущее, но энергетически она выгодна.

М.Ю.Корнилов

Четвертая стадия коррупции

Доктор химических наук,
профессор
Л. В. Каабак

Леонида Владимировича Каабак в «Химии и жизни» представлять не надо. Сколько раз мы (сначала сотрудники редакции, а потом читатели) в своем воображении следовали за ним в энтомологические экспедиции — на Памир (1995, № 5), в Венесуэлу (2004, № 5). Но сейчас речь пойдет не о бабочках. Вместо отчета об экспедиции наш постоянный автор принес в редакцию репортаж из «горячей точки»: в Киргизии он оказался всего через месяц после страшных июньских событий. Вдвойне страшных для того, кто знал эту страну благополучной и счастливой. Никакой политики, дорогие читатели, — просто немного фактов.



Четвертая стадия характеризуется генерализацией опухолевого процесса... а также обширными метастазами в отдаленные органы и ткани... Прогноз при этом плохой.
Большая медицинская энциклопедия

Тянь-Шань, хребет Терской-Ала-Тоо, первый день августа 1960 года. Наша туристская группа по пояс в снегу, в ослепительном солнечном свете проходит перевал Телеты. Затем спускаемся примерно на километр и оказываемся в еловом лесу. Громадные тянь-шаньские ели, прижав к земле нижние пушистые ветки, остроконечными вершинами уходят в безоблачное ярко-синее небо. Сказка!

Выходим к реке Караколу и по тропинке, петляющей в камнях, вдоль берега направляемся к Пржевальску (ныне Каракол) — конечному пункту нашего трехнедельного похода.

Но голод все настойчивее отвлекает от окружающих красот: остатки продуктов прикончили перед выходом к перевалу, когда солнце еще и не появилось из-за черной пилы хребта. Из рюкзаков и мешочков вытряхнули крошки черных сухарей, смешали их с последней банкой сгущенки, сдобрили образовавшуюся массу спиртом, и «пирожные «картошка»» мгновенно исчезли в восьми ртах.

Далеко за полдень, а до Пржевальска еще километров двадцать. И тут тропа резко свернула за еловую стену, и мы неожиданно оказались перед двумя пожилыми киргизками, которые приветливо заулыбались нам. На толстенном бревне, покрытом белоснежным полотенцем, — пиалы, полные, как оказалось, айрана и кумыса. Рядом — пиалы с желтым

маслом и стопка румяных ароматных лепешек. Мы оторопели, а женщины сразу принялись угощать. Спрашиваем, кого они ждут. Оказывается — нас! Их предупредили пастухи, заметившие туристов еще утром на леднике, на гребне...

Принять деньги они категорически отказались, а оставшиеся лепешки заставили взять с собой. Мы же были счастливы — и не столько от яств, появившихся так кстати, сколько от человеческой заботы и теплоты.

Это правда, что первые впечатления о человеке самые верные, точные. И впечатления о народе — тоже. Все последующие встречи с киргизами — и на дорогах, и в горах, и в больнице в Дараут-Кургане — укрепили мое мнение о них как о людях добрых, отважных, щедрых душевно, готовых прийти на помощь, поделиться последним...

Столь же прекрасными качествами обладают и мои друзья-узбеки, встречи с которыми мне подарили многочисленные экспедиции в Средней Азии.

В 1975 году Всесоюзное общество «Знание» направило меня в Киргизию — в столицу Фрунзе (ныне Бишкек), Ош и Узген — с лекциями о роли химии в нашей жизни. Выступал я на машиностроительных и автосборочных заводах, предприятиях текстильной и пищевой промышленности... В Советской Киргизии, богатой природными ресурсами, быстро развивались индустрия, сельское хозяйство, наука, культура. В ее промышленности тогда трудилось около 20% работников, занятых в индустрии всей Средней Азии, а по темпам роста промышленной продукции она занимала первое место в Союзе.



Киргизская Республика (Кыргызстан) расположена на северо-востоке Средней Азии. Граничит с Казахстаном, Узбекистаном, Таджикистаном и Китаем. Площадь — 198 500 км². Более 90% территории — горы. Население — 5 090 000 (2007); киргизов около 60%, русских около 16%, узбеков 14%, украинцев 1,7%, также ненцы, дунганы, корейцы, уйгуры. Прирост населения 1,4%. Продолжительность жизни: 62 года (мужчины), 71 год (женщины). Уровень грамотности 97%. ВВП — 220 млн. долларов США, или 432 доллара на душу населения.

Большой атлас мира. Сингапур, Ридерз Дайджест, 2007



ИЗ ДАЛЬНИХ ПОЕЗДОК

Ферганский хребет с предгорьями

В Оше — «воротах Памира» — мне доводилось бывать почти каждый год, начиная с 1980-го. Отсюда я выезжал в этнологические экспедиции на Памиро-Алай и Тянь-Шань, сюда и возвращался. И всегда до вылета в Москву около недели безмятежно отдыхал: наслаждался сказочными фруктами, общался с жизнерадостными, дружелюбными жителями, копался в сокровищах девяти книжных магазинов...

Грустно вспоминать те времена — ведь с распадом Союза народное хозяйство республики, особенно промышленность, быстро разрушалось. Росла безработица, нищали люди. За чертой бедности оказалось 70% жителей, и около 70% молодежи ежегодно отправлялось на заработки в Россию. Обычной стала грустная шутка: «Оказывается, мы раньше жили при коммунизме, только не знали этого». И хотя Кыргызстан оставался самой демократичной из среднеазиатских республик, по уровню жизни населения (в 2003 году средняя месячная зарплата равнялась 25 долларам США) в СНГ он опережал только Таджикистан и Узбекистан.

Наши экспедиции продолжались, и в долгих переездах шоферы рассказывали, что в стране нет твердой, справедливой власти, жаловались на вымогательство чинов-

ников, мешающих людям заниматься собственным хозяйством на земле.

В июле 2002 года мы возвращались из памирской экспедиции. Около кишлака Сары-Таш в кабину подсел молодой таможенник. С явной болью он спросил совета, как ему жить, как прокормить детей. Ну что я мог ему сказать? Ответил, что помочь может только работа, надо трудиться как можно больше, и пожелал так необходимого для этого здоровья.

Из девяти книжных магазинов в Оше остался один. Меньше стало на знаменитом ошском базаре фруктов, арбузов и ферганских дынь: пересечь узбекско-киргизскую границу стало сложно и их просто не везли из Ферганской долины. Зато в последние годы в магазинах появились самые разнообразные продукты питания, а на улицах — дорогие иномарки. Но это для немногих.

Обнищание, рост безработицы и беспредельная коррупция истощали терпение людей, приводили к социальным взрывам. В марте 2005 года из страны бежал президент Аскар Акаев, в апреле 2010 года — его преемник Курманбек Бакиев. Никуда не исчезли причины и последствия конфликта узбеков с киргизами 1990 года. И вот 10—14 июня



Вид на Ферганский хребет через реку Нарын



Киргизия, Тянь-Шань. Пограничный с Китаем хребет Алаикуу



ИЗ ДАЛЬНИХ ПОЕЗДК

2010 года на юге Киргизии, в Оше и в Джалалабаде, начались кровавые межнациональные побоища — были убиты многие сотни людей. Стремительность одновременного появления на обширной территории огромных толп погромщиков, вооруженных не только ножами, говорила о том, что убийства были спланированы и организованы.

«Кому выгодно?» — разбогатевшим наркобаронам, членам международных радикальных исламистских организаций, оставшимся в стране родственникам и сторонникам Бакиева. Дестабилизация обстановки облегчает трафик и распространение наркотиков, а исламисты не оставляют надежды на создание в центре Средней Азии соответствующего их взглядам государства. Международные банды террористов уже вторгались в Киргизию: в окрестности Баткена (1999—2000) и Кадамжая (11 мая 2006 года). Тогда они были разгромлены, в основном силами погранвойск. Но коррупция и нищета сделали возможной июньскую трагедию.

Цели моей поездки в Ош и на юго-запад Киргизии были не только энтомологические: я хотел увидеть своих узбекских и киргизских друзей, по возможности помочь им и постараться понять положение в стране, которую я давно полюбил и судьба которой мне небезразлична. Я считал своим долгом встретиться с пограничниками Киргизии — меня связывает с ними многолетняя дружба. Преемники лучших традиций погранслужбы России, офицеры киргизских погранвойск, по моему убеждению, представляют собой интеллектуальную и нравственную элиту молодой республики. Когда в Ош приезжает Роза Отунбаева, она останавливается в скромной гостинице ошского погранотряда. Президент Киргизии знает: пограничники не продадут и не изменят.

В Оше я оказался 17 июля. Страшная кровотокающая рана и не начала затягиваться. Почерневшие от горя и тревоги лица узбеков, растерянность, а порой и отчаяние в глазах киргизов. Город было трудно узнать. Целые кварталы разрушены и сожжены, в центре не осталось ни магазинов, ни славных чудесной кухни кафе и ресторанов, закрыт рынок. В городе, прежде многолюдном, бурлившем жизнью, мало прохожих и машин, таксисты тщетно ждут пассажиров...

После вопроса, откуда я, сразу же следует второй: «Как считают в Москве, кто начал первым — киргизы или узбеки?» Я не позволил себе ни единого слова, которое могло бы обострить раскаленные межнациональные отношения. Над нами есть Судья. А организаторов побоищ в Киргизии ищут.

Наконец, еще об одной реальной угрозе существованию киргизского государства — о коррупции в системе образования, в подготовке квалифицированных кадров. На юге страны она стала почти тотальной. В каком состоянии образование на севере республики, в Бишкеке, пока не знаю.

Молодые «специалисты», с которыми я беседовал — юристы, психологи, технологи и другие, — все как один говорили, что за отметку о сдаче зачетов и экзаменов они платили, то есть их дипломы — купленные. Большинство



Ош, июль 2010 года. Бывшее кафе

сожалело, что не получили настоящего образования, не учились в Москве. В прошлом году в Кара-суу я познакомился с двумя студентами-нефтехимиками, после четвертого курса не знавшими разницы между крекингом и пиролизом нефти.

По завершении в отрогах Туркестанского хребта экспедиционной части поездки я возвращался в Ош из Исфаны на такси. В Баткене водитель посадил паренька. Разговорились. Русским он владел слабо, хотя перешел в одиннадцатый класс. Я уже слышал, что в некоторых школах на юге нет преподавателей химии. Спрашиваю, изучал ли он химию.

— Да.

— А формулу аммиака знаешь?

Смущено молчит. Пишу пальцем на пыльном боковом стекле «NH₃». Говорит — такого раньше не видел. В формуле не смог показать ни азота, ни водорода. Но вряд ли виноват школьник: скорее всего, ему «преподавал» химик с липовым дипломом.

К счастью, еще есть учителя, щедро передающие детям знания. Я встретил их в кишлаке Динау: директора школы Исматилю Джумаева, преподавателя английского Жумабая Саттарова... В начале июня в окрестностях Динау работала австрийская энтомологическая экспедиция. Жумабай легко общался с ее участниками по-английски.

Возвращаюсь из Оша в Москву. В самолете полно оживленных, общительных ребят, только окончивших школу. Летят искать работу. В глазах — тревога перед неизвестностью. И чем ближе Москва, тем тише становятся они.

Я не знаю, как будут убийцы вымаливать прощение за нарушение первой заповеди всех религий. Но уверен: история не оставит в центре Евразии государство, подобное Сомали или Бурунди.

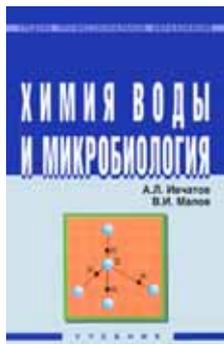
Тяжело было писать эти заметки о любимой мною маленькой, еще недавно прекрасной стране. И только упование на мудрость живущих в ней народов оставляет надежду, что ошибся молодой киргиз, сказавший: «У моей страны нет будущего».

Ош — Динау — Ош — Москва. Июль—август 2010 года





А.Л.Ивчатов, В.И.Малов
Химия воды и микробиология
М.: Инфра-М, 2010



Авторы рассказывают о воде и ее свойствах; дисперсных системах и коллоидах на ее основе. Также в книге даны общие представления о микроорганизмах; морфологическая характеристика отдельных их групп и т.д. Часть книги посвящена примесям и качеству воды различного происхождения; составу и показателям качества природных и сточных вод. Подробно рассмотрено воздействие воды на материалы, образование отложений, обрастание трубопроводов и подводных сооружений. Авторы рассказывают также о том, как очищать природные и сточные воды..

**Д.И.Рыжонков, В.В.Левина,
Э.Л.Дзидзигури**
Наноматериалы
М.: Бинوم, 2010



Рассмотрены различные методы получения ультрадисперсных (нано)материалов — механические, физические, химические, биологические. Обобщены современные представления об электрических, магнитных, тепловых, оптических, диффузионных, химических и механических свойствах наноматериалов. Продемонстрирована зависимость этих свойств от структуры материала и геометрических размеров наночастиц. Значительное внимание уделено вопросам хранения и транспортировки наноматериалов.

К.Г.Шахназаров, А.Э.Бородянский
Яды, или Всемирная история отравлений
М.: Проспект, 2010



Авторы книги рассказывают нам об увлекательных примерах злодеяний в истории, и обсуждают вопрос о перспективах применения опробованных столетиями средств в современной России. Для всех интересующихся историей, политикой, вопросами морали, а также действием отравляющих веществ.

КНИГИ

Методы компьютерного моделирования для исследования полимеров и биополимеров
**Отв. ред. В.А.Иванов,
А.Л.Рабинович, А.Р.Хохлов**
М.: Либроком, 2009



Книга знакомит читателя с актуальными проблемами и основными направлениями компьютерного моделирования полимерных и биополимерных систем, в том числе наноматериалов и нанокристаллов. Она содержит описание основных методов и алгоритмов компьютерного моделирования, рассказывает о том, как оно развивается. Большое внимание уделено общим принципам реализации полной схемы так называемого мультимасштабного моделирования. Обсуждаются разные методы моделирования: квантово-химические, атомистическая и огрубленная молекулярная динамика, метод Монте-Карло, метод стохастической динамики, теоретико-полевые методы самосогласованного среднего поля, функционала плотности, нелинейных интегральных уравнений теории жидкостей, феноменологические методы решения уравнений в сплошных средах, полуэмпирические методы расчета физических свойств полимеров на основе вкладов отдельных атомов и (или) атомных групп и др. Приведены примеры изучения свойств молекулярных систем с помощью компьютерного эксперимента.

Грег Гибсон
Во всем виноват геном
М.: Эксмо, 2010



Почему все больше наших современников страдают хроническими заболеваниями, которые редко тревожили наших дедушек и бабушек? Почему многие из этих заболеваний, от диабета до депрессии, принимают форму эпидемий? Генетик Грег Гибсон предлагает объяснение: наши гены и условия современной жизни не соответствуют друг другу. Наш организм не подготовлен к употреблению жирной и сладкой пищи, наша иммунная система не может нормально развиваться в почти стерильных условиях, в которых мы сейчас живем, наш разум не предназначен для работы со сложными электронными устройствами от рассвета и до заката. Именно поэтому человечество становится жертвой хронических заболеваний, с которыми наши предки почти не сталкивались..

**Эти книги можно приобрести в Московском доме книги.
Адрес: Москва, Новый Арбат, 8,
тел. (495) 789-35-91
Интернет-магазин: www.mdk-arbat.ru**

Химия на Бестужевских курсах

А.В. Востриков,

зав. сектором Научной библиотеки им. М.Горького СПбГУ, хранитель Библиотеки Бестужевских курсов.

В Петербурге на 10-й линии Васильевского острова стоит здание, в котором сейчас размещается факультет географии и геоэкологии Петербургского университета. Недалеко от входа на стене укреплен мраморная доска, на которой написано: «Здесь с 1885 г. по 1918 г. помещались Высшие женские (Бестужевские) курсы, на которых учились Н.К.Крупская, А.И.Ульянова, К.Н.Самойлова, П.Ф.Куделли, Л.А.Фотиева и другие видные участницы революционного движения в России». В течение многих лет студенты проходили мимо этой таблички, ничего практически про Бестужевские курсы не зная и путая их то со Смольным институтом благородных девиц, то с Высшей партшколой. Даже из преподавателей и сотрудников очень немногие знали, что в одном из помещений без таблички на дверях сохранился кусочек дореволюционной жизни — библиотека. Переступаешь через порог — и попадаешь на сто лет назад: шкафы мореного дуба во все стены, балюстрада с перилами по второму этажу, дверь с травленным стеклом. И книги, книги... Для нескольких поколений бестужевки они были окном в науку, окном в настоящую большую жизнь. Сейчас для нас эти книги становятся окном в историю Бес-

1

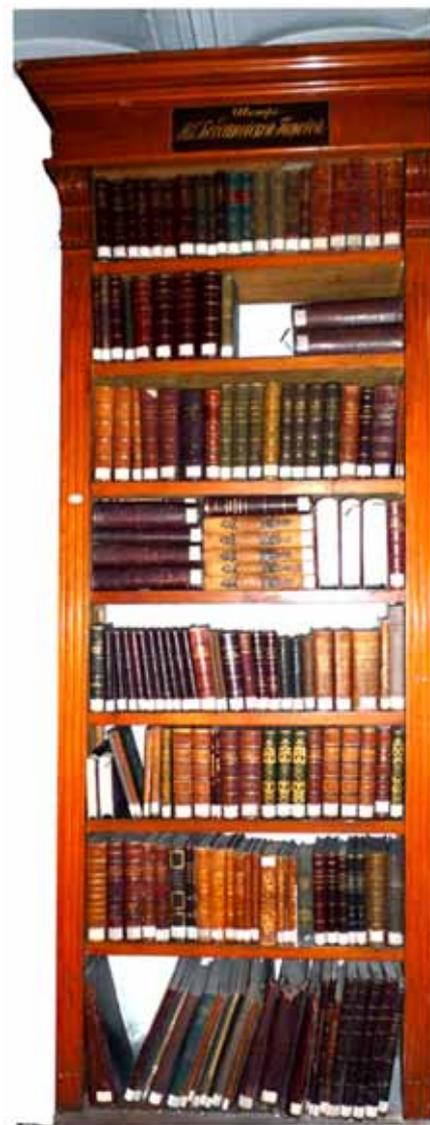
Здание Бестужевских курсов на Васильевском острове



тужевских курсов, в историю отечественного образования и науки.

Высшие женские курсы в Санкт-Петербурге были торжественно открыты 20 сентября 1878 года. Можно сказать, что в этот день отечественное женское образование перешло из средней ступени в высшую. Петербургские курсы не были ни первыми, ни единственными. Еще с конца 1860-х годов стали открываться курсы врачебные и педагогические, «публичные» (Лубяньские в Москве, Аларчинские и Владимирские в Петербурге), а потом и «университетские» — Курсы Герье в Москве и аналогичные в Казани и Киеве. Но петербургские Бестужевские курсы (получившие имя по формальному учредителю и первому директору — профессору русской истории К.Н.Бестужеву-Рюмину) стали первыми и единственными, которые не ограничились прикладной утилитарностью, не делали снисходительных скидок на «неподготовленность» аудитории и не состояли факультативным придатком при «мужском» университете. Они стали самостоятельным высшим учебным заведением, настоящим «женским университетом», как его частенько называли.

Открытие Высших женских курсов в 1878 году было победой общественного движения и пропаганды, развернутой во всех слоях русского общества, в провинции и столицах, в кабинетах и придворных салонах. Но это было только начало. Чтобы дело не погубило, не растворилось в восторженной говорильне, нужны были новые усилия. Курсы были организацией некоммерческой; поэтому было создано Общество для доставления средств Высшим женским курсам, которое обеспечивало финансирование и вело хозяйственную деятельность. Его первым председателем избрали А.П.Философову, общепризнанного лидера женского движения в России, а среди членов было немало известных людей: ученых, писателей, общественных деятелей. Бюджет курсов составлялся из различных ис-



2

Именной шкаф В.Е.Богдановской-Поповой

точников: из благотворительных пожертвований, членских взносов (пять рублей в год), правительственной дотации (3000 руб.; эта сумма полностью шла на оклад назначаемого министерством директора), доходов от благотворительных балов и концертов. Основой бюджета была плата слушательниц: в первый год она составляла 25 рублей за семестр с каждой девушки. Это была вполне приемлемая плата; для малоимущих вскоре были учреждены стипендии от имени частных лиц или обществ; количество стипендий к концу деятельности курсов исчислялось десятками.

В комитете Общества работали не просто энтузиасты, борцы за идею женского образования, — в большинстве своем это были люди практического ума и деловой хватки, готовые к повседневному тяжелому труду: А.П.Философова, А.Н.Бекетова, Н.В.Стасова, Е.П.Лихачева, В.П.Тарновская, В.И.Икскуль фон Гильденбрандт и другие. С самого начала



3.
*Титульный лист книги очерков
В.Е.Богдановской-Половой*

они стремились избавить курсы от необходимости «зависеть от царя, зависеть от народа»: в основу деятельности были положены (пользуясь терминами другой эпохи) принципы хозрасчета и самоокупаемости. В результате за все 40 лет существования Бестужевских курсов не было ни одного года, когда нехватка средств угрожала бы их существованию.

Программа преподавания на историко-филологическом и физико-математическом факультетах (впоследствии открыли еще один — юридический) соответствовала университетским, без каких-либо изъятий и сокращений. И профессорско-преподавательский состав сформировался из ученых и педагогов высочайшего уровня. Здесь читали лекции и заслуженные профессора, и ректоры вузов, и академики. Профессура шла на курсы охотно, и не только из соображений «общественного долга». Здесь им были обеспечены условия работы (в том числе и оклады) не хуже, чем в «мужских» институтах, а аудитория оказалась в чем-то и лучше, ведь большинству слушательниц, прежде чем они оказались на Бестужевских курсах, пришлось делом доказать свою целеустремленность и желание учиться. И что удивительного в том, что профессора, и не только молодые, читали лекции с большим воодушевлением, когда видели перед собой юных девушек, а не «толпу нечесаных студентов»?..

Начало преподавания химии на Бестужевских курсах связано с именами Дмитрия Ивановича Менделеева и Александра Михайловича Бутлерова. Менделеев был убежденным сторонником высшего женского образования, участвовал в чтении университетских лекций «для лиц обоего пола». К сожалению, в 1878 году он находился в научной командировке за границей, и чтение курса неорганической химии было поручено его ученику и помощнику А.Л.Потылицыну. Но уже для второго набора Менделеев сам прочитал «Начальный курс химии», а в последующие годы читал также курсы «Химия

в приложении к сельскому хозяйству» и «О законах химии и теоретических о ней представлениях».

Главной организационной силой первых лет на химическом отделении был А.М.Бутлеров, читавший курсы органической, а затем и неорганической химии. Именно Бутлеров организовал систему практических занятий, без которых, как он прекрасно понимал, нормальное изучение химии невозможно. Первая химическая лаборатория была устроена в подвальном этаже дома Боткиной, которые курсы занимали. В неудобной, тесной, плохо проветриваемой комнате, куда с трудом помещались 17 слушательниц, оборудовали вытяжной шкаф, «в одной из духовых печей были установлены сероводородные приборы, на месте одного из котлов поставлен маленький перегонный куб». Когда возник вопрос о строительстве для курсов собственного здания, А.М.Бутлеров «принял на себя руководство в деле устройства химической лаборатории и химической аудитории». Построенный по его чертежам комплекс из двух лабораторий (качественного и количественного анализа), соединенных винтовой лестницей, аудитории с амфитеатром на 300 человек и оборудованным столом для опытов, профессорской кабинет-лаборатории и нескольких препаративных многие современники считали образцовым. Средства на оборудование лабораторий пожертвовала член Общества О.Н.Рукавишникова. Бутлеров жил неподалеку и не раз приходил посмотреть, как осуществляются его планы.

Собственное здание Бестужевских курсов было торжественно открыто осенью 1885 года (рис. 1). Вскоре А.М.Бутлеров серьезно заболел, уехал из Петербурга и в августе 1886 года умер. Его личная библиотека после смерти была передана курсам, а вместе с ней и книги его старинного друга Александра Николаевича Аксакова (1832—1903). Аксаков, живший в основном за границей, во время приездов в Петербург останавливался у Бутлерова; видимо, у них составилось какое-то общее книжное собрание. К сожалению, нам известно только общее количество: «101 сочинение в 624 томах»; но иногда дарственные или владельческие записи напоминают о бывших владельцах.

Заселение в собственное здание означало для Бестужевских курсов переход на новый этап развития: от скитальческой юности — к оседлой основательности. Стали приходиться новые люди; на химическом отделении это были профессор Н.Н.Бекетов, М.Д.Львов, И.В.-Богомолец, Г.Г.Густавсон. Особую роль начали играть ассистенты, руководившие практическими занятиями слуша-



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

тельниц. Со временем на эти должности стали брать выпускниц. В числе первых была В.Е.Богдановская — одна из самых светлых легенд Бестужевских курсов.

Вера Евстафьевна Богдановская родилась в 1867 году в семье известного хирурга, профессора Медико-хирургической академии Е.И.Богдановского, воспитывалась в Смольном институте. В 1883 году, когда Вера поступила на Бестужевские курсы, ей еще не исполнилось 16, но она была одной из лучших среди соучениц. Весной 1887 года она получила свидетельство об окончании — но тогда это было пределом женского образования в России, а Вере хотелось большего. Она отправилась за границу, поступила в Женевский университет, где в лаборатории профессора Карла Гребе изучала кетонные соединения. По результатам своих работ Богдановская опубликовала несколько статей в специальных журналах, защитила диссертацию и получила степень доктора химии (едва ли не первой из русских женщин). В 1892 году она вернулась в Россию и была принята на работу в alma mater. Формально ей разрешили занять должность ассистента — это был максимум, дозволенный министерством. Фактически Вера Евстафьевна приняла на себя не только обязанности ассистента по неорганической химии у профессора М.Д.Львова, но также организовала неофициальные «репетиции», то есть беседы со слушательницами по материалам профессорских лекций; а вскоре блестяще прочитала «пробный» курс стереохимии. За три года работы Вера Богдановская стала настоящей любимцей курсов, проявив не только свои научные способности, но и замечательные (истинно «бестужевские») человеческие качества: бескорыстие, самоотверженность, готовность прийти на помощь.

В 1895 году в ее жизни произошла резкая перемена: В.Е.Богдановская вышла замуж за артиллерийского генерала Я.К.

.Попова, незадолго до этого назначенного начальником Ижевских оружейного и сталелитейного заводов. Супруги уехали в Ижевск. Однако наша героиня не собиралась бросать науку: в генеральском доме была оборудована небольшая лаборатория, в которой продолжались работы по замещению азота фосфором в синильной кислоте, а вскоре и заводские химики с удивлением оценили профессиональную квалификацию «генеральши». Но семейное счастье длилось всего полгода. В апреле 1896 года во время одного из опытов в руках В.Е.Богдановской-Поповой разорвался сосуд с ядовитым газом, и она погибла от отравления.

Генерал Я.К.Попов оставил службу и уехал на родину, в село Шабалиново Черниговской губернии; здесь, в специально построенном склепе, и была похоронена В.Е.Богдановская-Попова. В память о жене генерал Попов пожертвовал Бестужевским курсам 15 тысяч рублей, с тем чтобы из них был образован неприкосновенный «капитал Веры Евстафиевны Богдановской», а проценты с него выдавались нуждающимся слушательницам (пробораз позднейших касс взаимопомощи). Кроме того, на курсы была передана и библиотека В.Е.-Богдановской, которую разместили в именном шкафу (рис. 2). Библиотека небольшая, всего около 70 томов; в основном работы по математике, физике и химии, на русском, немецком и французском языках: А.Гумбольдт, М.Бертло, Ж.Жамен, Й.Я.Берцелиус, Ф.Кекуле, Г.Гесс. На некоторых из них сохранились записи владельцев.

Традиция именных шкафов в библиотеке Бестужевских курсов была заведена давно, практически с первых лет существования. Денег на то, чтобы вдруг, в один момент создать на пустом месте фундаментальную библиотеку, у курсов не было. Приходилось полагаться на «натуральные пожертвования». Вначале это были популярные брошюры и учебники, доставшиеся «по наследству» от публичных курсов 70-х годов, затем стали помогать издатели, поделились дублетами Императорская публичная библиотека и Академия наук, со временем некоторые редакции и научные общества (в том числе Русское физико-химическое) стали безвозмездно присылать свои издания. Профессора считали своим долгом приносить необходимые по их предметам книги, иной раз снимая их с домашних полок. С 1880-х годов курсы стали налаживать собственную издательскую деятельность, выпускать литографированные лекции (рис. 4). Но основу комплектования составили пожертвования частных книжных со-

браний, поступавших при жизни или (чаще) после смерти их владельцев.

Первоначально все книги расставлялись на общих основаниях. Но в 1885 году вдова композитора А.Н.Серова, пожертвовав библиотеку покойного мужа, пожелала, чтобы она была сохранена в особом шкафу. Так появился первый именной шкаф — «Серовский», а вслед за ним шкафы баронессы В.И.Иксуль, А.О.Константиновой, сестер М.А. и С.А. Никитенко; библиотеки светлейшего князя А.Д.Салтыкова и Н.К.Михайловского... Далеко не все книжные собрания удостаивались такой чести. Некоторые были слишком скромны по объему и подбору книг, слишком разнородны и случайны. Но бывали и случаи, когда в учреждении именных шкафов отказывали, — так, в 1896 году Общество, выделив деньги на покупку библиотеки покойного профессора-историка Е.Е.Замысловского, постановило, что «по общепринятому обычаю, библиотеке присваивается наименование какого-либо лица только в том случае, если она пожертвована».

Тем более примечательно учреждение в 1905 году трех именных шкафов для размещения собрания М.Ю.Гольдштейна, никогда на курсах не работавшего и завещания на передачу библиотеки не составившего.

Михаил Юльевич (Юрьевич) Гольдштейн родился в Одессе в 1853 году. После окончания гимназии поступил в Медико-хирургическую академию, где изучал химию под руководством профессора А.П.Бородин. Вскоре он был принят и даже стал своим в доме у руководителя: профессора со студентом помимо химии объединяла еще и лю-

4

Лекции профессора Густавсона, подготовленные для курсов



бовь к музыке. Гольдштейн обладал врожденным музыкальным слухом; он никогда не занимался музыкой специально, но прекрасно играл на рояле, неплохо владел еще несколькими музыкальными инструментами. По воспоминаниям Н.С.Дрентельна, Бородин иногда даже в шутку сердился на ученика и «избегал композировать что-либо на рояле, если это мог слышать Михаил Юрьевич: «тотчас повторит и раззвонит!»». Кстати, брат М.Ю.-Гольдштейна, Эдуард (1851—1887) был профессиональным музыкантом — пианистом, дирижером и композитором. Научная карьера Гольдштейна прервалась в 1877 году, когда он был арестован, а после освобождения находился под особым надзором. Дальнейшая его биография известна не полностью. Степень магистра химии он получил только в 1890 году, в 1891-м был принят на должность приват-доцента теоретической химии Петербургского университета; одновременно преподавал физику и химию в различных средних учебных заведениях. В 1901 году совет Харьковского университета избрал М.Ю.Гольдштейна профессором. Однако вместо Харькова наш герой отправился в ссылку в Новгород за подписание протеста интеллигенции против разгона студенческой демонстрации. Еще через два года, в 1903-м, уже в Новгороде, при обыске у него нашли типографский шрифт (предположительно предназначенный для издания «Искры»), и беспокойного ссыльного перевели поостыть — на север, в Архангельск. Там М.Ю.Гольдштейн организовал химическую лабораторию для проверки качества местных продуктов, получил разрешение давать частные уроки музыки (это было главным источником доходов), а также стал одним из лидеров местных политических ссыльных, в первую очередь эсдеков, организуя медицинскую и материальную помощь и, как подозревала полиция, печатая прокламации и помогая беглым.

17 октября 1905 года Николай II подписал манифест о даровании гражданских свобод и созыве Государственной думы. На следующий день в Архангельске начались митинги и демонстрации рабочих и учащихся. Заводилами были политические ссыльные, и Гольдштейн оказался в числе самых активных. Еще через день произошли контрманифестации, с иконами и портретами государя; начались стычки, переходящие в побоища. В одном из них Гольдштейн был зверски избит и к вечеру скончался.

Когда М.Ю.Гольдштейна отправляли в ссылку, он оставил свою библиотеку в Петербурге. В отчете Бестужевских курсов за 1905—1906 годы сообщается, что

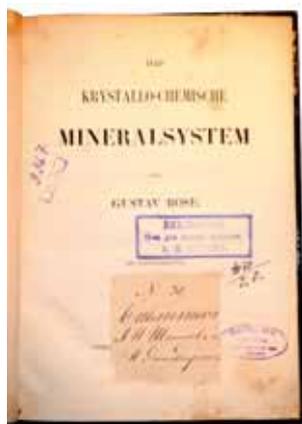
«по желанию М.Ю.Гольдштейна (убитого в Архангельске 18 октября 1905 года), ВЖК передана вся научная библиотека М[ихаила] Ю[льевича], с тем, чтобы она была помещена в особом шкафу его имени». Никаких документов, по которым мы могли бы узнать об обстоятельствах этого пожертвования, не сохранилось. Впрочем, возможно, что никаких документов и не было. Гольдштейн мог высказать свое пожелание «на всякий случай» еще перед отъездом в ссылку — жене, оставшейся в Петербурге. На такое решение могли повлиять и знакомые — преподаватели Бестужевских курсов, в частности зоолог В.А.Фаусек, ставший в 1905 году первым выборным директором курсов.

То, что о личности М.Ю.Гольдштейна нигде публично не сказано, легко объяснить — курсы за свою сорокалетнюю историю пережили и обвинения в насаждении разврата и противоправительственных убеждений, и закрытие, и приостановку приема, и стачки, и бойкоты. Здесь умели без торжественных речей хранить память и об отстраненных преподавателях, и о слушательницах — отчисленных по требованию министерства, арестованных и отправленных в ссылку или на каторгу, о повешенных А.Венедиктовой, А.Мамаевой, Л.Стуре, А.Шулятиковой, о покончившей с собой в каземате Петропавловской крепости М.Ветровой... Так что учреждение именного шкафа в память о человеке, погибшем едва ли не с красным знаменем в руках, и само по себе было изрядной смелостью.

Библиотека М. Ю. Гольдштейна, — 1 640 томов и 211 брошюр — была окончательно разобрана и установлена в 1907/8 учебном году. В нее входили книги по общественным вопросам, философии, гомеопатии (включая первый перевод на русский язык «Органаона врачебных наук» Ганемана — издание 1835 года), естествознанию («Естественные исто-

5

Классика: Густав Розе, описание кристаллохимической системы минералов. Книга Л.Н.Шишкова и А.Н.Энгельгардта, попавшая в библиотеку Гольдштейна



рии» Плиния Старшего и Бюффона), но больше всего — книга по физике и химии. На многих сохранились экслибрисы и личные печати, владельческие и дарственные записи его друзей и знакомых: калейдоскоп имен, из которого складывается картина юности и первой молодости русской химии, — времени, когда, кажется, специалистов и энтузиастов было так немного, что все друг друга знали, и именно в результате постоянного общения и совместной работы, обмена идей (и книг) развивалась наука. Здесь мы встретим фамилии известных химиков: А.Н.Энгельгардта, Л.Н.Шишкова, П.А.Лачинова, Н.Д.Зелинского и многих других (рис. 5).

Десятки имен... У них разный исторический вес. Некоторые из них названы в школьных учебниках, даже напечатаны их портреты; другие упоминаются в монографиях и статьях, третьи — в специальных библиографиях. Между ними и нами граница, которая обычно отделяет Прошрое от Настоящего. Прозрачная — и непроницаемая, как стекло в музейной витрине с надписью: «Руками не трогать!» Но здесь, в библиотеке, происходит короткое замыкание, и между Прошлым и Настоящим проскакивает искра. Здесь можно трогать руками: книги выдавали слушательницам без ограничений, они их брали, готовясь к практическим занятиям или к экзаменам. И вместе с формулами и научными описаниями читали дарственные записи. Эти записи писались на уголке лабораторного стола или на коленке во время заседания Общества, в них нет официоза и чопорности, наоборот — дружеское внимание единомышленников и радость открытия «любопытного кетончика», знак принадлежности общему делу. Тому самому делу, азы которого усваивали на Бестужевских курсах девушки со всех концов России.

В XX веке химия утвердилась в качестве одной из важнейших специальностей на Бестужевских курсах. Продолжал работать И.В.Богомолец, пришли новые профессора: А.А.Байков, Л.В.Писаржевский, С.С.Салазкин, А.Е.Фаворский, Л.А.Чугаев, А.А.Яковкин; на многих должностях, ассистентских и преподавательских, работали выпускницы А.Ф.Васильева-Синцова, Э.Д.Венус-Данилова, В.И.Егорова, Т.Е.Залеская, Н.И.Матусевич-Долгорукова, М.С.Пешекерова, А.И.Умнова и др.

Нуждалась в обновлении и расширении лабораторная база. В 1912 году Общество приобрело участок земли по Среднему проспекту Васильевского ос-



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

трова и начало строительство нового здания. В новых помещениях должен был расположиться Физико-химический институт Высших женских курсов имени В.П.Тарновской (многолетней председательницы комитета Общества, умершей в 1913 году). Здесь были выстроены и оборудованы новые, современные лаборатории, кабинеты и лекционные залы с демонстрационными столами. Институт должен был принять слушательниц осенью 1914 года, но началась война, и Общество безвозмездно предоставило новое здание под госпиталь. Лаборатории переоборудовали под медицинские нужды, кабинеты — под операционные и перевязочные; в аудиториях разместились больничные палаты. Обслуживали госпиталь, от лабораторных исследований до ухода за ранеными, преподаватели, сотрудники и слушательницы.

За войной последовали революции. Девушки были допущены во все высшие заведения, образование стало государственным и бесплатным. Бестужевские курсы лишились правового статуса, материальной базы и самого смысла самостоятельного существования и в 1919 году были окончательно присоединены к «большому» университету. Библиотека вошла в университетскую сначала на правах филиала, а затем вошла в состав депозитарного фонда.

Сейчас сотрудники библиотеки при поддержке факультета ведут работу по созданию мемориального музейно-библиотечного комплекса «Библиотека Бестужевских курсов»: составляются электронный каталог и научные описания внутренних коллекций, воссоздан исторический облик главного библиотечного зала. Все чаще приходят сюда гости: библиотечные работники, студенты и преподаватели, школьники; приходят и простые петербуржцы, чьи бабушки и прабабушки учились в этих стенах. И каждый находит для себя что-нибудь интересное...

Материалы очерка частично вошли в книгу: «Библиотека Бестужевских курсов: Историческая хроника в свидетельствах и документах» (изд-во СПбГУ, 2009).

Сведения о Бестужевских курсах и о библиотеке можно найти на страничке: <http://www.lib.pu.ru/bbk/>.



О том, как случай управляет нашей жизнью

Знакомые математики задали задачу. Допустим, в ходе телешоу вам предложили открыть одну из трех дверей. За одной из них находится автомобиль, который становится вашим, если вы сделаете правильный выбор. Вы указываете на приглашающую вас дверь, но тут ведущий открывает одну из оставшихся. За ней пусто. Ведущий предлагает вам еще раз подумать над выбором двери. И теперь вы выбираете уже из двух! Вопрос: окажется ли вероятность получения приза более высокой, если вы измените свое первоначальное решение и выберете ту дверь, которую не открыл ведущий? Казалось бы, с вероятностью 50% автомобиль может оказаться за любой из двух оставшихся закрытыми дверей. Ан нет! Математики, загадавшие эту загадку, с помощью теории вероятностей и несложных расчетов показали, что выгоднее изменить первоначальное решение и выбрать ту дверь, которую ведущий оставил закрытой. Воспроизводить доказательство не буду, потому что оно приведено в книге Леонарда Млодинова «(Не)совершенная случайность», которую всем рекомендую.

В книге Леонарда Млодинова, в частности, рассказывается, что ответ на подобный вопрос был дан в 1990 году в рубрике «Спросите Мэрилин» американского журнала «Парад». Ведущая рубрики, Мэрилин вос Савант, была занесена в Книгу рекордов Гиннеса как человек с самым высоким IQ, равным 228. Мэрилин написала, что выгоднее сменить дверь. Ответом была волна возмущений, в том числе со стороны математиков. 92% американцев сошлись во мнении, что Мэрилин ошиблась! Даже прославленный венгерский математик Пол Эрдеш не соглашался с решением Мэрилин, пока его коллеги не осуществили компьютерное моделирование ситуации. И действительно, стратегия смены двери приводила к успеху в два раза чаще. В книге Млодинова изложен и ход рассуждений Мэрилин, и многое другое.

Значительное место в книге занимает рассказ об истории математики, и, в частности, истории возникновения теории вероятностей. Оказывается, несмотря на высокий уровень математики в Древней

Греции, теория вероятностей не могла там появиться, потому что греки во всех событиях видели волю богов, а не случайные процессы. К тому же форма записи арифметических действий в Древней Греции была далека от совершенства: для записи чисел вместо цифр использовались буквы, которыми обозначались единицы, десятки и сотни, нуля не было ранее II в. до н. э., порядок записи букв в числе был произвольный... В Древнем Риме вообще было худо с математикой. Вот как это описывает Леонард Млодинов: «В то время как в греческих книгах доказывалось равенство абстрактных треугольников, в римских книгах приводился ход вычислений глубины реки, другой берег которой занял неприятель. Неудивительно, что греки дали миру столько великих математиков... а римляне – ни одного. С такими-то приоритетами!» Однако «первые шаги в понимании случайности» сделали римляне, а теория вероятностей зародилась в XVI веке.

В книге приводятся биографии ученых, которые в своих работах развивали теорию вероятностей: Джероламо Кардано, Блез Паскаля, Якоба Бернулли, Пьера Симона де Лапласа. Многие не любят читать биографии, потому что зачастую это нудное чтение. Но у Млодинова не так. Биграфические сведения появляются в книге вперемежку с современными историями. Автор приводит интересные факты. Например, известно ли вам, что Кардано в младенчестве переболел бубонной чумой? Что рулетку изобрел Паскаль? Или что восемь человек из семейства Бернулли стали известными математиками? А знаете ли вы, что такое «пари Паскаля»?

Про «пари Паскаля» хочется рассказать, настолько это неожиданно! Оказывается, Блез Паскаль математическими расчетами обосновал необходимость добродетельной жизни.

«При умножении любой конечной, даже очень маленькой, вероятности, что Бог окажет человеку милость за его добродетельное поведение, на бесконечно большую ценность приза получается бесконечно большая величина». Из этого рассуждения Паскаль сделал вывод, что «любой разумный человек будет следовать законам Божьим», даже если он сомневается в существовании Бога.

Ученым Леонард Млодинов дает любопытные характеристики. Вот, например: «Вообще Лаплас был человеком неплотным, не чуждым широких жестов, однако иной раз неосознанно заимствовал идеи из чужих работ и без устали рекламировал себя». Лаплас обладал также незаурядной политической гибкостью, в отличие от Лавуазье, вместе с которым Лаплас работал много лет.

И все же исторические экскурсы – лишь приправа к основному содержанию книги. Леонард Млодинов не просто рассказывает о возникновении и развитии представлений о случайности, вероятности и статистике. Книга учит применять элементы этого учения в повседневной жизни, показывает типичные ошибки в оценке случайности событий и вероятности исходов. Это хотя и интересное, но непростое чтение. Для него не требуется особых познаний в математике, зато необходимы навыки логического мышления. Приходится внимательно следить за рассуждениями автора. «Так что если вы одним глазом читаете эти строки, а другим смотрите повтор «Симпсонов», вам наверняка придется сосредоточиться на чем-то одном», — пишет Леонард Млодинов. И терпеливо ведет читателя по пути логических умозаключений, поясняя сказанное на все новых и новых примерах. В конце концов смысл проясняется.

Главное достоинство книги Леонарда Млодинова — в ее практической актуальности. На ее страницах получаешь ответы на самые разнообразные вопросы: является ли улучшение результатов в обучении следствием наказания за ошибки? Почему каждый из нас всегда выбирает самую медленную очередь в супермаркете? Какова надежность тестов на ДНК? Какова вероятность того, что анализ на СПИД даст ложно положительный результат, а маммограмма не обнаружит рак груди? Что такое «ошибка обвинения»? Стоит ли безоглядно доверять стобалльной оценке качества вин? Что такое «регрессия к среднему» и к чему она приводит? Играет ли роль случай в жизненном успехе? Как «поймать» удачу? И это далеко не все!

Вот чудесная история. В американской школе оценки за сочинения выставляются по стобалльной шкале. Два ученика сдали одинаковые сочинения. Учительница не заметила подлога. В результате один



Леонард Млодинов.

«Совершенная случайность».

М. :Livebook/Гаятри, 2010

ученик получил за сочинение 90 баллов, а другой только 79. Млодинов комментирует факт так: «На первый взгляд странно, но только если вам не доводилось, как мне, ночь напролет проверять здоровенную стопку работ, гоняя по кругу, чтобы ненароком не заснуть, музыку из “Стар Трек”» И далее рассуждает о точности педагогических измерений.

Нам эта история интересна в контексте того, что уже не один год (и даже не один десяток лет) поступают предложения расширить шкалу школьных оценок. Мол, пятибалльная шкала не способна в полной мере отразить различия в уровне подготовки школьников. Но тогда уместно задать вопросом, который задает в своей книге Леонард Млодинов: «Каким образом бедная миссис Финнеган проводит тонкое различие между двумя школьными сочинениями, ставя за одно 92 балла, а за другое 93?» Здравомыслящему человеку понятно, что субъективность оценки, выставляемой учителем, никуда не денется ни при десятибалльной, ни при стобалльной шкале. Но чем больше делений на этой шкале, тем больше доля случайных расхождений в оценке школьников одного уровня подготовки, что данная история и проиллюстрировала. А в книге Леонарда Млодинова «(Не)совершенная случайность» еще много таких историй. Желая приятного чтения!

Миф о разрушении мифов

Агрессивный дизайн обложки и хвастливое название сделали свое дело — книга Криса Смита «Разрушители научных мифов» была заказана в Интернет-магазине. Потому что в обычном магазине достаточно было заглянуть под обложку, и покупка, скорее всего, не состоялась бы. Поскольку ни мифов, ни их разрушения в книге не обнаружилось. На этом можно было бы и остановиться. Но возможно, кто-то из читателей оказался заинтригованным? Поэтому все-таки немного расскажу об этой книге.

Главное ее достоинство — удобный карманный формат и хороший переплет. Автор книги, Крис Смит, не только доктор медицины, преподаватель Кембриджского университета, но и основатель научно-популярного радишоу на BBC «Naked Scientist» («Голый ученый»). Таково, кстати, и оригинальное название книги Криса Смита. Однако российский читатель такой заголовок не понял бы, поскольку с шоу не знаком.

Как видим, «разрушение научных мифов» придумано российскими издателями. На оборотной стороне обложки они безбожно зазывают читателя, обещая «встречу с самыми удивительными случа-

Крис Смит
«Разрушители научных мифов».
Москва.
ПОКОЛЕНИЕ, 2007

ями, самыми невероятными открытиями и самыми скандальными разоблачениями». И в самом деле, кто же будет читать книгу, если в ней нет скандальных разоблачений? Тогда уж надо было и название перевести дословно: про голого ученого тоже всем должно быть интересно!

Однако книга Криса Смита построена отнюдь не в жанре журналистского расследования, как можно было бы подумать, прочитав аннотацию. Она представляет собой сборник коротких заметок о новых достижениях в области техники, технологии и различных наук. Иногда среди этих текстов попадаются изложенные по принципу игры «Верить — не веришь» утверждение и оценка его истинности. Может, это и есть обещанные скандальные разоблачения? Вот пример: «Говорят, что... неон в неоновых лампах освещения — это своего рода газ». — «Да! Неон — это один из так называемых благородных газов... и т. д.». Неужели это у кого-то еще вызывает сомнения?

Каждая заметка в книге имеет заголовок в форме вопроса. Иногда это просто вопрос, из которого понятно, о чем пойдет речь дальше: «Можно ли определить по окаменелым останкам, самкой или самцом был динозавр?» Но довольно часто это вопрос «с юмором» (несколько разухабистым): «Вы имеете в виду «фермерский запах» или просто избегаете слова “дерьмо”?» Вопрос в такой формулировке не позволяет определить заранее, чему посвящена статья. Поэтому каждая из них снабжена на полях рубрикой, а в конце книги дан указатель страниц, на которых можно найти тексты каждой рубрики.

К теме «Химия» относятся всего два сообщения. В одном речь идет о сверхпрочном полимерном покрытии для экранов мобильных телефонов и компьютерных дисков. В другом тексте рассказывается о новой технологии получения карбида кремния из древесины и достоинствах та-

кого продукта. Больше всего сообщений по темам «Биология человека», «Биология животных», «Заболевания и расстройства», «Медицина», «Экология». Что и неудивительно, учитывая профиль автора.

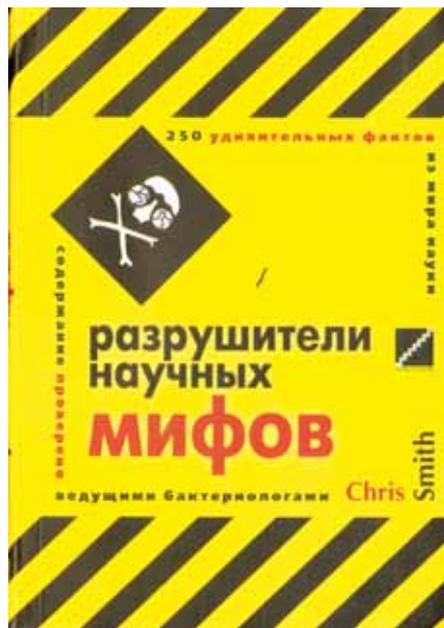
Но, как нам известно со школьных времен, химия «широко распространяет руки свои в дела человеческие». И даже в заметках, номинально не относящихся к теме «Химия», без ее достижений не обходится. Это очень любопытно, да только переводчик не справляется с трудностями перевода химических названий. Так, метиловый эфир жасминовой кислоты (метилжасминат) назван «метил жасминатом». Но тут хотя бы понять можно. А что такое «6-метил-5-гептан-2»? Или «3-метил-2-октановая кислота»? Да и не только с названиями проблема. Вот фраза: «Дерево в естественных условиях отвердевает (превращается в камень), если оно погружено в бедную кислородом почву, которая предотвращает его разлом». Какой такой разлом? Как предотвращает? Загадки...

Еще одна загадочная фраза, уже не имеющая отношения к химии: «В отличие от взрослых мужчин многие молодые юноши, у которых развивается лейкемия, достигают полного выздоровления только после соответствующей терапии». Понимать ли это так, что взрослые могут достигнуть выздоровления без соответствующей терапии, а юноши этого не могут? Перевод этой фразы, мне кажется, не требует специальных знаний ни в какой области, кроме английского языка. И традиционный вопрос: читал ли эту фразу редактор?

Но вы уже поняли, что тематика затронутых в книге проблем очень разнообразна: лечение рассеянного склероза и болезни Альцгеймера, поведение животных и растений, связь между продолжительностью жизни и регулярностью посещения церкви... Вот интересный факт: комманды, одетые в форму красного цвета, чаще побеждают в спортивных играх. Этому есть научное объяснение. Красный цвет в природе — знак доминирования и агрессии и связан у самцов с выработкой тестостерона. Как связан — не объясняется. Но теперь понятно, отчего «Спартак» — чемпион! Или вот про мышей: «Ученые из Оксфордского университета обнаружили, что мыши часто оставляют горстки семян, кучки прутиков или скорлупок, которые помогают им найти дорогу домой». Хитрые мыши не хотят метить свой путь, как это делают собаки на прогулке, чтобы не подавать сигналы о своих перемещениях хищникам вроде лис.

Многое из написанного в книге Криса Смита очень интересно, но подходит скорее для газетной или журнальной рубрики. Читать несколько часов короткие разрозненные заметки, которые быстро улетучиваются из памяти, не будучи связанными какой-то общей идеей, вряд ли имеет смысл.

Е.Лясота



Рожь

Чем рожь лучше пшеницы? Рожь посевная введена в культуру относительно недавно. Специалисты полагают, что когда-то она была сорняком пшеничных и ячменных полей. Но в суровые годы пшеница и ячмень погибали, а сорная рожь росла как ни в чем не бывало. Земледельцы вынуждены были довольствоваться тем, что выросло, и оказалось, что рожь не только вполне съедобна, но даже и вкусна, к тому же неприхотлива. Она растет на менее плодородных почвах, чем пшеница, лучше переносит холод и засуху. Так рожь стали сеять специально. (Это произошло еще до начала новой эры.) Однако во второй половине XX века появились сорта пшеницы, вызревающие в суровых условиях Нечерноземья, и заняли площади, которые раньше засеивали рожью: пшеница все-таки более ценная продовольственная культура. Но иногда рожь, как встарь, засоряет пшеничные посевы и дает отличные спелые зерна. При обмолоте урожая с таких полей получают зерновую смесь пшеницы и ржи — суржик.

Существует промышленный гибрид пшеницы и ржи, тритикале, урожайный и белком богатый, но хлеб из его муки пока получается невысокого качества. Так что зерно тритикале используют главным образом как фуражное.

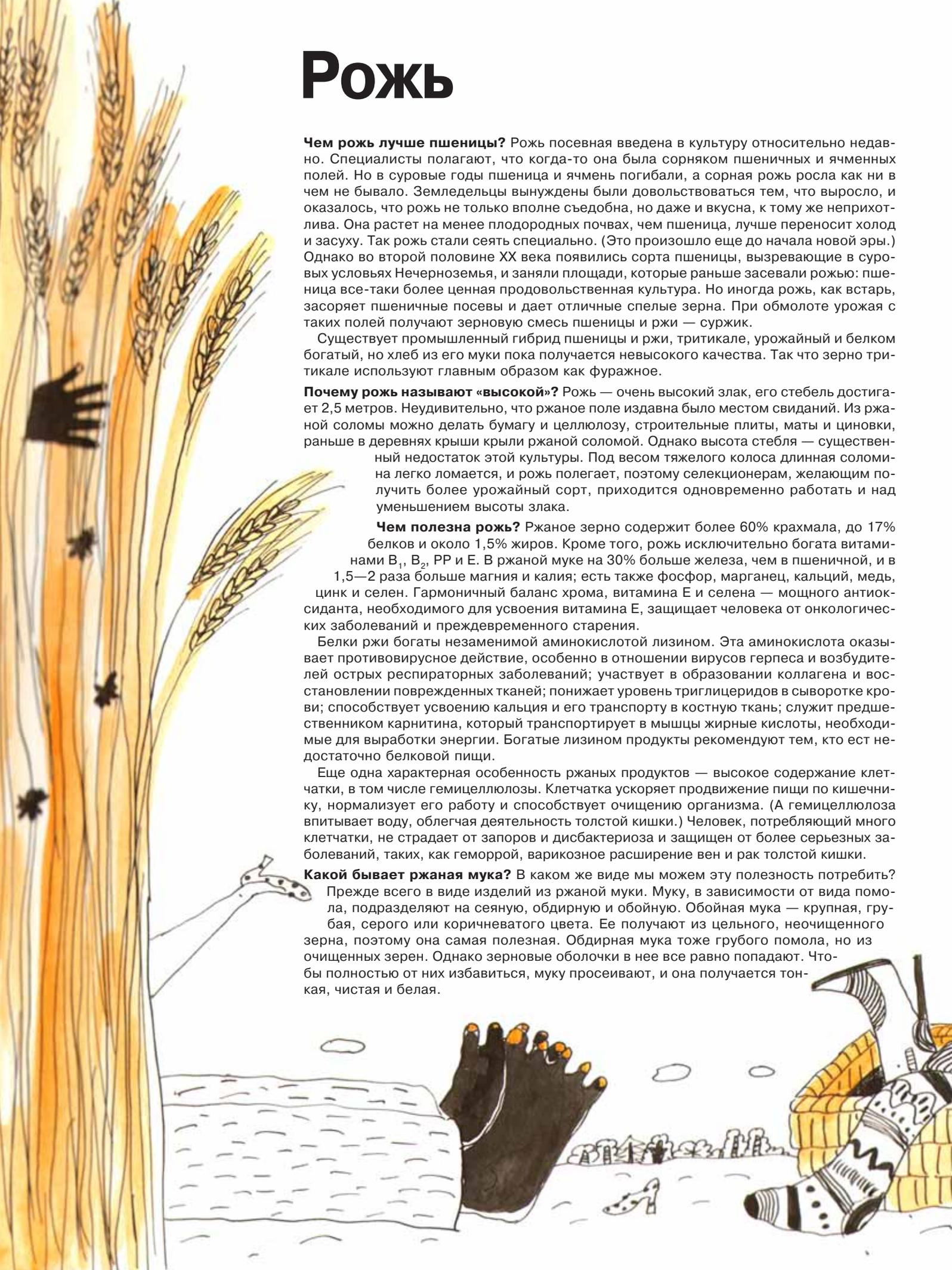
Почему рожь называют «высокой»? Рожь — очень высокий злак, его стебель достигает 2,5 метров. Неудивительно, что ржаное поле издавна было местом свиданий. Из ржаной соломы можно делать бумагу и целлюлозу, строительные плиты, маты и циновки, раньше в деревнях крыши крыли ржаной соломой. Однако высота стебля — существенный недостаток этой культуры. Под весом тяжелого колоса длинная соломина легко ломается, и рожь полегает, поэтому селекционерам, желающим получить более урожайный сорт, приходится одновременно работать и над уменьшением высоты злака.

Чем полезна рожь? Ржаное зерно содержит более 60% крахмала, до 17% белков и около 1,5% жиров. Кроме того, рожь исключительно богата витаминами B₁, B₂, PP и E. В ржаной муке на 30% больше железа, чем в пшеничной, и в 1,5—2 раза больше магния и калия; есть также фосфор, марганец, кальций, медь, цинк и селен. Гармоничный баланс хрома, витамина E и селена — мощного антиоксиданта, необходимого для усвоения витамина E, защищает человека от онкологических заболеваний и преждевременного старения.

Белки ржи богаты незаменимой аминокислотой лизином. Эта аминокислота оказывает противовирусное действие, особенно в отношении вирусов герпеса и возбудителей острых респираторных заболеваний; участвует в образовании коллагена и восстановлении поврежденных тканей; понижает уровень триглицеридов в сыворотке крови; способствует усвоению кальция и его транспорту в костную ткань; служит предшественником карнитина, который транспортирует в мышцы жирные кислоты, необходимые для выработки энергии. Богатые лизином продукты рекомендуют тем, кто ест недостаточно белковой пищи.

Еще одна характерная особенность ржаных продуктов — высокое содержание клетчатки, в том числе гемицеллюлозы. Клетчатка ускоряет продвижение пищи по кишечнику, нормализует его работу и способствует очищению организма. (А гемицеллюлоза впитывает воду, облегчая деятельность толстой кишки.) Человек, потребляющий много клетчатки, не страдает от запоров и дисбактериоза и защищен от более серьезных заболеваний, таких, как геморрой, варикозное расширение вен и рак толстой кишки.

Какой бывает ржаная мука? В каком же виде мы можем эту полезность потребить? Прежде всего в виде изделий из ржаной муки. Муку, в зависимости от вида помола, подразделяют на сеяную, обдирную и обойную. Обойная мука — крупная, грубая, серого или коричневатого цвета. Ее получают из цельного, неочищенного зерна, поэтому она самая полезная. Обдирная мука тоже грубого помола, но из очищенных зерен. Однако зерновые оболочки в нее все равно попадают. Чтобы полностью от них избавиться, муку просеивают, и она получается тонкая, чистая и белая.



Из муки, в том числе и ржаной, издавна варили каши. Одна из них — солодат, жидкая каша из прожаренной муки, заваренной кипятком и распаренной в печи, иногда с добавлением жира. Была еще кулага — сладковатое кушанье из распаренного в печи ржаного солода и ржаной муки. Если сыпать муку в кипящую воду и непрерывно при этом помешивать, получалась завариха. Более густая каша, причем только из ржаной, а не из какой другой муки, называлась густихой.

Почему ржаной хлеб черный? Ржаной хлеб пекут обычно из обдирной муки. Его приходится выпекать дольше, чем пшеничный. При длительной выпечке образуются темноокрашенные вещества меланоидины — продукты реакции между аминокислотами и сахарами.

Ржаная мука плотнее пшеничной, и в ней меньше клейковины, поэтому тесто из нее поднимается плохо, а хлеб получается «тяжелый». Он еще и кислый, поскольку настоящий черный хлеб готовят на закваске — остатках старого теста. Эта закваска состояла из кислотолюбных бактерий и дрожжевых клеток. Благодаря высокой кислотности черных хлеб долго не плесневеет.

Хлеб из чистой ржаной муки практически полностью удовлетворяет потребности организма в витаминах В₁, В₂, РР, фосфоре и железе. Он менее калориен, чем пшеничный, и содержит много пищевых волокон, поэтому за фигуру можно не беспокоиться. Однако его не рекомендуют людям с повышенной кислотностью и язвенной болезнью.

Современный черный хлеб пекут на опаре, а к ржаной муке добавляют 15—25% пшеничной. Изделие получается более пышное и не такое кислое, как чисто ржаной хлеб, увы, не столь полезное, но более пригодное для ежедневного употребления.

Из ржаной муки можно испечь не только простой хлеб, но и сладкие печенья, пампушки и пряники. Для пряников, например, в тесто добавляют орехи, сахар или мед, лимонный сок и мяту.

Что такое черная и зеленая каша? Из очищенных и отшлифованных зерен получали ржаную крупу, светло-бежевого или коричневатого цвета, и варили из нее черную кашу.

Была еще зеленая ржаная каша — ее готовили из зерен в стадии восковой спелости. Причем к началу XX века зеленая каша была доступна только зажиточным людям. Почему-то не полагалось обрывать для нее колосья в поле, для этой цели отводили специальную делянку рядом с домом, а бедные крестьяне себе этого позволить не могли.

Какие напитки делают из ржи? Самый известный напиток — ржаной квас, приготовленный из хлеба или солода. Это полезнейший напиток, лучшее средство от авитаминоза. Менее известно ржаное пиво, его чаще варят в США. Это пиво имеет достаточно интенсивный хлебный вкус и легкую кислинку.

Виски — напиток, который сложно назвать полезным, но бывают и ржаные сорта. При их производстве берут 51% ржи, остальное сырье — злаки других видов.

Как лечиться рожью? Проросшие зерна ржи содержат в 2—4 раза больше полезных веществ, чем семена. Ржаной солод (проросшие и высушенные зерна) обеспечивают нормальную работу сердца и мозга, снимают последствия стрессов, заметно улучшают состояние волос и кожи. Ржаной солод полезен детям и людям преклонного возраста, беременным женщинам и кормящим матерям, тем, кто занят интенсивным умственным и физическим трудом.

Среди средств народной медицины очень популярен отвар ржаных отрубей. Его пьют при расстройстве кишечника. (А ржаной хлеб — напротив, легкое слабительное.) Он представляет собой хорошее отхаркивающее и смягчающее средство и помогает справиться с затянувшимся кашлем и бронхитом. При воспалительных заболеваниях органов дыхания используют также настой из цветков и колосьев ржи. Кроме того, отвар отрубей помогает при туберкулезе легких, атеросклерозе, гипертонии, анемии, а также улучшает сердечную деятельность. Ржаные отруби и зеленая масса растений полезны при сахарном диабете и нарушении функции щитовидной железы.

Компрессы и припарки из теплого ржаного теста снимают боль при хроническом радикулите и помогают при твердых болезненных опухолях, а ржаным хлебом, размоченным в молоке, лечат фурункулы, трофические язвы и длительно не заживающие раны.

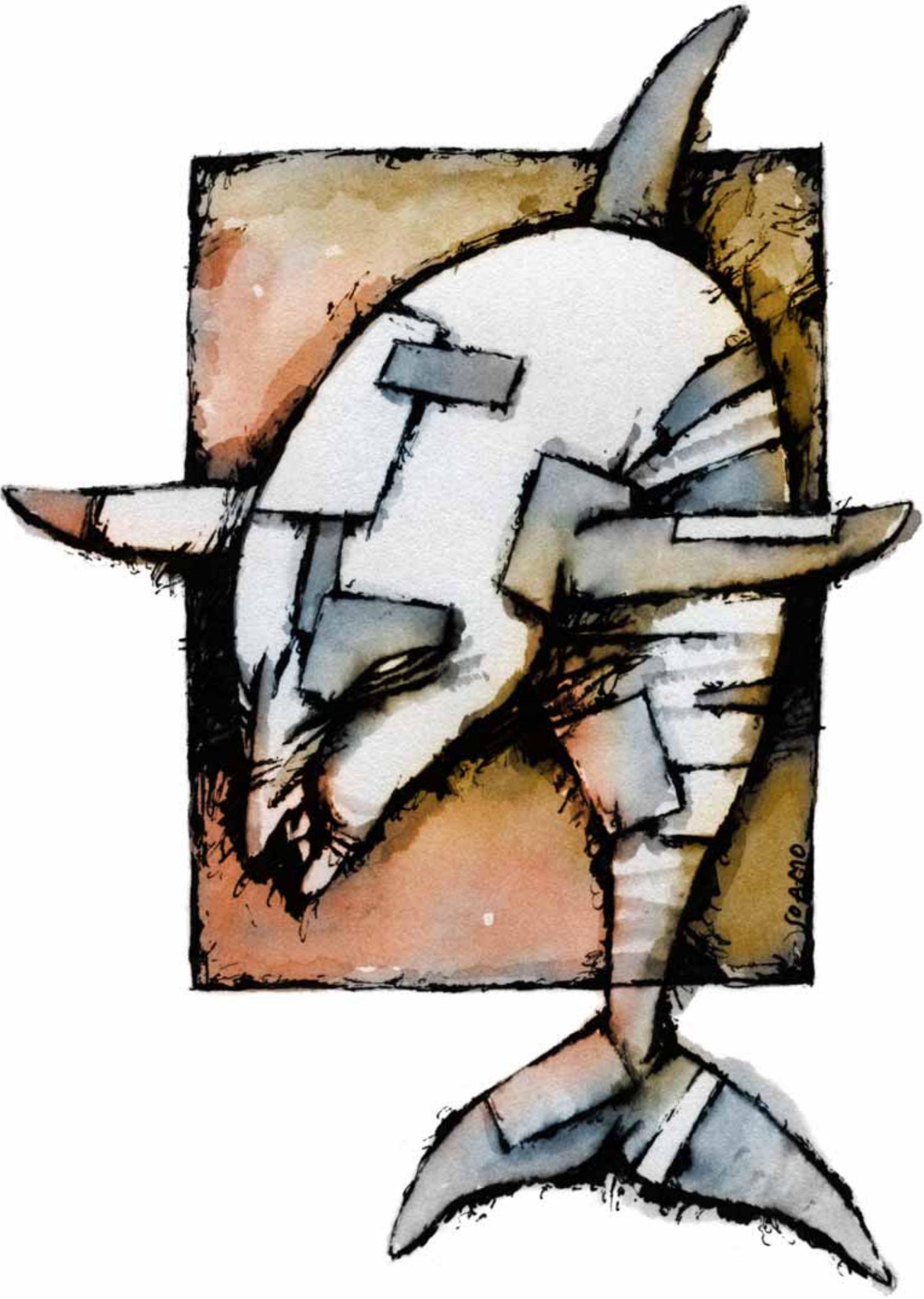
Настоем из ржаных сухарей или ржаного хлеба моют голову при перхоти и выпадении волос, только делать это нужно долго и упорно.

Н. Ручкина



ЧТО МЫ ЕДИМ





Фата-Моргана

Александр Неуймин

1

Родился я в 1989 году в Неваде и до четырнадцати лет благополучно проживал в маленьком городке близ столицы нашего штата Карсон-Сити.

Моим родителям принадлежала небольшая автозаправочная станция, доставшаяся папаше в наследство от его беспутного дяди. Отец целыми днями торчал в магазинчике или мастерской, если случались заказы на починку какой-нибудь древней развалюхи, непонятным образом добравшейся до нас и здесь отдавшей Богу свою механическую душу. Матушка же ведала небольшим мотелем на шесть комнат — довольно популярное место среди влюбленных парочек с томными взглядами и коммивояжеров с пыльными чемоданами. Эти сумки и свертки стали нашими постоянными спутниками спустя несколько лет. А пока жизнь моя была похожа на кисель — вязкий и мутный.

Весь мой детский мир вращался вокруг нашего семейного бизнеса да школьного автобуса, желтым кошмаром врывающегося в предзакатные сумерки каждую неделю, с понедельника по пятницу. Школа — мой ужас, моя боль, мой страх...

Все началось с того момента, когда мы прошли обязательный тест на определение умственного развития. После этой процедуры ко мне намертво прикипело прозвище «Семьдесят первый». Всего один балл отделял меня от отправки в школу для дефективных. Этого не случилось, но мое личное дело на всю жизнь украсила литера «С» — «неспособный». Надо ли говорить, что все случившееся не осталось без внимания моих одноклассников. На долгие шесть лет я превратился в полное ничтожество, проводящее большую часть времени за горой гимнастических матов школьного спортзала в безуспешной попытке спрятаться от одноклассников, спрятаться от самого себя.

Родители всячески старались поддерживать меня, отец уверял, что для работы в нашем бизнесе моих мозгов более чем достаточно, а с яйцеголовыми учеными мне общаться не придется. Как же он ошибался.

В июне 2003 года впервые за много лет отец собрался в отпуск. Возможно, наша жизнь и дальше протекала бы в привычном русле, но у папы была своя страсть. Он до дрожи обожал телевизионные викторины. Его заветная мечта — приз в миллион долларов и фото на обложке журнала «Таймс». И если в прямом эфире звучал вопрос, отец, забросив все дела, бросался к телефону в тщетной попытке проявить свои знания. Иногда ему это удавалось, чаще милый голос просил подождать или попробовать дозвониться в другой раз. Тем не менее деньги лились рекой. Жаль только, что течение этого потока было направлено в противоположную от нашей семьи сторону. Если сложить вместе все счета телефонной компании, оплаченные нами, миллиона, конечно, не выйдет, но сумма все равно приличная.



ФАНТАСТИКА

И все же однажды папе повезло. Нет, денег он не выиграл, но ему досталась туристическая путевка. Десять дней отдыха в тропическом раю. К отъезду родителя готовилась вся семья. Мама несколько раз переключала чемодан, проверяя, на месте ли носки и гавайские рубашки. Папа ходил важным и ежедневно за ужином считал своим долгом напомнить, что я остаюсь за старшего мужчину. А мне было обидно. Через несколько дней мой день рождения, и я первый раз в жизни буду встречать его без отца.

Он отправился в путешествие 18 июня, а через два дня, в день моего четырнадцатилетия, раздался телефонный звонок и суровый мужской голос сообщил, что яхта, на которой отец отправился на дайвинг, попала в шторм и не вернулась в порт. Отца искали десять дней...

Примерно месяц мама ходила сама не своя, а в конце июля сообщила мне, что продала наш мотель вместе с заправочной станцией, магазином и мастерской и теперь нам придется срочно уехать. Мы стали похожи на тех коммивояжеров, что останавливались у нас на ночь. Сумки, чемоданы, свертки, потухшие глаза. Потом — несколько лет, подобных калейдоскопу: маленькие городки сменяли мегаполисы, придорожные гостиницы — отели средней руки. Школы перестали быть кошмаром, и я даже не запоминал имена учителей. Ни в одном городе мы не задерживались больше чем на пару месяцев. Врагов у меня не было, я просто не успевал их себе нажить. Мы болтались по всей стране, но никогда даже не приближались к побережью.

С каждым годом мама все больше отдалялась от меня и всего остального мира. Часами она могла сидеть неподвижно перед фотографией отца, затем резко вскакивала и начинала метаться по комнате. Нет, она не кричала, не впадала в истерику, но от этого мне становилось лишь страшнее. Нередко я думал о том, что живу словно в старом немом кино: быстрая смена кадров, черно-белая реальность да уснувший тапер, забывший об обязанности озвучивать весь этот мелькающий бред.

Поздним вечером 25 декабря 2007 года мамы не стало.

Говорили, что водитель грузовика слишком спешил к рождественскому столу, не знаю. Мне кажется, мама намеренно шагнула под колеса. Она так и не научилась жить без отца. Я не хочу вспоминать о том дне, когда остался совсем один.

Как ни странно, мне все же удалось окончить школу. Денег, полученных по страховке, при достаточно бережном отношении могло хватить на несколько лет, а я был очень экономным. В связи с тем, что мы словно полоумные скакали из города в город, мне пришлось выбрать профессиональный профиль. Смысл таких занятий сводился к тому, что большую часть времени мы проводили в школьных мастерских, количество же академических часов при такой системе сокращалось до минимума. В конце кон-

цов, сдав необходимые зачеты по шестнадцати курсам, я стал счастливым обладателем диплома об окончании средней школы. Понятно, что знаний, полученных мной при такой подготовке, было недостаточно для поступления в колледж. Впрочем, я и не стремился учиться. Мне хотелось побывать в тех местах, где отец провел последние дни своей жизни. Я отправился на юго-восток штата Вирджиния.

Именно там, в Вирджинии-Бич, среди лавок с мороженым и китайской едой я наткнулся на лоток характерной защитной раскраски, украшенный надписью «US Army».

Ко мне подошел офицер в форме ВМС США и молча сунул в руки листовку. Я прочел: «Люди начинают понимать, что свобода никогда не бывает бесплатной. Они привыкли к тому, что свобода — это неотъемлемое и естественное право. И к сожалению, только события, подобные тем, что поразили Америку, заставляют народ задуматься, какова все-таки цена свободы».

Чуть ниже красовалась размашистая подпись: «Майор Марк Эпли».

Я непонимающе уставился на офицера.

— О чем здесь речь, сэр?

— Террористы, сынок. Они угроза, с которой должен бороться любой гражданин. Надеюсь, ты гражданин?

— Конечно, сэр!

— Замечательно! — Офицер приблизился ко мне почти вплотную. — Кто твои родители?

— Я сирота, сэр.

— Сынок, поверь мне, ты не случайно появился здесь. Служба в армии словно создана для таких, как ты.

Он принялся совать мне в руки красочные буклеты, описывающие прелести армейской жизни...

Если вы меня спросите, почему в тот день я поставил свою подпись под заявлением о желании вступить в ряды Вооруженных сил США, я не смогу ответить. Наверное, офицер оказался опытным психологом, ведь это его работа — тащить в армию таких оболтусов, как я, а может быть, он был очень похож на моего отца... В общем, я стал рядовым армии Соединенных Штатов. И самое смешное, мне понравилось служить. Кстати, до океана я все же добрался.

2

Научная станция «Ингрид» уже несколько лет занималась обучением дельфинов для охраны военно-морской базы Китсап-Вангор, расположенной недалеко от Сиэтла. Станция была именно научная, назвать ее военной у меня язык не поворачивается. Несколько белых корпусов исследовательских лабораторий уютно разместились вдоль побережья небольшой бухты, огороженной от океана невысокой дамбой. Поистине райский уголок...

Однажды, взяв ведро с рыбой, я направился к бассейну.

— Майкл! — Сержант высунулся из дверей казармы. — Подожди сюда.

— Слушаю, сэр! — Я вытянулся по стойке «смирно».

— Сегодня должен приехать новый яйцеголовый. Проследи за тем, чтобы был подготовлен карантинный бокс.

— Сэр, разрешите спросить?

— Я слушаю, рядовой. — Сержант задумчиво смотрел поверх моей головы, выпуская ароматные клубы сигарного дыма.

— Сэр, кого мы ждем?

Сержант удивленно посмотрел на меня:

— Какая тебе разница?

— Просто интересно, сэр.

— В общем-то это не мое дело, но я слышал, как начальник лаборатории распинался, мол, эти русские уже и сюда добрались.

— Сэр, так новый яйцеголовый — русский?

— Вроде того. — И сержант смачно выругался. — Твою мать! То мы с ними воюем, то они лучшие друзья. Черт бы побрал этих политиков.

— Еще вопрос, сэр. Для кого готовим бокс?

— Представляешь, этот русский медведь решил явиться к нам со своим собственным дельфином! — Сержант расхотался и запустил окурком в мусорный контейнер. — Ладно, иди.

Я молча побрел выполнять приказ.

Вот ведь дела — собственный дельфин! Этот русский и впрямь полный придурок...

Накормив рыбой нашу «Великолепную шестерку», я вооружился шваброй и приступил к уборке огромной ванны, гордо именуемой карантинным боксом.

Спустя сорок минут, глядя на почти наполненную водой емкость, я заметил человека, стоящего рядом с центральным бассейном. Заинтересованный, я подошел поближе.

Незнакомец неожиданно вскинул вверх руку и резко свистнул. Все шесть наших дельфинов, словно по команде, выпрыгнули из воды. Я восторженно зааплодировал. Мужчина обернулся и, улыбаясь во весь рот, поманил меня рукой:

— Привет, кто такой? Служишь здесь?

— Рядовой Майкл Стелпер, сэр.

— Значится, Степлер. — Мужчина с интересом оглядел меня с ног до головы. — Наслышан, наслышан. Намучаешься ты с такой фамилией.

— Прошу прощения, сэр. Не понял.

— Да ладно, чего там. Шутка юмора это.

— Понятно, сэр. — Я растерянно огляделся, не зная, стоит ли продолжать разговор или уже пора звать охрану.

Мой собеседник, казалось, несколько сконфузился, но затем, снова улыбнувшись, протянул мне руку:

— Давай знакомиться, что ли? Игорь Сергеев, доктор наук, с сегодняшнего дня твой непосредственный начальник.

— Док...

— Да, кстати, я тебя очень прошу не называть меня доком. Понимаешь, у нас так принято обращаться только к врачам, а из меня врач — как из свиньи физик-ядерщик.

— Где это у вас, сэр?

— Есть такая страна, рядовой, Россия...

Так, широко улыбаясь, в мою жизнь ворвался Игорь.

Порез, заработанный мной сегодня утром, слегка побаливал. Глупо: перетягивал ограждение возле дамбы и случайно зацепился за «колючку», словно нарочно брошенную здесь же. Ладно, все это мелочи жизни, как говорит Игорь.

— Сэр, разрешите вопрос?

— Валяй. — Игорь валяжно развалился в шезлонге и потягивал коктейль.

— Что у него с головой?

Русский приподнялся и посмотрел на дельфина. Борька, вот уже полчаса нарезавший в бассейне бесконечные круги, остановился и, высунувшись из воды, поприветствовал хозяина радостным стрекотом.

— А что не так?

— Наросты, сэр.

— Ах, это! — Игорь вытащил из ведра сардину и бросил в воду. — У него в голове электроники на десяток-другой тысяч долларов. Все не поместилось, вот и пришлось, так сказать, раздвинуть границы.

— Сэр, так вы занимаетесь не только дрессировкой?
— Смешной ты! Дрессура не дает полной гарантии, что в случае необходимости он выполнит любой приказ. А тебе известно, как командование относится к невыполнению приказа?

— Известно, сэр.

— Вот и приходится немного перестраховываться.

Игорь выбрался из пляжного кресла и подошел ко мне:

— Ну-ка, покажи руку. Что случилось?

— Порез, сэр. Ничего серьезного.

Но он размотал грязную повязку и внимательно осмотрел рану:

— Знаешь что, давай-ка пойдем в медкорпус и хорошенько промоем, а то подхватишь какую-нибудь заразу...

Спустя полчаса мы сидели на веранде главного корпуса — Игорь, сержант и я.

— Когда у нас закончилась перестройка, в Севастополе все накрылось медным тазом. Финансирование прекратилось, и весь наш центр разогнали. Животных руководство продало в дельфинарий. Мне пришлось несколько лет зарабатывать на жизнь, торгуя на местном рынке фруктами. Такие дела. — Игорь закурил. — Днем я продавал хурму, а вечерами писал письма всем своим старым знакомым по научной работе. Писал, надеялся — и вот я здесь.

— А Борька? — Сержант кивнул в сторону карантинного блока.

— Борька был моим единственным условием переезда. ВМС умудрились выкупить его у дельфинария.

— И что, — не унимался сержант, — никому даже в голову не пришло проверить, что у него в голове?

— Ну, во-первых, мало кто знал, чего мы туда напихали, а потом, не до того всем было, каждый стремился заработать — ракетами торговали, а тут какой-то дельфин.

Игорь докурил и осмотрелся по сторонам, выискивая, куда бросить сигарету. Потом со вздохом засунул окурочек в полупустую пачку:

— У меня тут предложение есть, к вам двоим. — Игорь замялся, словно подбирая слова. — В общем, так: я вроде как месяц отработал, у нас в стране принято с первой зарплаты проставляться.

— Что делать? — не понял сержант.

— Да не знаю, как правильно сказать. Короче, я приглашаю вас на пикник. Возражения имеются?

Я вопросительно глянул на сержанта:

— Сэр?

Сержант не возражал.

Я очень старался не сбиться с ритма. Получалось у меня, скажем прямо, неважно. Зажатая между ног пластиковая канистра ежеминутно норовила выскочить. Игорь, стоя по колено в воде, размахивал пустым стаканом и громогласно распевал:

*Многие лета
тем, кто поет во сне.
Все части света
могут лежать на дне.
Все континенты
могут гореть в огне,
Только все это не по мне.*

*Но, парус порвали, парус!
Каюсь, каюсь, каюсь...**

Я не понимал ни слова, но песня просто завораживала. Мне было очень хорошо. Лишь изредка я боязливо косился на сержанта.

* Из песни Владимира Высоцкого.



ФАНТАСТИКА

жанта, но с этой стороны опасности не предвиделась: развалившись прямо на песке, сержант спал в обнимку с полупустой бутылкой «Джонни Уокера».

Игорь наконец-то выбрался на берег:

— А сержант-то у вас слабак оказался.

— Он ночью дежурил на пирсе, не выспался, — объяснил я и отложил в сторону канистру.

Игорь склонился над сержантом и аккуратно освободил бутылку из пьяных объятий. Плеснул себе виски.

— Будешь?

— Нет, спасибо, я вообще очень редко пью.

— Чего так? Болеешь?

— Да нет. Дельфины, сэр. Они не любят, когда к ним приходят после выпивки.

— Это правильно. — Игорь отбросил в сторону пустой стакан. — Знаешь, мне нравится, как ты относишься к нашим подопечным. Скажи, ты их жалеешь?

Я ненадолго задумался. В принципе, чего их жалеть? Нет, я, конечно, знаю, что дельфины — никакие не рыбы, а наши младшие братья, почему-то решившие покинуть землю и вернуться обратно в океан. Знаю, что они очень смывленные, трюки разные умеют выполнять, обучаются неплохо. Можно, конечно, пожалеть наших подопечных за то, что они живут в неволе, но на «Ингрид» тренируют только дельфинов второго поколения, то есть тех, которые родились и выросли точно в таких же бассейнах. Здесь их дом, так что жалость тут ни при чем. Поэтому мне оставалось лишь пожать плечами:

— Да нет, в общем-то я их не жалею. Им тут хорошо. Кормежка, игры — дельфиний рай, короче.

Игорь долго смотрел на звезды, а затем неожиданно резко спросил:

— А ты задумывался, что с ними происходит после того, как обучение закончено?

— Да ничего с ними не происходит. Отправляются на военную базу, а там — та же кормежка, тренировки.

— Но иногда они гибнут. — Игорь внимательно следил за моей реакцией.

— Сэр, не знаю, что ответить. Вот сержант говорит, что у нас на службе дельфины погибают значительно реже, чем в природе.

— Сержант — мудрый человек, — усмехнулся Игорь. — Знает, кому и что говорить. Впрочем, он не так далек от истины. — Он покрутил в руках бутылку, раздумывая, выпить или нет, но, отставив ее в сторону, продолжил: — А ты задумывался, почему все работы по использованию дельфинов и морских львов постоянно заходят в тупик?

— Нет, сэр. — По большому счету мне было не особенно интересно, но, похоже, моему другу необходимо выговориться, так что я готов потерпеть.

— Знаешь, как-то произошел один любопытный случай, который заставил нас задуматься о том, что мы подходим к проблеме совсем не с той стороны.

Игорь поднялся на ноги и немного походил по пляжу, затем вновь уселся у догоравшего костра.

— В конце шестидесятых под Херсоном — есть на Украине такой город — была оборудована секретная база, где проводили опыты с дельфинами. Поначалу какой-то умник предложил использовать их в качестве камикадзе.

— Как это — камикадзе? Ничего себе!

Грустно улыбнувшись, Игорь продолжил:

— А чему ты удивляешься? В советскую эпоху отношение к человеку как к расходному материалу было общим местом, а к дельфинам — тем более... Но эту программу пришлось быстро свернуть: после первого же испытания «в условиях, близких к боевым», то есть после первой же гибели дельфина, его сородичи послали своих инструкторов ко всем чертям и отказались исполнять их приказы. Даже за рыбу.

— Молодцы!

Я искренне порадовался за дельфинов, это надо такое удумать — дельфин-смертник.

Игорь все же сделал из бутылки большой глоток.

— Впрочем, если самоубийц из наших друзей сделать не удалось, то сторожами они стали отменными.

— Еще из них получаются хорошие разведчики, — поддакнул я. — Помните ту программу по обнаружению вражеских субмарин?

— Помню, конечно. Ты прав, разведчиками они оказались будь здоров. И теперь решено возобновить программу подготовки диверсантов — правда, несколько в ином ключе.

— Придумали, как сделать так, чтобы животные оставались в живых?

— Нет, по-другому. — Игорь задумчиво поглядел на мерцающий в лунном свете океан. — Кажется, нашли способ убедить братьев наших меньших с радостью выполнять любой приказ... В этот момент в районе дамбы прогремел взрыв.

3

— Да кто ты такой, твою мать! — Игорь со всей силы пнул катавшегося по земле налетчика.

Пленный молчал, не иначе, решил, что пришло время героизмов. Я мысленно посмеялся над его потугами. Какой смысл? Возможно, этому горе-террористу и удалось бы отмолчаться, участвуй в допросе только Игорь, но рядом стоял злой, как черт, сержант. Нет, ну согласишься, кому понравится проснуться оттого, что через тебя перепрыгивают два твоих недавних собутыльника и уносятся в ночь один с криками «тревога!», а второй — с малопонятными, но очень эмоциональными ругательствами.

Сержант склонился над лежащим на земле человеком и, чуть приподняв его, крепко встряхнул:

— Какая организация?

Вопрос был подкреплен не сильным, но довольно болезненным ударом в челюсть.

Налетчик жалобно заскулил:

— Общество «Океан без человека». Не бейте, прошу!

— Тебя здесь бить не собираются. Я тебя сейчас пристрелю за проникновение сюда и за попытку оказать сопротивление, а труп выброшу в море.

— Это правильно, — сказал Игорь. — Раз — и концы в воду.

— Не надо! — Пленник обвел нас обезумевшим от страха взглядом. — Я все расскажу. Это мое первое задание. Проверка. Мы хотим освободить дельфинов. Мне приказали заложить два заряда...

Похоже, теперь сержант был готов вытрясти из террориста душу.

— Где второй заряд? Отвечай, дерьмо!

— С левой стороны дамбы. Взрыв через пару минут. Мы очень боялись нанести вред дельфинам, поэтому первый заряд слабый.

Я с ужасом посмотрел в указанном направлении:

— Так там же...

— Бегом! — Сержант еще раз ударил пленного, и тот затых, потеряв сознание.

Я очень хорошо понимал, о чем сейчас думает сержант. С левой стороны дамбы располагалась подстанция, которая обеспечивала электроэнергией осветительную вышку над главным бассейном. Там же хранили запас баллонов со сжатым воздухом. Если произойдет взрыв... Ужас!

Мы подбежали к подстанции, и сержант скомандовал:

— Ищи с правой стороны, а я посмотрю возле входа и на крыше. И поторопись!

Нас догнал запыхавшийся Игорь (кабинетная работа не способствовала поддержанию хорошей спортивной формы).

— Ну как?

— Да никак.

Над козырьком крыши показалась голова сержанта.

— У меня чисто.

Я остановился напротив мусорного контейнера.

— Не исключено, что по закону всемирного свинства заряд здесь.

Игорь приблизился ко мне.

— Давай открывать, — сказал он. — Только осторожно.

Дрожащими руками я приподнял крышку и заглянул внутрь.

Небольшой сверток притаился среди обрывков шланга, старой ветоши и пустых банок из-под кока-колы. На передней панели, намертво охваченный скотчем, был дисплей, освещавший контейнер изнутри кровавым сиянием.

— Десять секунд до взрыва, — прошептал Игорь. — Все на место!

Я тупо смотрел на сменяющие друг друга цифры. Вот отец уезжает в свой первый и последний круиз, вот мама, закрыв глаза, делает шаг под колеса грузовика, вот наша «Великолепная шестерка» встречает меня радостным пощелкиванием, вот Игорь бинтует мою порезанную руку, сержант грязно ругается, но вместе со мной чистит бассейн — чтоб блестел, как у кота...

Я схватил сверток и побежал, унося смерть от своих друзей, от места, ставшего мне домом.

— Майкл, — голос Игоря, казалось, прорывался ко мне сквозь плотные слои ваты, — Майкл, ты слышишь меня?

Язык царапал небо, но не хотел повиноваться.

— Майкл, постарайся открыть глаза.

Я попытался, но нестерпимый свет, бивший в лицо, заставил меня вновь зажмуриться.

— Молодец, Майкл. Теперь слушай меня внимательно. Все хорошо, ты всех нас спас: и людей, и дельфинов — всех. Слышишь?

— Что со мной, сэр? — Сил, затраченных на то, чтобы произнести эту нехитрую фразу, наверное, могло хватить на перенос Бруклинского моста.

— Майкл, ты очень сильно пострадал. Да, сильно. — Игорь помолчал некоторое время. — Боюсь, что сегодня... то есть в наших условиях я не смогу тебе помочь. Слишком мало времени у тебя. Но! Но, Майкл, послушай, я могу перенести твой разум в Борьку, хотя это дорога в один конец. Короче, решать тебе, только быстро.

— Док! — Впервые после просьбы Игоря я назвал его так. — Мне больно, очень больно! Пожалуйста, док, я хочу жить...

О событиях той ночи никто, кроме меня, Игоря и сержанта, ничего не знает. Мы так решили. Сержант поначалу хотел было доложить начальству, но Игорь сказал, что я заслуживаю спокойную жизнь. И сержант спорить не стал: как ни крути, я спас им жизнь. Так что теперь мы, можно считать, в расчете.

Примерно через неделю после переноса моей личности в мозг Борьки Игорь провел целую кучу тестов. Результат ошеломил всех. Может, сказались прошлые попытки Игоря превратить Борьку в супердельфина, может, еще что, не знаю. В ходе тестов выяснилась одна интересная особенность: я начал мыслить по-русски. Так что читающие мои записки, надеюсь, простят меня за некоторую витиеватость изложения.

Жалко, но общаться я пока могу только с Игорем, ведь декодер существует только в двух экземплярах — один вживлен мне, второй — моему создателю. Правда, Игорь говорит, что в скором времени соберет еще один для сержанта.

Недавно Игорь предложил мне написать о своей жизни. Идея эта показалась мне довольно забавной: еще бы, я — первый на планете дельфин-писатель. Тем более Игорь согласился исполнять обязанности моего личного секретаря.

Кстати, меня оставили на «Ингрид» в качестве тренера, Игорь как-то убедил руководство, что в случае, если в группе новичков будет обученный дельфин, тренировать подопечных станет намного проще.

Как ни странно, начальство не возражало, так что воевать с людьми мне не придется...

Наверное.



ФАНТАСТИКА

Гриф «Top secret»

Из доклада командующему ВМС США

Согласно ранее утвержденному плану, объекту 71/1 (кодовое имя «Борька») была имплантирована матрица личности N5 — «рядовой Майкл Стелпер», вариация воспоминаний: «несчастное детство — ученый друг — террористы». Процесс приживания сознания прошел удовлетворительно. Последующие тесты показали великолепные результаты: наблюдается резкий скачок индекса 28 и, как следствие, повышение чувства долга и ответственности.

Ввиду всего вышесказанного считаю целесообразным продолжение исследований в рамках проекта «Фата-Моргана».

Матрица личности N5 рекомендуется к массовому применению.

Руководитель исследовательского центра «Ингрид»
Игорь Сергеев.

skomm.ru
СНЕЖНЫЙ КОМ

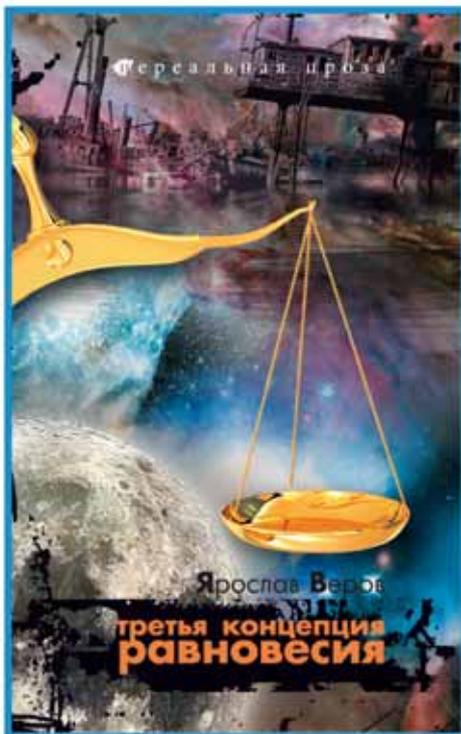
Хорошие тексты
в достойном
оформлении

Узнавайте первыми
о новых книгах издательства!

Сообщество в Живом Журнале
snezhnycom

<http://community.livejournal.com/snezhnycom>

новости, опросы, отзывы



Ярослав Веров — это всегда эксперимент.
И новый роман не стал исключением!



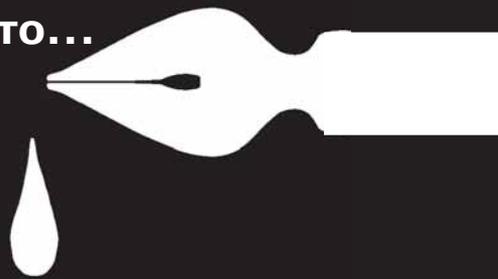
«Третья концепция
равновесия»

Смешно о серьезном, фантастично об обыденном, загадочно о известном — именно так пишет Далия Трускиновская, и новый её роман «Дурни вавилонские» — ещё одна яркая творческая жемчужина.





Пишут, что...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Пожар-прогрессор

Во второй половине XX века у палеонтологов появилось представление о некогерентной эволюции (термин ввел В.А.Красилов, а развитие эта концепция получила в трудах В.В.Жерихина). Суть ее в том, что природное сообщество, в силу тех или иных причин потерявшее своих главных членов, быстро деградирует и это дает шанс совершенно иному сообществу занять пространство. В качестве примера ученые приводят смену растительного покрова, которая началась в середине мелового периода и привела-таки к современному господству покрытосеменных растений. Напомним, что к ним принадлежит большинство окружающих нас растений, тогда как из голосеменных в наших широтах остались одни хвойные деревья. При динозаврах было наоборот.

Поскольку смена флоры происходила задолго до гибели фауны (динозавров, птерозавров и их прочих родственников и знакомых), привлечь для объяснения пресловутой метеорит не удастся. Вот биологи и ломают голову, с чем может быть связано массовое наступление покрытосеменных (а, по мнению Жерихина, именно оно, разрушив среду обитания животных, и привело к смене фауны). Очередную гипотезу предложили профессор Уильям Бонд из Кейптаунского и Эндрю Скотт из Лондонского университетов («New Phytologist», 2 сентября 2010). Они считают, что покрытосеменным растениям помогли лесные пожары: тогда, в меловом периоде, они были частыми из-за избытка кислорода, ведь его концентрация в атмосфере превышала 25% (30–35% делают пожары катастрофическими, свыше 21% загорается влажное дерево, а при 15% пожаров нет вовсе.)

На пожары появились чужаки — покрытосеменные. Новые поселенцы хорошо наращивали биомассу и быстро накапливали материал для следующего пожара, который случался раньше, чем голосеменные давали потомство. На месте хвойного леса могли возникнуть и широколиственный лес, и степь. Площадь лесов сократилась, содержание кислорода упало, и частота пожаров уменьшилась, однако голосеменные сумели вернуть себе отнюдь не все отобранные ранее площади, сосредоточившись в верхних широтах и на высокогорье.

Эти данные подтверждены находками древнего древесного угля. Последние 50 млн. лет его доля в каменном угле составляет несколько процентов, а в конце мелового — начале палеогена она достигала 70%. Кстати, и в конце каменноугольного периода, когда хвойные растения завоевывали сушу, и в пермском периоде ситуация была аналогичной. Так пожар, нарушая устойчивость экосистемы, помогает сообществам аутсайдеров стать лидерами.

С.Анофелес

...«аномальный эффект “Памелы”», то есть избыток галактических позитронов по сравнению с моделями, может быть объяснен аннигиляцией частиц темной материи («Вестник РАН», 2010, т.80, № 8, с.694–697)...

...через легендарный Национальный парк Серенгети в Танзании собираются проложить шоссе («Nature», 2010, т.467, № 7313, с.272)...

...в настоящее время в России прекращено производство полиимидов, поликарбонатов, каучуков специального назначения, клеев, герметиков для авиационной промышленности («Российский химический журнал», 2010, т. 54, № 1, с.3–4)...

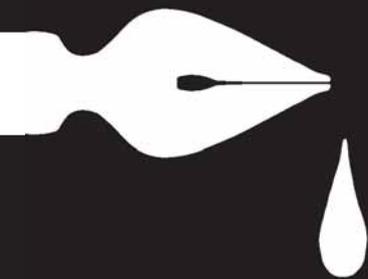
...моделирование пожаров на таежной территории Красноярского края показало, что в виде дымовых частиц в атмосферу попадает от 0,2 до 1 т аэрозольного вещества с гектара сгоревшего леса, или 1–7% от полного количества сгоревшей биомассы («Оптика атмосферы и океана», 2010, т.23, № 5, с.423–431)...

...полиэтиленовые пакеты составляют 37,3% всех твердых полимерных отходов Перми, ПЭТ-бутылки — 18,5%, пакеты «тетрапак» — еще 6,8% («Экология и промышленность России», 2010, № 8, с.49–51)...

...крупнейшая фармацевтическая компания «Pfizer» планирует заняться изучением редких генетических заболеваний, таких, как миодистрофия; лекарства от гемофилии компания предлагает уже сейчас («Nature Biotechnology», 2010, т.9, с.881–882)...

...получены растения томата, синтезирующие белок поверхностной оболочки вируса гепатита В, — плоды его будут кандидатными «съедобными вакцинами» («Доклады Академии наук», 2010, т.433, № 3, с.419–422)...

...для изучения воздействия микроволнового излучения на живые клетки, в частности быстрых реакций с образованием свободных радикалов, предложен хемилюминесцентный метод («Электронная техника. Серия 1. СВЧ-техника», 2010, № 2, с.57–71)...



...отсеквенирован геном ирландца, показано его значительное отличие от других европейцев, включая англичан («New Scientist», 2010, № 2777, с.6—7)...

...N-сульфосукциноилпроизводные хитозана обладают наилучшими ранозаживляющими свойствами («Известия РАН. Серия биологическая», 2010, № 4, с.403—410)...

...психологическое исследование скинхедов и членов движения «Русское национальное единство» показало высокий уровень настороженности по сравнению с контролем и базисное убеждение в недоброжелательности окружающего мира («Психологический журнал», 2010, т.31, № 4, с.35—46)...

...укусы, сделанные человеком, дают больше гнойных осложнений и дольше заживают, чем укусы животных («Экология человека», 2010, № 8, с.61—64)...

...найлены два пептида, активирующие у бактерии *Bacillus subtilis* каннибализм, — в их присутствии клетки пожирают своих соседей, компенсируя нехватку пищи («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2010, т. 107, № 37, с. 16286—16290)...

...китайских ученых, работавших либо учившихся за границей и вернувшихся на родину, соотечественники называют «хайгуй», что значит и «вернувшийся из-за моря», и «морская черепаха» («Physics today», 2010, т.63, № 8, с.12)...

...если облучить пыльцу арбуза гамма-лучами в дозах 600 и 800 Гр, то после опыления получатся арбузы с мелкими и мягкими семечками, неощутимыми при поедании («Физиология растений», 2010, т.57, № 4, с.615—622)...

...исследование запаха свинарника с помощью протонной масс-спектрометрии (PTR-MS) показало максимальную эмиссию сероводорода и уксусной кислоты, кроме того, идентифицированы как основные компоненты метилмеркаптан, 4-метилфенол и масляная кислота («Environmental science and technology», 2010, т.4, № 15, с.5894—5900)...

Художник С. Дергачев



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Доктор наук по-британски

Говорят, что в РФ выпускников вузов переизбыток; на работу они устроиться не могут и идут переучиваться в техникум, поэтому, дескать, число высших учебных заведений надо резко сократить, а техникумов, наоборот, увеличить. И вообще, отечественные олигархи недовольны, что престиж труда рабочего в стране крайне низок, работать на их предприятиях никто не хочет, и надеются, что сокращение вузов ситуацию изменит. Скептики, впрочем, уверены, что предложенные меры действия не возымеют и молодежь, лишенная возможности получить высшее образование в отечестве, уедет за границу. Например, в Англию. А там выпускник в техникум не идет, но мечтает обзавестись еще и докторским дипломом. Что это: вопрос престижа или желание извлечь пользу? Об этом можно судить по свежему исследованию, которое опубликовал в сентябре 2010 года кембриджский центр «Витэ», защищающий права ученых (<http://vita.ac.uk/>).

В Англии человек, с дипломом доктора наук, будь он биолог, физик, искусствовед или социолог, на биржу труда не идет: в 98% случаев доктор работает, причем 95% делают это с удовольствием. Для того чтобы занять нынешнее положение, диплом пригодился 60—90% его обладателей в зависимости от вида трудоустройства: в университете процент самый высокий, а в разделе «прочее» — самый низкий. Средняя заработная плата спустя три года после защиты составляет от 30 тысяч фунтов в год для университетских исследователей и школьных преподавателей до 38 тысяч фунтов для университетских лекторов и работников в «других областях, где требуется диплом доктора наук». У последних (кто это — авторы исследования не уточняют) бывает и самая большая заработная плата — 90 тысяч фунтов в год. Что же касается специальностей, то разброс зарплат у всех невелик — около 40% всех докторов получают в пределах 30—40 тысяч фунтов в год, лишь среди специалистов биомедицинских направлений и изучавших социальные дисциплины более трети получают свыше 40 тысяч фунтов. Степень приносит и моральное удовлетворение: более 86% участников опроса отметили, что окончание аспирантуры сделало их жизнь интереснее.

«Использование знаний и умений образованных людей повышает экономический рост государства, улучшает здравоохранение и качество жизни населения. Я бы советовал ознакомиться с нашим докладом тем политикам и предпринимателям, которые ищут людей, способных осуществить реальные изменения в своих организациях», — говорит руководитель творческого коллектива профессор Рик Риланс.

А.Мотыляев



Как рождается сталь

А.В.СЕМЕНОВУ, Александров: *Получать метанол из синтез-газа с примесью азота возможно, подробности смотрите в журнале «Катализ в промышленности», 2010, № 4.*

Анне БЕЛЯЕВОЙ, Санкт-Петербург: *Считается, что катализатором горения куска сахара, который фокусник «случайно» роняет в пепельницу, перед тем как поджечь, служат соединения цезия, присутствующие в сигаретном пепле, но подробной информации об этой реакции нам не удалось найти.*

М.В.ЛЕСНЯНСКОМУ, Пермь: *Глиоксалева кислота дает реакции, типичные для альдегидокислот, но, поскольку ее удается получить только в виде моногидрата, ей приписывается строение $CN(OH)_2-COOH$.*

Л.Н., Екатеринбург: *Офшорный ветропарк (offshore wind farm) означает не «работающий на льготных условиях», а «находящийся в море недалеко от побережья» — там ветер сильнее, чем на суше.*

А.С.АЛИЕВУ, Кингисепп: *Японский древесный заяц (Pentalagus furnessi), он же «кролик амами», не газетная утка, он существует на самом деле; это представитель реликтовой группы зайцеобразных, и он действительно может лазить по деревьям.*

М.И.КУЩЕВСКОЙ, электронная почта: *Отличить невежинскую рябину от других разновидностей рябины обыкновенной по внешним признакам сложно, зато по вкусу — элементарно: спелые ягоды невежинской рябины можно с удовольствием есть незаморозженными, а обычную рябину — только после заморозков.*

Т.С.ВИНОГРАДОВОЙ, Новосибирск: *Агар-агар — растительный продукт и состоит из полисахаридов, коллаген — животный продукт и представляет собой белок, так что желе из киви с агар-агаром делать можно, его застыванию ферменты киви не должны мешать.*

Е.В.ИГНАТЬЕВУ, Москва: *Сарсапарилла, или сарсапарель, — вьющиеся кустарники рода Smilax, экстракт корня некоторых видов используют в медицине и при изготовлении газированных напитков; герой О.Генри, говоря о победе разума над сарсапариллой, наверняка имел в виду медицинские применения — он в этот момент своей карьеры как раз занимался врачеванием.*

В современной материальной культуре человечества бал правит признанная королева — сталь. Часто говорят: «сталь и сплавы», будто забывая, что сталь тоже сплав. Точнее, сталь — общее название огромного количества сплавов, из которых делают детали машин, приборов, строительные и транспортные конструкции, режущие и измерительные инструменты. Сталь бывает броневая, орудийная, машино- и судостроительная, рессорная, котельная, быстрорежущая, электротехническая. Ее свойства — твердость, жаропрочность, износостойкость, устойчивость к кислотам, коррозионная стойкость.

И сталь, и чугун — железоуглеродистые сплавы. Углерода в стали содержится от 1 до 1,5%. В чугуне немного больше — от 2 до 4%. Незначительная на первый взгляд разница заметно меняет свойства сплава. Недаром когда-то чугун рядом со сталью считался браком.

Основной способ получения стали — плавление чугуна с металлическим ломом в мартенах, конвертерах или электропечах. Мартеновская печь была построена французским металлургом Пьером Мартеном в 1864 году по чертежам немецкого инженера Фридриха Сименса. В нее, как говорят металлурги, заваливают шихту: смесь чугуна и стального лома, измельченную железную руду в качестве присадки для получения кислорода и флюсы, например известняк, для связывания примесей в шлаки. Топливом в мартене служит газ, что позволяет достичь высокой температуры плавки, более 1800°C. Одновременно с плавкой сталь легируется — в нее вносят металлические добавки для придания специальных свойств. Готовую сталь разливают в формы. Остывшую заготовку подвергают различным видам обработки; ее прокатывают в листы, рельсы, балки, проволоки.

Конвертер придумал английский изобретатель Генри Бессемер в 1856 году и усовершенствовал английский металлург Сидни Томас. Это вращающаяся печь, формой похожая на грушу. Изнутри она выложена огнеупорами — кварцевыми или доломитными, содержащими оксиды кальция и магния. Они предназначены для связывания находящейся в чугуне нежелательной примеси фосфора. Печь укладывают горизонтально, заливают в нее жидкий чугун, ставят в вертикальное положение и продувают снизу сжатым воздухом или технически чистым кислородом. В конвертере углерод окисляется до угарного газа и восстанавливается оксид железа до металла: $4Fe_3C + 11O_2 = 6Fe_2O_3 + 4CO$, $Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$.

В начале XX века выплавку стали из чугуна начали производить в электрических печах с использованием тепла электрической дуги. Электропечь похожа на огромную ванну, в которой металлический лом заливают расплавленным чугуном. Туда же помещают графитовые электроды. Между ними и жидким металлом возникает мощная электрическая дуга с температурой порядка 2500°C и выше. В такой печи стали получают более чистыми, с меньшим количеством шлаков, легко легируются. К концу XX века более четверти мирового производства стали приходилось на электропечи. В нашей стране с конца 1917 года работает металлургический завод «Электросталь», ставший градообразующим для подмосковного города, который до того был маленьким полустанком под названием Затишье.

Уже с конца XIX века ученые-металлурги искали пути прямого восстановления железа из руды, без передела чугуна. Ведь именно так его получали древние мастера, плавя руду в горнах на древесном угле. В 1911 году в Швеции была пущена небольшая промышленная установка, полностью повторившая способ наших далеких предков. В России методом прямого получения железа производят сталь высочайшего качества на Оскольском металлургическом комбинате в городе Старый Оскол. Установка представляет собой цилиндрическую печь высотой 60 метров и диаметром 5 метров. Сверху подается сырье — заранее обогащенная руда в виде ока-

**МАТЕРИАЛЫ НАШЕГО МИРА**

тышей, снизу поступает горящий природный газ и нагретый до 900°C водород. Окатыши не плавятся, а металлизуются. На выходе из печи они более чем на 90% состоят из железа.

Как же можно получить такое разнообразие свойств, присущее стальным сплавам? Достигают этого легированием — введением в сплав добавок хрома, никеля, марганца, титана, вольфрама, молибдена, ванадия, циркония. Одним из первых легирующих элементов был марганец. Его предложил английский металлург Роберт Гадфильд в 1882 году. Теперь сталь, легированную марганцем, называют его именем. Она не только необычайно тверда, но становится все тверже под действием ударных нагрузок. Только из стали Гадфильда делают рельсовые кре-

стовины, гусеничные траки, детали шаровых мельниц, дорогие сейфовые замки.

Введение в сталь молибдена делает ее сверхпрочной. Молибденовая сталь — это стволы артиллерийских орудий, турбины, паровые котлы, режущие инструменты и даже бритвенные лезвия.

Давайте вспомним о безжалостном, коварнейшем враге железа — ржавчине. Ржавление, или коррозия с точки зрения химии, — это реакция окисления, или горения: $4\text{Fe} + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}_2 = 4\text{FeO}(\text{OH})$. Это ни на одно мгновение не прекращающийся пожар, но идет он, к счастью, очень медленно. Защитить металл от коррозии проще всего покрытиями. Например, полимерами — лаками и красками. Сталь можно покрывать цинком, металлом более активным, чем железо. Цинк окисляется,

надежно закрывая внутренние слои, как говорят, обеспечивает жертвенную защиту. Оцинкованную сталь в виде профилированных листов, называемых профнастилом или гофролистом, широко используют в строительстве. Ее достоинства — прочность, долговечность, красивый внешний вид, легкость и экономичность в обработке, устойчивость к неблагоприятным погодным условиям.

Самый кардинальный способ — легирование стали хромом и никелем. Такая сталь называется коррозионностойкой, или нержавеющей. Сталь, содержащая 18% хрома и 10% никеля, не подвержена коррозии на воздухе, в воде и даже некоторых агрессивных средах.

М. Демина

