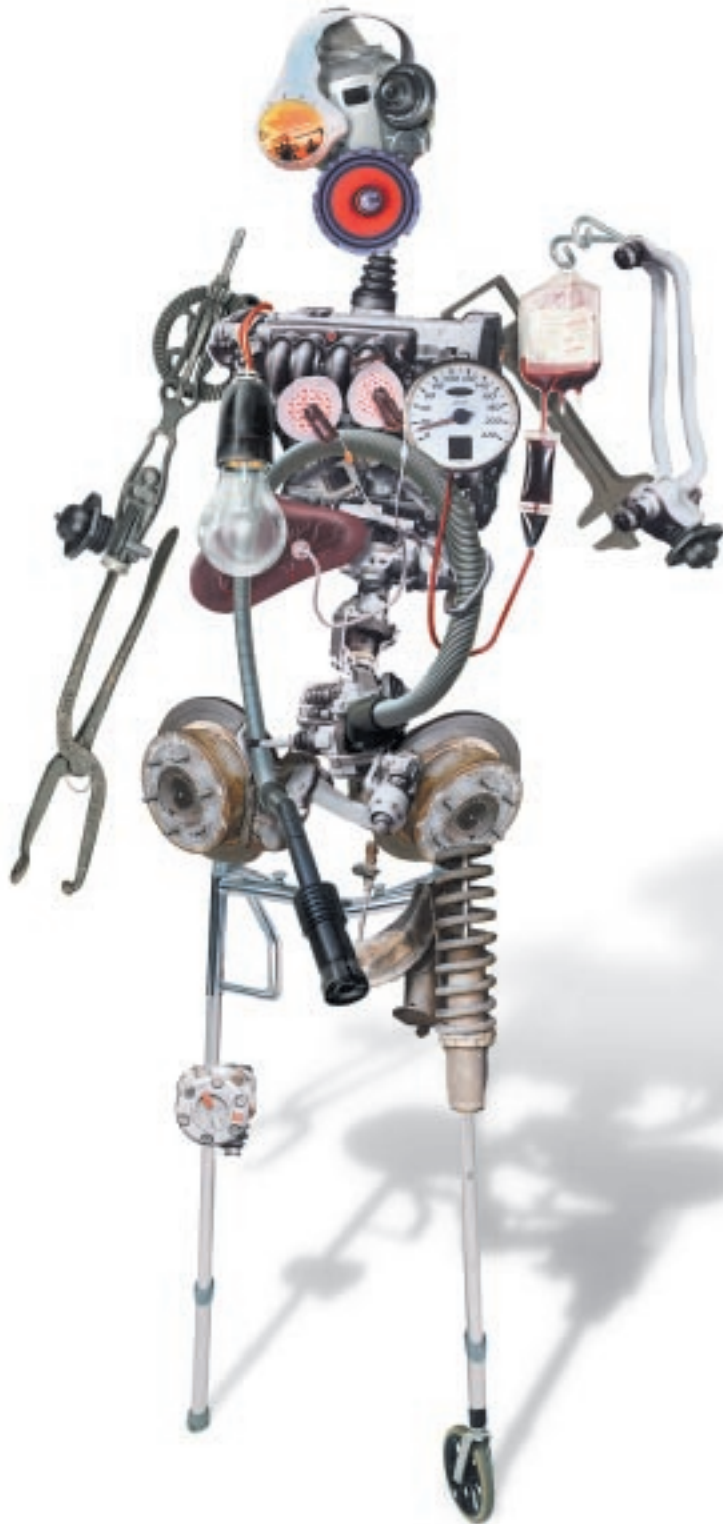




XXI век

XXI

2002
СНЗМЖ И РИМНИХ







6

Химия и жизнь—XXI век

2002

Ежемесячный
научно-популярный
журнал

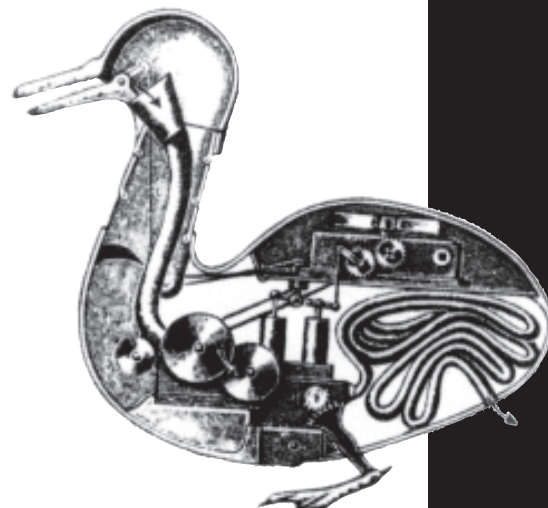
*То, что вы ищете,
найдете в самом
последнем месте.*

Закон Буба



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина
к статье «Фармакогенетика:
на пути к медицине будущего»*

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — картина
английского художника Уатта «Минотавр».
Кто знает, что пришлось пережить этому рогатому
бедняге и его близким? Но это было давно. А о том,
что произошло недавно и последствия чего
пока неочевидны, читайте в статье
«Чернобыльский полигон эволюции»*





СОВЕТ УЧРЕДИТЕЛЕЙ:
Компания «РОСПРОМ»
 М.Ю.Додонов
Московский Комитет образования
 А.Л.Семенов, В.А.Носкин
Институт новых технологий образования
 Е.И.Булин-Соколова
Компания «Химия и жизнь»
 Л.Н.Стрельникова

Зарегистрирован
 в Комитете РФ по печати
 17 мая 1996 г., рег.№ 014823

НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:
Главный редактор
 Л.Н.Стрельникова
Главный художник
 А.В.Астрин
Ответственный секретарь
 Н.Д.Соколов

Зав. редакцией
 Е.А.Горина

Редакторы и обозреватели
 Б.А.Альтшулер, В.С.Артамонова,
 Л.А.Ашкинази, Л.И.Верховский,
 В.Е.Жвирблис, Ю.И.Зварич,
 Е.В.Клещенко, С.М.Комаров,
 М.Б.Литвинов, О.В.Рындина,
 В.К.Черникова

Производство
 Т.М.Макарова
Служба информации
 В.В.Благутина

Агентство ИнформНаука
 Т.Б.Пичугина, Н.В.Коханович
 textmaster@informnauka.ru

Подписано в печать 25.05.2002
 Допечатный процесс ООО «Марк Принт энд Паблшер», тел.: (095) 136-37-47
 Отпечатано в типографии «Финтрекс»

Адрес редакции:
 105005 Москва, Лефортовский пер., 8

Телефон для справок:
 (095) 267-54-18,
e-mail: redaktor@hij.ru

Ищите нас в Интернете по адресам:
<http://www.chem.msu.su:8081/rus/journals/chemlife/welcome.html>;
<http://www.hij.ru>;
<http://www.informnauka.ru>

При перепечатке материалов ссылка на «Химию и жизнь — XXI век» обязательна.

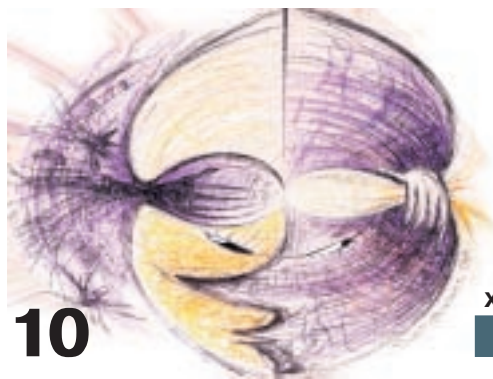
Подписные индексы:
 в каталоге «Роспечать» — 72231 и 72232
 (рассылка — «Центроэкс», тел. 456-86-01)
 в Объединенном каталоге
 «Вся пресса» — 88763 и 88764
 (рассылка — «АРЗИ», тел. 443-61-60)

© Издательство научно-популярной литературы «Химия и жизнь»

При поддержке
 Института «Открытое общество»
 (Фонд Сороса). Россия



Спонсор
 журнала
 фирма



10

Сделать сверхпрочный полимер — это вопрос не столько химии, сколько технологии. Ведь дело не только в том, из каких звеньев состоит полимер, но и в их ориентации в пространстве.

Химия и жизнь — XXI век



20

Каждый год в Америке 106 тысяч человек умирают от неправильного применения лекарств. По России таких данных нет, но вряд ли положение лучше. Скорее наоборот: Россия — государство многонациональное, и в каждой этнической группе имеются свои особенности, характеризующие действие лекарств.

ИНФОРМНАУКА

САМЫЙ ЖЕСТКИЙ ТЕЛЕСКОП	4
В АРКТИКЕ ХОЛОДАЕТ	4
ФОРМУЛА ЖИВОГО	5
ЕЩЕ ОДНА ГИПОТЕЗА СТАРЕНИЯ	6
ДЕШЕВЫЕ ТОМОГРАФЫ	6
ЛИПОВЫЙ ИНДИКАТОР	7

СОБЫТИЕ

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ	8
---	---

ТЕХНОЛОГИИ

П.М.Пахомов ПОЛИМЕРНЫЕ ВОЛОКНА ПРОЧНЕЕ СТАЛИ	10
--	----

ЧЕЛОВЕК: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

Л.А.Животовский ПРАВНУКИ И ПРАЩУРЫ	16
--	----

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

С.Б.Середин ФАРМАКОГЕНЕТИКА: НА ПУТИ К МЕДИЦИНЕ БУДУЩЕГО	20
--	----

РАССЛЕДОВАНИЯ

Е.В.Ротшильд СПИД: НОВАЯ ДРАМА ПО СТАРОМУ СЦЕНАРИЮ	24
--	----

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

В.И.Глазко ЧЕРНОБЫЛЬСКИЙ ПОЛИГОН ЭВОЛЮЦИИ	30
---	----

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

Л.Намер САМЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ	38
---	----

РЕСУРСЫ

Д.Я.Фашук МОРЕЯ ПОДВОДНОЙ НЕФТИ	43
---	----



38

Собрать свет лампочки в луч, тонкий, как вязальная игла, ослепительно яркий и нерасширяющийся, невозможно. Поэтому и придумали лазер.

50

Попробуйте угадать, какое растение за три-четыре месяца выгоняет из небольшого семечка двухметровый стебель и столь же могучий корень. Оно одевает людей, снабжает их маслом и может стать основой экономики целого государства.



В номере

5

ИНФОРМАУКА

Что отличает живые объекты от неживых? По мнению российских ученых, главное — это наличие в живых объектах фосфора, серы, калия и кальция в определенных соотношениях.

16

ЧЕЛОВЕК: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

Стали ли физические способности отдельного человека ниже, чем у кроманьонца? Содержит ли наш геном больше «плохих» генов, чем их было в геноме наших предков, из-за того что исчез естественный отбор в популяциях человека, и исчез ли он?

24

РАССЛЕДОВАНИЯ

Новый взгляд на причины внезапного и массового появления СПИДа на африканском континенте в 80-х годах XX столетия.

43

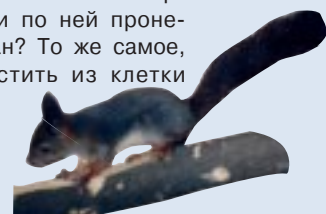
РЕСУРСЫ

Много ли нефти в шельфах морей бывшего СССР? По оценкам российских ученых, при общей площади нашего мелководья 5,2–6,2 млн. кв. км, около 90% его признаны нефтегазоносными. Причем львиная доля этих запасов сосредоточена в морях Западной и Восточной Арктики.

54

РАДОСТИ ЖИЗНИ

Что случится с вашей квартирой, если по ней пронесется ураган? То же самое, если выпустить из клетки белку.



ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

Н. Резник

ВСЮДУ КОНОПЛЯ 50

ФОТОИНФОРМАЦИЯ

С. Алексеев

ДЫРКА В ЛИСТЕ КАК ПОРТАЛ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ 53

РАДОСТИ ЖИЗНИ

Е. Толченова

МОЙ МАЛЕНЬКИЙ УРАГАН 54

ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

О. Ю. Охлобыстин

ПРИЗВАНИЕ И ХАРАКТЕР 56

М. Магомедов

О ВРЕДЕ СОАВТОРСТВА 60

КНИГИ

Л. Каховский

СТРАДАНИЯ НАУЧНОГО ЖУРНАЛИСТА 63

ФАНТАСТИКА

Е. Постникова

БОЖЬЯ КОРОВКА 65

ИНФОРМАУКА

ХОХУЛЯ — РОВЕСНИК МАМОНТА 69

ЖЕРТВА НАУКИ

Н. Резник

ЛЮБЯЩАЯ РОСУ 72

НОВОСТИ НАУКИ 14

РАЗНЫЕ РАЗНОСТИ 36

ИНФОРМАЦИЯ 69

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ 70

ПИШУТ, ЧТО... 70

ПЕРЕПИСКА 72



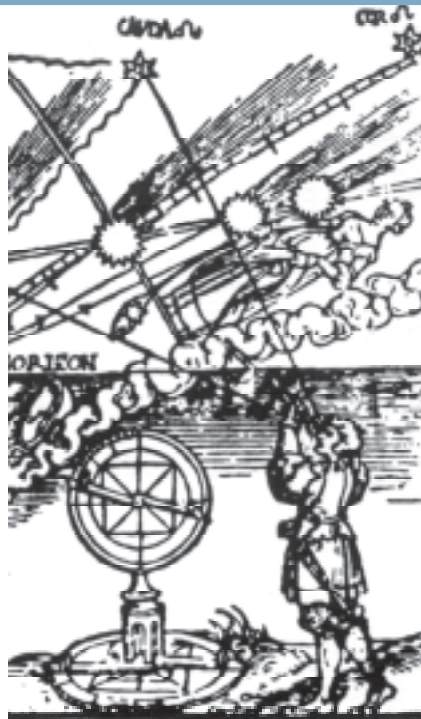
Самый жесткий телескоп

В НПО «Астрофизика» сконструировали телескоп с зеркалом диаметром 25 м. Это самый легкий, простой, дешевый и надежный телескоп из всех подобных приборов в мире. Принципиально новые технические решения обеспечивают уникальному телескопу с 25-метровым зеркалом возможность исследовать невидимые прежде небесные объекты вплоть до 29-й звездной величины.

Что заставляет астрономов строить телескопы с все большими и большими зеркалами? Конечно, количество информации, которое они могут получить о Вселенной. Ведь чем крупнее зеркало, тем больше света от одного источника оно может уловить, а значит, разглядеть более удаленные или небольшие объекты и исследовать их. Сейчас уже есть телескопы с диаметром основного зеркала 8 и даже 10 метров. Например, в России самое большое зеркало у телескопа в станции Зеленчукской. Его диаметр 6 метров. У американцев на Гавайях и у европейцев в Чили стоят телескопы с зеркалами диаметром 10 метров, но их возможности астрономы уже почти исчерпали. Сейчас они мечтают обзавестись телескопом с зеркалом побольше — некоторые даже поговаривают о диаметре в 100 м.

Однако большие зеркала — это большие, подчас неразрешимые проблемы. Таковую громадину трудно и сделать, и установить, и обслужить. Небольшие отклонения от нормы приводят к огромным искажениям и соответственно ошибкам. Поэтому московские астрофизики, прежде чем браться за разработку своего супертелескопа, проанализировали источники возможных ошибок (как они говорят, просчитали бюджет ошибок) и выяснили, что делать наземный телескоп с зеркалом крупнее 25 м неразумно, все равно больше информации из-за искажений не получить.

Впрочем, и такое огромное зеркало сделать — не фунт изюма. Оно не должно быть слишком тяжелым, его надо прочно укрепить и надежно защитить от вибраций; легко представить, как порыв ветра или подземные толчки, да и просто работа подсобных приборов могут раскачать такую тарелку размером с детскую площадку.



Наконец, зеркало должно быть легко управляемым, то есть поворачиваться в нужном направлении.

Чтобы решить эти и многие другие проблемы, ученые использовали, предельно запатентовав, сразу несколько технических идей. Во-первых, зеркало они решили делать не монолитное, а составное, из отдельных управляемых метровых зеркал, выполненных в форме правильных шестиугольников. Так устроено и 10-метровое зеркало уже действующего Кеск-телескопа (США). Причем зеркало в каждый момент времени автоматически приобретает форму поверхности, соответствующей хорошему качеству изображения (адаптивное зеркало). И вот эти маленькие зеркальца россияне придумали делать не сплошными. Чтобы облегчить всю конструкцию и упростить ее изготовление, авторы предложили делать зеркала похожими на сэндвич — из двух тонких слоев, жестко скрепленных между собой ажурной металлической конструкцией. А оставшееся свободное пространство, по мнению ученых, можно заполнить легким теплоизоляционным материалом.

А самое главное — ученые предложили отказаться от традиционной формы телескопа, так называемой трубы, в которой на опоре крепится зеркало, и от купола, укрывавшего эту трубу от превратностей внешней среды. В их варианте все эти

функции (опоры, размещение оптических элементов и защиты) возложены на корпус. Это полый шар диаметром 50 м и с отверстием чуть больше размера зеркала. Корпус представляет собой двухслойную ферменную оболочку. На его неподвижной нижней части расположена подвижная верхняя часть с укрепленным в ней главным зеркалом. Между ними — так называемый ложемент, который легко, точно и аккуратно поворачивает верхнюю часть с зеркалом.

В результате авторам удалось добиться невиданных ранее прочности, надежности и жесткости всей конструкции. Кроме того, такая схема позволила ученым защитить телескоп от вибраций — они сделали всю конструкцию безрезонансной. Наконец, весь телескоп получился легким (вес подвижной части 800 тонн) и недорогим — в своем разряде, конечно, — всего 99 млн. долларов США.

«В целом на сегодняшний день наш телескоп АСТ-25 — это самый жесткий, самый простой, самый дешевый, самый надежный телескоп в мире среди аналогичных, созданных и разрабатываемых, крупных телескопов», — говорит один из авторов проекта профессор Виктор Сычев.

В Арктике холодает

За последние 10 000 лет климат Арктики холодает. К такому выводу пришли ученые Санкт-Петербургского Института Арктики и Антарктики, опираясь на собственную палеоклиматическую реконструкцию. Колебания летних температур в древности заставляют усомниться в том, что современное глобальное потепление вызвано деятельностью человека.

Что несет нам глобальное потепление? Ответ на этот не праздный вопрос ученые ищут в глубокой древности. Соотношения между пылью и спорами арктических растений, найденных в голоценовых отложениях, позволили палеоклиматологам из Института Арктики и Антарктики предположить, что колебания температуры, которые мы наблюдаем сейчас, вовсе не были редкостью в последние 10 000 лет. Более того, летние температуры в большинстве арктических областей за этот период заметно понизились.

Метод, позволяющий восстановить древние температуры в вегетационный



период, основан на соотношениях пыльцы и спор деревьев, кустарников, трав в образцах четвертичных пород. Анализ позволяет сравнить благоприятность условий для развития растительности в то время, когда формировались отложения. Возраст отложений определяют радиоуглеродным датированием.

Дело в том, что основной фактор, ограничивающий растительность в приполярных районах, — малое количество тепла. В голоцене (за последние 10 000 лет) другие климатические характеристики, например влажность, менялись мало. В это время сформировались арктические ландшафты, для которых свойственно превышение осадков над испарением. Количество же тепла, получаемого растениями, менялось сильнее. Поэтому именно на колебания температуры главным образом реагировали растения, продвигаясь отдельными группами на север при потеплениях и отступая на юг при похолоданиях. Известны зависимости, позволяющие определить, как менялась температура в вегетационный период, по соотношениям пыльцы и спор растений. Ученые осторожны в своих оценках и предпочитают говорить лишь об относительных изменениях летней температуры. С другой стороны, понятно, что растительный мир отражает не только величину летней температуры воздуха, но и климатические условия прошлого в целом.

Ученым впервые удалось проанализировать материал, собранный для всех основных арктических областей Евразии и Америки. Оказалось, что практически для всей Арктики (за исключением Скандинавского полуострова) четко прослеживается тенденция к понижению летней температуры. При этом колебания температуры в разных районах Арктики проходили согласованно, что свидетельствует о надежности исследований. Для некоторых регионов лето похолодало более чем на 10 градусов. Это означает, что климатические условия здесь, вопреки расхожему мнению, за последние 10 000 лет стали более суровыми.

Более того, на интересные выводы навел сложный статистический анализ, который палеоклиматологи провели, сравнивая обнаруженные колебания температуры в разных областях между собой и с современными изменениями. Оказывается, то, что было тысячи лет назад, не так уж сильно отличается от сегодняшней картины. Во-первых, арктические области, выделенные по сходным климатическим характеристикам сегодня, имели место и в древности. Во-вторых, колебания температуры, которые происходи-



ли тогда, очевидно по естественным причинам, по амплитуде и частоте практически не отличаются от современных. Значит, вывод о том, что глобальное потепление вызвано вмешательством человека, можно подвергнуть сомнению.

Формула живого

По мнению российских ученых, главное, что отличает живые объекты от неживых, — это наличие в них фосфора, серы, калия и кальция в определенных соотношениях. Для определения элементного состава ученые применяют электронно-микроскопический рентгеновский анализ.

Как отличить живое от неживого? Вопрос не такой простой, если речь идет об образцах почвы, породы, льда или куске метеорита. Содержат ли эти образцы живые клетки или хотя бы останки микроорганизмов? Ученые из Института микробиологии РАН считают, что основное отличие живых объектов от неживых — наличие и определенные соотношения основных химических элементов: фосфора, серы, калия и кальция. Чтобы определить, из каких элементов состоит объект, исследователи применяют электронно-микроскопический рентгеновский анализ.

Обычно, когда решается вопрос о живом или неживом происхождении каких-либо вкраплений или частиц в природном образце, обращают внимание на два обстоятельства. Во-первых, похожи ли эти частицы на клетки по форме, и, во-вторых, содержат ли они углерод. Углерод — основной биогенный элемент. Но дело в том, что это один из самых распространенных элементов во Вселенной

и далеко не всегда органического происхождения. В то же время все исследованные учеными микробные клетки (даже погибшие) содержали фосфор, серу, калий и кальций в количествах, которые превышают фоновые значения. Поэтому, если в исследуемых частицах, похожих на клетки, отсутствует хотя бы один из этих элементов, можно однозначно заключить, что они неживые и живыми никогда не были.

Затем ученые обратили внимание на количественные соотношения различных элементов — фосфор/сера и калий/кальций. Оказывается, они зависят от физиологического состояния микробной клетки. В покоящихся клетках (в состоянии анабиоза, в виде споры или цисты) показатель «калий/кальций» выше, а «фосфор/сера» — ниже, чем в активно живущих. Если же микробные клетки погибли и мумифицировались (превратились в так называемую микромумию), у них уменьшается количество фосфора и серы, меняется количество калия и увеличивается количество кремния. Несмотря на то что в мертвой клетке какие-то элементы теряются, а какие-то замещаются элементами окружающей среды, фосфор и сера из клетки не исчезают никогда.



Ученые испытали свой метод на пробах антарктического мерзлотного грунта, срок пребывания которого в мерзлом состоянии составляет около 170 тысяч лет. В строго стерильных условиях пробы доставляли в лабораторию, где образец размораживали и тонким слоем наносили на электронно-микроскопические медные сеточки. Под электронным микроскопом препарат бомбардировали пучком электронов, в результате чего он излучал спектр, состоящий из базовой линии (фоновое излучение) и пиков с длиной волны, соответствующей каждому элементу. Компьютерная программа вычисляла площади пиков по отношению к фону и соотношение площадей различных пиков.

Из антарктических образцов исследователи выделили частицы, похожие по форме на клетки, нашли в них все четыре биогенных элемента и показали, что соотношение P/S и K/Ca в них такое же, как в покоящихся микробных клетках. На основании этого они сделали вывод, что в

мерзлотном грунте содержались микроорганизмы в виде спор и цист. Этот вывод они подтвердили, выростив соответствующие культуры микроорганизмов на питательных средах.

Метод рентгеновского микроанализа может пригодиться не только в поиске жизни в экстремальных земных и космических условиях, но и в сугубо практических целях. Микроорганизмы служат человеку везде, без них не обойтись при выпечке хлеба, производстве вина или кефира. Но для нормального хода этих процессов нужно, чтобы микробы находились в «хорошей форме». Элементный анализ можно было бы использовать для диагностики функционального состояния микробных культур. Конечно, электронный микроскоп не поставишь в пекарне или на винном заводе, но культуру вполне можно принести на обследование в микробиологическую и электронно-микроскопическую лабораторию.

Еще одна гипотеза старения

Существует более 300 теорий старения, но все они сводятся к использованию принципов «накопления ошибок» и «запрограммированной гибели». Эти теории дают прекрасные рекомендации, позволяющие пожилым людям сохранять здоровье и жить дольше, но они никого не делают моложе. Омолодить желающих сможет новая теория ученых из Института цитологии РАН (Санкт-Петербург), если она подтвердится.

Тут побудь в воде вареной, а потом еще в студеной. И скажу тебе, отец, Будешь знатный молодец.

П.П.Ершов. Конек-горбунок

К многочисленным теориям старения прибавилась еще одна. Петербургский ученый Ю.Б.Вахтин считает, что старение и смерть вызывают геномные паразиты и избавиться от них можно примерно тем же способом, который рекомендовала сказочная Царь-девица. Пока это только гипотеза.

Геном любого организма, который сложнее бактерии, то есть эукариотического организма, содержит огромное количество паразитической ДНК, которая постоянно возникает из нормальных элементов генома. Эти моле-

кулы размножаются, перемещаются по геному и по клетке и эволюционируют. Естественно, геномные паразиты нарушают нормальную работу генов. Из-за этих элементов в клетках водятся хаос, поэтому Ю.Б.Вахтин предлагает назвать их хаоногенами. Деятельность хаоногенов, по мнению ученого, и есть причина старения и смерти организмов. Ведь хаоногены перемещаются из клетки в клетку, из одного организма в другой и передаются от поколения к поколению. Но эукариоты не сдаются и успешно ведут борьбу за жизнь.

У ученых есть все основания полагать, что хаоногены очень чувствительны к изменениям среды обитания — смена условий внутри клетки вызывает их массовую гибель. Резкие изменения внутриклеточной среды и есть главное оружие в борьбе эукариот со смертоносными хаоногенами. Такими потрясениями сопровождается обычное клеточное деление и образование половых клеток; они возникают в результате случайных мутаций и хромосомных перестроек. Кроме того, клетки подчиняются суточным, околическим и другим ритмам изменения активности. Чтобы определить, сколько хаоногенов погибает после клеточного деления, надо уметь очень точно измерять содержание ДНК в клетке. Современные методы не позволяют этого сделать, поэтому теорию трудно проверить. Но известно, что при делении до 10% клеток погибает. Вероятно, умершие клетки больше других обременены геномными паразитами, и их смерть замедляет старение всего организма. Изменения среды происходят и на более высоком уровне. Есть критические периоды развития эмбриона, постоянные колебания ритмов активности, гормональных ритмов и т.п. Все эти изменения должны тормозить развитие хаоногенов. Но существует допустимый уровень гибели клеток, который нельзя превышать, а всякое отклонение среды от оптимальных условий чревато нарушениями систем жизнеобеспечения и повышает

вероятность гибели клеток и организмов. К тому же постоянно возникают новые паразиты. Все эти сложности делают задачу полного уничтожения хаоногенов принципиально невыполнимой.

Однако каждому новому существу возможно обеспечить достойное начало жизни. Известно, что всякая особь имеет неповторимый генотип; чтобы его обеспечить, формирующиеся половые клетки задействуют довольно сложный ме-

ханизм. Это делается ради того, чтобы следующее поколение имело другие внутриклеточные условия и освободилось от родительских паразитов. Кроме того, при образовании яйцеклеток и сперматозоидов гибнет масса клеток. Зато немногие уцелевшие очищены от паразитов очень хорошо — потому и молоды дети. По мнению автора, именно в этом состоит биологический смысл полового размножения. При клонировании ничего подобного не происходит, поэтому клоны должны быть менее жизнеспособны, чем организмы, рожденные традиционным путем.

Теория Ю.Б.Вахтина объясняет еще многие биологические явления, но она имеет и практическое приложение: замедление темпов старения и омоложение организма. Есть два способа достигнуть желаемого. Во-первых, можно периодически менять типы питания. Регулярное чередование вегетарианской и мясной диет резко изменяет внутреннюю среду, замедляет развитие хаоногенов, а следовательно, и темпы старения. Автор рекомендует при смене типа питания несколько дней поголодать. Второй путь — изменение внутренней среды с помощью внешних воздействий, например термотерапии старения (см. эпиграф). При этом, правда, можно повредить многие важные для жизнедеятельности организма системы, но тут на помощь придут новые лекарственные препараты и иные приемы, накопленные современной биологией и медициной.

Чем больше гипотез старения предлагает наука, тем больше надежды, что она наконец доберется до сути. Тем же, кто уже кипятит воду, напомним, что гипотеза — это недоказанное предположение. Его еще проверять и проверять.

Дешевые томографы

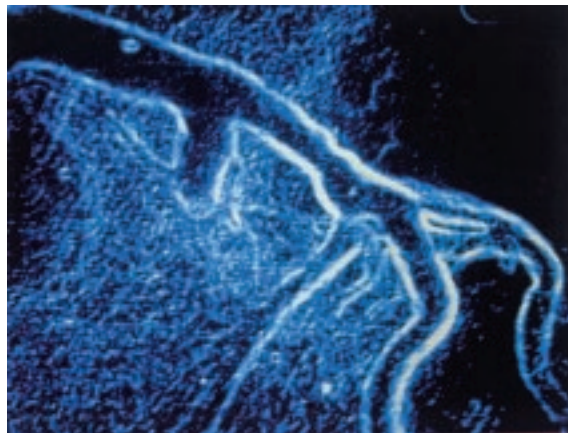
Российские ученые из Института физики твердого тела РАН (Черноголовка) придумали технологию изготовления идеально отполированных кристаллов-сцинтилляторов для рентгеновских томографов. В результате изобретение ученых делает эти аппараты дешевле, уменьшит дозу облучения, которую получает человек при обследовании, а также заметно улучшит качество снимка, только не на фотопленке, а на экране компьютера.

В отличие от традиционного «рентгена», который оставляет на пленке черно-белое изображение, рентгеновский томограф воспроизводит на экране компью-





тера цветные объемные «кинофильмы» о поведении органов. С его помощью можно найти тромб в кровеносном сосуде, увидеть в динамике отклонения в работе сердечной мышцы и других органов. Эти преимущества возможны благодаря тому, что в томографах вместо фотоэлектрических систем, состоящие из кристаллов (сцинтилляторов), чувствительных к рентгеновскому облучению. По словам Н.В.Классена, только для одного прибора их требуется около десяти тысяч.



Затрат на выращивание каждого из этих кристаллов очень много: очистка сырья, из которого выращивается кристалл, разрезание готового монокристалла на части, а главное, очень дорогостоящие шлифовка и полировка каждой из них. Ведь разрешение томографа и четкость изображения зависят прежде всего от того, насколько гладкая поверхность чувствительных кристаллических детекторов. В результате цена одного кристаллика составляет около пяти долларов. А стоимость только одной фотоэлектрической системы — несколько десятков тысяч долларов.

Физики из Черногловки придумали, как снизить себестоимость этой системы в десятки раз. Они предложили выравнивать поверхность кристаллов по принципу «утюга»: с помощью специально отполированного пуансона (пресс-формы), нагретого до высокой температуры, поверхность кристалла прессуют со всех сторон. После этого он принимает нужную форму, а его поверхность становится атомарно гладкой. (При электромагнитном излучении даже бугорки размером в десяток атомов заметно искажают пространственное качество сигнала.) При прежней технологии разгладить кристалл до такой степени было невозможно. А чем ровней поверхность кристалла, тем выше его чувствительность к рентгеновским лучам. А чем выше чувствительность, тем меньше интенсивность рентгеновского импульса и, следовательно, доза облучения человека. Поэтому уже сегодня прохождение рентгеновского обследования на томографе разрешается гораздо чаще, чем на традиционном «рентгене», когда перерывы составляли не менее трех месяцев.

В развитых странах компьютерные рентгеновские томографы есть в любой клинике, на 10 тысяч жителей там приходится примерно по одному такому прибору. В России же их чрезвычайно мало, один томограф — не менее чем на 10 млн. человек. Одна из причин, которая объясняет отсутствие этих приборов в наших клиниках, — их чрезвычайно высокая

цена. Новый метод разглаживания поверхности кристаллов, который придумали сотрудники Института физики твердого тела, делает эти аппараты во много раз дешевле. Сейчас ученые начали работу над новым проектом. Идея на первый взгляд абсурдная — обходиться вовсе без выращивания кристаллов, используя все тот же метод «утюга», высокотемпературного вакуумного обжатия: прессовать исходное вещество в виде порошка в твердые элементы нужной формы. Проект в числе лучших российско-американских исследований получил грант известного американского фонда CRDF. Результатом станет создание уникальной экономичной технологии для производства высококачественных кристаллов (сцинтилляторов).

Липовый индикатор

Под влиянием неблагоприятных экологических факторов листья липы приобретают ярко выраженную асимметричную форму. По внешнему виду листочков липы можно судить о степени загрязнения окружающей среды, то есть использовать липу в роли биоиндикатора.

Ученые из Нижегородского педагогического государственного университета исследовали две группы деревьев липы мелколистной. Первая группа находилась на территории заповедника «Керженский» (расположен на равнине Нижегородско-Марийского Заволжья), вторая — в промышленной зоне Нижнего Новгорода, в окрестностях автозавода «ГАЗ», одного из главных загрязнителей атмосферного воздуха города. На этих территориях ученые наметили шесть участков (три в заповеднике, три в городе) для сбора листьев. Участниками эксперимента из второй, городской, группы стали деревья в липовой аллее городского парка отдыха в 1 км от автозавода, в сквере, с трех сторон окруженном автодорогами, и в аллее вдоль автомагистрали

около завода «ГАЗ», где каждую секунду проносится машина.

Эксперимент проводили в августе. С каждой из 10 отобранных лип на каждом из шести участков срывали по 10 листьев. Иными словами, каждый участок был представлен сотней листовых пластин, которые подвергли тщательному морфометрическому анализу: измеряли ширину половинок листа, расстояние между жилками разных рядов и углы между жилками. И все для того, чтобы выяснить степень асимметрии липовых листочков.

В природе нет ничего абсолютно симметричного. Однако эти отклонения от симметрии столь незначительны, что, например, форма кленового листа со здорового дерева в этом смысле кажется нам безупречной. Но попробуйте совместить края узорчатого листа, сложив его пополам. Полного совпадения вы не добьетесь. Ученые уже давно подметили: чем меньше отклонения от симметрии, скажем, листьев березы, тем лучше растение поддерживает гомеостаз, то есть постоянство внутренней среды. Иными словами, тем комфортнее оно чувствует себя в той среде, где растет. Болезни, стрессы, загрязнение почвы и воздуха нарушают гомеостаз, в результате чего асимметрия листьев становится более явной. Все это оказалось справедливым и для липы мелколистной.

Результаты показали, что во всех трех точках на территории заповедника асимметрия листьев была очень слабой, близкой к естественной, а в городе — очень



сильной. Более всего асимметрия была выражена у липовых листьев, сорванных с городских деревьев в аллее вдоль автомагистрали около завода «ГАЗ». Параметры листьев соответствовали критическому состоянию растения (5 баллов по пятибалльной шкале отклонения от нормы). По мнению ученых, липовая диагностика — это простой и достаточно надежный инструмент мониторинга окружающей среды, который может пополнить арсенал методов биоиндикации, столь популярных в последнее время.

Таким образом, любимое всеми дерево может не только радовать нас душистыми цветами и чаем от простуды, но и предупреждать об опасном состоянии окружающей среды.





ChemBridge Corporation

Регистрация участников
Олимпиады

Декан химического факультета МГУ
доктор химических наук,
академик РАН В.В.Лукин
открывает Олимпиаду



Всероссийская олимпиада по органической ХИМИИ

История русской химической науки накопила немало традиций. Одни из них дошли до нас со времен Ломоносова и Менделеева, другие появились значительно позже, но столь же прочно обосновались в нашей жизни. В конце мая в России отмечают День химика, а в апреле вот уже несколько лет МГУ им. М.В.Ломоносова проводит для студентов и аспирантов

Международную конференцию «Ломоносов» по фундаментальным наукам. В этом году в рамках конференции «Ломоносов – 2002» появилось еще одно начинание, которое тоже может стать традицией: Всероссийская олимпиада по органической химии для молодых ученых. Ее организовала фирма ChemBridge Corporation совместно с Химическим факультетом МГУ,

Высшим химическим колледжем РАН и журналом «Химия и жизнь».

Ранним утром 11 апреля у дверей Большой химической аудитории начали собираться молодые химики. Многие из них приехали издалека – студентам и аспирантам, которые правильно решили задачи для заочной разминки, фирма ChemBridge Corporation оплатила проезд из отдаленных городов России и ближнего зарубежья. И организаторы, и участники были радостно-возбужденны: для всех это был одновременно и праздник, и своего рода экзамен. Химики пришли испытать себя, свои знания и способности, а для организаторов это был первый опыт проведения подобного мероприятия. Хотя фирма ChemBridge Corporation регулярно организует конференции, симпозиумы и школы молодых ученых, такая олимпиада была для нее делом новым.

В девять утра началась регистрация участников. Несмотря на то что операторы, связанные в единую сеть, сразу заносили

Участники олимпиады получают задания II тура



Автоматизированная проверка работ I тура



Награждение победителей



Проверку работ II и III тура проводят доктор химических наук, заведующий лабораторией ChemBridge Corporation С.М.Лукьянов и директор Московского химического лицея №1303 С.Е.Семенов



участников в компьютеры, в первые минуты у регистрационных столов образовались очереди — так много было желающих попробовать свои силы. Каждый участник получил свой номер, задание первого тура и сувениры от фирмы. После вступительного слова декана Химического факультета МГУ, академика РАН В.В.Лунина начался первый тур. Он состоял из тестов с вариантами ответов. В аудитории наступила тишина, нарушаемая лишь шелестом страниц.

По окончании первого тура и получасового перерыва с легким фуршетом молодые ученые приступили ко второму туру, а затем, после еще одного перерыва, и к третьему. Каждый тур олимпиады продолжался два часа. В перерывах участники делились впечатлениями, обсуждали задания, писали сложные уравнения реакций на всем, что попадалось под руку. Во втором и третьем турах задачи были очень трудные и потребовали не только определенного багажа знаний, но и умения оригинально мыслить,

находить нестандартные решения.

Прямо в аудитории оргкомитет сканировал выполненные работы и обрабатывал их с помощью специальной компьютерной программы. Вместо фамилий на работы наклеивали идентификационный штрих-код, который мог считать только компьютер. Таким образом удалось сохранить полную анонимность всех работ. В состав комиссии по проверке творческих задач вошли профессор МГУ, научные сотрудники ChemBridge Corporation и преподаватели Московского химического лицея № 1303. Имена победителей стали известны лишь на следующий день, когда в программу ввели результаты проверки всех туров.

12 апреля в той же Большой химической аудитории состоялось

торжественное награждение победителей. Был вручен первый приз — 10 000 руб. Д.С.Перекалину, студенту третьего курса Высшего химического колледжа РАН, и два вторых приза по 5000 руб. — А.А.Зайцеву, студенту пятого курса Химического факультета МГУ, и Д.А.Леневу, аспиранту Института химической физики им. Н.Н.Семенова РАН. Еще четырнадцать призеров олимпиады были премированы билетами Химической лотереи фирмы ChemBridge Corporation. Хочется верить, что Всероссийская химическая олимпиада станет хорошей традицией, которая будет выявлять молодых талантливых химиков и поддерживать сильные химические школы в России.

Если вы не смогли участвовать в олимпиаде в этом году, но хотите познакомиться с заданиями и решениями, загляните на сайт www.chembridge.ru. Задания для разминки и их решения вы сможете найти в журнале «Химия и жизнь», в № 9, 2001 г. и № 3, 2002 г.



Что только не делают из полимеров — от посуды до бронезилетов! И все-таки потенциал этих материалов гораздо больше. Когда реальную прочность полимера удастся привести в соответствие с теоретической, то получается замечательный материал, который находит применение в самых неожиданных областях. Так, в конце XX века произошел прорыв: ученые сделали суперпрочное волокно кевлар (см. «Химию и жизнь — XXI век», 1997, № 4). Оказалось, что проблема была даже не в химии, а в технологии. А технология получения сверхпрочного полимера всегда очень непроста — дело не только в том, из каких звеньев состоит полимер, но и как они ориентированы в пространстве.

Прочные полимерные волокна действительно имеют огромное будущее. Уже сейчас лучшие образцы по упругости и прочности намного превосходят сталь (табл. 1). А ведь полимеры существенно легче, из них можно изготовить такую продукцию, какую из стали не сделаешь.

Высокопрочные волокна получают из двух типов полимеров: гибкоцепных и жесткоцепных. Последние, как понятно из названия, состоят из жестких ароматических группировок (арамидов, имидов и других), а гибкоцепные — из гибких алифатических звеньев. Методы получения суперпрочных волокон из этих полимеров совершенно разные. Сейчас существуют три технологии: формование из жидкокристаллического состояния, метод гель-формования и метод приготовления молекулярных композитов (или нанокompозитов).

Волокна из жидкокристаллических полимеров

Жидкокристаллический полимер — это нечто промежуточное между аморфным и кристаллическим. При этом макромолекулы (или их фрагменты) расположены в строго ориентированном порядке, а свойства раствора полимера зависят, как у кристаллов, от направления (раствор становится анизотропен). В жидкокристаллическом состоянии полимер может перейти при определенной температуре или концентрации. Именно это состояние жесткоцепных полимеров используют для получения высокопрочных волокон.

То, что полимер может находиться в жидкокристаллическом, строго упорядоченном состоянии, предсказал

Художник Е. Станикова

Доктор химических наук
П.М.Пахомов

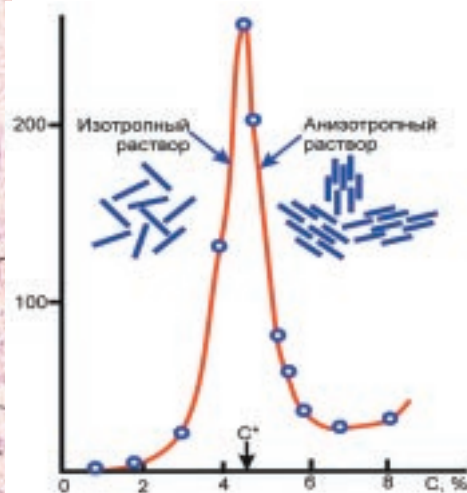
Полимерные волокна прочнее стали



Таблица 1

Волокно	σ , ГПа	E , ГПа	Плотность, г/см ³	$\sigma_{уд}$, ГПа
Полиэтилен (Лаборатория физики прочности ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН)	10,0	240	0,97	10,3
Полиэтилен («Spectra» «Alid Corp.», USA)	3,5	125	0,97	3,6
Арамидное («Армос»)	5,0	150	1,43	3,5
Ароматическое сополиэфирное («Ekonol»)	4,0	140	1,40	2,9
Полибензотиазольное (PBZ)	3,0	335	1,50	2,0
Стальное	3,0	200	7,80	0,4

σ — прочность образца, E — модуль упругости, $\sigma_{уд}$ — удельная прочность, т.е. прочность, поделенная на плотность образца



1
Изменение вязкости раствора полимера в зависимости от концентрации



ТЕХНОЛОГИИ

П.Флори еще в 1956 году. Но практически это установили только в 1971-м исследователи фирмы «Du Pont», первые получившие высокопрочные волокна. Обычно при увеличении концентрации полимера вязкость раствора растет (рис. 1), но после некой критической точки начинает, наоборот, уменьшаться, и раствор переходит в промежуточное анизотропное состояние. Молекулы в нем уложены в виде доменов — области, в которых макромолекулы уложены параллельными рядами.

Именно в таком состоянии из полимера делают волокна: его формуют (продавливают через специальные отверстия), вытягивают и нагревают. Молекулы и до этого были упакованы правильными рядами, а продавливание через отверстия (фильеры) только способствует окончательному завершению процесса. Даже небольшого усилия вполне достаточно для полной ориентации областей в сторону действия растягивающей силы. При вытягивании совершенствуется кристаллическая структура, а значит, повышаются прочность и упругость волокна. Нагревание на заключительной стадии дополнительно упорядочивает макромолекулы в волокне (при повышенных температурах жесткие цепи приобретают подвижность, а сильные межмолекулярные взаимодействия заставляют их упорядочиваться). Использование этой технологии и формование волокон из жидкокристаллического состояния привели к революции в области суперпрочных полимеров. Так были сделаны кевлар, тварон (табл. 2) и наши, российские, волокна.

Прочные, жесткие и термостойкие арамиды незаменимы в аэрокосмической, автомобильной, кораблестро-

Характеристики арамидных волокон

Таблица 2

Марка, фирма, страна	Химическое строение	$s, \text{ГПа}$	$E, \text{ГПа}$	$e, \%$
Кевлар «Du Pont» США	$[-\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NHCO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-]_n$	3,7	135	2,5
Тварон «Akzo» Нидерланды	$[-\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NHCO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-]_n$	2,9	100	5,0
СВМ ВНИИВ – Всесоюзный научно-исследова- тельский институт искусственных волокон, г. Мытищи Россия	$[-\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{N}=\text{C}(\text{NH}))-\text{NH}-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-]_n$	3,6	150	3,0
Армос ВНИИВ Россия	Сополимер СВМ	5,5	160	2,5

e — удлинение при разрыве

Таблица 3

Волокно	Химическое строение	σ, ГПа		E, ГПа	
		Теория	Практика	Теория	Практика
Полиэтиленовое	$[-CH_2-CH_2-]_n$	30	0,9	300	11
Полипропиленовое	$[-CH_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-]_n$	23	0,9	50	13
Поливинилспиртовое	$[-CH_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-]_n$	24	1,1	200	10
Полиакрилонитрильное	$[-CH_2-\underset{\text{CN}}{\text{CH}}-]_n$	21	0,9	170	10
Поликапроамидное	$[-(CH_2)_5-CONH-]_n$	32	1,0	230	6

Таблица 4

Прочностные характеристики канатов из различных материалов

Материал	Разрывная длина, км	Прочность, т
ВП ПЭ	336	54
Арамидный	193	31
Углеродный	171	27
Полиамидный	92	15
Стекланный	76	12
Стальной	37	6

Разрывная длина — длина нити, разрывающейся под действием собственной массы.

Прочность — прочность канатов с одинаковой линейной плотностью 160 тыс. текс.

ительной и других отраслях промышленности. Но у них есть и серьезный недостаток — они плохо растворимы и очень дороги.

Как мы уже упоминали, некоторые полимеры переходят в жидкокристаллическое состояние при нагревании. В отличие от арамидов их довольно легко перерабатывать, получая волокна из расплава. Первые такие полимеры на основе ароматических сополиэфиров синтезировали в 1973 году в фирме «Eastman Kodak» (США). Те образцы, которые делают сейчас, как правило, состоят из группы, ответственной за анизотропные свойства, и подвижного фрагмента, обеспечивающего гибкость. США и Япония выпускают несколько подобных полимеров, и некоторые из них (Ekonol, Vectra) по своим механическим характеристикам мало уступают арамидным волокнам. Зато при формовании таких волокон удается избежать не-

достатков, присущих арамидам: из них можно получать не только круглое в сечении (непрофилированное) волокно и необязательно использовать растворитель. Новые волокна не дают усадки и почти не расширяются при нагревании. Они очень прочные, и это делает их незаменимыми в качестве защитных оболочек световодов. Правда, как и арамиды, такие полимеры дороги, поэтому их применяют пока только в военной и аэрокосмической промышленности.

Волокна из полимерных гелей

Гораздо дешевле гибкоцепные полимеры (полиэтилен, полипропилен, поливиниловый спирт). Правда, до недавнего времени промышленные волокна этих полимеров особой прочностью не отличались (табл. 3).

В 70-е годы технологи голландской фирмы «DSM» впервые предложили сочетать прядение из разбавленного раствора полимера со сверхвытяжкой волокон. Раствор полимера охлаждают, он переходит в состояние геля (отсюда название метода), и тогда из него прядут гель-волокна (рис. 3). Метод довольно простой и технологичный (скорость приема волокна на бобину может достигать 500 м/мин и выше). Единственное условие — полимер должен иметь довольно большую массу, больше $(0,5-1,0)10^6$, так как только в этом случае разбавленный раствор имеет необходимую структуру.

Перевод раствора в гель — ключевая стадия в прядении прочных волокон. При этом получается устойчивая трехмерная молекулярная сетка, внутри которой находится довольно много растворителя. Поскольку это физический гель (то есть он гель только при охлаждении, а при нагревании снова становится раствором), то сетка связана микрокристаллическими узлами, между которыми находятся полимерные цепи. Если такую сетку растянуть, то цепи выпрямятся вдоль оси волокна. Зажимы слабые, поэтому при растяжении геля образуется много молекулярных разрывов, из-за чего система может вытягиваться довольно сильно. Такая технология позволила получать волокна, приближающиеся по своим механическим показателям к теоретическим значениям.

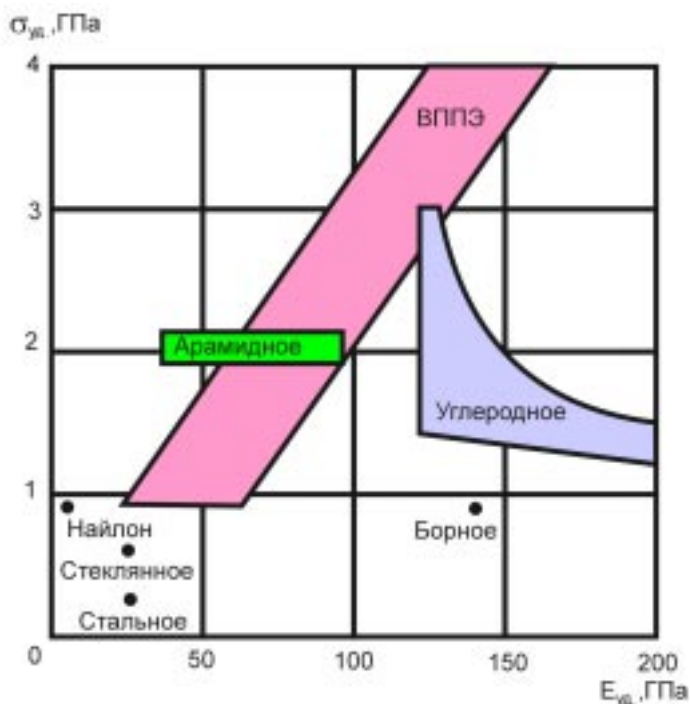
Волокна, полученные гель-формованием, — это материал нового поколения. Он обладает уникальным сочетанием высокой прочности, жесткости и низкой плотности. По удельным показателям прочности (рис. 2) ему нет равных среди других волокон, и его характеристики в несколько раз превосходят аналогичные для стальных и арамидных волокон. При такой прочности полиэтиленовые волокна абсолютно химически инертны и менее хрупки, чем другие. Канаты и тросы из полиэтиленовых волокон в 20 раз устойчивее к истиранию и гибче, чем волокна из арамида. Бо-



ТЕХНОЛОГИИ

их недостатков. Чтобы композит был прочным, соотношение длина/диаметр для жесткоцепного полимера должно быть большим. А чтобы он хорошо смешивался с гибкоцепными, это соотношение должно быть маленьким. Чем длиннее стержни, тем хуже они смешиваются, кроме того, если их добавлять больше по объему, то они начинают упорядочиваться в пространстве. Более того, гибкоцепные молекулы могут кристаллизоваться на стержнеобразных молекулах жесткоцепных. Вот такая непростая смесь!

Сейчас композиты получают смешиванием с полимером, находящимся в жидкокристаллическом состоянии,



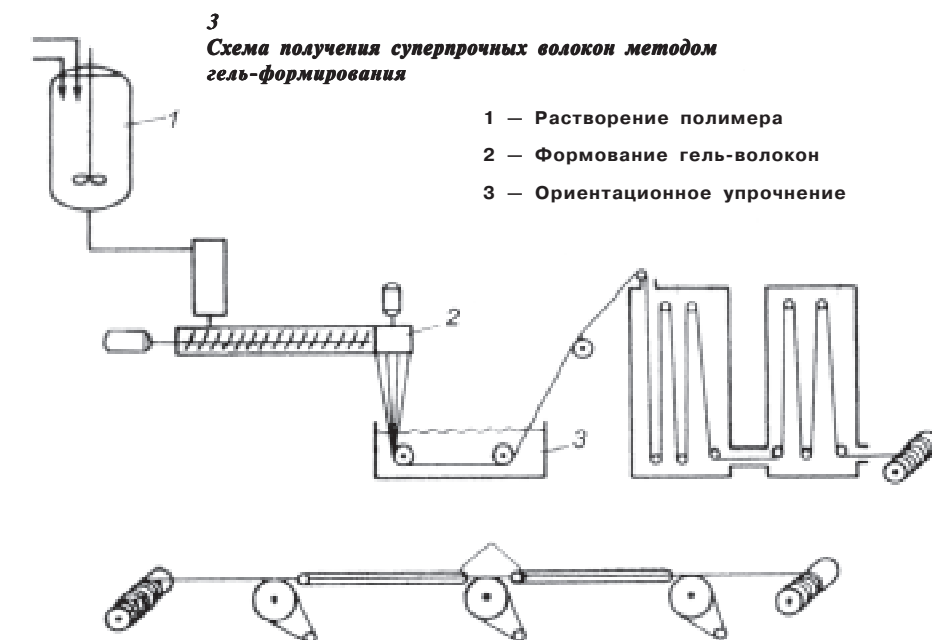
2 Удельная прочность разных волокон

лее того, полиэтиленовое волокно — единственное, которое обладает пластичностью.

Сочетание высокой прочности и упругости — идеальный материал для защитных покрытий, экранов, пуленепробиваемых жилетов, шлемов и касок. Но самые интересные перспективы — это использование полиэтиленовых волокон в области низких температур, где большинство полимеров становятся ломкими. Правда, есть и недостатки: они не выдерживают высоких температур, склонны к ползучести (могут удлиняться даже при нагрузке, далекой от разрывной), плохо связываются с другим полимерным материалом. Поэтому сейчас пытаются по этой же технологии сделать гибкоцепные полимеры другого состава.

Молекулярные композиты

Полимеров уже так много, что для того, чтобы сделать новый материал с другими свойствами, порой бывает вовсе не нужно синтезировать новую химическую структуру. Достаточно рационально и научно обоснованно смешать те, что уже существуют. Полученные смеси (композиты) сочетают свойства, недостижимые для отдельных полимеров. Зачастую композит дешевле, красивее, легче и проч-



3 Схема получения суперпрочных волокон методом гель-формирования

- 1 — Растворение полимера
- 2 — Формование гель-волокон
- 3 — Ориентационное упрочнение

нее исходных материалов. В ближайшем будущем доля композитов составит более 50% от всего объема выпускаемых полимерных материалов.

Но и здесь свои сложности. Казалось бы, совместил два или больше компонентов в нужных пропорциях, и готово. Но часто полимеры не хотят смешиваться, а их надо заставить это сделать, и притом на молекулярном уровне! Например, очень перспективна смесь жесткоцепных и гибкоцепных полимеров — тогда удастся избежать

обычным механическим перемешиванием в расплаве и химическим сшиванием гибкоцепных и жесткоцепных молекул. При этом рождаются волокна с уникальным комплексом свойств. Однако, чтобы мы смогли еще ближе подойти к теоретически возможному уровню прочности, поиск новых методов и технологий продолжается.



Восхождение к фуллерену

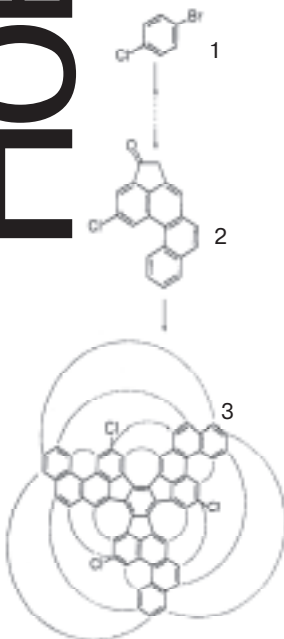
L.T.Scott et al., «Science», 2002, v.295, p.1500

Фуллерены можно выделять из смеси продуктов, которые образуются при испарении графитового электрода в электрической дуге. Однако хотелось бы уметь синтезировать такие молекулы направленно и контролируемо — ведь это позволит вносить в их структуру нужные изменения. Американские и немецкие химики нашли путь в двенадцать шагов, приводящий от простого исходного соединения (рис. 1) к C_{60} .

На десятом шаге они получили полициклическую молекулу (рис. 2), из которой затем образуется главное промежуточное соединение (рис. 3), содержащее атомы водорода и хлора, — $C_{60}H_{27}Cl_3$ (кривые линии соединяют те атомы углерода, между которыми должны будут возникнуть связи при формировании сферы). И наконец, заключительный этап — пиролиз в вакууме с помощью вспышки мощного лазера приводит к бакиболам C_{60} , то есть одновременно с образованием нужных C—C связей удаляются посторонние атомы.

При этом никакие другие молекулы не образуются. Теперь можно ожидать быстрого прогресса тонкого фуллеренового синтеза.

Кстати, в Кембридже освоили синтез многослойных фуллеренов не в вакууме или атмосфере инертного газа, а в дистиллированной, деионизированной воде, в которой горела электрическая дуга между графитовыми электродами (напряжение 16 В, ток 30 А). Появлялись углеродные частицы со средним диаметром 25—30 нм, содержащие 7, 10 или 15 слоев, и внутри этих «луковиц» находились C_{60} («Nature», 2001, v.417, p.506).



А группа химиков из нескольких стран получила кристалл, состоящий из азафуллеренов $C_{48}N_{12}$. Если в молекулярных кристаллах из C_{60} между бакиболами возникают лишь слабые ван-дер-ваальсовы силы, то наличие атомов азота приводит к ковалентным связям между ними. Поэтому новый материал обладает и прочностью, и эластичностью («Phys.Rev.Lett.», 2001, v.87, p.225503).

Уже десять лет известны торообразные углеродные структуры, содержащие от 80 до нескольких тысяч атомов, в частности C_{240} ; их стенки состоят из углеродных пяти-, шести- и семиугольников. Такие торы служат промежуточными формами между фуллеренами и нанотрубками. Теперь японские химики научились превращать линейные нанотрубки в колечки, правда, с дефектом — в месте стыка правильная графитоподобная структура их стенок нарушается. Для этого раствор длинных одностенных нанотрубок облучали ультразвуком, из-за чего они разламывались на более короткие куски. А когда их концы делали «липкими», трубки самопроизвольно замыкались в кольца со средним диаметром 540 нм («Science», 2001, v.293, p.1299).

Этот месяц прошел под знаком фуллерена C_{60} — ведь футбольный мяч устроен так же. Знаменитый французский футболист М.Платини назвал футбол особым видом искусства, да и химия, как известно, сочетает в себе свойства и науки, и искусства.

Тепло, холод, электричество

«Science», 2002, v.295, p.1248

Трудно поверить, но полвека назад основной сферой применения полупроводников считали не электронику, где они вскоре совершили революцию, а холодильники и термоэлектрические генераторы. Идея в том, что если

есть два удлиненных полупроводника *n*- и *p*-типа, как бы две колонны, соединенные сверху проводником (в виде буквы «П»), то при подаче на их нижние концы электрического напряжения нужной полярности в колоннах начнется отток быстрых электронов и дырок вниз. А они переносят не только заряды, но и тепло, поэтому верхняя часть установки охладится. Если же сверху установить источник тепла, то заряды начнут двигаться из-за градиента температур и в системе возникнет ток, то есть получится электрогенератор.

Основанные на этом эффекте рефрижераторы просты и не загрязняют атмосферу фреонами, а в многоступенчатой системе таким способом достигают 160 К. Было бы очень заманчиво применять их для охлаждения микросхем до 100 К — ведь это даст возможность более успешно развивать сверхпроводящую электронику на основе керамики из медных оксидов. Однако эффективность подобных устройств до последнего времени была очень низкой, поэтому широкого применения они не нашли (хотя в особых случаях, скажем, в космических аппаратах, их используют). Теория говорит, что добиться большей эффективности можно, если создать материал, который будет плохим проводником тепла, но хорошим — электричества. На прошедшей в Бостоне конференции было доложено о нескольких успешных попытках решить эту задачу.

Основной подход — конструирование материала на наноуровне. Специалисты из Массачусетского технологического института (МТИ) получили сверхрешетки, в которых чередуются слои из



Bi_2Te_3 и Sb_2Te_3 , а также решетки, в которых слои образованы набором квантовых точек. Нужные характеристики у материала появляются, когда либо толщина слоя, либо размер точек приближаются к 1 нм. Пока такие структуры формируют молекулярно-лучевым осаждением (эпитаксией), а это медленно и дорого, поэтому ученые исследуют и другие возможности. В частности, теоретически предсказана перспективность наполненных скуттерудитов, например $\text{CeFe}_4\text{Sb}_{12}$, а также клатратов ($\text{Sr}_8\text{Ga}_{16}\text{Ge}_{30}$).

Подобные материалы позволяют утилизировать, то есть перевести в электричество, тепло, выделяемое при различных технологических процессах и в двигателях автомобилей. П.Хагелстайн (МТИ) и Я.Кучеро (фирма «Епесо») уже представили образец предназначенного для этого термогенератора.

ДНКовые поляны

S.-J. Park et al., «Science», 2002, v.295, p.1503

При лечении больных и борьбе с биотерроризмом необходимо распознавать тип микробов, однако используемые сейчас для этого методы анализа бактериальной ДНК обычно или недостаточно надежны, или медленны. В Северо-Западном университете Иллинойса группа известного изобретателя в области молекулярной биологии и нанотехнологии Ч.Миркина разработала новый способ, который лишен обоих этих недостатков. Он достаточно прост и не требует применения полимеразной цепной реакции, как большинство других методик.

На стеклянной поверхности авторы метода поместили два микроэлектрода. Между ними к стеклу присоединили концы множества одинаковых одноцепочечных ДНК, комплементарных

последовательности нуклеотидов той ДНК, наличие которой в растворе нужно выявить (получилась как бы травянистая поляна, где травинки — цепочки нуклеотидов). Эти травинки должны выполнять роль крючков, зацепляющих те ДНК, что интересуют исследователей. Но если такой захват произойдет, как об этом узнать? Для этого в раствор добавляют олигонуклеотиды второго типа — они комплементарны другому концу бактериальной ДНК, и к верхним концам этих цепочек пришили наночастицы из золота.

Итак, искомые ДНК попадают на расположенные внизу крючки, а над ними оказываются золотые шарики, поэтому вся картина напоминает цветочную поляну: стебли — ДНК, цветки — золотые шарики. При достаточной большой плотности расположения шариков они начнут касаться друг друга, образуя связывающий электроды проводящий путь, и между ними потечет ток, служащий признаком наличия искомой ДНК (для улучшения электрической проводимости шариков на них осаждают из раствора серебро).

Вся процедура анализа занимает лишь несколько минут, при этом чувствительность и избирательность метода очень высоки. Он позволит создать биочипы, содержащие множество таких микрополян, которые будут одновременно определять наличие разных ДНК. Так что ягодки впереди.

Куда ни кинь, всюду клон

K.Hochedlinger, R.Yaenisch, «Nature», 2002, v.415, p.1035

Полвека назад цитологи начали заниматься пересадкой клеточных ядер. В начале 60-х годов известный английский эмбриолог Дж.Гер-

дон четко сформулировал проблему клонирования и стал экспериментировать на лягушках (поскольку икринки у них во много раз больше, чем яйцеклетки у млекопитающих, с ними легче работать). Он вводил ядра, извлеченные из клеток тканей взрослой лягушки, в денуклеированные ооциты и успешно доводил их развитие до стадии головастика. Однако лягушки получались лишь при пересадке ядер эмбриональных клеток.

Так могут ли ядра специализированных клеток зрелых организмов обеспечить полное эмбриональное развитие? Казалось бы, после появления овечки Долли и других подобных опытов на разных видах животных вопрос уже снят: да, могут. Однако это не так.

Дело в том, что процент успешных клонирований остается пока очень низким (см. «Химию и жизнь», 2002, № 2) и возникает сомнение: может быть, удачные попытки есть результат того, что ядра в этих случаях берут из присутствующих в тканях недифференцированных, стволовых клеток? Поэтому хотелось бы иметь какой-то маркер, который бы четко указывал на принадлежность клетки, служащей донором ядра, определенной ткани. Известно, что, хотя генотипы клеток разных тканей выших животных в принципе одинаковы, из этого правила есть некоторые исключения, и одно из них — иммунные клетки, В- и Т-лимфоциты.

В ходе формирования популяции таких клеток, вырабатывающих разные антитела (В-клетки) или разные мембранные рецепторы (Т-клетки), происходит перестройка их ДНК — это позволяет увеличить возможное разнообразие синтезируемых с нее белков. Значит, если пересадить в ооцит ядро лимфоцита, то у развившегося из него организма (в случае успеха) все клетки будут иметь измененную ДНК, иначе говоря, обладать отличительной чертой, показывающей, что действительно

использовали ядро лимфоцита, а не стволовой клетки.

Американский и австрийский «клонологи» попытались реализовать эту идею на мышах. Однако лишь 4% яйцеклеток с ядрами от лимфоцитов давали бластоцисты (то есть достигали самой ранней стадии формирования зародыша), после чего процесс останавливался. Чтобы обеспечить дальнейшее развитие, исследователи выделяли из этих бластоцист эмбриональные стволовые клетки и добавляли их к четырем другим клеткам-бластомерам (так называемому комплекменту, полученному в результате слияния двух других яйцеклеток). Из таких агрегатов возникали химерные мыши, у которых все ткани образовывались из стволовых клеток, а плаценты — из комплекмента. Вот каким сложным, многоступенчатым методом удалось все же получить взрослую мышью, клетки которой имели маркер лимфоцита-донора.

Необходимо выяснить, ядра каких дифференцированных клеток наиболее легко перепрограммировать, а также требуемые для этого условия. Но даже безотносительно к собственно клонированию подобные исследования приближают нас к пониманию того, что и как управляет работой генов, а это — ключевая проблема современной биологии. Ведь теперь можно ставить эксперименты, которые были принципиально невозможны в эпоху В.С. (как в шутку называет недавнее прошлое английский биолог С.Бреннер — не «Before Christ», а «Before Cloning»). Наверняка большое внимание будет приковано и к стволовым клеткам.

Кстати, в Техасском университете клонировали кошку. Окраска котенка почти такая же, как у генетической матери, но все же отличия есть — ведь она зависит не только от генотипа, но и от внешних факторов. («Nature», 2002, v.415, p.859).

Подготовил
Л.Верховский

Правнуки

Доктор биологических наук
Л.А.Животовский



и пращур

Слабее ли мы первобытного человека и хуже ли наши гены?

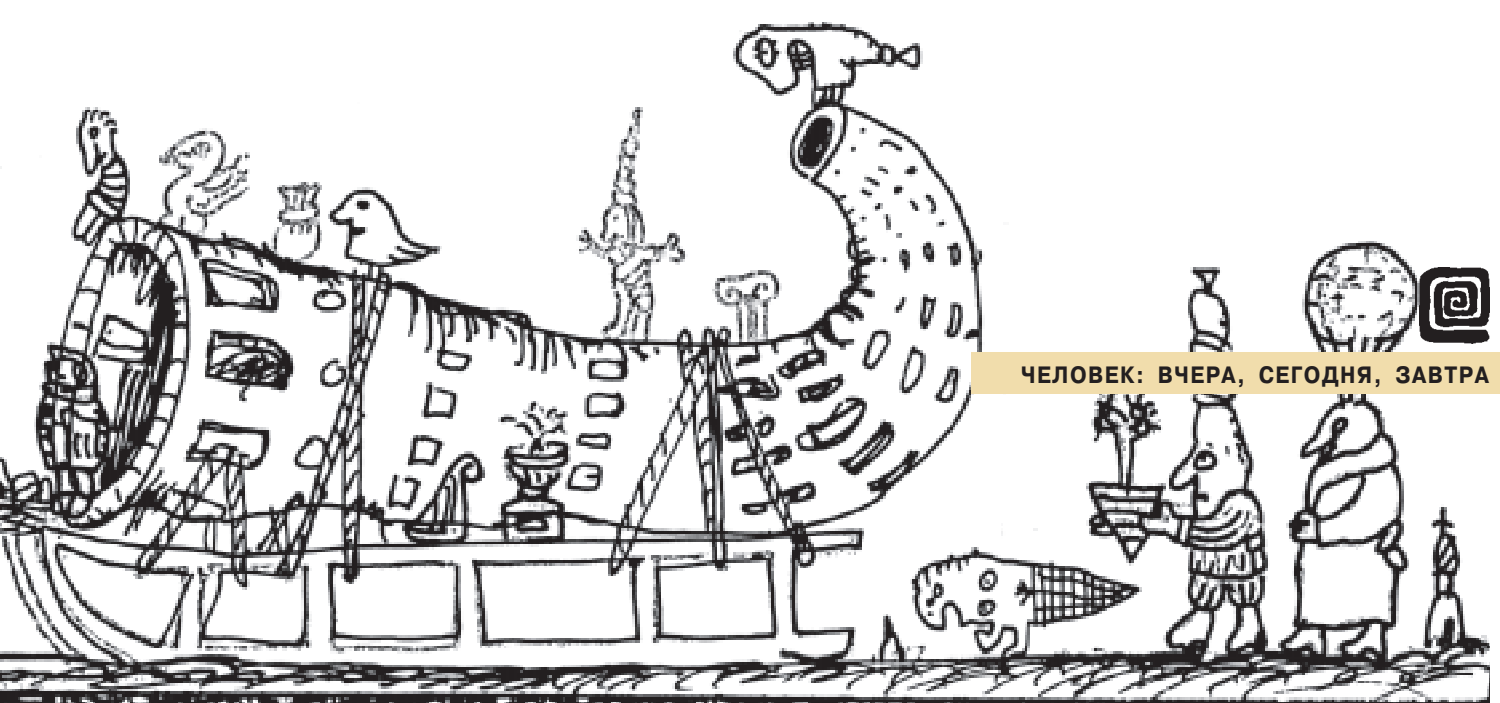
*Мы — представители вида *Homo sapiens*, широко расселившегося по миру десятки тысяч лет назад. Корни нашего вида уходят в глубины Африки на сотни тысяч лет. За прошедшие тысячелетия в жизни человека произошли колоссальные изменения: однообразная пища сменилась великим разнообразием кулинарных традиций, первые орудия труда — техническими новшествами, грубая одежда — хлопчатобумажными майками и пуховыми куртками, примитивные жилища — современными постройками, небольшие кочевые племена — государствами и нациями. Несомненно, технические и социальные изменения возвели человека на вершину иерархии живых существ. Однако они же сделали не востребуемыми у большинства людей те биологические качества, которые были необходимы древнему человеку: физическую силу, способность переносить лишения, необходимость мгновенно решать и так же мгновенно действовать. Современная медицина поднимает на ноги больных, которые не могли бы выжить сами по себе, поддерживает жизнь детей, которым в нецивилизованных условиях грозила бы гибель от наследственных заболеваний, помогает бесплодным парам зачать ребенка. Оказался ли из-за этого человек как биологический вид менее приспособленным, чем был в начале своей истории? Стали ли физические способности отдельного человека ниже, чем у кроманьонца? Содержит ли наш геном больше «плохих» генов, чем их было в геноме наших предков, из-за того, что исчез естественный отбор в популяциях человека, и исчез ли он? Обсуждению этих вопросов и посвящено данное эссе.*

Прежде всего договоримся, что мы будем называть приспособленностью. О преуспевании биологического вида судят по росту его численности, по уровню смертности, по продолжительности жизни. Эти критерии, оставляя в стороне детали, мы и возьмем за основу определения биологической приспособленности.

А теперь напомним, что эволюция любого вида идет не в пустом пространстве, а в некоей среде, которая, в свою очередь, тоже изменяется. Причем эти изменения вызваны не только геологическими и климатическими причинами, но и жизнедеятельностью биологических видов, населяющих данную территорию. Человек не должен быть исключением — его воздействие на среду обитания гораздо

сильнее, чем у любого другого вида животных. Несомненно, это воздействие не всегда полезно для самого человека: например, расширяя площадь обрабатываемых или отводимых под иные цели земель, человек уничтожает леса и загрязняет реки, обрекая себя в будущем на решение проблем «зеленого ресурса» и питьевой воды. В то же время создаваемые человеком условия среды обитания способствовали его выживанию. Но так или иначе, в 2002 году мы должны рассматривать приспособленность человека как вида к той среде, которую мы имеем сегодня, и сравнивать ее с приспособленностью, которая была у первобытного человека, к примеру, 20 тысяч лет назад, к той среде, в которой он жил тогда. Нет смысла рассуждать о том, что «современный человек не смог бы выжить на первобытной Земле», поскольку первобытной Земли уже нет и не будет.

Эволюция человека разумного за последние десятки тысяч лет была не просто эволюцией биологического вида, но в первую очередь эволюцией мысли и материальной культуры. Человек для выживания пользовался не только своей физической силой и преимуществами группового образа жизни. Новые знания давали человеку новые возможности. Кочующие орды становились оседлыми, переходили от охоты и собирательства к одомашниванию животных и выращиванию растений, открывали новые материалы



ЧЕЛОВЕК: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

(бронзу, железо) и новые технологии. Все это лучше обеспечивало человека пищей, делало его более защищенным и в конечном счете вело к росту численности людей — а это, с точки зрения эволюциониста, показатель возрастающей приспособленности. Но приспособленности к новой, измененной среде.

Теперь о других показателях приспособленности. Скажем, 20 тысяч лет назад шансы на выживание у ребенка с каким-либо врожденным дефектом (например, с вывихом бедра или пороком сердца) конечно же были существенно ниже, чем у их здоровых сверстников. В отличие от древних времен, современному человеку не мешает выжить, допустим, невозможность быстрого пешего передвижения: сейчас и в селе и в городе существует множество профессий, для которых умение бегать абсолютно не нужно, да к тому же имеются технические средства передвижения. Среди первобытных людей зрелости достигали не все, а до сорока — пятидесяти лет доживали единицы, но совсем не потому, что малая продолжительность жизни была заложена в генах. Дикие звери, раны, недостаток пищи уносили многие жизни задолго до начала старения организма. В процессе технической эволюции, с улучшением условий жизни и развитием медицины уменьшалась детская смертность и увеличивалась доля людей, доживающих до зрелого возраста. И это тоже говорит о возрастании приспособленности человека как вида — к измененной среде.

Таким образом, если применить данные в начале этого раздела критерии приспособленности, то вывод о биологическом статусе человека

окажется прямо противоположным пессимистическому, а именно: *человечество как вид процветает*. Те, кто не соглашается с подобным выводом и кого тревожит «изнеженность» современного человека, возражают, что человечество вряд ли выживет, если условия обитания нашего вида резко изменятся в худшую сторону — например, если блага цивилизации, начиная от воды в доме и хлеба в магазине и кончая современной медициной, внезапно исчезнут. В самом деле, хотя на эту тему написано немало фантастических романов, такая возможность не фантастична. Стоит произойти крупной катастрофе в водо- и энергоснабжении, в системе утилизации отходов, как все многомиллионное население крупного города окажется в губительной ловушке. Ответ на подобное возражение очевиден: внезапное, резкое изменение условий не идет на пользу ни одному биологическому виду, ни одной популяции животных или растений. В такой ситуации удастся выжить немногим — индивидуумов, хорошо приспособленных к новым условиям, не может быть много до наступления этих условий, а может и вовсе не оказаться, так что вид просто-напросто вымрет. Все, что можно сказать по этому поводу: не следует допускать резких изменений нашей среды обитания.

Теперь перейдем к следующему вопросу: уступаем ли мы кроманьонцу физически? Можно услышать, что современный человек, выиграв в техническом совершенстве, проиграл в совершенстве собственного организма, что достижения культуры сделали отдельного человека слабым. С этим можно согласиться, но с одной суще-

ственной оговоркой: за редкими исключениями врожденных аномалий эту «слабость» вызывают не генетические причины, а лишь то, что начиная с младенчества человек растет в более комфортных условиях и на его долю не выпадают те физические нагрузки, которые были повседневными для первобытного человека. Но если подобным нагрузкам подвергнуть человека современной эпохи, скорее всего, он успешно реализует возможности, заложенные в его геноме, и слабым не будет. Действительно, в процессе социальной эволюции в большинстве сообществ выделялись группы охотников и воинов, которые не занимались хозяйством, но посвящали жизнь физическому совершенствованию, как бы продолжая образ жизни своих древних предков. Есть такие группы и в современном обществе. Поэтому нельзя сказать, что современный человек слабее первобытного. Если бы кроманьонцу пришлось состязаться в силе и выносливости со спортсменом-многоборцем или бойцом спецназа, то наш далекий предок вряд ли победил бы. Точно так же умение выжить в диких условиях определяется тем, насколько человек тренирован к этим условиям. Таежные охотники Сибири и кочевые жители Азии дают нам примеры такого умения. А ведь именно подобное сравнение следует считать корректным. Коль скоро мы говорим о генетических различиях, нужно сравнивать возможности индивидуумов, выросших в равных условиях, в данном случае — тренированного с тренированным.

Все это позволяет сделать предположение, что вряд ли существуют сколь-нибудь существенные генети-

ческие различия между нами и кроманьонцами. Проверить предположение экспериментально пока что трудно — ДНК в костях древних людей обнаруживается буквально в следовых количествах, ее анализ требует много времени и средств. Сегодня генетически исследованы лишь единичные останки древних людей. В частности, недавно ученые исследовали митохондриальную ДНК останков людей многотысячелетней давности, которые были найдены в ледниках Альп, — и не обнаружили отличий от человека наших дней. Конечно, столь отрывочных данных недостаточно для выявления генетических особенностей древних популяций человека и сравнения их с тем, что известно о современных популяциях. Поэтому попробуем обосновать наше мнение с точки зрения теории.

Известно, что все мы очень схожи генетически: у всех людей на Земле более 99% ДНК совпадает, а различия составляют меньше чем один процент. Следовательно, по многим генам люди совершенно не отличаются друг от друга. Но из-за того, что каждый человек развивается в своих условиях (включая условия внутриутробного развития), люди вырастают разными. Можно сказать, что действие генов формирует фундамент фенотипа (совокупности признаков организма), однако «здание» на фундаменте возводят условия среды. Генетики говорят при этом о фенотипической пластичности: в зависимости от места, где проходит онтогенез особи, она окажется приспособленной к условиям северной тайги или к условиям жаркой пустыни. Наши древние предки, уже десятки тысяч лет назад расселившиеся по разным континентам, жили примерно в том же спектре природных экологических условий, которые существуют и сейчас, и, соответственно, фенотипическая пластичность, а не специфические гены, вполне могла обеспечить их выживание. Поэтому едва ли стоит ожидать, что мы найдем принципиальные генетические различия между нами и нашими далекими предками. (Сказанное не исключает того, что частота встречаемости какого-то варианта гена и определяемого им признака в популяциях кроманьонского человека

могла быть иной, чем в нынешних популяциях, вследствие отбора или случайных процессов. Это аналогично тому, что мы видим в современных популяциях: скажем, первая группа крови встречается в среднем у каждого четвертого жителя Европы, в то время как у индейцев Центральной Америки она достигает 80–90%.)

Нередко также приходится слышать, что цивилизованная жизнь ведет к генетическому ухудшению человеческого рода из-за отсутствия естественного отбора против «плохих» генов. Аргументы сторонников этой точки зрения мы уже приводили: предоставленный самому себе носитель «плохого» гена умер бы рано, но современная медицина и комфортные условия жизни повышают его шансы прожить долгую жизнь, завести детей и передать им этот ген. Следовательно, таких генов в популяции становится все больше?

Вначале — немного генетики и теории эволюции. Существует такое понятие, как генетический груз, или груз мутаций, — наличие в популяции «плохих» вариантов генов, являющихся причинами наследственных болезней. Каждый «плохой» вариант появляется вследствие мутации — «поломки» нормального гена. Такая поломка препятствует синтезу нормально функционирующего белка и тем самым нарушает жизнедеятельность организма. Любой человек получает в наследство от родителей две копии каждого гена: один от матери, а другой от отца. Мутантный ген может передаться ребенку от родителя, но мутация может и возникнуть внезапно в новом поколении.

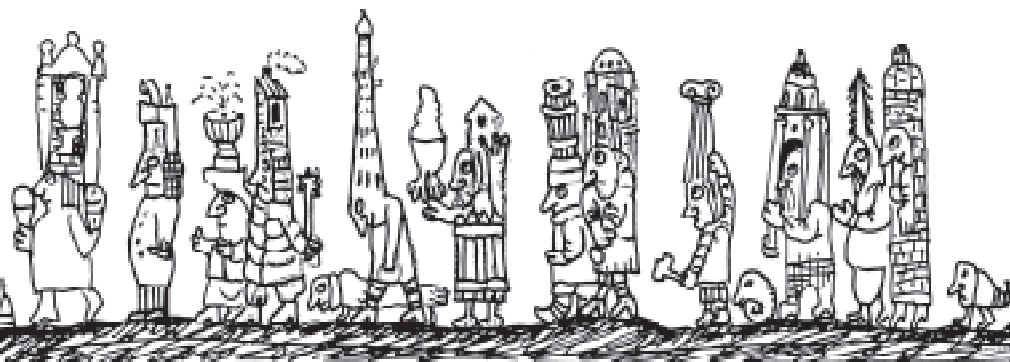
Рассмотрим несколько примеров. Многие анемии вызываются мутациями, которые изменяют белковые цепи молекулы гемоглобина или препятствуют их синтезу. При этом нарушается функция гемоглобина — он больше не может транспортировать кислород из легких в клетки организма. В частности, одна из форм анемии — бета-талассемия (болезнь, которую вызывают мутации в гене, контролирующем синтез бета-цепи гемоглобина) распространена в Средиземноморье, Азии и на севере Африки, где встречается с частотой примерно один на десять тысяч населе-

ния (0,01%). Другое заболевание — фенилкетонурия, вызываемая неспособностью организма усвоить полученную с пищей аминокислоту фенилаланин (это происходит из-за мутации в гене, кодирующем синтез фермента фенилаланингидроксилазы, который должен превращать фенилаланин в другую аминокислоту — тирозин). Повышенное содержание фенилаланина и его производных в крови и других тканях приводит к замедленному развитию и умственной отсталости. Это заболевание также встречается со средней частотой 0,01% в Европе и Азии.

Носители этих мутаций, у которых дефектна только одна из двух копий гена, практически не болеют, но передают груз мутаций своим детям. Болеют, погибают, не оставляют потомства, как правило, люди с двумя дефектными копиями, в организме которых не может синтезироваться нужный белок. В этом и заключается естественный отбор; он-то и останавливает на определенном уровне накопление мутаций. В природе сохраняется баланс между возникновением мутаций и их исчезновением. Казалось бы, не будь естественного отбора — число мутаций в генофонде человека немедленно возрастет. Но это не так. Тут важен фактор времени: и накопление мутаций, и отбор против них — медленные процессы.

Допустим, что приведенное выше значение (0,01%, или в долях — 0,0001) — это часть популяции, которую составляют люди, страдающие неким наследственным заболеванием. Известно, что доля мутантных генов в популяции равна квадратному корню из доли больных, то есть 0,01, или 1%. Новые мутации гена у новорожденных появляются с частотой, самое большее, один на десять тысяч в каждом поколении, то есть доля мутантных генов увеличится за одно поколение на 0,01% (в сто раз меньше, чем уже имеется). Но именно на такую же величину уменьшается их число в популяции из-за отбора. Это и есть баланс между мутациями и отбором.

Как видим, каждая из противоборствующих эволюционных сил способна лишь ненамного изменить груз мутаций. Тот генетический груз, что имеется в настоящее время, — результат накопления мутаций в популяциях за многие тысячи поколений, за десятки тысяч лет. Поэтому ослабление естественного отбора в современных популяциях не может привести к сколько-нибудь существенному увеличению груза мутаций даже через столетия. Значимо увеличиться доля таких мутаций может только через многие ты-





сячелетия, да и то если медицина и социальные условия обеспечат полноправное участие таких людей в жизни. Но в таких условиях эти мутации перестанут быть генетическим грузом и перейдут в категорию так называемых нейтральных мутаций, не оказывающих отрицательного влияния на жизнедеятельность! Тем самым мы приходим к выводу, что цивилизованные условия жизни не увеличивают генетический груз человечества.

Теперь зададимся вопросом, а можно ли принимать на веру предположение, что давление естественного отбора в современных популяциях человека стало меньше, чем у наших далеких предков? Тут многое еще неясно. Ведь, например, естественный отбор в виде ранних спонтанных абортов и бесплодия продолжает свое действие и поныне. Несомненно, потеряли свою значимость факторы отбора, преобладавшие 20 тысяч лет назад — направленные против индивидов с некоторыми физическими и психическими отклонениями (например, с замедленной реакцией). Но вполне возможно, что вступили в действие новые факторы, новые компоненты отбора. Действительно, быть может, способность научиться распознавать следы зверей и ориентироваться в лесу — это нечто иное с точки зрения физиологии мозга, чем умение читать и производить сложные подсчеты? И разные группы генов определяют, будет ли человек в тайге как дома или окончит институт со всеми пятерками?

Все сказанное, конечно, касается не только грамотности и умения оперировать абстрактными понятиями. Отличия в требованиях к человеку, предъявляемых современными условиями жизни, от тех, что были 20 тысяч лет назад, проявляются во многих областях. Скажем, к городским условиям лучше адаптируются люди с определенным типом нервной системы, с определенным темпераментом. Поскольку особенности поведения отчасти связаны с генами, то вполне возможно, что естественный отбор как был, так и остался, просто сменил направление. И потому, быть может, в условиях современной цивилизации начинается отбор против мутаций, прежде являвшихся нейтральными? Если это так, то сейчас отбор в целом усиливается по сравнению с той интенсивностью, с какой он шел у наших древних предков.

Но только ли гены ответственны за резкие физические и психические отклонения? В середине XX века американский психиатр Сидней Марголин провел социально-психологическое исследование индейцев юта и других

племен, обитавших в прериях (это исследование описано в книге Конрада Лоренца «Так называемое зло. К естественной истории агрессии»). Марголин показал, что эти люди, ныне живущие в резервациях, страдают тяжелыми невротами достоверно чаще, чем какая-либо другая группа людей. По его мнению, это связано с повышенной агрессивностью юта, причем агрессивность, по его мнению, закреплена генетически. Он предположил, что история племени за последние 500 лет со времени открытия Америки была так богата войнами, что создавалось сильнейшее селекционное давление, способствующее выживанию наиболее жестоких и склонных к моментальной агрессивной реакции индивидумов. Но это едва ли не единственный пример направленных генетических изменений у человека, возникших в ходе отбора за исторически короткое время, да и то современные оппоненты Лоренца (в частности, профессор Герберт Зельг из университета Отто Фридриха в Бамберге) подвергают сомнению достоверность данных Марголина. Хотя даже если данные достоверны, агрессивное поведение в данном случае можно объяснить и иначе: реакцией индейцев на условия существования в резервациях. Действительно, поместите нормального человека или дикое животное в тесную клетку, выставьте на всеобщее обозрение и посмотрите на его поведение через какое-то время.

Но есть хорошо известные факты, подтверждающие существование физиологических отличий между цивилизованными и нецивилизованными людьми: представители северных народов, которых уже взрослыми переселили в «комфортные» городские условия, болеют чаще, чем до переселения. И смену пищи, и сквозняки при ванных нам панельных домов они переносят едва ли не так же тяжело, как взрослый горожанин — жизнь в эскимосском иглу. Известно, кроме того, что люди приспособлены к условиям местности, где они родились и выросли: к световому дню, уровню солнечной радиации, пищевому рациону. Но трудно сказать с уверенностью, сколь

существенны здесь различия на генетическом уровне. Усвоение субстратов внешней среды (скажем, получаемых с пищей жиров и углеводов) зависит от активности ферментов, вовлеченных в их метаболизм, а уровень их активности отчасти наследствен и может различаться в разных популяциях. Однако, как уже отмечалось, наша фенотипическая пластичность очень велика, так что, если человека с самого раннего детства поместить в условия, непривычные для его предков, скорее всего, он сумеет неплохо к ним адаптироваться.

И тут мы переходим к очень важному вопросу. Каждый человек, живет ли он в Москве или на Крайнем Севере, получает в наследство не только гены, но и культуру. То есть, применительно к выживанию в определенной среде, — элементарные правила поведения: как общаться с другими людьми, как зарабатывать, какие блюда готовить и многое другое. И все это, вместе взятое, все эти социальные и бытовые знания — один из важнейших компонентов приспособленности, возможно, более весомый, чем генетическая наследственность. Этот феномен — эволюция культуры и передачу ее из поколения в поколение — стали изучать совсем недавно. И хотя не только родители обучают ребенка (он может воспринимать новое и от других людей своего окружения), исследования показывают, что большую часть подобной информации человек перенимает все же от отца и матери. Длинный, по сравнению с другими видами, период зависимости ребенка от родителей связан именно с огромным количеством негенетической наследственной информации, которую нужно передать. Как выследивать зверя, как зарываться в снег, прильнув к собаке, как разжечь костер — вот примеры навыков, которые были необходимы для жизни в природе; примеры навыков, способствующих адаптации к условиям мегаполиса, читатель пусть назовет сам.

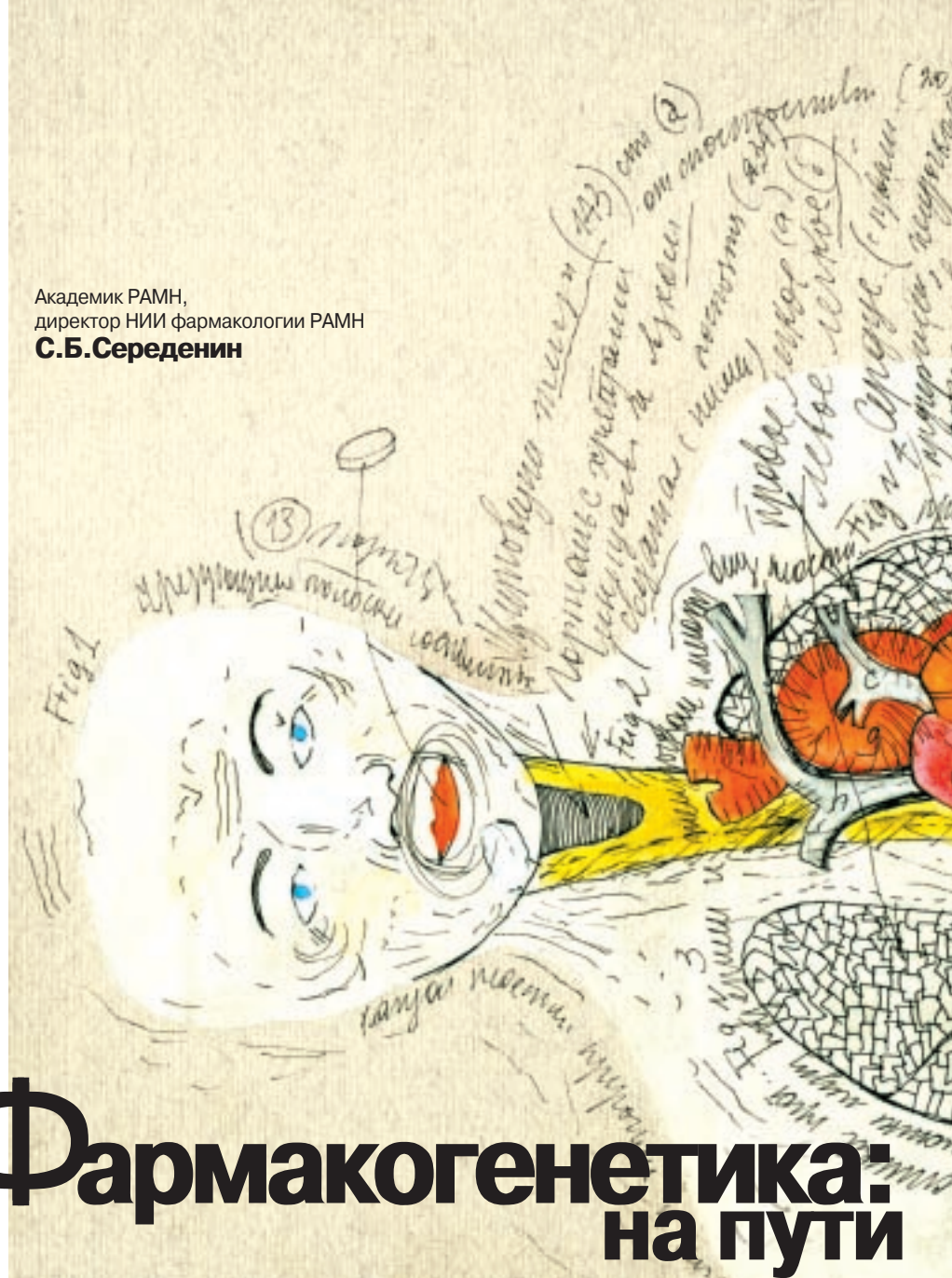
Что же из этого следует, если вернуться к вопросу о генетическом грузе и «опасностях» цивилизованной жизни? Когда человек попадает в более жесткие условия, он не может быстро адаптироваться чаще всего не потому, что

генетически неспособен выжить в таких условиях, а потому, что у него нет необходимых навыков выживания и не у кого их перенять. Утеряны не столько гены, сколько традиции. Причем если для снижения частоты встречаемости некоего «вредного» гена потребовались бы десятки тысяч лет, то навыки и традиции теряются значительно быстрее — за считанное число поколений. Вспомним фантастическую повесть Айзека Азимова «Когда зажигаются звезды». Планете, где царит вечный день под шестью солнцами, грозит полное солнечное затмение. Все в ужасе от незнакомой им надвигающейся Тьмы, о которой рассказали недавно расшифрованные древние рукописи, оставленные таинственно исчезнувшей древней цивилизацией. Эти рукописи поведали также о пожаре, который уничтожает книги, постройки — все, что прежняя цивилизация планеты открыла и сделала. И еще — о страшных глазах Вселенной, Звездах, взгляда которых человек не выдерживает и погружается в безумие. И вот Ночь стала опускаться на планету, и, желая уйти от нее, люди жгли все вокруг — книги, машины, здания. Лишь немногие самоотверженные спешили описать гибель цивилизации на оставшихся клочках бумаги. А когда все было сожжено, с черного неба засверкали мириады ярких звезд — планета была в самом центре галактики. Всех охватило безумие... Через несколько часов солнца снова засияли, люди ожили, но в разуме остались лишь малые дети. Им не на чем и не у кого было учиться — и на рухнувшую цивилизацию вновь опустилась многовековая ночь.

Теперь подведем итоги. Во-первых, эволюцию человека следует рассматривать как коэволюцию со средой обитания, которая во многом изменяется самим человеком. Во-вторых, приспособленность человека пока что не падает, а растет. Вопрос, ухудшается ли генетическая природа человека от того, что ему обеспечены комфортная жизнь и услуги медицины, имеет только один ответ: «Нет». И в-третьих, как повышение, так и падение приспособленности у человека теснейшим образом связано с культурной традицией, обучением, с преемственностью — или с ее отсутствием. Вклад этого фактора в способность человека адаптироваться к разным условиям намного превышает влияние генетических особенностей.



Академик РАН,
директор НИИ фармакологии РАН
С.Б.Середенин



Фармакогенетика: на пути

Художник В.Акатьева

«Лечить не болезнь, а больного» — реально ли это?

Нет двух людей, одинаково реагирующих на лекарства (реакции могут быть близкими разве что у однойцевых близнецов). Проблема индивидуальной чувствительности к биологически активным веществам появилась в истории медицины едва ли не раньше, чем фармакология, с тех пор как человек начал употреблять для регуляции различных процессов, протекающих в организме, такие экзогенные вещества, как этиловый спирт или морфий.

Еще античные медики отмечали, что на разных людей одно

и то же лекарство может действовать по-разному. Вскоре после второго открытия законов Менделя в 1900 году английский биолог Арчибальд Гарот упомянул о том, что генетические факторы влияют на метаболизм лекарственных средств. Но только в 20-е годы XX века была сделана попытка охарактеризовать наблюдаемые явления количественно, когда комиссия Лиги Наций ввела понятия ED_{50} и LD_{50} — доза, эффективная в 50% случаев и летальная в 50% случаев. Однако научные основы проблемы по большому счету оставались вне поля зрения исследователей-фармакологов вплоть до 50-х годов. Тогда были открыты сразу три фармакогенетических феномена: для трех препаратов было достоверно показано, что побочное действие или недостаточная эффективность



К медицине будущего

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

могут быть связаны с некими генетически детерминированными особенностями индивидов.

Первый из этих феноменов — дефицит глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы. Американцы, воюя в жарких странах, вооружали свою армию противомаларийным препаратом примахином, который убивал малярийного плазмодия за счет окислительного действия. И вот когда проводили клинические испытания примахина на солдатах, у некоторых пациентов возникло гемолитическое осложнение, причем все эти пациенты были чернокожими. С тех пор прошло уже более 50 лет, и теперь мы знаем, что побочный эффект проявляется у людей с мутантными формами фермента глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы. При таких мутациях дефицит фермента нарушает баланс

окислительных и восстановительных процессов и тем самым обуславливает беззащитность эритроцитов к действию примахина — а также и других окисляющих лекарств. Дело в том, что не только примахин, но и другие препараты обладают окислительными свойствами и их тоже нельзя принимать людям с дефицитом глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы. Сегодня известно несколько мутантных форм фермента. Примечательно, что эти мутации в конце концов оказались не сцепленными с расой: хотя они действительно распространены в Африке, но также и в Средиземноморье, в Средней Азии и Азербайджане, то есть межэтнические отличия между носителями мутации достаточно велики. К счастью, уже давно разработан биохимический тест, с помощью

которого можно определить активность фермента у больного. Прежде чем назначать ему лекарство. Особенно это важно в «зонах риска» — в областях, где у населения часто встречаются мутации.

Второй феномен был связан с применением противотуберкулезного препарата изониазида. Он также у некоторых больных вызывал побочные эффекты, а у других — нет. Причиной оказался генетический полиморфизм фермента, превращающего изониазид в ацетилизониазид, — N-ацетилтрансферазы. Этот фермент полиморфен, существует в различных формах, так что в разных популяциях, в разных этнических группах может быть от 5 до 30–40% людей со слабым, замедленным, метаболизмом этого препарата. Таким людям следует назначать его с



особой осторожностью. Как и в предыдущем случае, выяснилось, что и от этого фермента зависит метаболизм не только изониазида, но целой группы препаратов.

Еще один случай: больному ввели миорелаксант дитилин и вместо кратковременного расслабления мускулатуры произошла длительная остановка дыхания. У этого человека был в мутантной форме фермент бутирилхолинэстераза, который в норме расщепляет молекулы этого миорелаксанта, поэтому доза, безвредная для других, в этом случае оказалась чересчур большой...

Фармакогенетика парацетамола

Впервые обобщили эти три феномена два генетика, немец Ф. Фогель и американец А. Мотульский, и фармаколог Вернер Каллоу, канадец немецкого происхождения, который многие годы заведовал кафедрой фармакологии в Торонтском университете и по сей день остается ее почетным главой. Каллоу внес основной вклад в развитие фармакогенетики, но само понятие «фармакогенетика» ввел Фогель в 1957 году. По Фогелю, задача этой науки — изучить генетически детерминированные особенности индивидуального действия лекарственного препарата. Если раньше фармакологи, создавая лекарство, писали в перечне побочных эффектов: «индивидуальная непереносимость» или другие общие слова, то теперь требуется более конкретная информация. Побочные действия либо недостаточная эффективность могут быть связаны или с генетическими различиями ферментов, метаболизирующих лекарства, — это этап фармакокинетический, определяющий концентрацию лекарства в крови, или с генетическими особенностями рецепторов, которые определяют различные фармакодинамические свойства препарата. Иначе говоря, и количественное распределение лекарственного вещества в организме, и его взаимодействие зависят от генетических факторов.

Число фармакогенетических исследований сейчас нарастает в геометрической прогрессии. Изучают все известные виды метаболизма лекарств — и везде, во всех путях, по которым идут биохимические превращения, обнаруживаются генетические полиморфизмы. Мутаций в наших генах — великое множество, но многие из них «молчат» до того, как человек примет лекарство. Приведу для примера крупнейшее фармакогенетическое открытие за последние двадцать лет: полиморфизм

цитохрома IID6, члена большого семейства белков, который отвечает за окисление молекул. Цитохром IID6 метаболизирует множество лекарственных средств: и антиаритмики, и адrenoблокаторы, и другие. Так вот, оказалось, что эта молекула у разных людей существует в различных формах: все мы делимся на слабых и сильных окислителей.

Более близкий к обыденной жизни пример: алкогольдегидрогеназа и альдегиддегидрогеназа, ферменты метаболизма этилового спирта («Химия и жизнь» не раз писала о них). В Японии один фармакогенетик провел с соотрудниками остроумное исследование. Они обратили внимание, что в двух недалеко расположенных городках почти вдвое различается потребление этанола. Оказалось, что это совершенно четко коррелирует с распространением в одном и другом городке атипичной формы альдегиддегидрогеназы. Больше пьют там, где этот фермент работает хорошо, и альдегиды, которые обуславливают токсическое действие алкоголя, выводятся быстрее. А там, где меньше активность фермента, покупают и меньше спиртного.

От генетических факторов зависит даже действие такого широко употребляемого (и широко разрекламированного) препарата, как парацетамол. Он метаболизируется путем соединения с глюкуроновой кислотой или сульфатирования. И ту, и другую реакцию проводят ферменты, которые существуют в нескольких формах. Так, недавно открыт полиморфизм фермента сульфатирования — а это значит, что для некоторых людей парацетамол может быть опасен.

Но как человек может узнать, нет ли у него генетических противопоказаний принимать парацетамол? Возможно, решение этой задачи не за горами. Уже понятно, что индивидуальная чувствительность может быть описана как сумма индивидуальных фенотипических проявлений: в какой форме у данного пациента находятся ферменты, рецепторы, системы вторичных мессенджеров и все остальные молекулярные механизмы, от которых зависит действие лекарства. Прежде проблему типирования — вот этого самого определения форм фермента — было очень трудно решить. Сравнительно несложно сделать биохимический анализ крови или мочи, определить в них содержание самого лекарственного препарата и его метаболитов и отсюда сделать вывод о том, как работают ферменты. А вот, скажем, состояние рецепторов центральной нервной системы, с которыми связано действие успокаивающего препарата, простыми клиническими метода-

ми определить невозможно. Необходимы сложные методы экспериментальной фармакогенетики (например, опыты с животными), чтобы только найти ключевую молекулу. Но теперь у нас в руках геном человека. Когда по любому биологическому субстрату, содержащему ДНК, можно будет определить, в какой форме у пациента участок гена, кодирующего нужный признак — например, активен или неактивен тот или иной фермент, — работа фармакогенетики станет гораздо проще.

Конечно, нельзя забывать, что по генотипу можно составить только общее представление. Всего, что происходит с одним отдельно взятым белком в организме — с учетом всех «блячек», вредных и полезных привычек, факторов среды, — мы не можем узнать исходя из нуклеотидной последовательности гена этого белка. Это станет возможным лишь нескоро, когда мы исследуем не только структуру всех генов человека, но и функции всех белков.

Прогнозы на тысячелетие...

По моему мнению, сейчас было бы разумно потратить деньги (пусть даже колоссальную сумму) на то, чтобы научиться легко и быстро выявлять все известные на сегодня генетически зависимые эффекты лекарственных средств. Нужны тестовые системы (например, на основе микрочипов, которые уже производят специалисты из ИМБ РАН, Института физико-химической медицины МЗ РФ и других учреждений), чтобы в клинике у больного первым делом, еще до назначения лекарств, определяли состояние генов, кодирующих те ферменты, которые в его случае имеют особое значение. Помимо этого, совершенно необходим пробный прием препарата — того, который назначен больному, или особенно, так называемого типизирующего, по которому определяют, каким может быть действие на данного человека препаратов, принадлежащих к данной группе. (Биотрансформация препаратов, объединенных в такую группу, идет по одному и тому же пути, следовательно, мутация в одном ферменте повлияет на действие всех таких препаратов.) Только при выполнении этих двух условий — одновременного фенотипирования и генотипирования — можно будет действительно индивидуализировать фармакотерапию.

Чтобы показать, что игра стоит свеч, приведу лишь один факт: в последние годы в Америке среди причин смерти на шестом месте стоят лекарства. Сто шесть тысяч человек в год умирает от



неправильного применения медицинских препаратов. А затраты на «лечение от неправильного лечения» составляют 2,4 млрд. долларов. По России таких данных нет, но вряд ли есть повод надеяться, что положение сильно лучше. Скорее наоборот, ведь Россия — государство многонациональное, и в каждой этнической группе имеются свои особенности, характеризующие действие лекарств.

Вспомним, что, когда сформировалась концепция клинической биохимии (обычные сегодня анализы крови, мочи и тому подобное), у врачей появилась надежная основа для постановки диагноза и контроля лечения. Без этого современная медицина уже не может существовать. Теперь созданы анализаторы, вмещающие все биохимические методики анализа: вносите в пробирку каплю крови пациента и на выходе получаете все необходимые данные. Если бы существовал фармакогенетический анализатор подобного рода, человека, поступающего в клинику, было бы легко оттипировать по всем путям биотрансформации и рецепции тех лекарственных препаратов, которые ему могут назначить.

Возможно, планы генотипирования в клинике скоро перестанут быть умозрительными. Фармакогенетика развивается поистине бешеными темпами: если в 70-х годах среди мировых фармакогенетических конгрессов было всего около 10% с генетическим уклоном, то теперь — 80—90%. Сейчас многие в связи с расшифровкой генома ожидают невиданного прорыва в фармакологии, немедленного появления новых лекарств. Но разумеется, ни завтра, ни послезавтра прорыва не будет. Практических результатов от завершения проекта «Геном человека» следует ожидать через 30—40 лет — когда геномику дополнит протеомика, то понимание функций каждого белка, каждого пептида человеческого организма, о котором мы уже упоминали. Недавно мне задали вопрос, как, по моему мнению, будет развиваться фармакология в новом тысячелетии. Я сказал, что на смену общей фармакологии придет фармакология индивидуума: когда мы расшифруем функцию всех продуцируемых в человеке пептидов, мы сможем создавать для каждого человека особое лекарство.

...И планы на ближайшее будущее

Если же не говорить о столь отдаленных перспективах, то с этого года в РМГУ, бывшем московском Втором медицинском институте, начала работу кафедра фармакогенетики. Я сам учил-

ся в этом институте и был в числе первых выпускников медико-биологического факультета, который организовали в 1963 году; в 69-м я его окончил и в 73-м организовал лабораторию фармакологической генетики. (Эта лаборатория занималась особой областью фармакогенетики — мультифакториальной фармакогенетикой, связанной с рациональным употреблением психотропных средств.) А в прошлом году ректор Второго меда предложил мне организовать кафедру фармакогенетики на медико-биологическом факультете. К работе на новой кафедре я привлек и сотрудников нашего института. Мы решили принимать на эту кафедру пятикурсников: чтобы понять, о чем я говорю, студенты должны знать биохимию, фармакологию и генетику, только тогда я могу с ними беседовать на профессиональном языке, не расшифровывая каждое слово. За счет того, что слушатели уже имеют приличную подготовку, курс получился компактным: обязательная часть — полугодовая, а те, кто захотят учиться дальше, могут прийти к нам в институт на спецкурс и на диплом.

До сих пор такой кафедры в России не было: фармакогенетика лишь упоминалась в курсах клинической генетики. Разрабатывая свой курс, я использовал опыт Каллоу из Торонто — основателя фармакогенетики, который издал монографию по метаболизму лекарств, а также опыт Мичиганского университета, где курс фармакогенетики создал профессор Вебер. Наши студенты сегодня получают полную информацию о фармакогенетических феноменах, о мутациях и их клинических проявлениях при встрече с тем или иным препаратом, о том, какие исследования велись и ведутся в мире. Студенты спрашивают: «А что у нас в России?» Я отвечаю: «Для того я и читаю вам эти лекции, чтобы исследованиями в России занялись вы».

Сейчас мы ставим себе конкретную задачу: набрать и обучить достаточное количество студентов, которые заинтересуются этой тематикой, и в НИИ фармакологии сформировать отдел, который разработает возможности типирования по самым распространенным полиморфизмам. Мы будем ста-

раться встроиться в современную экономическую ситуацию, и если мы создадим новые методы генотипирования, то используем их в первую очередь конечно же у себя: организуем в институте фармакогенетический центр, который сможет проводить анализы для всех клиник Москвы. А когда мы сами насытимся кадрами, то начнем готовить специалистов для работы непосредственно в клиниках.

Пока же мы хотим, чтобы студенты, получившие у нас образование, начали переводить фундаментальную науку в практический аспект. На медико-биологическом факультете всегда, с первых лет его существования, давали опережающие знания. Когда я там учился, нам читали то, чего не было в практике: новейшие достижения биологии, которые еще только предстояло внедрить в медицину. Сейчас, конечно, медбиофак стал немного другим. Сегодняшний студент понимает, что ему рассказывают об интересных и перспективных вещах, но в то же время думает: а где я на хлеб заработаю? Раньше все научно-исследовательские институты, работающие в клинике, с удовольствием брали выпускников медбиофака, которые сыграли огромную роль в совершенствовании отечественной науки и клиники. Однако за последние десять лет 30—40% всех выпускников нашего факультета уехало за границу. Мне бы хотелось, чтобы выпускники новой кафедры доказали своими работами, что фармакогенетика в России может и должна быть востребована. Я повторяю, что у нас, скорее всего, ситуация с осложнениями, вызванными неправильным приемом лекарств, гораздо хуже, чем в Америке, но почему-то никто об этом не думает. Грустно было бы предположить, что мы учим людей, которые не будут нужны у себя на родине. Надеюсь, нам не придется готовить специалистов высокого класса исключительно на экспорт, как это происходит сегодня в слишком многих российских вузах...



Вероятно, многие всерьез полагают, что такие грозные инфекции, как, например, чума, сибирская язва или бешенство, на сегодняшний день можно считать окончательно побежденными. Это мнение верно лишь отчасти: да, людям, живущим в цивилизованных странах, эпидемии перечисленных заболеваний практически уже не угрожают, однако в живой природе... Так вот, в живой природе очаги этих бактериальных и вирусных инфекций возникают с завидным постоянством: это массовые, но локальные заболевания среди грызунов и более крупных зверей, например лис, да и среди домашних животных они иногда появляются тоже. Естественно спросить: почему? что тому причиной? кто (или что) возбуждает возбудителя?


В середине 90-х годов истекшего столетия в нашем журнале была опубликована серия статей доктора биологических наук Е.В. Ротшильда, ознакомившись с которой читатель смог получить исчерпывающие ответы на все эти вопросы (см. «Химия и жизнь», 1994, № 8; 1995, № 5; 1996, № 1–3). Оказалось, что в распространении массовых инфекций среди зверьков срабатывает вовсе не принятый в медицине принцип «возбудитель — болезнь» (возбудитель-то в природе есть всегда, а вот вспышки болезней возникают изредка, внезапно и на ограниченной территории!) и что дело тут вовсе не в повышенной скученности животных. Дело совсем в ином.

Кто помнит те самые статьи Е.В. Ротшильда, вышедшие в «Химии и жизни», сразу поймет, о чем речь. А для наших новых читателей пока не будем раскрывать всех карт: очередная публикация этого автора сейчас перед вами и из нее все станет ясно. Главное же здесь — не только и не столько о причинах возникновения инфекционных заболеваний в живой природе, то есть среди зверьков; здесь говорится о новой чуме — о СПИДе, и уже среди людей. О причинах внезапного и массового появления этой страшной напасти на африканском континенте, начавшейся в 80-х годах XX столетия.

В отличие от прошлых работ, где Е.В. Ротшильдом фактически была сформулирована новая теория возникновения инфекционных заболеваний в природе (в полном виде она представлена в журнале «Успехи современной биологии», 2001, т. 121, № 3, с. 252–265), нынешнюю статью автор скромно именует гипотетической. Ну, ему, может быть, виднее, но мы, и вовсе не нахальства ради, решили поместить ее в рубрике «Расследования». Не «Гипотезы», а именно «Расследования». Ибо тут — стопроцентное попадание в этот жанр, где в финале статьи, как мы уверены, опять же точный ответ на самый главный вопрос: так кто же возбудил возбудителя?

И еще: нам приятно, что с принципиально новым взглядом на природу СПИДа (впервые!) можно ознакомиться именно у нас, в «Химии и жизни».

Все просто: мы привержены главному постулату науки: «Истинное знание есть знание причин». Это сказал Галилей.



СПИД: новая драма по старому сценарию



Доктор
биологических наук
Е.В.Ротшильд,
Институт проблем экологии
и эволюции
им. А.Н.Северцова РАН



РАССЛЕДОВАНИЯ

Они... имеют власть
над водами — превращать
их в кровь и поражать
землю всякою язвою,
когда только захотят.

Откр. 11.6

Фактология — печальная и странная

Об инфекционной болезни, вызываемой вирусом иммунодефицита человека, или сокращенно ВИЧ (ее называют также синдромом приобретенного иммунодефицита — СПИД), в наше время, наверное, наслышаны все. Эпидемия этого заболевания в конце XX века стала фактически всемирной. То есть это уже пандемия. Действительно новая чума.

Именно так. Число умерших от СПИДа насчитывает уже миллионы. И тем не менее, несмотря на буквально титанические усилия, современная медицина до сих пор не располагает надежными средствами борьбы с этой инфекцией. Хотя, признаем, известно о ней уже довольно много. В частности, подробно изучены природа возбудителя недуга, близкие ему формы микроорганизмов, способы передачи заразного начала, клиника заболевания, всяческие сопутствующие болезни.

Вкратце напомним. Возбудитель СПИДа принадлежит к группе ретровирусов. Характерное свойство вирусов этой группы — способность легко внедряться в генетический аппарат хозяина и, не проявляя своих патогенных свойств неопределенно долго, иногда по 10–20 лет, сохраняться в организме (персистировать). Но вот проходит этот срок, и клинически выраженные формы болезни развиваются у 10–30% носителей.

Странная ситуация, не правда ли: так долго быть носителем и только лишь с вероятностью 0,2 (это в среднем) стать, к несчастью, больным?

Оставим ответ на этот вопрос покуда без ответа и продолжим фактологию.

Результаты многочисленных исследований указывают на африканское происхождение СПИДа. Да, действительно, именно в Африке обнаружено максимальное разнообразие близких форм этого ретровируса. Более того, некоторые вирусы, сходные с ВИЧ, найдены у разных видов африканских обезьян. Удивительно, но мартышки-носители остаются при этом вполне здоровыми.

Но удивительно не только это. Первое описание случая СПИДа относится к 1981 году, но тем не менее похоже, что СПИД — это древняя эндемичная инфекция африканского континента. Вот одно из доказательств: в сыворотках крови коренного населения, собранных здесь в 1950–1970-е годы совершенно с другими целями (о СПИДе тогда вообще никто не знал), впоследствии, после 1981 года, то есть ретроспективно, когда речь зашла уже о СПИДе, во многих случаях зарегистрировали антитела к возбудителю этой инфекции. Вместе с тем клинически выраженные проявления заболевания в период до конца 70-х годов встречались редко, и медики трактовали их как угодно и невнятно: пневмония неясной этиологии,

Художник Г. Гончаров

Именно так и пытаются делать медицина. Как делала и раньше, в ситуациях с оспой, чумой etc. Это, безусловно, много, но это еще не все. Потому что время нынче другое. Как говорится, новое время — новые песни.

В случае со СПИДом заражение чаще всего происходит половым путем. Еще один и теперь кое-где выходящий на первый план источник — через медицинские инструменты, загрязненные кровью (например, среди наркоманов — через грязные шприцы), а также слюной больного или носителя. Вот в этой сфере и концентрируются основные профилактические усилия нашей цивилизации, направленные на преодоление опасного недуга. В том числе, кстати, и на научные исследования. Ну а сам этот недуг, конечно, объявлен порождением человеческих пороков — сексуальной распушенности и наркомании. Альтернатива понятна: безопасный секс и никаких наркотиков.

Такая позиция, конечно, оправдана в практическом плане, однако лишь на ближайшее историческое время. А дальше? А дальше в этом подходе (сугубо гуманитарном, тактическом, а не стратегическом) не видно особых перспектив.

Так где же истинная перспектива, или, если проще, другое возможное направление поиска? Это — анализ конкретных экологических факторов. Повторим: в данное время и в данном месте. Однако пока что именно такое направление в нашей науке, да и в мировой, мягко говоря, не слишком популярно.

А теперь — цитата.

«Одно из распространенных объяснений этого инфекционного взрыва (речь, понятно, о СПИДе. — Е.Р.) — экологическое: дело, дескать, в глобальном потеплении, из-за которого на Африку обрушиваются то наводнения, то засухи. Затяжные тропические ливни создают бесчисленные «тихие заводи», которые кишат вирусами и полчищами малярийных комаров. Засухи, в свою очередь, становятся причинами пожаров и респираторных заболеваний.»

Объяснение эпидемического взрыва климатическими изменениями не кажется особенно убедительным. Природа континента, до последнего времени защищавшая его обитателей от распространения новых инфекций, пострадала и от рук человека. Крупные животные уничтожены браконьерами, местные охотники в поисках пропитания довольствуются лесными крысами, дикобразами и изредка обезьянами. Трудно сказать, исчезновение какого звена нарушило баланс в отношениях человека с природой: звеньев выпало столько, что не сосчитать» («Мир болен Африкой» — «Итоги», 2000, № 48, с.61–62).

Однако на самом деле положение не так уж безнадежно, ибо об экологических факторах, способных провоцировать возникновение инфекционных заболеваний, нам кое-что известно.

Меня эта проблема занимает уже более двух десятков лет. Совместно с коллегами мы изучали условия возникновения инфекций на природных моделях, которыми служили болезни животных в дикой природе (здесь их зависимость от экологических условий проявляется более четко, чем в культурной среде). Затем мы проверили полученные результаты в лабораторных экспериментах, сопоставили их с данными медицинской и ветеринарной статистики. В итоге удалось доказать: появление бактериальных и вирусных болезней человека и животных зависит от состава химических элементов в природной среде. Вывод короткий, но, по сути своей, очень емкий, значимый. Да, вспышки инфекционных заболеваний в природе (и среди рода людского в том числе) во многом обязаны внезапным изменениям химии среды — конкретно ее микроэлементного состава. В данное время и в данном месте.

Но эти закономерности были выявлены нами на примере умеренного пояса Евразии. А вот годятся ли они для условий тропической Африки?

Что ж, сначала факты, а уж потом научные предположения (то есть небеспочвенные — что попросту именуется гипотезами).

«Итак, хвала тебе — Чума!»

Да, жутковатая пушкинская фраза, но, благодаря упомянутой в ней чуме, мы, как и персонажи великого поэта, тоже кое-что поняли.

Итак, вспышки инфекций в природе (конкретно среди грызунов) на модели чумы. В чем главная причина этих катастроф? (Кстати сказать, в те, теперь уж далекие годы, когда мы взялись за решение этой проблемы, перед нами стояла задача, аналогичная той, которую мы обсуждаем сейчас: в чем причина агрессии вируса СПИДа.) В общем, было необходимо найти покуда неизвестный науке экологический фактор, провоцирующий спонтанное появление массовых заболеваний среди зверьков. Сама задача возникла потому, что традиционный подход себя не оправдывал: вопреки устоявшимся взглядам, появление чумы и других болезней диких животных не увязывалось с подъемами их численности и ослаблением иммунной реактивности.

После этого начались долгие экспедиционные исследования в зонах пустынь и полупустынь Казахстана и Средней Азии, в горной лесостепи Сибири и Монголии, на Дальнем Востоке, в от-

истощение, тоже неясной этиологии, некоторые формы рака.

Ситуация резко изменилась в начале 80-х годов, когда число больных стало быстро нарастать. Вот тогда и появилось само понятие — СПИД!

При этом довольно четко обозначился район наиболее интенсивного развития эпидемии — центральная часть Восточной Африки. И тут — внимание: чаще всего там заболели люди, еще недавно проживавшие в экономически развитых регионах и... в местах вооруженных конфликтов. А вот в изолированных сельских общинах больных СПИДом, как правило, прежде не было.

Эпидемиология и экология — гордиев узел?

Чем же вызвано это бедствие, какие реальные условия способствовали появлению массового заболевания СПИДом? Может быть, в ответах на эти вопросы как раз и содержится ключ к решению всей проблемы?

Казалось бы, разгадку облегчает тот факт, что фактически известны время и место возникновения эпидемии. А время и место — что в эпидемиологии, что просто в детективе — это уже много! И верно: достаточно выяснить, какими специфическими особенностями отличался тот самый регион Восточной Африки (место!) и что необычного случилось именно в тот самый трагический период (время!), и уже одно это намного облегчит решение всей задачи. Однако в эпидемиологической науке внятного ответа на эти вопросы до сих пор нет. Нет и обоснованной гипотезы о природе факторов, с которыми может быть связана вспышка эпидемии СПИДа.

Впрочем, похоже, что поставленные вопросы медицину волнуют мало. И удивляться тут не приходится: медицина — дело сугубо практическое, и когда речь идет об эпидемии смертельного недуга, то главное здесь — это как можно скорее остановить или хотя бы замедлить распространение инфекции. То есть отследить пути и факторы передачи заразного начала. Отследить и затем предотвратить эпидемию.

дельных районах средней полосы России. Цель была сформулирована четко: изучить связь между микроэлементным составом кормовых растений и появлением в природе определенных инфекционных и вирусных заболеваний. Как всегда, сравнивали результаты в опытных (с больными зверьками) и расположенных по соседству контрольных группах, где зверьки были здоровы.

Но почему именно химия среды, спросите вы? Да потому, что о высокой биологической активности микроэлементов и их влиянии на жизнедеятельность живых существ было хорошо известно и раньше, но вместе с тем почему-то полагали, что на появление массовых инфекций это никак не распространяется. Вот мы и усомнились в правомерности подобного утверждения (точнее, парадигмы), и оказалось, что усомнились не напрасно.

Коротко о результатах, повторить которые сейчас крайне необходимо, поскольку вслед за тем мы сразу перейдем именно к СПИДу (потерпите — об этом чуть ниже).

Речь, как выяснилось, только о девяти металлах, расположенных в Периодической таблице Д.И. Менделеева подряд под номерами с 22-го по 30-й. Это титан, ванадий, хром, марганец, железо, кобальт, никель, медь и цинк. Вот в них-то все и дело!

Да, все дело именно в них, но не просто, а хитренько. Например, с концентрацией в корме грызунов марганца и цинка появление чумы увязывается слабо. А вот железо, кобальт и титан ведут себя иначе: чума среди грызунов появляется только в том случае, когда содержание этих элементов в кормовых растениях значимо превышает пороговый уровень.

Однако решающее влияние на возникновение чумы в природе оказывают другие элементы — прежде всего медь и никель. И вот тут — главное.

Существует расхожее мнение, что чем меньше тяжелых металлов в пище или питье, тем лучше для здоровья. В случае с инфекциями все это верно, но только наоборот: чем меньше именно меди и никеля, тем хуже для зверьков. Чума у грызунов во всех изученных нами случаях появлялась именно на фоне явного дефицита меди, или никеля, или обоих этих металлов вместе. И кстати, похоже проявлял себя также ванадий.

Способность меди и никеля провоцировать инфекцию сочетается с целым рядом других характерных для них свойств. Оба эти металла — необходимые для бактерий и растений микроэлементы. По своему содержанию в растениях и в организмах животных они значительно уступают целому ряду других биологически активных элементов (например, марганцу, цинку и же-



РАССЛЕДОВАНИЯ

лезу), и тем не менее медь и никель закрепляются в клетках особенно прочно, поскольку наиболее способны образовывать устойчивые комплексные соединения.

Это — схема, а теперь крайне важные частности. Та или иная концентрация конкретного микроэлемента в пище — одно, а та и или иная инфекция — это другое. Дело ведь не только в чуме: среди зверьков случаются и иные инфекционные заболевания. Какие-то из них вызваны бактериями, другие вирусами. И тут химия среды ведет себя по-разному. По-разному, но достаточно прогнозируемо.

Вот характерные примеры. Не обнаружено зависимости появления бактериальной болезни — чумы среди птиц в Горном Алтае от концентрации ванадия в растениях. Напротив, болезни вирусной этиологии, а именно — клещевой энцефалит и геморрагическая лихорадка у диких грызунов на Дальнем Востоке — напрямую связаны с избытком того же элемента. Или еще пример: распространение сибирской язвы, вызываемой бактериями, в животноводческих хозяйствах степной полосы России явно возникает именно там, где в почве отмечена повышенная концентрация титана. В свою очередь, бешенство (это вирусная инфекция) среди домашних и диких животных в тех же условиях столь же достоверно связано с участками пониженного содержания этого металла.

Значит, необходимо учитывать всё — и геохимические особенности конкретного региона, и конкретную инфекцию. Закономерности тут достаточно очевидные, хотя и неоднозначные, зависящие от этиологии микробной инфекции — бактериальная она или вирусная.

Но вот что вполне однозначно: *дефицит никеля и меди способствует появлению как бактериальных, так и вирус-*

ных заболеваний в живой природе.

И наконец, особо важное. Фактором, ответственным за провокацию инфекционной болезни, оказывается не сам по себе недостаток меди или никеля, а резкий перепад от очень высокого уровня содержания этих металлов в природной среде к самому низкому. Повторяем: *резкий перепад от переизбытка к дефициту.* Вот и возникает ситуация, которую мы когда-то называли голодным бунтом микробов (читайте «Химию и жизнь»). Когда возникает агрессия? Когда очень хочется кушать. А если ты, по сути своей, не производитель, а паразит?.. Поэтому с паразитом-сапрофитом, хотим мы того или нет, следует жить дружно. Иначе — чума или (переходим к следующей главе) СПИД.

Закономерность, она и в Африке закономерность!

Ну, с чумой в живой природе, а именно в континентальной России, Средней Азии и даже в Монголии, мы вроде разобрались. А что же со СПИДом, и не где-нибудь, а в тропической Африке? Там-то геохимия какая?

Формулируем задачу. Итак, «у нас» чума и другие страшные эпидемии в природе (точнее, эпизоотии) возникали, когда животные перемещались из области избытка меди или никеля в зону дефицита этих металлов. Так вот, было или нет что-то похожее на территории Восточной Африки в период, предшествующий эпидемии СПИДа, то есть в конце 70-х годов XX века? И уже не среди зверьков, а среди людей.

Взгляните на карту Африки. В ее тропической зоне — цепочка больших, вытянутых с севера на юг озер, как бы продолжающих долину Нила: Альберт, Танганьика, Ньяса. Прилегающая к ним территория (на север — до южных границ Судана и Эфиопии, на юг — до реки Замбези, на восток — до Индийского океана и на запад — до реки Конго) называется Восточной Африкой. Вот примерно в этих границах и сконцентрирована основная часть населения, зараженного СПИДом. Наиболее высокая частота заболевания — в Заире, Замбии, Зимбабве, Ботсване.

Теперь обратим внимание на особенности геологического строения этой территории. Земная кора здесь расщеплена несколькими ветвями грандиозных разломов, обозначенных в рельефе высокими уступами. Это — южная часть знаменитого Большого Африканского рифта. Непокойный характер земных глубин здесь дает о себе знать и поныне. Речь, понятно, о вулканической деятельности.

Разломы имеют отношение к нашей теме потому, что с ними связано образование месторождений цветных металлов, которыми так богаты недра Восточной Африки. А места разработки таких месторождений — это среда с избытком металлов. Роль именно такой, природной, среды уже знакома нам по ситуации с чумой и другими инфекциями. Ну а что касается роли вулканов, то о ней мы скажем тоже, но ближе к концу нашего рассказа.

В далекие исторические эпохи через разломы в толщу земной коры проникали поверхностные воды. Разогревшись там на больших глубинах, они затем вновь изливались на поверхность, вынося с собой растворы соединений различных металлов. На так называемых геохимических барьерах (например, в донных отложениях глубоких водоемов) растворимость солей резко уменьшается и соединения металлов выпадают в осадок, образуя залежи руды.

Как это могло происходить, показывает пример Красного моря, расположенного в одной из впадин Большого рифта. В самых глубоких местах впадины горячие металлоносные растворы попадают в среду, насыщенную сероводородом. В результате образуются сульфидные осадки, которые в современных условиях формируют рудную залежь, содержащую цинк, медь, свинец. В донных илах на сероводородных барьерах осаждаются также никель, кобальт, кадмий, хром, олово, ванадий, уран и другие металлы. А на дне мелких водоемов, воды которых насыщены кислородом, накапливаются железо, марганец, кобальт.

Так вот, в странах Восточной Афри-

ки разрабатывают месторождения всех этих металлов. Горнорудная промышленность особенно развита в Замбии (бывшая Северная Родезия) и Заире (бывшая Республика Конго), в меньшей степени в Зимбабве (бывшая Южная Родезия) и еще меньше в Уганде. На первом месте по объемам добычи — производство меди. В начале 70-х годов истекшего столетия ее выплавляли очень интенсивно, в первую очередь в Замбии и Заире, меньше в Зимбабве. Кроме того, эти страны производили в довольно большом количестве цинк, свинец, кобальт, олово, никель, ванадий. Отсюда также вывозили марганцевую, хромовую и урановую руды. Хотя железных руд здесь тоже достаточно и залегают они прямо на поверхности, черного металла вырабатывали немного и только для местных нужд. В других странах Восточной Африки горнорудная отрасль развита слабо.

Итак, регион, о котором речь, — это не только естественная геохимическая лаборатория, но и предельно разрабатанная промышленная зона. Впрочем, остановимся на главном ее звене — на меди.

Основная часть предприятий, производящих медь (а также кобальт и некоторые другие сопутствующие металлы), здесь сосредоточена на небольшой территории — по обеим сторонам границы между Замбией и Заиром. Северная часть этого богатейшего месторождения расположена на территории Заира, в пределах провинции Шаба (бывшая Катанга). Южная часть — это знаменитый Медный пояс Замбии.

Теперь еще одна цитата:

«Ландшафт в Медном поясе совершенно необычный для Африки. Кругом не саванна, не редкие деревеньки, а настоящий промышленный пейзаж, освоенная, перенаселенная земля. Пустоши и островки саванны, конечно, кое-где остались, но они лишь отделяют друг от друга рудничные поселки с копрами рудников, плавильными заводами, обогатительными фабриками, бесчисленным количеством вспомогательных предприятий, служб и складов, тянувшихся вдоль широкого шоссе» (С. Кулик. Сафари. М.: Мысль, 1971, с. 237).

В Медном поясе тогда, в 70-х, был налажен полный цикл производства — добыча руды, ее обогащение, выплав черной и электролизной меди, а также некоторых сопутствующих металлов. Плавильные и электролизные заводы располагались здесь рядом с рудниками. А ведь известно, что медь, а также часто сопровождающий ее никель при высокой температуре плавления образуют окислы и другие простые соединения, которые в виде аэрозолей попадают в воздух. В виде пыли и дыма

различные соединения металлов широко распространяются во внешней среде далеко за пределами рудников и заводов. Через органы дыхания они неизбежно попадают в организм людей. А это не только рабочие и служащие предприятий цветной металлургии Медного пояса, но и все остальные жители техногенной зоны. Огромная масса людей.

Кстати, о географии и демографии. Медный пояс занимает небольшую часть территории Замбии, всего 0,3%, но, по данным на 1969 год, здесь было сосредоточено 90% городского и 70% сельского населения страны. Общая численность населения Замбии на тот год составляла 4,3 млн. человек. Получается, что в Медном поясе постоянно находилось более трех миллионов — свыше тысячи на квадратный километр!

На соседней территории Заира, а также в некоторых других местах региона сложилась похожая обстановка.

Отсюда первое, и очень важное заключение: в начале 70-х годов в центре Восточной Африки влиянию изыскания во внешней среде меди, никеля и других металлов подвергалось огромное число людей среди местного населения.

Социальные конфликты... и вулканы

Прежде чем переходить к следующему акту драмы, которую мы пытаемся проследить, имеет смысл вспомнить не очень продолжительную историю производства меди на африканском континенте.

В традиционном хозяйстве коренного населения Африки меди не было. В отличие от железа или золота, ее не добывали и не использовали в ремесле. Богатейшие залежи медных руд здесь обнаружили европейцы — это случилось в самом начале XX века.

Прошло всего около тридцати лет, и африканская медь, причем в значительном количестве, появилась на мировых рынках. Дальше — больше. Но... В 60-х годах большинство стран континента обрело независимость. Потом, в течение лет еще десяти, как бы по инерции, производство цветных металлов продолжало расти, не ослабевало и приток рабочей силы на предприятия из сельских районов, в том числе из соседних стран.

И все-таки кризис не заставил себя ждать. В 1974 году резко упали цены на медь, их снижение продолжалось и в последующие годы. Последствия таковы: сокращение производства меди и других металлов, увольнение части рабочих, рост безработицы, ухуд-

шение условий жизни населения.

Ну а потом — по знакомому сценарию курса политэкономии: дальнейшее обострение экономического кризиса в Восточной Африке, многочисленные волнения среди населения стран этого региона, ответные репрессии властей, затем — гражданские войны и вооруженные конфликты между странами-соседями. И вот естественный результат: обратная миграция населения из промышленных центров в деревню, а также на соседние территории, где основной род деятельности — сельское хозяйство.

Однако речь сейчас не о политике и экономике (хотя без них тут никак не обойтись), а об экологической ситуации в означенном регионе Восточной Африки периода 70-х годов. Это — главное.

Итак, вынужденные мигранты сменили, так сказать, прописку и из предельно насыщенной медью и никелем зоны вернулись в сельскую местность. Драматический парадокс этой обратной миграции в следующем: люди оказались в природной среде — да, по сути-то, родной, но резко отличавшейся от среды только что покинутых промышленных центров. Отличавшейся по составу биологически активных металлов!

Дальше — нюансы, и тут на авансцену выходит уже не политэкономия, а вулканическая деятельность. То есть природа, и конкретно тропическая.

Тропическая природа в норме бедна подвижными элементами, но рифтовая долина Восточной Африки — случай особый. Весь ландшафт этого региона сложился под влиянием деятельности вулканов. Здесь поверхностно лежащие породы в значительной мере состоят из лавы и пепла, подвергшихся выветриванию. Вулканический пепел, переносимый ветром на большие расстояния, и в наши дни обильно оседает на поверхности земли. Вещества, извергнутые вулканами, отличаются в этих местах тем, что содержат много карбоната натрия, то есть соды. Отсюда высокая щелочность почвы.

Этот момент — один из ключевых. В щелочной среде подвижность меди и никеля сильно снижена, и, следовательно, они менее доступны растениям. Эффект усиливают антагонисты меди и никеля — молибден и марганец: вот они-то в щелочной среде высоко подвижны! Ну а железо в такой ситуации вполне доступно растениям — они способны использовать комплексные соединения этого металла. Букет подобных условий природной среды и определяет низкое содержание меди и никеля в продуктах земледелия региона, а значит, и в рационе питания населения, мигрировавшего в сельские районы из промышленных центров. Повторим: миг-

рировавшего в большом количестве и в течение очень короткого исторического промежутка — лет за десять.

Таков вероятный сценарий событий, происшедших перед вспышкой СПИДа в центре Восточной Африки в 70-е годы XX столетия.

Вам это ничего не напоминает?

И наконец — гипотеза

Кратко повторим, в чем заключается наша концепция.

Первая ее часть — это реально существующая природная закономерность, а именно: достоверная связь внезапного возникновения инфекционных болезней с факторами природной среды:

1) появление болезней регулируется динамикой состава химических элементов в природной среде;

2) за провокацию инфекций ответственна небольшая группа металлов — медь, никель и отчасти ванадий;

3) провоцирует заболевания резкий перепад от привычного достатка или даже избытка этих металлов к их дефициту (эффект голодного бунта микробов).

Вторая часть концепции — это уже следствие приведенных выше положений: вспышки инфекций в природе возникают, скорее всего, в результате активизация скрытых патогенных свойств микробов. А до некоего критического момента (резкого перепада от переизбытка меди и никеля к их дефициту) потенциальные агрессоры-микробы пребывают в состоянии вполне безвредного сожительства с потенциальными жертвами — зверьками и людьми.

И теперь вновь обратимся к Восточной Африке 70-х годов. Присутствие вируса СПИДа среди местного населения (то есть носительство, и похоже, исторически давнее) — надежно установленный факт. Следующий факт — это среда в промышленной зоне с избытком металлов, конкретно меди и никеля, а именно они, как мы выяснили, при вполне определенном условии становятся провокаторами инфекций. Далее: тесный контакт с этой средой большой группы местного населения.

Ну и социальные факторы, собственно и взорвавшие всю эту экологическую бомбу: экономический кризис, затем — локальные войны, затем — массовые миграции населения из промышленных зон в сугубо сельские. И вот результат: избыток металлов, поступающих в организм людей, резко сменяется их дефицитом. Что дальше — ясно.

Заключение

Известно, что гипотезу в науке используют как рабочий инструмент, как составную часть методов исследования. Ее выдвигают для того, чтобы потом проверять — испытывать на прочность, то есть сверять с действительностью.

Наша гипотеза о причинах возникновения СПИДа в Африке тоже нуждается в испытании на прочность. Потому что все, с чем вы ознакомились выше, — всего лишь моделирование. Да, моделирование, но, заметим, на основе конкретных данных.

И напоследок. Наука гласит, что хорошие гипотезы должны обладать, помимо прочего, еще одним свойством — прогностической силой. Именно так. И тогда, если многое из того, о чем речь шла выше, верно, то почему бы не попытаться использовать это как инструмент: знания закономерностей перевести в практику борьбы с эпидемиями, в том числе со СПИДом?

Эту ситуацию нам с коллегами удалось воспроизвести в эксперименте. Пойманные в природе зверьки, которым затем в течение длительного времени добавляли в корм соли железа и меди, приобрели-таки устойчивость к чумной инфекции. Так почему бы аналогичный опыт не поставить с вирусной инфекцией, конкретно с тем же СПИДом?

Отвечаю: подобные исследования — очень трудоемкие и дорогостоящие, поэтому без существенных затрат здесь не обойтись. И пока что на такие затраты никто не решился.

Более чем печальна ситуация, когда почти точно знаешь, как победить ту или иную болезнь, но... денег не хватает. Видимо, эпидемия СПИДа человечество по-настоящему еще не достала.



Чернобыльский ПОЛИГОН

ЭВОЛЮЦИИ

Доктор
сельскохозяйственных наук

В.И.Глазко,

Институт агроэкологии
и биотехнологии, Украина



Корова Гамма

Человек и экологические катастрофы

Есть события, которые надолго определяют судьбу больших территорий. Одно из них связано с Чернобылем. Реактор взорвался, и природа в мгновение ока превратилась в «окружающую среду», а люди — в «контингент, проживающий в зоне загрязнения». После катастрофы на атомной станции Чернобыль сделался именем нарицательным, и в этом есть неожиданный глубокий смысл: в истории человечества это не единственная антропогенная катастрофа, их было множество, и у нас, к сожалению, мало оснований надеяться, что ничего страшного больше никогда не случится.

Сейчас в Сирии почти сплошь пески, а когда-то она снабжала Египет мясом, а Рим маслом и вином. В лесах Северной Африки Ганнибал ло-

вил зверей. На месте пустыни Сахара рос великолепный лес, который шел на строительство бесчисленных дворцов. Овцы и козы, образно говоря, вытоптали и съели Оттоманскую империю. Засоление почв, связанное с поливным земледелием, привело к гибели Вавилон. Почти все пустыни Востока и Африки — результат хозяйственной деятельности человека.

Раньше люди просто уходили с мест экологических катастроф, которые сами устраивали, — благо у них была такая возможность. Но время разобщенности прошло, цивилизации практически сомкнулись в единое целое. Незанятой земли уже не найти, бежать некуда, а гарантий, что новых экологических катастроф не будет, нам тоже никто не даст. Значит, выход один: как следует изучить то, что уже произошла, Чернобыльскую, — хотя бы для того, чтобы на-

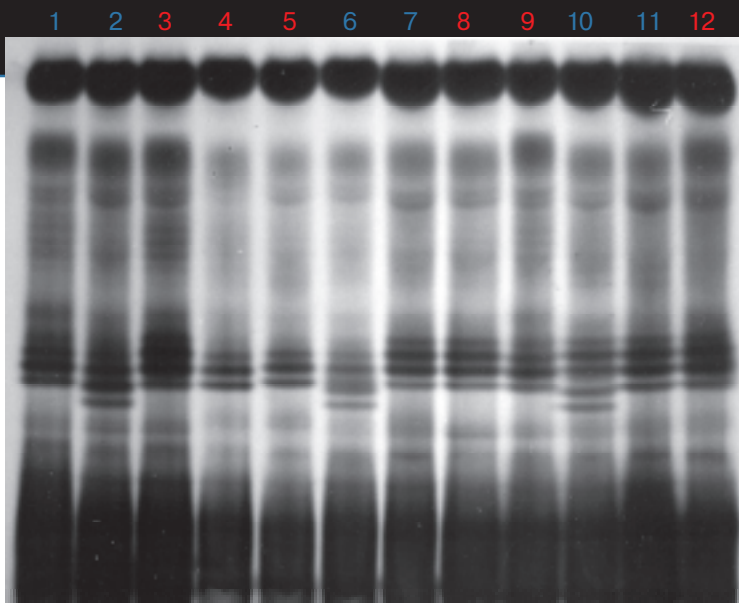
учиться прогнозировать и смягчать последствия других.

Ведь несмотря на то, что антропогенные экологические катастрофы бывают долгосрочными (например, формирование пустыни Сахара или глобальное потепление климата) и острыми (последствия атомных взрывов), все они имеют определенное сходство и затрагивают обе компоненты биосферы — биотическую и абиотическую. Иными словами, при экологической катастрофе те или иные процессы в неживой природе запускают цепную реакцию изменений в сообществах живых организмов, включая и человека. А в тех случаях, когда изменения флоры или фауны первичны, они приводят к катастрофическим изменениям среды обитания. Все экологические катастрофы протекают в несколько стадий и отличаются только скоростью их прохождения и степенью необратимости каждой из них.



Белки крови крупного рогатого скота, родившегося в чистой зоне

Белки крови крупного рогатого скота, родившегося в зоне отчуждения ЧАЭС



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Белки крови различаются по своей подвижности в электрическом поле. На фото хорошо видно, что среди коров, появившихся на свет в зоне отчуждения ЧАЭС, нет носителей одного из аллелей белка трансферрина, тогда как среди особей, родившихся в «чистой» зоне, их достаточно много (дорожки 2, 6, 10). Таким образом, закон равновероятного наследования аллельных генов в условиях повышенного радиационного фона нарушается

Чернобыль как модельная система

Со времен Чернобыльской катастрофы прошло 16 лет. Почти все ее негативные последствия для живущего поколения уже очевидны. Наступило время смириться с тем, чего мы все равно не можем изменить. Но мы должны не только извлечь из случившегося более или менее очевидные уроки, но и правильно использовать то, что произошло.

Чтобы понимать, как развиваются экологические катастрофы вообще, уметь прогнозировать наступление очередного этапа, необходимо иметь модель острой экологической катастрофы, доступную для комплексного исследования. Такой моделью может стать тридцатикилометровая зона отчуждения Чернобыльской АЭС. Это полигон, уникальный в мировом масштабе: ведь на ограниченной территории произошло резкое изменение целого комплекса экологических факторов, и на фоне этих изменений воспроизводятся представители множества таксономических групп живых организмов, в том числе высшие млекопитающие — грызуны, птицы, крупный рогатый скот.

Здесь есть, что изучать. Любая экологическая катастрофа уничтожает оптимальные условия существования одних видов и внутривидовых групп и одновременно создает условия, благоприятные для других. Так, вулканическая лава губит многоклеточных, но служит оптимальной средой для археобактерий, химичес-

кое загрязнение приводит к гибели одни виды животных, но способствует размножению других. Что же касается растений, то есть даже целая наука — геоботаника. Наряду с другими вопросами она изучает взаимоотношения между растительными сообществами и спецификой грунтов. Известно множество видов — индикаторов химических особенностей почв, в том числе и загрязнений. Некоторые из них способны даже очищать грунт, накапливая в себе, скажем, тяжелые металлы. Есть микроорганизмы, которые хорошо размножаются на бензольных производных нефтяных отходов, попутно разлагая их. Такие растения и бактерии все больше привлекают внимание генных инженеров, разрабатывающих трансгенные организмы нового поколения, которые призваны способствовать очистке загрязненных земель.

И получается, что последствия экологической катастрофы можно заметно смягчить, если правильно подобрать виды, жизнедеятельность и воспроизводство которых не просто совместимы с новыми экологическими условиями, но способствуют нормализации среды. Однако наши знания на сей счет пока еще скудны, и, чтобы их пополнить, нужны серьезные исследования процессов, которые стихийно и очень активно идут в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС. В особенности это касается процессов генетических, коль скоро речь идет о радиации.

Мутации: причины и следствия

Вокруг Чернобыля сложилось много легенд. Еще совсем недавно горячо обсуждали появление в зоне отчуждения всевозможных монстров. Речь шла о чудовищных мутациях, ускорении эволюции. Но все это — по слухам. А какие генетические изменения можно реально связать с Чернобылем?

Генетические нарушения возникают в организме постоянно, но только малая их часть сохраняется дольше, чем два-три клеточных деления. То есть даже если нарушений возникает действительно много, негативные последствия будут иметь далеко не все. У живого имеются сложные, комплексные механизмы, контролирующие состояние генома. Они же обеспечивают защиту от возникающих ошибок, повреждений генетического материала. Наличие механизмов репарации — обязательное условие существования биологических объектов — открытых систем, в которых тем не менее сохраняется определенный уровень упорядоченности (энтропии). Поэтому мутации, которым удается уклониться от систем контроля генетического постоянства, — события редкие. В то же время, реальную опасность представляют как раз те, что могут сохраняться в ряду клеточных поколений.

Далее, мутантными следует называть организмы лишь в том случае, когда мутация имеется в каждой клетке, а это означает, что истинный му-

тант должен получить свой генетический дефект от родителей или приобрести его на очень ранних стадиях развития. А вот изменение различных фенотипических признаков в широких пределах может быть вызвано не только генетическими, но и ненаследуемыми изменениями взаимодействий между генами. Следовательно, если мы обнаружили необычный объект, сразу же записывать его в мутанты нельзя: обязательно нужно проверить, в самом ли деле изменения признака имеют генетическую природу.

Даже в тех случаях, когда мы действительно сталкиваемся с мутантными организмами чаще обычного, говорить о повышении частоты возникновения мутаций под влиянием какого-то фактора (той же радиации) преждевременно. Ведь наличие мутаций необязательно результат их индукции. С большей вероятностью они результат сбоя в работе систем контроля.

Системы контроля генетического постоянства имеются не только на клеточном, но и на организменном уровне, причем надежность их работы напрямую зависит от состояния и функциональной активности сразу нескольких физиологических систем, в частности иммунной. Этому факту обычно не уделяют должного внимания, а между тем, прилагая усилия к стабилизации работы всех систем организма, можно помочь ему справиться с поломками в ДНК. Но это тема отдельного разговора, а сейчас мы обсуждаем мутации.

Мутации в соматических клетках не делают организм мутантным, но они могут повышать риск развития онкологических заболеваний. Если же мутации происходят в половых клетках, должна повышаться частота рождения мутантов в следующем поколении. Но если подойти к проблеме со строго научных позиций, то следует признать, что однозначных данных об увеличении частоты онкологических заболеваний (кроме рака щитовидной железы) и появления мутантных организмов вследствие аварии на Чернобыльской АЭС до сих пор нет.

Исключение составляют мутации в так называемых микро- и минисателлитных локусах — участках ДНК внутри коротких (2–30 пар нуклеотидов) повторяющихся последовательностей. Они обнаружены у детей ликвидаторов аварии, а также у некоторых видов птиц в зоне отчуждения ЧАЭС. Необходимо, однако, подчеркнуть, что участки, о которых идет речь, никаких белков не кодируют,

да и механизм возникновения мутаций здесь не такой, как в структурных генах: просто при удвоении генетического материала или его перетасовке в мейозе может произойти вставка дополнительной копии повтора или же один повтор пропадает из-за сбоя в работе фермента. На этих участках генома частота возникновения мутаций даже без всякой радиации в тысячу раз больше, чем на тех, что кодируют белки.

Ситуация, когда не удавалось выявить мутаций в кодирующих участках ДНК (а такие исследования были) или доказать, что под воздействием радиации повысилась частота онкологических заболеваний у населения, была и в Японии после взрывов атомных бомб. Почему?

Установить причину онкологического заболевания всегда очень сложно. В известной шутке онкологов: «Все должны умереть от опухолей, но не все до них доживают», только доля шутки. Ведь раковое перерождение может быть спровоцировано и ускорено многими причинами, в частности изменениями состояния иммунной и нейроэндокринной систем. Поэтому трудно сказать заранее, образовалась ли данная опухоль в результате прямого генетического повреждения, или она уже была, а внешнее воздействие только ускорило ее развитие. С генетическими монстрами тоже не все просто, поскольку монстры-уродцы могут возникнуть и без генетических повреждений. Они могут появляться из-за различных заболеваний матери, как результат травм, контактов с химическими веществами в критические периоды развития плода.

Куда делись мутанты?

Когда я только начинал заниматься изучением генетических последствий Чернобыльской катастрофы, передо мной, как мне казалось, стояла простая задача. Я хотел выяснить, какое количество мутаций и в каких генах возникает под влиянием ионизирующего излучения. Ведь по лабораторным исследованиям было хорошо известно, что острое облучение приводит к возникновению мутаций.

Вся радиобиология выросла из работ Г.А.Надсона, С.Г. Филиппова, Г.Меллерана, Л.Стадлера и Н.В. Тимофеева-Ресовского, которые изучали мутации у дрожжей, плодовой мушки дрозофилы и других многоклеточных организмов, возникшие под воздействием ионизирующего излучения. Имеются даже строго обоснованные расчеты, определяющие соотношение между дозой воздействия и количеством возникающих мутаций. Ничего нового обнаружить я не ожидал, просто было интересно, сколько мутантов гуляет по зоне отчуждения. Передо мной стояла чисто количественная задача — подсчитать их.

Вначале я занимался исследованиями на мышах лабораторных линий и изучал крупный рогатый скот. Взрыв на ЧАЭС произошел 26 апреля 1986 года, а в сентябре 1987 года директор Чернобыльского международного научного центра профессор Николай Архипов и заведующий лабораторией радиоэкологии животных Николай Буров нашли в четырех километрах от реактора трех коров и быка, переживших зиму в 30-километровой зоне отчуждения. В пани-



ке эвакуации о животных забыли, и они разбрелись по лесу. Коров и быка перевезли на ферму в Новошепелевичи, что в 10 километрах от «саркофага». Быка назвали Ураном, коров — Альфа, Бета и Гамма, чувство юмора не изменяет людям даже при самых суровых испытаниях. Эти животные послужили основой экспериментального стада, которое по сей день воспроизводится в условиях радионуклидного загрязнения около 200 Ки/км².

Представьте себе мое потрясение, когда на загрязненной территории мне не удалось найти никаких мутантов вообще! И это при том, что было хорошо известно о существовании таких видов поврежденных генетического материала, которые возникают у отдельных видов животных спонтанно, без всяких генотоксических воздействий. У видов, в чьем геноме есть одноплечие хромосомы (а именно к ним относятся мыши лабораторных линий и крупный рогатый скот), иногда появляются спонтанные мутанты со слившимися, двуплечими хромосомами. Такие слияния называют робертсоновскими транслокациями. Естественно было ожидать, что, по крайней мере, мутанты с робертсоновскими транслокациями в зоне будут. Тем более что в районах с повышенной сейсмической активностью и фоном ионизирующего излучения (работы Н.Н. Воронцова), а также при облучении мышей в лабораторных условиях такие мутанты появляются в потомстве чаще обычного. Но возле Чернобыльской АЭС не нашлось даже таких.

И все-таки кое-что обнаружить удалось. После Чернобыльской катастрофы и у животных, и у людей в раз-

ных регионах (в 1987 году это было зарегистрировано даже у жителей Дании) явно повысилась частота встречаемости соматических клеток с хромосомными поломками. Правда, до сих пор неизвестно, связано ли это с тем, что они чаще возникают, или с тем, что защитные системы организма медленнее удаляют их. Впрочем, в любом случае не осталось сомнений: мутации появляются и в половых клетках, однако всевозможные системы отбора очень эффективно борются с ними.

Мои коллеги из Института молекулярной биологии и генетики, член-корреспондент НАНУ С.С.Малюта и доктор биологических наук А.И.Соломко, исследовали эмбриональную смертность у мышей лабораторных линий, подвергшихся ионизирующему облучению в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС. И она действительно оказалась повышенной, причем на стадии, предшествующей имплантации эмбриона в матку. Создалось впечатление, что если уж имплантация удалась, то дальше рождается нормальная мышь. Даже при искусственном культивировании ранних эмбрионов, вымытых из облученных мышей, было видно: часть из них за-

паздывает с дроблением. Это означало, что такие зародыши просто оказываются не готовыми к имплантации и погибают в результате нарушения синхронности событий между последовательностью дробления эмбриона и изменениями, происходящими в материнском организме под действием гормонов.

То, что клеточное деление может запаздывать из-за повреждений генетического материала, хорошо известно и вполне объяснимо: чем больше генетических дефектов надо залечить, тем дольше длится каждая стадия клеточного цикла.

Не все гены хороши одинаково

Отбор наверняка существует и в процессе мейоза — образования гамет. И здесь мы обнаружили явление достаточно необычное, выходящее за рамки простой выбраковки клеток с генетическими дефектами. Оказалось, что в нашем экспериментальном стаде крупного рогатого скота различные аллели некоторых генов передаются потомкам с разной вероятностью.

Экспериментальное стадо в хозяйстве «Новошепеличи» — потомки того



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ



Корова Альфа и бык Уран — родоначальники экспериментального стада, которое воспроизводится в условиях повышенного радиационного фона в хозяйстве «Новошепелевичи» с 1987 года



самого быка Урана, рожденные коровами Гамма, Альфа и Бета. Кроме того, специально с исследовательскими целями в 1990–1992 годах сюда завезли еще 14 коров из относительно чистых районов. Этим коровам рассматривали как нулевое — родительское поколение. От них было получено пять следующих поколений, родившихся в условиях повышенного (примерно в 40 раз) уровня ионизирующего излучения.

Сейчас экспериментальное стадо насчитывает более сотни животных. Часть родительского поколения уже умерла, а в 2002 году умер и бык Уран. Однако следует заметить, что за время существования этого стада коровы Альфа, Бета и Гамма приносили в среднем по 0,9 теленка в год, да и бык Уран в возрасте 17 лет еще сохранял свою репродуктивную функцию.

А вот коровы первого и второго поколения, рожденные в условиях повышенного радиационного фона, приносили телят почти в два раза реже. Создалось впечатление, что, если коровы попадали в загрязненную зону после рождения, это почти не сказывалось на их репродуктивной функции, но вот если в этих условиях проходило внутриутробное развитие животных, то их плодовитость существенно уменьшалась.

Кроме того, в поколениях животных, родившихся в зоне, мы отчетливо наблюдали, что один из основополагающих законов генетики — закон равновероятной передачи аллельных вариантов генов от родителей к потомкам, здесь иногда не срабатывает. Мы обнаружили достоверные отклонения от него для четырех генов: трансферрина, церулоплазмина, рецептора к витамину D и пуридинуклеозидфосфорилазы. Что касается двух первых, кодирующих белки транспор-

та железа и меди, то здесь наследовались в основном варианты с наименьшей подвижностью в электрическом поле (то есть с наименьшим электрическим зарядом и, предположительно, более стабильные), а для рецептора к витамину D преимущество получал, наоборот, самый «быстрый» вариант. У пуридинуклеозидфосфорилазы обычно наследовался вариант с высокой активностью.

И надо сказать, что с биохимической точки зрения это очень логично. Ведь рецептор к витамину D участвует, например, в регуляции внутриклеточного кальциевого обмена, от которого зависит активность ферментов, борющихся со свободными радикалами. А свободные радикалы — главные враги клетки, в избытке возникающие под влиянием ионизирующего излучения. Пуридинуклеозидфосфорилаза участвует в контроле темпов клеточного деления. А для ферментов — переносчиков железа и меди важна стабильность. Получается, что для выживания в условиях радиоактивного загрязнения некоторые варианты генов оказались явно неподходящими и особи, их несущие, просто не рождались. На свет появлялись лишь те, чьим ферментным системам удавалось справиться с неблагоприятными факторами среды.

По другим генам, напротив, наблюдалось преимущественное рождение гетерозигот: разные варианты гена как бы стремились объединиться в одном организме, чтобы он мог более успешно противостоять внешним воздействиям.

Исследовали мы и другие виды домашних животных в зоне, занимались мышевидными грызунами, обитающими здесь, даже нутрий изучали, но мутантов не нашли и среди них. Более того, оказалось, что со временем, несмотря на то что высокий уровень радиоактивного загрязнения в местах отлова грызунов сохранялся, у представителей разных видов постепенно уменьшалось количество мутантных клеточек в костном мозге. Похоже, в новых условиях размножались преимущественно особи, наиболее устойчивые к повреждающему действию ионизирующего излучения, — шел интенсивный отбор.

К чему ведет отбор?

Тут уж вывод напрашивался сам собой: зона отчуждения Чернобыльской АЭС вовсе не заповедник для мутантов, а уникальная модельная система, в рамках которой удобно изучать популяционно-генетические преобразования, вызванные изменением направления и интенсивности естественного отбора.

Изменения в генетической структуре популяций идут прямо у нас на глазах. Дело в том, что искусственно создаваемые специализированные породы домашних животных — сами по себе «монстры»: методами селекции человек добивается преимущественного развития у животных каких-либо нужных ему признаков, мало заботясь о том, что это часто сопровождается уменьшением приспособленности животных к неблагоприятным условиям. Резкое изменение условий привело к тому, что выживают в Чернобыле большей частью наименее специализированные формы: идет процесс «упрощения» популяций.

Вот и в стаде крупного рогатого скота, воспроизводимом в экспериментальном хозяйстве «Новошепеличи», генетическая структура все сильнее отклоняется от типичной для высокоспециализированной молочной породы в сторону менее специализированных пород.

Направление отбора очевидно — преимущество для воспроизводства получают особи, наиболее устойчивые к генотоксическим воздействиям ионизирующего излучения. Интересно, однако, другое: не только ионизирующее излучение, но и другие неблагоприятные факторы приводят к постепенному накоплению в группах крупного рогатого скота некоторых вариантов отдельных генов, причем гены эти — те же самые. Обнаружилось, например, сходство между коровами, которые рождаются в условиях Чернобыля, и теми, которые появились на свет в новом регионе разведения — после перемещения группы крупного рогатого скота серой украинской породы из Херсонской области в Сибирь.

То есть получается, что практически в любых новых экологических условиях интенсивность естественного отбора растет. Мутантные особи при этом не возникают или не выживают, поскольку практически любая мутация плохо сочетается с тем комплексом адаптированных друг к другу генов, который возник благодаря длительному предшествующему отбору. Кроме того, новые усло-

вия иногда способствуют воспроизводству особей, гетерозиготных по целому ряду генетических локусов.

В общем популяционно-генетическая адаптация идет не путем размножения новых вариантов генов, а благодаря перетасовке старых, с тем чтобы получить комбинацию, благоприятную для новых условий. Исследования генетических процессов у различных видов в зоне отчуждения ЧАЭС как раз и позволяют вычлени у них ту часть генофонда, которая ответственна за выживание в условиях повышенного давления естественного отбора.

Плата за жизнь в зоне отчуждения

Всех, однако, наверняка волнует вопрос: следует ли из наших наблюдений, что все хорошо?

Ни в коем случае. Во-первых, увеличение клеток с хромосомными повреждениями и некоторые другие характеристики (в частности, то, что в сердечной мышце и в почках тканеспецифичные ферменты экспрессируются в другой пропорции, не так, как в норме) свидетельствуют о том, что внутриклеточные биохимические механизмы, а также системы контроля целостности организма, такие, как иммунная, работают в новых условиях на пределе, а порой и вовсе не справляются со своей задачей.

Не может не настораживать и то, что у коров, родившихся в зоне, вдвое снизилась плодовитость. Оогонии (предшественники яйцеклеток) закладываются у млекопитающих в эмбриогенезе, и самки рождаются уже с тем или иным их запасом. Только он и может быть израсходован в течение жизни — новым взятая неоткуда. Вот и получается, что ионизирующее излучение в относительно низких дозах почти не влияет на репродуктивную функцию зрелого организма, но заметно отражается на плодовитости потомков. Понятно, что восстановить ее, переведя животных в «чистую» зону, вряд ли удастся, поскольку запас яйцеклеток у них уже сформирован.

Не аукнутся ли последствия Чернобыльской катастрофы нашим детям? Опасность велика и вполне реальна. И кстати, проработав более десяти лет в зоне отчуждения, я постоянно задумываюсь о том, не является ли проблема бесплодия, с которой все чаще сталкиваются европейцы, платой за техногенное загрязнение вообще, даже не в связи с Чернобылем?...

Я уверен: в репродуктивном возрасте людям в Чернобыле делать нече-

го. И не только из-за риска бесплодия у потомков. Европейская цивилизация, к которой мы принадлежим, именно потому и возникла, что интенсивность естественного отбора была здесь не такой жесткой, как, скажем, в Африке, а природные условия позволили создать сельское хозяйство, облегчающее выживание физически не очень совершенного европейского человека. Да и в глобальном масштабе выживали среди людей не всегда самые приспособленные. Нередко преимущества получали наиболее творческие, интеллектуально развитые личности. Именно это позволяло *Homo sapiens* захватывать все новые и новые ниши обитания, вытесняя другие виды. И с этой точки зрения перспективы утраты специализации под влиянием загрязнения среды более чем неутешительны...

А ведь если у коров рождаются не все телята, которые могли родиться до Чернобыльской катастрофы, то вполне правомерно предположить, что это относится и к людям. Конечно, отбор против носителей повышенных интеллектуальных потенциалов — это гипотеза, но, однако же, небезосновательная. Комплексные исследования, выполненные датскими учеными, показали, что у детей, рожденных после первых взрывов атомных бомб в атмосфере, к школьному возрасту выявились некоторые нарушения интеллектуальной деятельности — снижение способности к абстрактному мышлению. Такие же нарушения были характерны и для маленьких датчан, родившихся сразу после Чернобыльской катастрофы. Специально разработанные игровые обучающие программы смогли помочь им, но это — в Дании.

Заключение

Предостережения сделаны. А кто предупрежден — тот вооружен. И к тому же хотелось бы закончить рассказ о Чернобыле на более оптимистичной ноте.

Нет ничего хуже, чем сохранить за собой славу страны, в которой взор-

вался реактор атомной станции и куда ученые со всего мира ездят, затем чтобы изучать последствия аварии. Но ведь есть и другой вариант — Украина может стать страной, сумевшей на месте несчастья создать полигон для исследования экологических катастроф и заповедник, который поможет нам научиться охранять биоразнообразие живого мира и залечивать раны.

И главное — делать-то ничего особенного не нужно: Чернобыльская катастрофа и отбор все делают за нас. Нужен лишь статус экологического заповедника и соответствующие научные подразделения, которые могли бы исследовать как влияние радионуклидного загрязнения на воспроизводство разных видов, так и стремительные микроэволюционные процессы, связанные с уходом человека. Ведь зона отчуждения — еще и уникальная модель экологических изменений в результате ухода человека с его экстенсивной сельскохозяйственной деятельностью. Стремительно меняется видовой состав. Появились виды птиц, занесенные в Красную книгу. Леса буквально переполнены различными видами млекопитающих. И если учесть наши данные, свидетельствующие об отборе в пользу наименее специализированных форм, можно ожидать, что межвидовые взаимоотношения будут складываться не так, как обычно. Это тоже, разумеется, небезынтересно.

Всех в мире волнует истощение биоразнообразия. Так неужели не заслуживает нашего внимания то, как природа со своим биоразнообразием залечивает рану Чернобыля? Поможешь, поймешь, как это происходит, — всему миру пользу принесешь.



Разные разности

Выпуск подготовили
Н.Маркина,
Н.Мокиевская,
Е.Сутоцкая,
О.Тельпуховская

Несмотря на все усилия астрономов, найти в космосе разумную жизнь пока не удалось. Однако ученые не отчаиваются. Они успешно разыскивают в межзвездном пространстве зачатки жизни — органические молекулы, а кроме того, пытаются на Земле смоделировать те процессы, которые могли бы привести к их появлению в неземных условиях. Две группы, под руководством М.Бернштайна (Институт SETI, США) и У.Майерхенриха (Бременский университет, Германия), воссоздали в камере почти космический вакуум и температуру -260°C . В такой холод они впустили угарный газ и аммиак и облучили их ультрафиолетом. Опыты прошли удачно. Американцы нашли в камере три вида аминокислот, немцы — шестнадцать. Среди них были глицин, аланин, серин, пролин и другие вещества, пригодные для строительства белков.

Эксперименты показали, что химические реакции могут проходить в крошечных ледяных зернышках в межзвездном пространстве и приводить к образованию органических молекул. Возможно, такие крупинки льда оказались в облаке, из которого выросла Солнечная система. Ученые давно предполагают, что жизнь на нашу планету занесли метеориты. Только в одном из них, под названием Мерчинсон, обнаружили более 70 аминокислот. Другой вопрос — как они оказались в метеорите. Раньше считали, что сложные химические реакции в присутствии воды могли идти на каменных глыбах, образовавшихся при рождении Солнечной системы. Теперь есть и другой сценарий: аминокислоты появились в межзвездных льдинках.

«Биомолекулы просто кишат в космосе», — считает космолог Дж.Бада из Калифорнии. Он не единственный оптимист. Многие люди верят даже, что мы не одиноки во Вселенной. Похоже, новые данные о синтезе аминокислот прибавят им убежденности («BBC News», 2002, 27 марта; «Nature», 2002, т.416, с.401).

Получение трансгенных кролика, козы или овцы требует огромного труда и больших денег. Чаще всего в геном животного вставляют гены целебных белков, которые можно затем выделять из молока или крови. Для этого генетический материал впрыскивают прямо в яйцеклетку, имплантируют ее суррогатной матери и ждут (а иногда и дожидаются) рождения трансгенного детеныша.

Биотехнологи из компании «Tosk» в Сан-Франциско приспособили для переноса генов так называемые транспозоны, которые есть у многих организмов. Эти элементы свободно перемещаются с одной хромосомы на другую с помощью фермента транспозазы, который разрывает цепочку ДНК и включает в нее чужие гены. Самый известный транспозон — Р-элемент из генома дрозофилы — давно используют для получения трансгенных мух. Оказалось, он работает и в геноме млекопитающих. Мушинный Р-элемент с нужным геном внедряется в четыре из пяти клеток мыши или человека в клеточной культуре.

Транспозон можно вводить и через кровь. Триллионы его копий заключают в капельку жира для лучшего проникновения в клетки. Через пару недель ген внедряется в геном большей части клеток организма и оказывается даже в яйцеклетках и сперматозоидах. У потомства таких животных новый ген содержат все клетки. Биотехнологи подвергали подобной процедуре мышей, и двое из пяти родившихся от них мышат имели в геноме требуемый ген — очень хороший результат для генно-инженерной методики.

Ученые полагают, что транспозоны можно будет применять в генной терапии людей. Они уже сумели вылечить гемофилию у мышей («New Scientist»).

Американский физик Д.Крисвелл из Хьюстона считает, что необходимую человечеству электроэнергию можно получить с Луны. На ней нужно установить 20–40 площадок с солнечными элементами и построить Систему лунной солнечной энергии (Lunar Solar Power System). Элементы будут собирать свет, генераторы СВЧ преобразуют его в микроволны, а специальные экраны отразят их на Землю. Для приема этих сигналов на нашей планете понадобятся множество антенн. «Каждая из них превратит энергию микроволнового излучения в электричество, которое вольты в местную энергосистему», — обещает Крисвелл.

По его подсчетам, десятки миллиардам людей, которые будут жить на Земле в 2050 году, понадобится около 20 тераватт ($20 \cdot 10^{12}$ ватт) энергии. Луна получает приблизительно 13 тераватт от Солнца. Крисвелл полагает, что только один процент от этого количества заменит все электростанции, работающие на полезных ископаемых.

Впервые план использования солнечной энергии на Луне Крисвелл предложил почти 20 лет назад на симпозиуме НАСА по лунным базам и деятельности в космосе в XXI веке. По его мнению, уже в конце 1970-х годов у нас было достаточно сведений о Луне и подходящие технологии для строительства лунных электростанций. Используя лунные материалы, можно будет значительно снизить расходы на строительство.

Автор проекта уверен, что только этот способ обеспечит процветание человечества в наступившем веке (агентство «EurekaAlert!», 2002, 15 апреля).



В горах Намибии отыскали новый отряд насекомых, которому присвоили название Mantophasmatodea. Таких крупных открытий в энтомологии не было уже 80 лет. К тридцати известным отрядам насекомых, таких, как жуки, бабочки и термиты, добавился еще один. В руки исследователей попали два его представителя длиной около двух сантиметров каждый. Они похожи на гибриды сверчка и палочника.

Представителей нового отряда впервые описал О.Зомпро, аспирант Лимнологического института Макса Планка. Он разглядел остатки этих насекомых в кусочках балтийского янтаря возрастом около 45 млн. лет. Затем сотрудники Национального музея Западной Намибии в Виндхуке объявили, что в горном массиве Брандберг есть живые мантофосматоды. находку подтвердила международная экспедиция.

«Это все равно что найти живого мастодонта или саблезубого тигра, — говорит участник экспедиции П.Наскрецкий. — Значит, на Земле еще есть места, где жизнь сохраняется нетронутой, какой она была миллионы лет назад». Возраст Брандберга — примерно 120 млн. лет. Этот горный массив изолирован от других гор тысячами миль пустыни.

Пока найдено два вида мантофосматод, но К.Класс из Копенгагенского университета считает, что еще три или четыре ждут своего часа. Вновь открытые насекомые обитают в траве на вершинах гор. Судя по строению ротового аппарата и остаткам пищи в желудке, они — хищники и поедают других насекомых.

Связь нового отряда с другими пока не ясна. Вполне вероятно, что установить ее поможет изучение ДНК — этим занят М.Уайтинг из Университета Юта в США («Nature News Service», 2002, 17 апреля; «Science Published online», 2002).



Дж.Ваканти из Массачусетской больницы и Дж.Боренштейн из лаборатории «Dgarer Lab» предлагают свой вариант создания искусственной печени. В кровеносные сосуды изолированной печени вводят жидкий пластик. Когда он застывает, ткани растворяют и получают пластиковое «дерево» — слепок сосудов. На нем можно измерить диаметры сосудов, углы, под которыми они расходятся, и расстояния между ними. С помощью специальной программы по этим данным строят модель печени.

Полученная модель нужна, чтобы изготовить из силикона шаблоны для сосудов и соединительной ткани, которые будут каркасом. Шаблоны состоят из слоев, которые заполняют биоразлагающимся пластиком и соединяют друг с другом под давлением при высокой температуре. Получается «скелет» искусственной печени. На него нужно посеять гепатоциты, с помощью которых печень выполняет свои основные функции, и шесть других видов клеток. Каким образом это можно сделать, Боренштейн и Ваканти не сообщают.

В каналы «скелета» впрыскивают клетки эндотелия. Они прикрепляются к стенкам и растут на питательном растворе, создавая кровеносные сосуды. Через несколько месяцев основа растворяется, и остается искусственный орган с естественными клетками. Кровеносные сосуды, выращенные таким образом, с успехом опробовали на крысах («EurekAlert!», 2002, 24 апреля; «New Scientist», 2002, 27 апреля).

До создания полноценной искусственной печени нужно пройти долгий путь, на котором ученых подстерегает немало опасностей. Л.Хенч из Лондонского Королевского колледжа считает, что главная — это заражение полученных трансплантатов бактериями.

Народное название, которым наградили в Испании, Франции и Италии обитающих там египетских грифов (Neorhynchops pteropus), можно перевести как «пожиратель навоза», потому что они поедают помет коз, коров, овец и других травоядных животных.

Испанский орнитолог Х.Негро из Севильи выяснил, зачем грифы это делают. Экскременты травоядных для них — основной источник каротиноидов, которые у грифов не вырабатываются. Эти вещества придают желтую окраску глазам и коже на голове птиц, что особенно важно в период брачных игр. Самые яркие особи, как самцы, так и самки, кажутся потенциальным партнерам наиболее привлекательными. Возможно, птицы, получающие с пометом дополнительные каротиноиды, становятся более сильными и здоровыми.

Это мнение подтвердили эксперименты, проведенные в одном из испанских зоопарков. Четыре египетских грифа в течение десяти дней получали в качестве пищи только экскременты травоядных. Содержание одного из каротиноидов, лютеина, в плазме их крови оказалось намного выше, чем у тех, кого все это время кормили мясом. В поедаемом птицами навозе также в большом количестве содержатся паразиты, яйца, личинки и взрослые навозные жуки, которые служат еще одним источником белка («Nature News Service», 2002, 25 апреля; «Nature», 2002, т.416, с.807).



В Австралии разработана установка для превращения сточных вод в снег. Она пригодится на горнолыжных курортах, таких, как Маунт-Буллер, расположенный неподалеку от Мельбурна. В разгар сезона здесь ежедневно бывает около 200 тысяч гостей, которые за время своего отдыха «производят» примерно тысячу кубометров сточных вод. В то же время чистая вода в Австралии — товар дефицитный, так что тратить ее на приготовление снега слишком накладно.

Установка состоит из трехступенчатой системы очистки. На первом этапе с бактериями, вирусами и спорами сражается хлор. Затем воду фильтруют через мембрану с порами размером 0,01 микрона. Завершается очистка при прохождении жидкости через угольный фильтр. По словам управляющего курортом Д.Вестфалена, вода на выходе кристально чиста. Ее спускают в естественный поток, по которому она попадает в запруды. Здесь ее охлаждают до температуры, необходимой для производства снега.

Опытный образец уже начал работать, но до появления на склонах установки, которая будет перерабатывать 70–80% сточных вод, пройдет не менее трех лет. Остальную воду, необходимую для создания снежного покрытия, возьмут из окружающих озер.

Местное население не выражает никакого недовольства по поводу снега, который может появиться вокруг. «Идея делать снег из сточных вод нова, но такой водой уже давно поливают площадки для игры в гольф и футбольные поля», — замечает Вестфален («New Scientist», 2002, 11 апреля).

Самый универсальный

Л.Намер



И сейчас же на таинственном корабле, на носовой башне, появился луч. Он был тонок, как вязальная игла, ослепительно белый и шел из купола башни, не расширяясь... Луч описал петлю в воздухе и упал на носовую часть нашего пакебота. Послышалось ужасающее шипение, вспыхнуло зеленоватое пламя разрезаемой стали.

*А.Н. Толстой.
Гиперболоид инженера Гарина*

Кто-то пошутил: «Человек — это обезьяна, создавшая лазер». Конечно, любому специалисту свойственно преувеличивать значимость объекта своих занятий. Или, быть может, эту фразу изрек разработчик лазеров, добывающий деньги на свою тему. Впрочем, не только в лазере, а в любом сложном техническом устройстве — и самолете, и плеере — сосредоточены результаты десятков новейших тех-

нологий. Так что можно было сказать, человек — это обезьяна, создавшая плеер. Но самолет и плеер умеют выполнять каждый только одну задачу. Лазер же — десятки: это универсальный инструмент. Более универсальный, чем палка даже у очень умной обезьяны.

Казалось бы, для решения технологических задач (нагреть, расплавить, спаять, сварить...) применение лазе-



ра не обязательно. Если свет обычной лампы собрать в луч с такой же плотностью мощности, яркостью и углом расходимости, как у лазера, то им можно будет делать многое из того, что делают лазерами. Разве что короткие мощные импульсы от лампы получить невозможно, а для некоторых технологических операций нужны именно они. Остальные лазерные особенности излучения — моно-

хроматичность, когерентность и поляризованность в одной плоскости — используются весьма редко. Когерентность — только при получении голограмм, поляризованность — при считывании информации в устройствах магнитооптической памяти (но свет лампочки легко поляризовать), а монохроматичность — вообще, кажется, никогда. Но собрать свет лампочки в луч, тонкий, как вязальная игла, ос-

лепительно яркий и не расширяющийся, невозможно. Поэтому применение лазера неизбежно.

Когда свет падает на объект...

...часть света отражается, а поглощенное излучение нагревает материал. Далее, в зависимости от степени на-

грева и окружающей среды материал может плавиться, испаряться, взаимодействовать с этой средой химически. При достаточно быстром нагреве материал может вскипеть и его пары будут выбрасывать расплав из проделываемых лазером отверстий и пазов. При плотности мощности 10^4 – 10^5 Вт/см² происходит нагрев материала без изменения агрегатного состояния. Такие мощности применяют для повышения твердости и износостойкости, для отжига полупроводниковых материалов, для разделения хрупких материалов на части за счет раскалывающих напряжений.

Повышение плотности мощности до 10^5 – 10^6 Вт/см² приводит к плавлению без выброса материала. При этих мощностях ведут точечную и шовную сварку, сварку легко деформируемых материалов в труднодоступных местах и при минимуме теплового воздействия на соседние материалы, а также некоторые операции лазерного легирования.

Наконец, плотность мощности 10^6 – 10^7 Вт/см² позволяет производить нагрев с удалением вещества из зоны теплового воздействия. То есть пробивать отверстия, резать и испарять любые материалы, скрайбировать (испарять) и раскалывать по линии испарения) хрупкие материалы, отбирать пробы для аналитических целей.

При еще большей плотности мощности — 10^7 – 10^8 Вт/см² возникает лазерная плазма, поглощающая излучение и тем самым затрудняющая проведение технологических операций. Переход же в область интенсивностей 10^{16} Вт/см² приводит к получению высокотемпературной плазмы. Дальше начинаются разговоры про управляемый термоядерный синтез, инерциальное удержание и так далее, но это — не тема данной статьи.

Что ими делают

В первую очередь то, что не удается сделать другими способами. А во вторую — лазеры применяют там, где это позволяет улучшить качество или, например, сэкономить энергию. Лазеры незаменимы в технологии микросхем, когда нужно что-то спаять или сварить, а что-то, сидящее рядом, нельзя нагревать. Или в технологии электронных ламп, когда надо проделать какие-то операции в уже запаянной лампе, то есть действуя лучшим способом — через стекло. Пример второй ситуации — обработка некоторых хрупких и твердых материалов: проблему можно решить и тра-

диционными методами, но лазером получается лучше.

Можно сочетать лазерное воздействие с другими, например с действием плазмы электрического разряда, взрывной волны, ультразвука, механического и химического воздействия. Лазерную обработку можно вести в прозрачном газе или жидкости, что позволяет проводить работы, неосуществимые в других технологиях. А теперь кратко рассмотрим разные технологические операции и их применения.

Сварка и пайка

Наиболее широкое применение лазерная сварка нашла в производстве изделий электронной техники, так как лазер может сваривать тугоплавкие металлы (вольфрам, молибден); воздействовать локально и короткими импульсами, что уменьшает нежелательные структурные изменения в материалах; вести сварку в любой атмосфере, в труднодоступных местах, бесконтактно и без загрязнений; соединять материалы, которые не удается соединить другими способами. Кроме того, использование лазеров позволяет избежать «выплесков» — выбросов капель материала из зоны сварки. Эти капли, попадая на соседние элементы, легко выводятся из строя. Пайка и сварка — самые массовые «лазерные операции» в производстве изделий электронной техники. Основные преимущества лазерной пайки те же, что у сварки: быстрый и локальный нагрев, точное дозирование энергии, точный выбор места обработки.

Размерная обработка

Так называют пробивку отверстий, резку, скрайбирование и раскалывание хрупких материалов (полупроводников и керамик). Все перечисленные операции, кроме последней, связаны с удалением материала за счет испарения из зоны обработки. Отверстия удается получать диаметром от 10 мкм в любых, в том числе хрупких и твердых материалах. Причем отверстия могут быть как сквозные, так и глухие, и иметь отношение глубины к диаметру до 30. В этой области у лазеров нет конкурентов. Особенно эффективна эта операция при изготовлении отверстий малых диаметров или в хрупких материалах. Применение лазера для сверления отверстий в алмазных волокнах позволяет ускорить их изготовление в сотни раз.

Резка — это разрушение материала за счет испарения движущимся источником тепла. Часто при резке производится поддув газов: инертных — для повышения чистоты поверхности реза или кислорода — для повышения скорости реза. По сравнению с традиционными методами резки лазер обладает следующими преимуществами: позволяет легко резать сверхтвердые материалы (алмаз, корунд); получать малую ширину пропила (несколько десятков микрон); изготавливать детали сложной формы из хрупких материалов; обрабатывать кристаллы с большими внутренними напряжениями.

Скрайбирование (от англ. scabble — царапать) — метод частичного испарения вдоль некоторой линии и последующего разламывания. Этот метод эффективен для разделения хрупких материалов (керамик, полупроводниковых кристаллов, стекол).

Раскалывание заготовки на части может производиться при ее локальном нагреве.

Маркировка — это, по сути дела, тоже размерная обработка. Лазерная маркировка имеет преимущество перед обычными методами для изделий малых размеров, хрупких, твердых, стерильных и находящихся в прозрачной оболочке. Изображение на поверхности детали формируется за счет испарения материала.

Термообработка и упрочнение

Физическое содержание процесса термообработки заключается в изменении свойств материалов при нагреве. В отличие от сварки и размерной обработки при этом не происходит плавления или испарения. Принципиально лазерная термообработка не отличается от обычной, но использование лазера позволяет обрабатывать только поверхность и ее участки. Лазерная термообработка подразумевает получение различных результатов: упрочнения, легирования, закалки, отжига, отпуска, кристаллизации, аморфизации и других.

Высокая скорость нагрева и охлаждения позволяет модифицировать структуру поверхности металлов, керамик: при этом происходит локальная закалка тонкого приповерхностного слоя, обеспечивающая высокую твердость обработанных участков. Кроме того, благодаря высокой скорости охлаждения идет процесс измельчения кристаллов, который также способствует упрочнению поверхности. Такая процедура увеличивает



износостойкость деталей и уменьшает трение. Иногда, впрочем, нагрев доводят до оплавления поверхности.

Легирование и эпитаксия

Упрочнение, полученное путем введения присадок во время лазерного нагрева, называется лазерным легированием. С помощью лазера сравнительно легко идет процесс азотирования и науглероживания поверхности изделий. Образующиеся новые фазы и соединения (карбиды, нитриды) обладают свойствами, позволяющими повысить твердость и износостойкость. Перспективно легирование деталей из дешевых углеродистых сталей металлокерамической смесью или твердыми вольфрам-кобальтовыми сплавами.

С использованием лазерного нагрева можно легировать полупроводники. Процесс диффузии примеси может идти из поверхностного, предварительно нанесенного слоя, из жидкости или газа. Например, пропуская излучение через раствор трихлорида сурьмы в этаноле, нанесенный на поверхность кремниевой пластины р-типа, получают р-п-переход на глубине 150–190 мкм. При облучении пластины в атмосфере с 10% фосфина образуется поверхностный слой с концентрацией фосфора $\sim 10^{20}$ см⁻². При использовании фотолитического лазерного легирования нанесение примеси на поверхность совмещается с загонкой ее в пластину. Излучение лазера разлагает газ $B(CH_3)_3$, BCl_3 , PCl_3 , бор или фосфор осаждаются на поверхность пластины и под действием того же излучения внедряются в объем.

Кристаллизацию аморфных слоев проводят для получения эпитаксиальных пленочных слоев, так как стандартные методы выращивания таких слоев требуют высоких температур и сверхвысокого вакуума и поэтому не всегда приемлемы. На поверхность полупроводника наносят аморфный слой того же состава и лазерным излучением расплавляют его. При кри-

сталлизации слоя он «наследует» решетку основы, то есть происходит эпитаксия. При этом в силу краткости нагрева сохраняется резкая граница концентраций, необходимая для создания р-п-перехода.

Отжиг дефектов, которые возникают при легировании, может производиться при облучении лазером, при котором нагревается именно поверхностный слой.

Легирование может использоваться для создания «полезных дефектов». При этом на нерабочей стороне полупроводниковой пластины создают дефекты определенного типа, которые захватывают диффундирующие по пластине вредные примеси. Такие «полезные дефекты» возникают при имплантации фосфора или аргона лазерными методами, а сам метод называется гетерированием вредных примесей.

Осаждение слоев

При химическом осаждении лазерное излучение используют несколькими способами. Например, летучее металлосодержащее соединение разлагают на поверхности полупроводника при ее нагреве излучением. Аналогично могут получаться диэлектрические слои — фотодиссоциацией лазерным излучением смеси оксида азота и силана получают слои диоксида кремния. Лазер внедрился даже в электролиз — с помощью лазера можно создать большой градиент температуры, который вызывает интенсивную конвекцию, ускоряющую осаждение слоя.

При вакуумном термическом напылении лазерное излучение используют для нагрева напыляемого вещества. Естественно, это особенно полезно при напылении тугоплавких металлов. При напылении сплавов важно сохранить состав, который искажается из-за быстрого испарения летучего металла. При импульсном нагреве лазером этот эффект выражен слабее — за короткое время вещество не успевает изменить свой состав.

Термомагнитная запись информации

Запись происходит при перемагничивании участков пленки, нагретых излучением лазера. Холодные участки перемагнитить труднее, и они остаются в исходном состоянии.

Окисление

При нагреве металла или полупроводника в кислородсодержащей атмосфере на поверхности будет образовываться слой оксида. Этот слой можно использовать и в качестве изоляции, и в качестве защитной маски для последующих технологических операций, например травления. Естественно, что таким способом могут создаваться не только слои оксидов, но и нитридов и карбидов.

Подгонка элементов, ремонт интегральных схем, запись информации на CD

Испарение части проводящей пленки позволяет с весьма высокой точностью подгонять параметры тонкопленочных резисторов и конденсаторов. При создании сверхбольших интегральных схем запоминающих устройств предусматривают создание резервных элементов. Если приходится отключать дефектные элементы и подключать исправные из резерва, удаляют проводящие перемычки от неисправных элементов и наплавляют их к резервным. Запись информации на CD производят также путем локального удаления тонкой металлической пленки.

Технология как ворота

Любое новое технологическое решение открывает какие-то ворота. Прогресс техники во многом зависит от того, какие силы удастся «вести в прорыв». В этом смысле судьба лазерных технологий сложилась более чем счастливо. Например, они позво-

лили получить омические контакты к арсениду галлия. А это, между прочим, светодиоды и высокотемпературные полупроводники. Далее, с помощью лазерного напыления получают самые стойкие оптические покрытия ZrO_2-SiO_2 для многослойных лазерных зеркал, которые нужны для мощных лазеров. Технология «строит сама

себя».

А вот другой пример. Лазерные технологии позволили изготавливать так называемые сверхструктуры — системы чередующихся слоев полупроводников толщиной 1–10 нм. Это открыло путь к освоению нового диапазона электромагнитных волн — мягкого рентгеновского излучения с длиной волны

1–30 нм. Освоения этого диапазона с нетерпением ждут астрономы, спектроскописты, да и сами лазерщики. При этом некоторые виды сверхструктур (с аморфными барьерными слоями) вообще не могут быть изготовлены другими методами. Применение лазерных технологий открывает много интересных возможностей.



ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

Разговор с практиком

О некоторых применениях лазерных технологий, о достижениях и перспективах, нам поведал профессор Игорь Николаевич Шиганов из НИИ конструкционных материалов и технологических процессов при МГТУ им. Н.Э.Баумана. Человек, который умеет взять две вещи и сделать так, что они станут одной...

Игорь Николаевич, какая доля всех соединений выполняется сваркой и какая доля всей сварки выполняется лазерами?

Металлические детали в технике чаще всего соединяют болтами с гайками, заклепками и сваркой. Думаю, что процентов тридцать приходится на сварку. Лазерная сварка применяется, с одной стороны, довольно редко — примерно один процент всех сварок делается лазерами. С другой стороны, вообще известно около полутора тысяч методов сварки, так что получается, что процент — это много. Неметаллические детали чаще всего клеют и тоже сваривают — нагревом или ультразвуком.

Поскольку лазерная сварка как метод возникла позже других, то в традиционных областях техники ее применяют, по-видимому, только тогда, когда ее преимущества весьма значительны. А в новых областях техники, где роль традиции меньше?

Действительно, к лазерной сварке часто прибегают только тогда, когда другими способами соединение с необходимыми параметрами получить не удается. В новых областях техники к ней прибегают чаще. В авиакосмической

отрасли лазерная сварка составляет сегодня около 10%, растет ее применение в автомобильной и авиационной технике, в судостроении. Мы освоили применение лазерной сварки для авиации — для сварки современных алюминиевых сплавов. Особенно заметно растет использование лазеров в последние 10 лет, и связано это с созданием мощных твердотельных лазеров мощностью до 5–6 кВт, сейчас уже есть модели мощностью 9 кВт. В приборостроении, в электронике доля лазерной сварки намного больше, около 70%, потому что материалы там тонкие, детали нежные, большие мощности не нужны, можно использовать лазеры относительно дешевые и простые в эксплуатации. А сварочная установка с мощным лазером стоит несколько сотен тысяч долларов, и для нее нужны специальное помещение, образованный и обученный персонал (два-три человека). Поэтому и применяются такие установки реже.

Игорь Николаевич, а железке не все равно, каким лазером ее облучать?

У разных лазеров разная длина волны, а от длины волны зависит коэффициент поглощения и, стало быть, КПД про-

цесса. Но важнее другое — излучение мощного твердотельного лазера с длиной волны 1,06 мкм удается передавать по световоду на десятки метров, световодом можно забраться в узкую щель, «за угол», внутрь полости сложной формы. А излучение мощного газового лазера с длиной волны 10,6 мкм удается только направлять зеркалами и стрелять по прямой. Поэтому твердотельный лазер позволил делать то, что без него сделать было нельзя.

Следующий скачок применения лазерной сварки будет связан с разработкой диодных лазеров. Что это такое? Обычный твердотельный лазер имеет кристалл и газоразрядную лампу накачки. Следствие — большие габариты, низкие КПД, надежность и срок службы. Есть лазеры, в которых вместо газоразрядной лампы использованы светодиоды. У таких лазеров КПД, надежность и срок службы выше, но они очень дороги — из-за светодиодов. Наконец, третий путь — создать диодную и светоизлучающую структуру в одном кристалле. Видели лазеры — брелоки для ключей? Если увеличить мощность в миллион раз, вы получите хороший технологический лазер. Причем его можно прямо ставить на головку сварочного робота — даже световоды не нужны. Такие лазеры уже имеют мощность до 2 кВт при размере с небольшой диктофон. Еще немного увеличить мощность, начать серийный выпуск — и в сварке произойдет революция. Например, потому, что в автомобильной промышленности лазерная сварка станет рентабельнее аргоно-дуговой: при лазерной сварке детали не деформируются и отпадает необходимость в дорогих операциях по устранению деформаций и их

последствий. Начнется массовое применение лазеров в авиационной промышленности. У диодных лазеров, кстати, выше КПД — до 35% против 10% у обычных твердотельных, так что и электроэнергию сэконоим.

В каких ситуациях лазерная сварка доминирует или начнет доминировать в близком будущем?

В радиоэлектронике — потому, что лазер обеспечивает отсутствие загрязнений. При сварке алюминиевых сплавов — там это очень выгодно, нет деформаций, не нужна рихтовка — восстановление формы после сварки. Наконец, при сварке материалов, которые вообще варить трудно: высоколегированных, закаленных и композиционных, их нежелательно нагревать долго или допускать нагрев вне собственно сварного шва. Наконец, сварка в труднодоступных местах. Вот мы освоили сварку композиционного материала, содержащего железо, медь и свинец. Обычными методами сварить такой материал нельзя: он расслоится, разделится на компоненты. При лазерной сварке этого можно избежать.

Уникальные свойства лазерной сварки — следствие нескольких ее особенностей. Высокой плотности мощности, которую невозможно достичь иными методами. Возможности передачи мощности на расстояние и изменения направления передачи. Наконец, возможности управления длиной волны и выбора оптимальной. Сегодня лазерная сварка ждет появления мощного диодного лазера и готовится к новой эре.

Моря подводной НЕФТИ

Доктор географических наук
Д.Я.Фащук



РЕСУРСЫ

Лобители вестернов наверняка помнят обычный финал таких фильмов — традиционный американский хеппи-энд. На весь экран — загорелое лицо главного героя в исполнении Клинта Иствуда или Грегори Пека, в лихом широкополом «стетсоне» и с сигарой. Он только что отправил на тот свет дюжину негодяев, посягавших на его землю, — сомбреро, как говорится, оказалось не по Хуану. Устало улыбаясь, ковбой давит в складках запыленной щеки парочку мух, делает глубокую затяжку и, медленно переводя взгляд на свои безумно красивые сапоги, с удивлением замечает, что стоит по щиколотку не в луже крови поверженных врагов, а в темной маслянистой жидкости, сочащейся из земли рядом с его сгоревшим догла ранчо. Зрителю сразу ясно: будущее ковбоя и его наследников, несмотря на потерю жилища и стада, обеспечено на многие годы вперед. Вот уж действительно — последним смеется тот, кто первым стреляет.

Подобный финал вовсе не фантазия режиссера, он основан на реальных фактах. Каких-нибудь полторы сотни лет назад жители Техаса открывали источники нефти случайно, с помощью лопаты, вскапывая землю на своем огороде, или на глазок — по нефтяным пятнам и лужам на поверхности земли. Под влиянием эрозии, тектонических и других природных процессов в этих местах «жидкое золото» выходило из недр Земли наружу. Сегодня в Америке, как и в странах Ближнего Востока, таких подарков уже не встретишь, но они попадают в других районах планеты. Известны, например, выходы нефти на дне моря у берегов Калифорнии, нефтяные озера и реки острова Тринидад, смоляные пески реки Атабаска в провинции Альберта (Канада).

Вряд ли ковбой-счастливчик или не менее удачливый арабский бедуин задумывались, откуда взялась нефть в недрах планеты, — им было явно не до науки. Мы же остановимся на этом вопросе немного подробнее.

От пирофора до пироскафа

Слово «нефть» вошло в наш лексикон из персидского языка, в котором термином «neft» обозначалась горючая маслянистая жидкость. Полагают, что человек использует этот продукт с 6-го тысячелетия до н.э., причем функции нефти со временем изменялись. Некоторые любопытные способы ее применения можно почерпнуть из истории древнего мира. В 668 году хитроумный сириец Калиник из Гелиополя (нынешний Баальбек в Ливане), раздобыв эту жидкость, намеренно или случайно смешал ее с серой и какими-то до сих пор неизвестными компонентами. В результате получилась жидкая горючая смесь, впоследствии оказавшаяся ужасным смертоносным оружием. «Греческий огонь», как окрестили современники

древний аналог напалма, был немедленно внедрен в практику на военном флоте Византии. В пастях драконов и химер, украшавших штевни византийских боевых дромонов и либурн, а также внутри этих созданий, которые стояли на палубах наподобие пушек, помещали медные трубы для метания глиняных шаров, начиненных «жидким огнем». Суда, оснащенные таким оружием, назывались «пирофорами» — огненосными. Считают, что Византия сохраняла монополию на греческий огонь вплоть до XII в. За это время многим недоброжелателям довелось испытать на собственной шкуре действие горючей жидкости. Досталось и неугодному русскому князю Игорю. В 941 году он и десять тысяч его ладей чуть было не сгорели под огненными струями, когда пытались наказать «льстивых»

византийцев за нарушение торговых соглашений с Киевской Русью. «И было видно страшное чудо. Русские, видев пламень, бросались в воду морскую, пытаясь спастись. И так остаток их возвратился домой. И, придя в землю свою, поведали о происшедшем и о ладейном огне Будто молнию небесную имеют у себя греки, и, пуская ее, пожгли нас. Оттого и не одолели их». Так описаны в летописи эти события. О силе греческого огня можно судить по тому факту, что в 1139 году второй Латеранский собор запретил это оружие, назвав его бесчеловечным.

Но вернемся в современный мир. Практически до конца XIX века основным энергоносителем для морских перевозок был ветер — на морях и океанах господствовал парус. В 1869 году, после открытия Суэцкого канала, многие морские пути существенно сократились, но канал оказался непригодным для парусных судов. Чуть позже (1914–1920 гг.) был введен в эксплуатацию Панамский канал, что окончательно подорвало позиции парусного флота и вывело на морскую арену пароходы. «Невесты ветра» вынуждены были уступить место паровым турбинам — «копильным бочкам». Так неуважительно Наполеон Бонапарт назвал предложенный ему маркизом Жоффруа д'Аббаном проект первого парохода — пироскафа (огненного корабля). Его испытания маркиз провел еще в 1778 году, установив очень своевременно изобретенную Джеймсом Уаттом паровую машину в трюм парусника и надев на его борта колеса с лопастями. Спустя всего девять лет, в 1787 году, некий американец по фамилии Фич пристроил к своему паровому судну вместо колес гребной винт, запатентованный в 1785 году англичанином Бреймом, и добился скорости 6 км/ч! В 1807 году по Гудзону от Нью-Йорка до Олбени прошел первый пассажирский пароход, сконструированный американцем Робертом Фултоном. Интересно, что в экспериментальных образцах пароходов Фултона применялись механические весла, которые вскоре были замене-

ны гребными колесами. В 1812 году на реках Америки уже «развевали дымные знамена» пятнадцать паровых пассажирских судов. В течение следующего столетия шла конкурентная борьба между различными видами топлива для паровых турбин. Но нефть, в конце концов, победила уголь, и с 1937 года половина мирового флота уже ходила на дизелях, названных так в честь их изобретателя Рудольфа Дизеля. Потребители нефти множились и на суше.

Таким образом, пресловутый научно-технический прогресс способствовал интенсивной промышленной добыче нефти на нашей планете. Началась она, естественно, с разработки сухопутных месторождений, но со временем, по мере их выработки, эксплуатация скважин становилась все дороже. Так, в бывшем СССР с каждой пятилеткой добыча углеводородов дорожала вдвое. Специалисты полагают, что такая тенденция сохраняется и сегодня. Человечество подходит к рубежу, за которым добыча нефти на суше расти не будет, несмотря на острую потребность в энергоресурсах. Именно поэтому взгляды ученых и промышленников обратились в сторону Мирового океана.

География морских месторождений нефти и газа

Еще в 1824 году жители побережья Каспийского моря под Баку строили изолированные от воды колодцы и черпали нефть из неглубоко залегающих горизонтов. С 1870 года в Японии догадались намывать искусственные острова и устанавливать на них нефтяные вышки. В 1894 году в Калифорнии с деревянного пирса пробурили первую морскую скважину для добычи нефти. В 90-е годы того же века на побережье этого штата и штата Вирджиния начали бурить наклонные скважины, уходившие на расстояние до 200 м от берега, но хлопот с ними было так много, что это начинание забросили на долгие сорок лет. Только в 1933 году подобный эксперимент повторили на озере Маракайбо в Венесуэле. В 1936–1938 годах в Мексиканском заливе открыли Креольское месторождение нефти и началась ее промышленная добыча. В 1948 году здесь соорудили первую буровую платформу, а сейчас в Мексиканском заливе их уже более 3800.

В 1920 году по инициативе С.М.Кирова одну из бухт Апшеронского полуострова засыпали песком и на этой, отвоеванной у моря площади в 1922



Хронология мирового бума нефтегазоразведки

Таблица 1

ГОД	СТРАНА	МОРЕ, ОКЕАН	МЕСТОРОЖДЕНИЕ
1824	Россия	Каспийское море	Баку
1870	Япония	Тихий океан	Идзумосаки
1891	США	Тихий океан	Калифорния
1921	Мексика	Мексиканский з-в	Фаха-де-Оро
1924	Венесуэла	Лагуна Маракайбо	Боливар-Кост, Тип-Хуана
1935	Россия	Каспийское море	о.Артем
1936	США	Мексиканский з-в	Креольское
1957	Саудовская Аравия, Ирак, Оман, Бахрейн	Персидский з-в	Саффания-Хафджи, Лулу-Эсфандияр, Манифо, Ферийдун-Марджан, Абу-Сафа
1959	Голландия	Северное море	Гронинген
1962	Габон	Атлантический океан	Ченге-Осеан
1963	Мексика	Мексиканский з-в	Исла-де-Лобос
1964	Нигерия, Бенин, Западная Австралия	Гвинейский з-в, Индийский океан	
1965–1970	Южная Австралия	Тасманово море	
1965	Великобритания	Северное море	Вест-Соул
1966–1969	Ангола, Конго, Дагомея	Атлантический океан	
1968	Бразилия	Атлантический океан	
1969	Ирландия, Норвегия, Великобритания	Северное море, Северное море, Северное море	Экофикс, Монроуз
1970	Дания	Северное море	
1972–1980	Камерун, Берг Слоновой Кости, Экваториальная Гвинея	Атлантический океан	
1979	Нидерланды	Северное море	8 месторождений
1980	Мексика	з-в Кампече	200 месторождений
1986	Западная Африка		более 160 месторождений
1990	Китай, Индонезия, Северная Австралия, Аляска, Канадский Арктический архипелаг	Желтое, Восточно- и Южно-Китайское моря, Тихий океан	

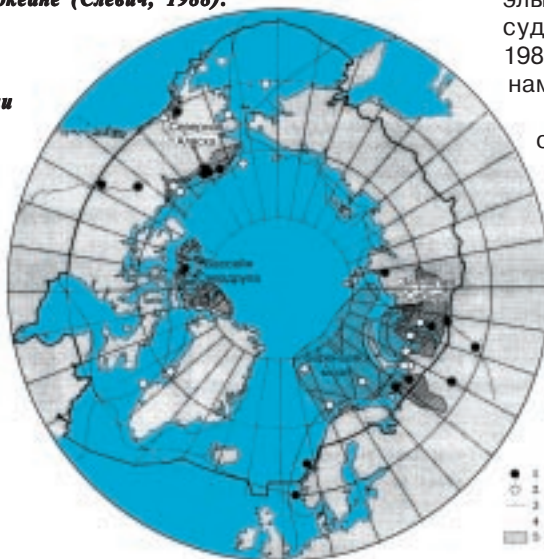


1
Месторождения нефти и газа в Мировом океане (Слевич, 1988).

В конце XX века темпы поиска морских нефтегазонакоплений резко увеличились. Только в 1992 году на шельфах Дальнего Востока, Юго-Восточной Азии и Австралии было пробурено 227 скважин, Северной и Центральной Америки — 214, Западной Европы — 211, а на шельфе Северного моря в 1993 году введено в эксплуатацию 25 новых месторождений!

2
Районы поисково-разведочных и промысловых работ по освоению нефтегазовых месторождений на шельфе Арктики (Патин, 2001):

- 1 — добыча нефти и газа;**
- 2 — разведочные работы;**
- 3 — трассы навигации;**
- 4 — основные трубопроводы;**
- 5 — нефтегазовые месторождения**



году пробурили разведочную скважину. Так началась эксплуатация первого морского месторождения нефти под названием «Бухта Ильича». В дальнейшем Каспий стал полигоном для испытания технических средств и установок морской нефтедобычи. В 1934 году на острове Артем впервые применили кустовое бурение, при котором с одной платформы бурят сразу несколько скважин. В 1935 году в море появилось первое металлическое основание для буровых работ. В 1972 году их здесь насчитывалось уже 1880, а длина эстакад для связи с берегом превышала 300 км. К 1977 году в Каспийском море открыли двадцать месторождений углеводородов. На крупнейшем из них, под названием Нефтяные Камни, был построен целый город на искусственных платформах с населением две тысячи человек.

США и СССР первыми начали заниматься морской нефтегазоразведкой. С 1954 года этот процесс стал все-

мирным и к началу 80-х охватил уже более 70 стран. Нефтяники этих стран пробурили около 10 000 нефтяных скважин на глубинах от 15 до 1800 м, а в 1969 году, во время бурения с американского научно-исследовательского судна «Гломар Челленджер», в Мексиканском заливе геологи обнаружили нефтегазоносные пласты, когда под килем была глубина 3400 м.

К 1978 году в Мировом океане было найдено 1080 нефтегазовых месторождений (см. рис. 1 и табл. 1). К 1980 году морские геологи отметили на картах 72 нефтегазоносных бассейна и пришли к выводу, что 83% доказанных мировых запасов и более половины прогнозируемых ресурсов сосредоточено только в пяти районах: в Персидском заливе, Венесуэльском заливе и лагуне Маракайбо, в Северном море, Мексиканском заливе, на арктическом шельфе Северной Америки. Кроме того, в трех районах (в Гвинейском заливе, Индосинайско-

Яванском и на шельфе Калифорнии) были разведаны запасы примерно по миллиарду тонн в каждом, а еще в трех — в Суэцком заливе, заливах Гипсленд и Дампьер (в Австралии) — обнаружено по полмиллиарда тонн.

К 1970 году 34% морской добычи нефти приходилось на долю Венесуэлы, 30% добывали США и 26% — государства Персидского залива. К 1980 году первенство перешло к странам Персидского залива.

В конце XX века темпы поиска морских месторождений нефти и газа резко возросли. Уже к 1985 году на мировом шельфе пробурили 200 тысяч разведочных скважин (до 1980 года их было всего 10 000). Поиск вели, помимо традиционных мест, в районах Крайнего Севера России, у берегов Гренландии и Юго-Восточной Азии.

К 1996 году на шельфах более 50 стран мира работало 6500 стационарных нефтедобывающих платформ. Из них: 4000 — в Мексиканском заливе; около 1000 — на шельфе Азии; 750 — на Ближнем Востоке; более 400 — в морях Европы и 380 — у берегов Африки. Благодаря всем этим открытиям Великобритания, Норвегия, Италия, Малайзия, Индонезия, Австралия к этому времени вошли в число крупных нефтедобывающих стран.

Один из самых перспективных нефтегазоносных районов мира — Арктика и прилегающие к ней моря. Полагают, что общие запасы углеводородов здесь соизмеримы с мировыми (рис. 2). В одном Северном море к началу 90-х годов пробурили 4000 нефтяных скважин, так что навигационные службы ввели поправки в Правила мореплавания в этом районе. Рекомендованные курсы судов здесь напоминают трассы «морского слалома», на которых флажками служат нефтяные платформы.

Российские богатства

Не остались без внимания и шельфы морей СССР. По оценкам профессора Всероссийского НИИ рыб-

ного хозяйства и океанографии С.А.Патина, при общей площади нашего мелководья 5,2 — 6,2 млн. км², около 90% его признаны нефтегазоносными. Из них 2 млн. км² относится к Западной Арктике (Баренцево и Карское моря), 1 млн. км² — к Восточной Арктике (море Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское), 0,8 млн. км² — к Дальнему Востоку (Берингово, Охотское и Японское моря), 0,1 млн. км² — к южным морям (Азовское, Черное, Каспийское), а кроме них есть еще небольшой участок шельфа на Балтике, в районе Калининграда. Потенциальные ресурсы углеводородов в этих зонах оцениваются в 90–100 млрд. т, из них 80% — газ. Одним словом, будущее нашей стране, как и счастливчику Джо, герою вестерна, обеспечено. Вот только кто, когда и как будет извлекать из недр морского дна это самое будущее?

К 1995 году на шельфах России пробурили всего 100 разведочных скважин: 65 в районе Сахалина и 35 в Западной Арктике. Оказалось, что потенциальные запасы только Баренцево-Карского и Южно-Карского бассейнов составляют 50–60 млрд. т условного топлива (в три раза больше, чем в Персидском заливе). Запасы двух, Русановского и Ленинградского, месторождений газа в Карском море оцениваются в 5 триллионов кубометров (в 2,5 раза больше, чем добывают за год во всем мире). Немного меньше газа и газоконденсата содержит Штокмановское месторождение в Баренцевом море. Есть в Арктике и месторождения нефти, например Приразломное в Печорской губе (запас более 200 млн. т). В начале 90-х годов в районе Ямала открыто месторождение, от которого ждут до 100 млрд. м³ газа в год, а общий запас газа здесь оценивают в 15 трлн. м³. Для его транспортировки даже планировали построить газопровод через Байдарскую губу.

Почти двадцатилетний советский опыт исследования сахалинского шельфа тоже дал обнадеживающие результаты. Разведанные запасы нефти здесь составляют 722 млн. т газа — 1540 млрд. м³ и 64 млн. т конденсата. Общие извлекаемые запасы оцениваются в 5 млрд. т. Не зря сегодня к этому району привлечены внимание и капиталы таких крупных международных компаний, как «Марафон», «Шелл», «Эксон», «Содеко» (рис.3).

4 Разведанные запасы углеводородов в Каспийском море



3
Расположение основных нефтегазоносных блоков на северном и восточном шельфах Сахалина (Кочергин и др., 2000)

В рамках проекта «Сахалин-1» под операторством компании «Эксон Нефтегаз» на северо-восточном шельфе острова уже выполнены оценочные бурения на месторождении Чайво на глубинах до 4000 м. Будущая промысловая стационарная платформа, устойчивая к землетрясениям, цунами и льдам, превысит по размерам футбольное поле, а по высоте десятиэтажный дом (30 м). В этом же районе в рамках проекта «Сахалин-2» под операторством компании «Сахалин энержи» ведутся разведочные и оценочные работы на Пильтун-Астохском и Лунском месторождениях. В 1998 году здесь была установлена первая стационарная ледостойкая платформа «Моликпак».

Мелководный северный шельф Каспия также радует российских нефтяников. Там, на продолжении Прикаспийской нефтегазоносной провинции, по предварительным оценкам, содержится до 2–3 млрд. т углеводородов, 70% из которых составляет нефть (рис. 4). Из-за большой глубины залегания (до 4 км), уникального рыбохозяйственного значения района и массы других сложностей эти ресурсы еще пять лет назад считались «резервом ставки». Тем не менее уже в июне 2000 года компания «Бритиш петролеум» вложила в разработку месторождений Северного Каспия 12 млрд. долларов на год. Во главе с этой компанией организована Азер-



байджанская международная операционная компания (АМОК), включающая несколько зарубежных фирм. АМОК разрабатывает морские месторождения Гюнешли, Азери и Чирак, запасы которых оцениваются в 4,6 млрд. баррелей.

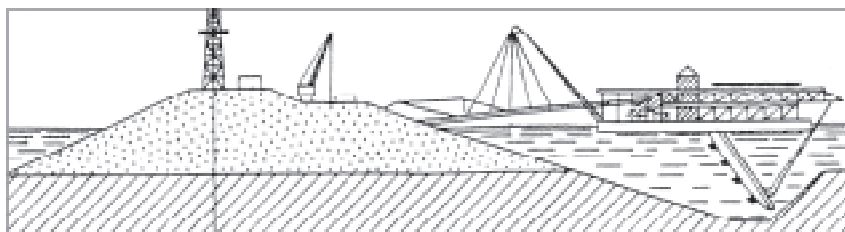
До недавнего времени каспийскую нефть экспортировали по двум нефтепроводам Баку — Новороссийск. В сентябре 2001 года заработала третья труба, которая обошла КТК (Каспийскому трубопроводному консорциуму) в 2,5 млрд. долларов. Кроме того, компания «Бритиш петролеум» планирует в 2004 году ввести в строй нефтепровод Баку — Тбилиси — Джейхан для доставки черного золота на средиземноморское побережье Турции. Этот проект активно поддерживает США. В связи с этим редактор журнала «Нефтегаз» Алан Маки еще в начале 2001 года заключил: «Война против терроризма преобразовала Каспийский регион в область жизненно важных интересов Запада. США должны быть в ней задействованы, а государствам СНГ дорого обойдется вновь обретенная лояльность делу (антитеррористической. — Д. Ф.) коалиции». Высадка американских спецназовцев в Грузии в феврале 2002 года подтвердила прогноз обозревателя. Большие деньги надо охранять.

Возвращаясь к запасам углеводородов, отметим, что с 1981 года про-

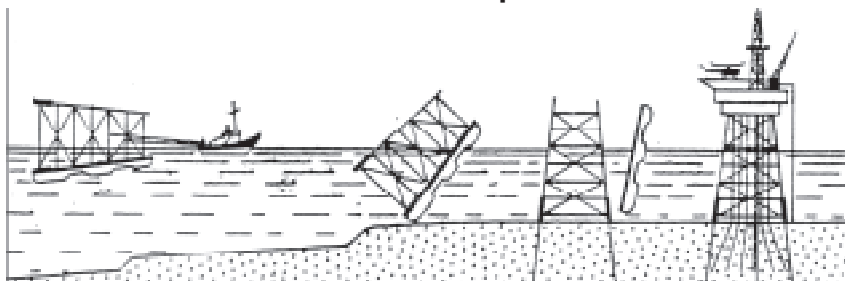
5
Способы и оборудование
для морской нефтегазодобычи
(Слевиц, 1988)



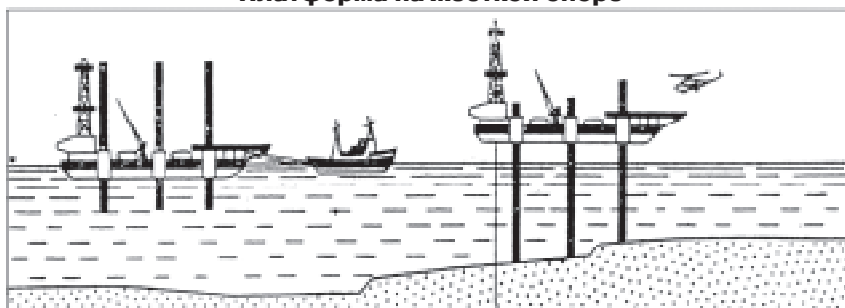
РЕСУРСЫ



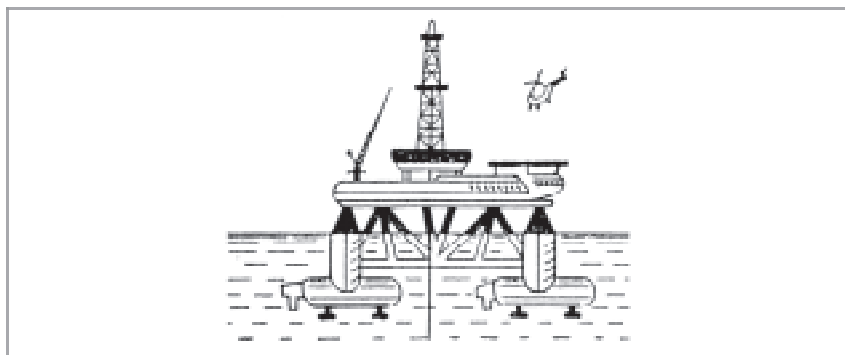
Намывной остров



Платформа на жесткой опоре



Самоподъемная платформа



Полупогруженная самостабилизирующаяся платформа

мысленная добыча газа ведется на Азовском море, а с 1983-го — на северо-западном шельфе Черного. В Азовском бассейне обнаружено несколько месторождений: Стрелковское, Приазовское, Синявское, Бейсугское. Запасы газа под Азовским морем оцениваются в 30 млрд. м³, а на северо-западном шельфе Черного моря — в 49 млрд. м³. Уже в этом году Украина планировала обеспечить Крым газом из источников, расположенных в ее территориальных водах Азовского и Черного морей.

Цена оценок

Можно ли верить оценкам запасов углеводородного сырья? Из-за мето-

дических сложностей они колеблются у разных авторов от 320 до 2000 млрд. тонн (в расчете на нефть), то есть отличаются на порядок, так что к количественным прогнозам в этой области следует относиться с большой осторожностью. Нефтегазовые ресурсы Мирового океана сегодня вряд ли можно определить более точно, чем словами «очень много». Тут уместно вспомнить расчеты американских геологов, согласно которым на полное обследование на нефтегазоносность только шельфа «голубого континента» с помощью современных методов сейсмической разведки потребуется еще не менее 120 лет.

Так или иначе, ученые полагают, что морских запасов нефти и газа, обна-

руженных в результате поискового бума, нам хватит на ближайшие 100 лет. К тому времени как раз доисследуют шельф и откроют новые. При этом одни специалисты делают вывод: «Качественную глобальную оценку потенциальной нефтегазоносности Земли в принципе следует считать завершенной» (Л.Э.Левин). А другие утверждают, что на сегодняшний день хорошо обследована лишь незначительная (мелководная) часть дна, составляющая всего 7,5% площади Мирового океана. Глубоководные его районы — континентальный склон, подножье (около 35% общей площади) — изучены значительно хуже, а абиссальные области (ложе океана) вообще практически не исследованы. Таким образом, «пока еще отсутствует достаточная основа для надежной количественной оценки перспектив нефтегазоносности глубоководных зон морей и океанов» (О.И.Супруненко, Ю.Н.Григоренко). Предполагается лишь, что там сосредоточено до 40% всех углеводородных ресурсов Мирового океана.

Точно оценить запасы сложно по нескольким причинам. Недешево обходятся разведочные работы: стоимость буровой установки колеблется от 25 до 180 млн. долларов в зависимости от ее конструкции (рис. 5). Затраты на морские поиски нефти и газа зависят от глубины скважины и от района, где идут работы. Бурение одной скважины в Персидском заливе обходится в миллион долларов, а в море Бофорта и Беринговом — до 70–90 миллионов. Значительного прогресса в области морских глубоководных нефтегазопоисков в ближайшем будущем, очевидно, ожидать не придется.

Природа месторождений нефти и газа

Ученые уже давно установили, что месторождения нефти и газа, в том числе и морские, — это геохимические «тупики» нашей планеты. Углерод переносится в них так называемым

биологическим насосом. Органическое вещество, создающееся при фотосинтезе, посредством пищевых цепочек включается в биомассу морских растений и животных. Часть органики после отмирания живых организмов оказывалась на дне океана. В течение миллионов лет эти осадки подвергались сильному сжатию, так как их покрывали слои пород неорганического происхождения, принесенные с суши ветром, вынесенные в море речным стоком (терригенные) или образованные волновой эрозией берегов. С годами, при огромном давлении, высокой температуре и отсутствии кислорода, с помощью вездесущих бактерий органические остатки превращались в ископаемые продукты — нефть, газ, уголь — и выбывали, таким образом, из морского круговорота углерода.

Если вспомнить о периодических морских трансгрессиях (наступлениях) и регрессиях (отступлениях), неоднократно случавшихся в геологической истории нашей планеты, то становится понятно, что нефтегазонакопление на суше и в море имеет одну природу. Нередко морские месторождения оказываются продолжением сухопутных, уходящих под морское дно. Так, например, месторождения углеводородов в лагуне Маракайбо на северо-западе Венесуэлы представляют собой продолжение континентального месторождения Боливар-Кост и месторождения Типуана на восточном берегу лагуны.

Казалось бы, просто: весь шельф Мирового океана представляет собой гигантские подводные нефтяные и газовые резервуары, качай, где хочешь, и радуйся, подсчитывая доход. Но не тут-то было. Большие деньги, как известно, подобны маленькому ребенку, которого посадили на горшок, — надо подождать, а сколько — неизвестно

Нетрудно догадаться, что пристальное внимание человека к морским запасам углеводородов привело не только к открытию месторождений, но и дало еще один важный результат — огромный опыт, который позволил морским геологам размышлять о природных условиях образования нефти и газа. В результате многолетних трудов ученые выявили систему законов — теоретических основ для глобального районирования Земли по перспективам нефтегазоносности.

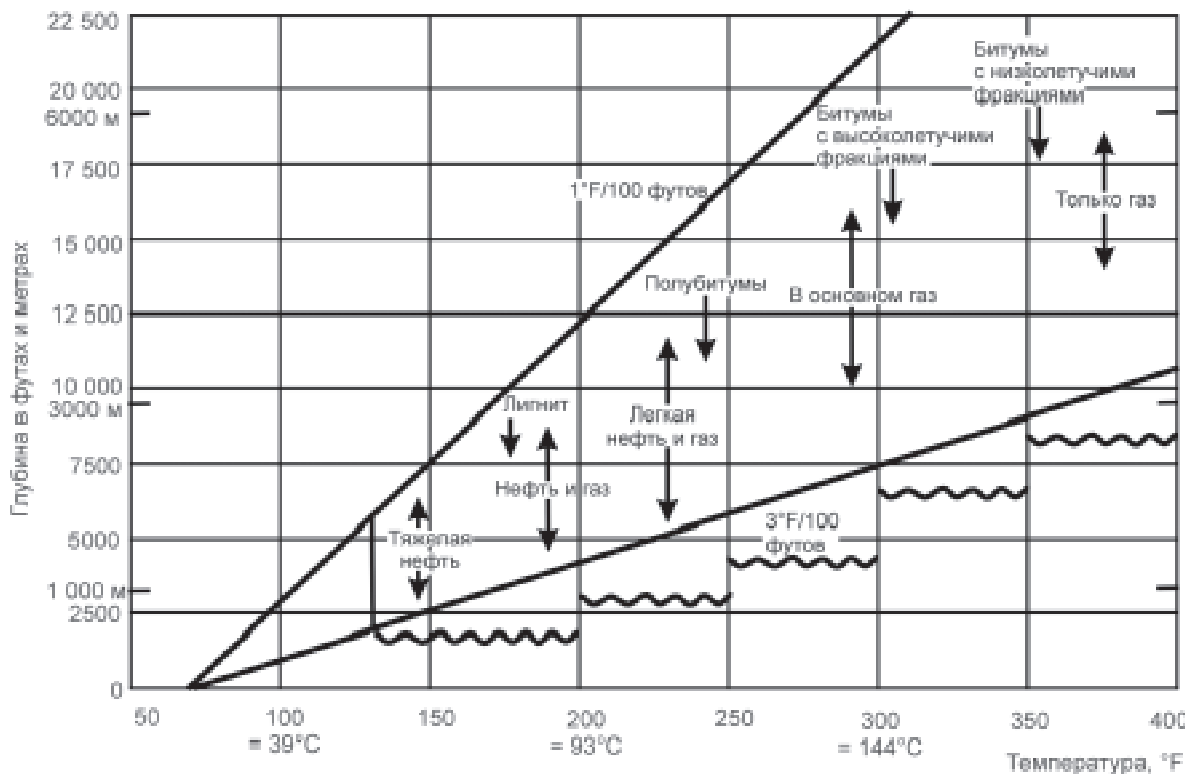
Первые два из этих законов в 1950 году сформулировал американский геолог И.О.Брод. Они гласят, что морские месторождения углеводородов приурочены к мощным слоям осадочных пород. Практика морского бурения показала, что запасы нефти, рентабельные для разработки (15 тыс. т/км²), можно обнаружить, если толщина слоя осадков над месторождением изменяется от 0,3 до 6 км. В дельтах крупных рек, таких, как Нигер и Амазонка, этот показатель может увеличиваться до 7 и даже 10–11 км, а у Ганга и Брахмапутры, впадающих в Бенгальский залив, он достигает 12–16 км.

Кстати сказать, из $250 \cdot 10^{14}$ тонн осадочного материала, сносимого ежегодно с суши в океан, на долю рек приходится 85–90%. Остальное дают льды, подземный сток рек и эоловый (ветровой) вынос. Четверть материала попадает в океан с водами всего четырех рек: Хуанхэ, Ганга, Брахмапутры и Янцзы. При этом из 12 крупнейших рек мира только Амазонка, Инд и Ганг с Брахмапутрой впадают непосредственно в океан, тогда как остальные реки разгружаются в окраинные моря. Знание этих обстоятельств тоже помогает искать нефть и газ.

Опыт морских геологов подтвердил, что зоны накопления осадков в окраинных и внутренних морях (седиментационные бассейны) в большинстве своем расположены у краин континентов. Там в результате горизонтальных сдвигов слои горных пород образуют складки (прогибы). Такие прогибы становятся ловушками для органического вещества, которое скапливается здесь и впоследствии превращается в нефть и газ.

Как мы помним, согласно гипотезе новой глобальной тектоники, в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов из недр планеты поднимаются раскаленные потоки базальтовой магмы и формируется океаническая кора. При этом морское дно деформируется. Кроме того, 400 млн. лет назад Единая Земля, Пангея, разделилась на части и началось образование и дрейф материков (отдельных плит литосферы). Это привело к тому,

6
Вид углеводородов при разных условиях залегания



что самые древние нефтяные месторождения, возникшие в тропической зоне, сегодня оказываются совершенно в других районах. Геологи компании «Бритиш петролеум», например, проследили дрейф нефтеносной банки Доггер, измеряя направления магнитных полей в породах различных возрастов. 200 млн. лет назад она располагалась на экваторе, а сейчас — на 55° с.ш. «Молодые» месторождения нефти и газа, возрастом всего 30 млн. лет, располагаются южнее, в тропических районах океана.

Растяжение океанического дна привело, например, к образованию Габонской впадины в Атлантике, вблизи от Африканского побережья. Она зародилась в зоне рифтов континентальной окраины, где встретились три зоны разломов, и сейчас это один из крупнейших нефтегазоносных районов Мирового океана. В Арктической Канаде нефть приурочена к так называемому бассейну Свердруп, который расположен в зоне складчатости на краю Канадского щита. К этому же типу нефтегазоносных бассейнов относятся и впадина Северного моря, Аравийский, Западно-Индийский и Бенгальский бассейны. Они представляют собой огромные прогибы, иногда с разломами-рифтами.

Месторождения нефти в Мексиканском заливе обязаны своим существованием глубоководной складчатой зоне — впадине Сигсби с толщиной осадочного слоя 12–16 км. Похожа на нее Венесуэльская впадина, где слой осадков составляет 6–7 км. Эти впадины Мексиканско-Карибского региона появились благодаря расхождению Североамериканской и Южноамериканской плит, что привело к растяжению и прогибанию дна.

Третье условие нефтегазоаккумуляции — присутствие богатого источника органического вещества. Если этот источник преимущественно континентального происхождения и в нем преобладает гумусовая органика (от лат. «humus» — земля, почва), состоящая из перегноя, то образуется в основном газ. Сапропелевое органическое вещество (от греч. «sargos» — гнилой, и «relas» — грязь, ил) представляет собой сгнившие остатки мелких водорослей и морских организмов. Чаще всего оно становится сырьем для нефти.

Четвертый закон требует таких значений температуры и давления, чтобы органическое вещество могло перейти из твердой фазы в жидкую (нефть) или газообразные углеводороды (рис. 6). В случае, если месторождение газа с температурой 150–

200°C смещается в результате тектонических подвижек в район с более низкой температурой, смесь газов в нем конденсируется и образуется так называемый газоконденсат — не менее ценное топливо, чем нефть и газ.

С физической точки зрения газоконденсат, или метангидраты, — это разновидность льда с высоким содержанием метана. Такой продукт, внешне напоминающий спрессованный снег, называют «белым углем». Наши геологи еще в 1965 году обнаружили его в районах вечной мерзлоты. По оценкам ученых, на 25% территории суши и 90% акватории Мирового океана (из них только 10% шельфа) условия благоприятны для образования газоконденсата. В Мировом океане обнаружено около 50 мест, где он может накапливаться. Это котловины вдоль берегов Центральной и Южной Америки, в Мексиканском заливе, в море Бофорта, в Беринговом, Охотском, Черном, Каспийском и других морях. Оценки запасов этих углеводородов колеблются от 10^{15} до 10^{18} м³, что даже по минимуму превышает добычу газа из всех остальных месторождений в мире. Техника добычи морских газогидратных резервов пока не разработана.

Нефть или газ образуются в геологических ловушках, сложенных из тонкозернистого малопроницаемого материала. В соответствии с пятым законом, углеводороды затем должны перейти в более рыхлые пласты-коллекторы, из которых их можно впоследствии извлечь. Нефть и газ накапливаются, если коллекторы защищены сверху пластами-покрышками, исключающими их миграцию в более высокие горизонты. В случае нарушения таких пластов в результате, например, землетрясений нефть самопроизвольно выходит на поверхность, что и было тонко подмечено режиссерами американских вестернов в Техасе. Подобное и сегодня наблюдается у берегов Калифорнии, в нефтяных озерах и реках Тринидада и на пляжах реки Атабаска в канадской провинции Альберта.



РЕСУРСЫ

Самый распространенный геологический признак наличия нефти или газа в недрах морского дна — это «соляные купола», зоны испарившихся в древности мелководных внутренних морей. Такие участки обнаружены в Мексиканском заливе под слоем воды толщиной более 3500 м и под пластом осадков толщиной около 5000 м, а также у северного побережья Марокко и у южных берегов Португалии. Их поиск ведется в Бискайском заливе и в западной части Средиземного моря. Кроме того, нефть и газ с большой вероятностью можно обнаружить в зонах «сброса» — вертикального сдвига слоев осадочных пород и на участках «выклинивания» пористых пластов.

Наконец, шестое условие нефтегазообразования в недрах морского дна — это такой «пустячок», как совмещение во времени и пространстве всех пяти предыдущих обстоятельств. В рассмотренных выше случаях это совмещение, к счастью, произошло. Но вариантов подобных совпадений за многовековую геологическую историю нашей планеты, сами понимаете, было более чем достаточно. Поэтому, надеюсь, никого не удивит вывод морских геологов о том, что на сегодняшний день «закономерности процессов нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции в пределах седиментационных бассейнов Земли все еще остаются невыясненными с должной полнотой» (Л.Э.Левин).

География нефтегазоносности морского шельфа весьма обширна, природные обстоятельства формирования месторождений нефти и газа — разнообразны. Невольно возникает вопрос: «Неужели на всем этом огромном пространстве, при совпадении неимоверного количества самых невероятных условий, в течение многих и многих миллионов лет в глубинах нашей планеты образовывался один и тот же по качеству продукт?» Но это уже другая история.



Попробуйте угадать, какое растение за три-четыре месяца выгоняет из небольшого семечка двухметровый стебель и столь же могучий корень. Оно одевает людей, снабжает их маслом и может стать основой экономики целого государства. «Пальма какая-нибудь», — скажут многие, и будут не правы. Никакая это не пальма, а конопля.

История и ботаника

Трудно сказать, когда и где люди впервые обратили внимание на здоровенные сорняки, растущие около домов. Из них получалось прочное волокно, и конопля стала одним из первых текстильных растений. По свидетельству Геродота, еще в пятом веке до нашей эры в коноплю одевались фракийцы и скифы. Для греческого историка это было в диковинку, потому что в Средиземноморье коноплю тогда, как ни странно, не знали. Вообще-то конопля легко приспосабливается к разным условиям. От Кавказа до Монголии и от Западной Сибири до Гиндукуша и Гималаев она росла с незапамятных времен. Сейчас ее нет разве что в Австралии (куда ее почему-то не завезли) и в Антарктиде. Самые южные и самые северные формы конопля сильно различаются по размерам, срокам вегетации и содержанию различных веществ (об этом мы еще поговорим подробно). Некоторые специалисты даже выделяют особые южные виды — коноплю лекарственную и коноплю индийскую. Но большинство ботаников считают, что все это разновидности одного вида — конопля посевной (*Cannabis sativa* L.).

Конопля — однолетнее растение. Стебель у нее прямой, округлый у основания и ребристый к верхушке; корень тоже прямой и длинный. Растет она очень быстро и под южным солнцем успеваает за сезон вымахать до четырех-пяти метров, не уступая по скорости роста бамбуку. Конопля, как правило, двудомна, то есть мужские и женские цветки у нее расположены на разных растениях (бывают и однодомные сорта, но это редкость). Мужские соцветия-метелочки так сильно отличаются от женских темных колосьев, что в русском языке у каждого пола есть свое название. Женскую коноплю называют «ма-терка», а мужскую — «посконь».

Из посконного волокна делали ткань и шили одежду, а иногда и белье. Изделия получались грубоватые, но прочные, к тому же особого выбора раньше у людей не было. Шерсть стоила дорого, хлопок и лен выращивали

Кандидат биологических наук
Н.Резник

Всюду КОНОПЛЯ



Картину И. Левитана «Свежий ветер. Волга» можно назвать «Всюду конопля»: из конопля сделаны паруса, корабельные снасти, пакля, которой проконопачен домик на барже, и посконная рубашка гребца

только в немногих местах, шелк люди узнали значительно позже, а стоил он еще дороже шерсти. Конопля же неприхотлива и всегда под рукой.

Волокна женских растений грубее поскони, поэтому из них делали веревки, корабельные канаты, брезент и парусину, рыболовные сети и приводные ремни. Конопляное волокно идеально подошло для морского дела, потому что не боится гниения. Из него до сих пор делают палатки, пожарные рукава и другие вещи, которые постоянно находятся во влажных условиях. Однако мало кто слышал о конопляных канатах, и не мудрено: у конопляного волокна есть свое название — пенька. При выработке пеньки образуются отходы — пакля и костра. Пакля — отличный материал для обтирания механизмов. Ею конопят бревенчатые стены домов, перекалдывают хрупкие вещи при транспортировке. Костру используют как подстилку для животных вместо соломенной крошки или древесных опилок, как наполнитель при изготовлении строительных блоков и как источник энергии взамен угля — 10 т сухой биомассы конопля эквивалентны 4 тыс. л нефти.

Семена конопля — не только традиционный корм для певчих птиц. Они содержат 30–35% отличного масла. На вкус оно хуже подсолнечного, но

в российской деревне его до конца XIX века употребляли в пищу. Для кулинарных целей конопляное масло необходимо очищать, а неочищенное его использовали в мыловаренном производстве и для изготовления олиф, лаков и красок (в лакокрасочной промышленности оно применяется и сегодня). В XVIII–XIX веках в крупных городах конопляным маслом заправляли уличные фонари. После отжима масла остается жмых, которым кормили скотину, а в голодное время им спасались и люди.

Петр Первый, озабоченный строительством русского флота, обратил на коноплю особое внимание. Россия, где эту культуру выращивали с VIII века, и раньше была одной из самых «конопленных» стран, но воля Петра сделала Российскую империю мировым лидером в этой области, а пенька и изделия из нее стали важной статьей экспорта. Площади, занятые под коноплю, все росли и к двадцатым годам прошлого века достигли 1 млн. га. Это была вершина успеха. Позднее новые технологии и новые материалы начали вытеснять пеньку и посконь.

Но несмотря ни на что, конопля оставалась перспективной культурой и в СССР. Во-первых, появился новый способ обработки волокна — паровзрывной процесс. В результате по-



Женское(слева) и мужское соцветия
посевной конопли *Cannabis sativa* L.



ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

лучается так называемое коттонизированное волокно, которое заменяет хлопковое и в смеси с ним идет на изготовление курток, плащей и джинсов. Во-вторых, в конопле сравнительно много целлюлозы, поэтому ее можно использовать в качестве заменителя древесины для производства высококачественной бумаги. Из отходов бумажного производства (костры) собирались делать мебельные костроплиты. Увы, этим планам помешала эпидемия наркомании, охватившая в 60-х годах XX века практически все страны и континенты.

Скифская баня

К великому сожалению, конопля сейчас известна в основном как сырье для производства наркотиков. Народы Руси этим не занимались, хотя и были буквально окружены коноплей, потому что в умеренном и холодном климате растение почти полностью теряет наркотические свойства. Но южнее сорок пятой параллели, под благодатным жарким солнцем, конопля синтезирует и накапливает в листьях и семенах каннабиноиды, в том числе тетрагидроканнабинол (ТГК) — смолистое вещество, вызывающее у человека эйфорию. «Взяв это конопляное семя, скифы подлезают под войлочную юрту и затем бросают его на раскаленные камни. От этого поднимается такой сильный дым и пар, что никакая эллинская паровая баня не сравнится с

такой баней. Наслаждаясь ею, скифы громко вопят от удовольствия. Это парение служит им вместо бани, так как водой они вовсе не моются», — писал наивный Геродот. Все-таки древним грекам повезло, что конопля у них не росла.

Из конопли готовят несколько видов наркотиков. Один из самых опасных — ее застывший сок, гашиш. Гашиш завезли в Европу в XVI веке, но тогда его употребление не стало регулярным. Зато в английском и французском языке появилось слово *assassin* — убийца, произошедшее от *hashashin*, то есть «поедатель гашиша». Так называли членов секты исмаилитов, которые совершали ритуальные убийства и ели гашиш для поднятия боевого духа. Вообще же до начала XX века наркотиками из конопли баловались, как говорится, отдельные слои населения в странах Юго-Восточной Азии. Сырье для этой надобности выращивали на маленьких делянках, исключенных из культурного оборота. Но потом делянки уже не могли удовлетворить потребности растущей армии наркоманов, и изготовители гашиша и марихуаны обратились к производственным посевам культурной конопли, причем не только в Азии, но и в европейской части, даже в пределах 50—60° северной широты выцезивая из растений скудные крохи ТГК.

Видя, что дело принимает такой оборот, правительства многих стран просто запретили выращивать коноплю, благо

насуточная необходимость в ней к тому времени отпала. Ее заменили хлопчатником, тропическими грубоволокнистыми культурами, джутом например (это волокно получают в основном из двух видов — джута короткоплодного и джута длинноплодного, однолетних растений семейства липовых; его главные производители — Индия и Бангладеш), и синтетическими материалами. Но в СССР, где посевы конопли занимали каждый год по 700–900 тыс. га, а возможности государства были велики, пошли другим путем. Советские правоохранительные органы совместно с департаментами здравоохранения, сельского хозяйства и науки поставили перед селекционерами задачу по созданию сортов посевной конопли, не обладающих наркотическими свойствами. Это была единственная возможность сохранить ценнейшую культуру и одновременно одна из мер борьбы с распространением наркомании.

Главная роль в создании безнаркотической конопли выпала селекционерам Института лубяных культур в городе Глухове (Украина). Работами руководил профессор Г.И.Сенченко. Селекционерам предстояло уложиться в очень сжатые сроки, а уровень ТГК в новых сортах не должен был превышать 0,1%. Перед учеными встала проблема выбора — с чего начинать селекцию? Имеющиеся сорта конопли различались по содержанию каннабиноидов, но сортов с полным их отсутствием не было. Более того, чем мень-



ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

ше было в образце ТГК, тем меньшую хозяйственную ценность он представлял, а потерять в продуктивности селекционеры не имели права. Чтобы получить для отбора новый материал, гетерозиготный по признаку содержания каннабиноидов, пришлось скрещивать разные сорта и модификации конопли, перспективные по продуктивности. Потом отбирали растения с наименьшим содержанием ТГК. Но добиться генетической однородности по этому признаку было крайне сложно, ведь конопля — перекрестно-опыляемое растение. Поэтому селекционеры использовали контролируемое переопыление, при котором из популяции в питомнике до цветения исключали все растения с повышенным содержанием каннабиноидов. Так, год за годом, отбирали коноплю с наименьшим содержанием ТГК и позволяли этим растениям свободно скрещиваться. Эта работа, не имеющая аналогов в мировой селекции, дала результаты. Примерно за двадцать лет напряженной работы они создали безнаркотические и высокоурожайные сорта, районированные для Полтавской и Черкасской, Сумской, Орловской и Пензенской областей, Кабардино-Балкарии и Северной Осетии. Новые сорта и профилактические меры сбили спрос на коноплю как сырье для наркотиков в Краснодарском крае, наиболее опасном в этом отношении. Уникальные сорта глуховской селекции получили всемирное признание, благодаря им Канада в 1998 году отменила запрет на разведение конопли, а в нашей стране тем временем все развалилось: и сама страна, и конопляная промышленность. Это тем более обидно, что мировая экономика переживает сейчас настоящий конопляный бум.

Двадцать пять тысяч изделий из конопли

Конопля — снова популярнейшее сырье для медицинской, пищевой, косметической, текстильной, легкой, бумажной, строительной, авиационной,

топливной и других отраслей промышленности. Конопляное волокно применяют при изготовлении кузовов, панелей для отделки автомобилей и термоизоляционных матов. Конопляное масло используют для производства лекарств и косметики. Все больше внимания обращают на коноплю как источник целлюлозы для бумажной промышленности. Всего же, по данным зарубежной литературы, из технической и наркотической конопли можно изготовить до 25 тысяч видов продукции. А можно вообще ничего из нее не делать, просто посадить на загрязненной земле, и конопля высосет оттуда тяжелые металлы, причем ни цинк, ни свинец росту конопли не помешают. В Германии, где земли, выведенные из сельскохозяйственного производства, занимают до 15% от общего земельного фонда, фермеры получают дотацию от государства на возделывание там конопли, разумеется, безнаркотической. Это отличный способ рекультивировать помойку.

В настоящее время в мире существует более 200 фирм, компаний, научных учреждений и ассоциаций, которые исследуют, возделывают и перерабатывают коноплю. Эта культура становится стратегической и постепенно входит в круг интересов и забот не только частного бизнеса, но и правительств. Исключение составляет наша страна, где возделывание и переработка конопли умирает на глазах. Несколько десятилетий назад посевы технической конопли в СССР занимали 700–900 тыс. га, в 1991 году уже 58 тыс. га, но еще работали 40 заводов по производству волокна. В 1995–2000 годах ежегодные посевы конопли составили всего 10–13 тыс. га, а тринадцать перерабатывающих заводов который год находятся на грани закрытия из-за отсутствия сырья. Украина занимает под коноплю около 3 тыс. га. В лидеры теперь вышли Китай, Франция и другие страны Европы, Азии и Латинской Америки. А ведь Россия и Украина всегда были главными производителями и переработчиками конопляного сырья. Помимо давних традиций и безнаркотических глуховских сортов, наша страна располагает замечательными сортами конопли, созданными в сельскохозяйственных институтах Краснодара, Чувашии и Пензы. Они предназначены для производства технического волокна, текстиля, бумаги и масла. Но Россия уступает западным странам по научным разработкам в области использования и технологии промышленной

переработки конопли. Чтобы подняться до мирового уровня, нужно наладить семеноводство, полностью механизировать уборку конопли, расширить ассортимент получаемых из нее продуктов (тут, видимо, придется использовать западный опыт).

По мнению отечественных специалистов по конопле, основные усилия в области селекции следует сосредоточить на методике получения безнаркотических сортов с новыми ценными свойствами. К сожалению, засадить все уголья коноплей без наркотиков пока нельзя. ТГК и его изомеры — основа для производства лекарств против лейкемии, эпилепсии, астмы, глаукомы и множества других болезней, в том числе и СПИДа. Получить достаточное количество фармакологического сырья сейчас можно только из наркотической конопли, содержащей 5–15% ТГК. Ученые видят два варианта решения проблемы. Вариант первый: закладка небольших, тщательно охраняемых плантаций лекарственной конопли. Чтобы обеспечить потребности медицинской и фармакологической промышленности, большие площади не нужны. А чтобы нехорошие люди не выращивали сырье для наркотиков, маскируя его под техническую коноплю, посадки нужно контролировать, и сделать это легко. Советские селекционеры, занимаясь получением безнаркотических сортов, разработали экспресс-метод качественной оценки содержания каннабиноидов в растении (есть или нет). Авторы этого метода — М.М.Сажко, В.Г.Вировец и Л.М. Горшкова, авторское свидетельство СССР № 1188926 от 01.07.1985. Анализ занимает всего 11 секунд, и неуютное растение можно удалить, не сходя с места. Вариант второй: создание биотехнологического производства каннабиноидов. В этом случае необходимые вещества будут вырабатывать культуры растительных клеток, и необходимость в посевах наркотической конопли вообще отпадет.

И тогда, возможно, наступит идиллия. Мы будем делать бумагу из конопли, а деревья сохраним. Мы будем топить коноплей и спасем мир от энергетического кризиса и промышленных выхлопов. Мы облачимся в одежды из дешевых натуральных конопляных волокон, очистим землю от тяжелых металлов и насладимся, наконец, благоприятной экологической обстановкой. И всюду будет конопля.



Дырка в листе

Как портал глобального потепления



С. Алексеев

ПОТЕПЛЕНИЯ

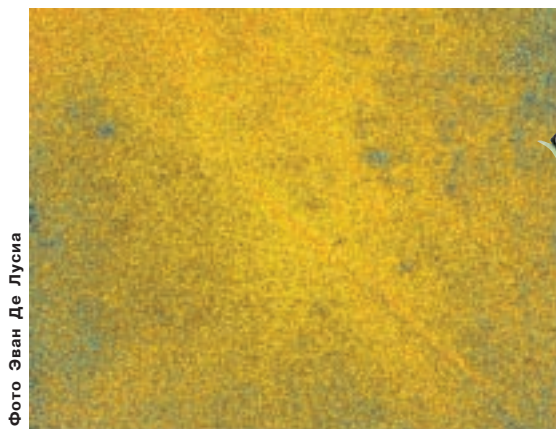
ФОТОИНФОРМАЦИЯ

Что случается с листиком, который ест гусеница? Ответ, казалось бы, прост: в нем возникают дырки. Оказывается, это далеко не все последствия общения растения с листогрызущими тварями. В этом убедились ученые из Иллинойского университета (США). История же вышла такая.

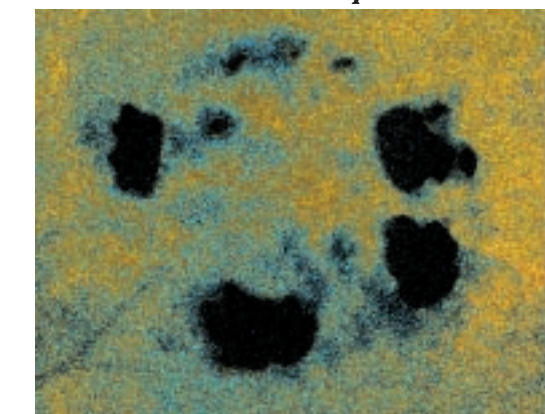
Профессор биологии растений Эван Де Лусиа прогуливался однажды по летнему лесу и задумался о вреде от дырок в листьях. В общем-то известно, что насекомые съедают от 2 до 24% американского урожая. Но нельзя ли измерить этот вред поточнее?

Безо всякой мысли о том, что надо бы изучить не только долю съеденных листьев, но и померить интенсивность фотосинтеза, ученый начал советоваться с коллегами: Тимоти Миллером и Энтони Крофтсом с университетской кафедры биохимии. Участие в разговоре принял также физиолог растений Кевин Окс из британского Университета Эссекса, который к тому же оказался хорошим программистом. В результате появился даже не прибор, а прототип прибора. Он состоит из высокоскоростной камеры, присоединенной к специальному компьютеру с параллельной обработкой данных. Камера расположена на имеющей форму дуршлага панели из тысячи высокоинтенсивных светодиодов. Мгновенная вспышка света облучает поверхность листа, а компьютер постоянно собирает данные, формируя изображение с высоким разрешением. По нему-то и можно измерить площадь дырок, образовавшихся в листе после общения с насекомыми. А участвовали в эксперименте голодные гусеницы капустной совки, которые ели листья дикого пастернака.

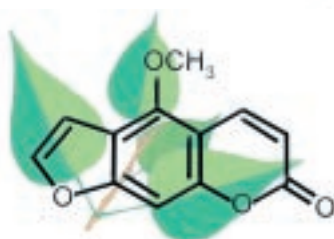
И вот, когда ученые посмотрели на изображения, то оказалось, что листья люминесцируют, причем по-разному, в зависимости от места расположения прогрызенной гусеницей дырки. С учетом этой разницы свечения получилось: площадь повреждения на самом деле в три — шесть раз



Неповрежденный лист



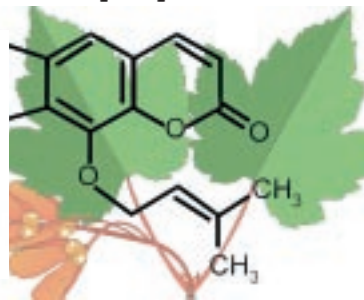
Поврежденный лист



Бергаптен

больше, чем площадь дырок, оставленных жвалами насекомого. В этом можно убедиться, сравнив фотографии двух листьев. Синее гало вокруг дырок означает, что в этих клетках интенсивность фотосинтеза значительно снижена. Зато в тех же местах на 80% возросла выработка фуранокумаринов — веществ, которые служат растению для защиты. Видимо, клет-

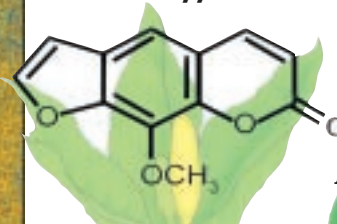
Императорин



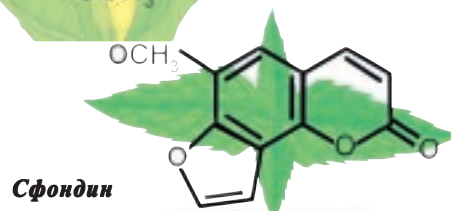
ки отключили механизм фотосинтеза и освободили ресурсы для обороны.

Получается, насекомые не просто поедают листья, они несут гораздо больший вред — в результате снижения фотосинтеза растение недополучает питательные вещества. Да и углекислого газа меньше утилизирует, способствуя глобальному потеплению.

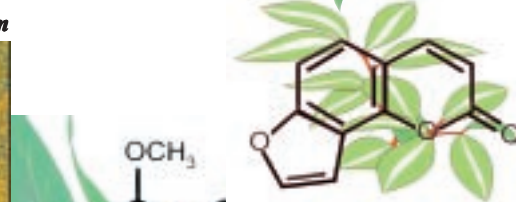
Фуранокумарины дикого пастернака



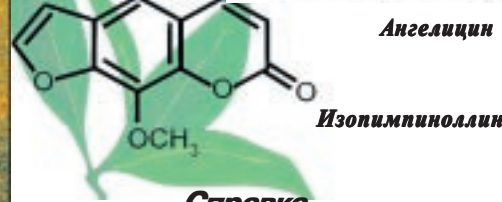
Ксантоксин



Сфондин



Ангелицин



Изоимпиноллин

Справка

Фуранокумарины — вещества, которые чаще всего встречаются в растениях семейств рутовых и сельдереевые (зонтичные). Они могут воздействовать на множество живых организмов, от бактерий до млекопитающих. Некоторые фуранокумарины фотоактивны, то есть их ядовитость усиливается при облучении ультрафиолетом. Чаще всего их действие связано с разрушением ДНК, но так же эти вещества способны взаимодействовать с белками и жирами. Наиболее ярко действие фотоактивных фуранокумаринов видно на примере борщевика: человек, который коснулся его листа или стебля в ясный день получает сильный ожог, который не заживает неделями. В пасмурную погоду такое общение с растением может обойтись без последствий.

Мой маленький УРАГАН

Вы, наверное, догадываетесь, что произойдет с вашей уютной квартирой, если по ней пронесется ураган. То же самое будет, если выпустить из клетки белку. Маленькая рыжая молния не минует ваших старательно взлелеянных комнатных цветов и если не перебьет горшки, то сильно проредит листья, абсолютно не считаясь ни с вашими привязанностями, ни с ценностью растений. С подоконника она перепрыгнет на полочки буфета и там тоже нарушит привычный вам порядок вещей. Затем метнется на шторы, срывая их с крючков и оставляя зацепки на ткани. А потом удостоит своим вниманием и вас самих, и горе вам, если вы будете в тонкой одежде. У белки очень острые когти — они помогают ей бегать по ветвям и, кроме того, без труда прокалывают ткань, оставляя на ней следы, а на коже царапины. И только оказавшись у вас на плече, белка ненадолго остановится, чтобы умыть мордочку.

Этот маленький шустрый зверек не может в полной мере считаться домашним: как бы вы ни старались, он никогда не будет так же доверчив, как декоративная крыса или морская свинка. Белка с одинаковой легкостью вспрыгнет к вам на руку, чтобы взять орех, и укусит за палец, если ей что-нибудь не понравится. Она будет с удовольствием бегать по вам, как по дереву, умываться на ваших плечах и цокать на ухо, но вряд ли позволит себя погладить, даже если вы вырастили ее из совсем крошечного голого детеныша. Она с радостью придет пить чай из вашей чашки, но сбросит вам на голову ореховую скорлупу, если вы не позволите ей утащить со стола пряник или печенье.

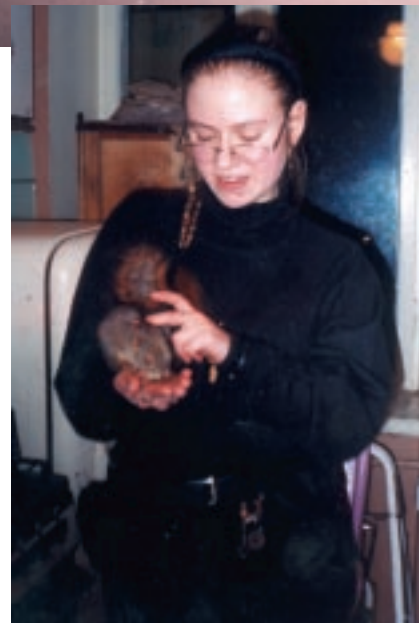
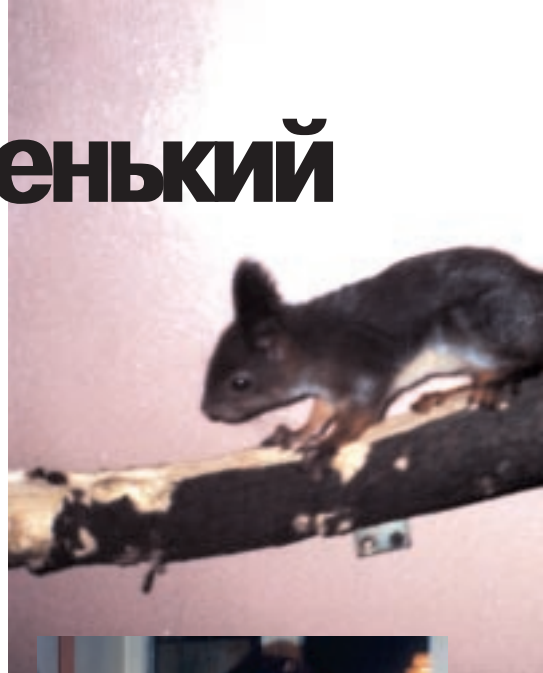
Зачем же тогда ее выпускать из клетки? А затем, что, если этого не делать, белка заболевает. Шерсть у нее становится тусклой и клочковатой, а сама она — вялой и малоподвижной; такой зверек скоро погибнет, если не принять срочные меры. Некоторые в качестве подобных мер предлагают поставить в клетку беговое колесо, как это рекомендуют в

книгах о других грызунах. Но белки, особенно отловленные в природе, в отличие от прочих домашних грызунов, часто воспринимают колесо как оскорбление и не желают бегать в нем, отвечая на ваши добрые намерения недовольным щелканьем. Поэтому вам все-таки придется выпустить этот рыжий ураган в комнату — или же сделать достаточно просторную (около одного м³) клетку и поместить туда кусок древесного ствола со множеством веток.

Если ствол будет свежеспиленным, то вам удастся некоторое время наблюдать, как белка ведет себя среди листвы или хвои. Заодно это поможет вашей питомице освоиться в неволе, если она недавно поймана, и избежать невроза. А потом белка употребит опавшую листву для обустройства гнезда. Проще всего подобрать подходящий участок фрагмент ствола, когда идет обрезка деревьев для формирования кроны или распиливают дерево, упавшее во время грозы. Лучше взять ствол с большим дуплом или приладить между веток скворечник либо плетеную корзинку — белке необходимо надежное укрытие, причем не только для нее самой, но и для ее запасов.

К охране кладовых белка относится очень серьезно, поэтому во время уборки клетки вы можете быть атакованы возмущенным зверьком, решившим, что вы покушаетесь на ее запасы. Один из признаков доверия к вам белки то, что во время прогулок по квартире она делает кладовые у вас за пазухой, очень старательно перекапывая одежду и нещадно вас царапая. Не стоит пытаться прогнать зверька — белка все равно не поймет вас и скорее укусит, защищая свой клад, чем убежит. Из-за этой запасливости вам придется внимательно следить за гуляющей по квартире белкой, чтобы вовремя убирать спрятанные в разных укромных местах квартиры кусочки пищи, пока они не испортились или не привлекли тараканов.

Если вам несподручно выгуливать белку в квартире, то летом можно организовать выгул на балконе. Для



этого сделайте еще одну клетку, повесьте ее на улице (удобнее всего — на балконе) как можно ближе к окну и соедините ее с основной клеткой туннелем из гибкой гофрированной трубы. Туннель надо хорошо закрепить, чтобы ловкий зверек не смог выскользнуть между краем трубы и выходом из клетки и удрать на улицу — он убежит и больше не вернется, а если родился и вырос в неволе, то просто погибнет.

Для зверьков, пойманных взрослыми (более «закаленных»), этот выгул можно использовать круглый год. Очень важно устроить над выгулом тенистый навес, а в основной клетке хорошую вентиляцию, чтобы избежать солнечного удара. Если же теплового или солнечного удара избежать не удалось и вы обнаружили вашу питомицу лежащей на боку и тяжело дышащей, то ее надо положить в прохладное, хорошо проветриваемое место, периодически опрыскивать



РАДОСТИ ЖИЗНИ

водой из пульверизатора и понемногу заливать ей в рот воду из пипетки.

Тараканы и мухи — это еще один повод для беспокойства. Белки с удовольствием их едят, и наблюдать, как белка охотится на муху, весьма занятно, но вам придется сделать все, чтобы мухи не попадали на ее стол. Мухи и тараканы бывают обработаны различными химикатами, а это может стать причиной болезни и даже гибели зверька. А если несчастье все-таки произошло — белка резко осунулась, стала вялой, у нее потускнела шерсть, — то надо растолочь четверть таблетки активированного угля, смешать с чайной ложкой молока и влить эту смесь белке в рот с помощью пипетки, а при необходимости процедуру повторить через шесть часов. Кроме того, надо дать зверьку английскую соль в дозе 0,1 мг.

Однако исключать насекомых из белчьего рациона полностью нельзя — это важный источник белков. Просто лучше покупать их в зоомагазине: зверька порадуют сверчки, саранча или мучные черви. Едят белки почти все, что могут найти на вашем столе, причем в рационе обязательно должны быть твердые корма (зерно, сухари, орехи), молодые веточки деревьев, шишки, овощи, фрукты, а также белковая пища (кроме насекомых, можно давать молоко, кисломолочные продукты, мясной фарш).

Но еда — еще не самое сложное в содержании белки. Готовясь к зиме, ваша питомица может налысо общипать меховую шапку или разобрать на нитки шерстяной шарф. Не дожидайтесь этого, лучше дайте белке побольше сена и какую-нибудь небольшую ненужную шерстяную вещь — останетесь довольны и вы и она. Хотя

белка и не впадает в зимнюю спячку, она все равно чувствует приближение зимы, утепляет гнездо и меняет летнюю рыжую шубку на зимнюю серую, даже если выращена в неволе. Но сено таит в себе еще одну сложность: с неправильно высушенным сеном можно принести зверьку блох или других кожных паразитов. Если же они все-таки появились, то, для того чтобы избавиться от них, обработайте белкину шерстку и клетку раствором бутокса или ностомазана.

Поводом для благоустройства гнезда может стать и вступление белки в брачную пору. Живет белка 8–10 лет, а взрослеют белки относительно поздно для грызунов: в одиннадцать месяцев. В этот период становятся хорошо заметны яички, и таким образом вы можете определить пол своего зверька. Примерно в это же время можно завести своему любимцу пару — если, конечно, вы смиритесь с тем, что у вас дома раз в году будут прибавляться еще трое — пятеро белок. Маленькие бельчата питаются маминым молоком 30–40 дней, причем в это время обе белки будут заняты только своими проблемами и ваше появление воспримут без восторга. Да и до этого периода еще около тридцати дней (весь срок беременности) самочку будет мало интересовать общение с вами.

Домашняя белка совершенно не признает опасными кошек и собак. Вам самим придется следить, чтобы они общались только через решетку. Только тогда удастся избежать конфликтов и травм, которыми чреваты эти встречи (большинство простых травм у белки заживает без вашего вмешательства, но сложные переломы, обширные раны, ожоги могут привести

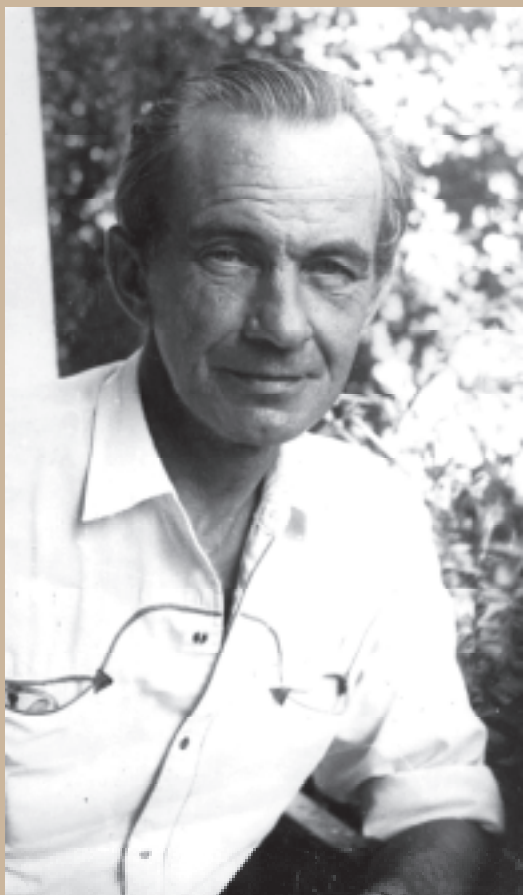
к гибели зверька). Кошка может часами следить за прыгающей по веткам белкой, и при этом белке ничего не стоит бросить в кошку скорлупой от ореха или попросту нагадить ей на голову. А кошка, желающая поспать на белчьей клетке, очень рискует своей шубой (в ней могут появиться заметные проплешины) и когтями, которые белка иногда откусывает. Уж не из ревности ли?

Также довольно сложно держать белок, если в доме есть маленькие дети. Вначале детям очень интересно наблюдать за белкой и подкармливать ее своим печеньем, но только до тех пор, пока белка не попытается прыгнуть на ребенка и побегать по нему, как по взрослому человеку. Малыш с пушистым рыжим хвостом смотрится весьма умильно, но эта идиллия не может длиться долго. Коготки царапают ребенка, он пытается согнать ее с себя, белка пугается, сильнее царапается, и общение заканчивается обоюдным испугом и детскими слезами. Дети быстро забывают о происшедшем и на следующий день снова будут пытаться общаться со зверьком, но это опять закончится слезами.

Если же вас не пугают все эти сложности и вы решили завести белку у себя дома, то позволю себе еще несколько советов: постарайтесь не покупать белку на рынке, там вы можете купить недавно пойманного неприрученного зверька, о здоровье которого ничего не известно, и тогда ее невроз или кожные паразиты станут вашей проблемой. А если животное было заражено какой-нибудь инфекцией, то через короткий срок зверек погибнет. Поэтому лучше купить белку в зоомагазине или у людей, занимающихся их разведением в неволе.

Но учтите — ни при каких условиях не хватайте белку за хвост: шкура с шерстью слезет, а то, что останется, через некоторое время усохнет и отвалится само. Если вам не жалко белку — подумайте о себе: готовы ли вы к такому зрелищу?





Случайность — вещь вполне закономерная; случаен только конкретный повод, а не суть дела. Многих своих коллег я расспрашивал о том, что направило их в химию, и ответы были довольно однообразными. Школьного учебника не назвал никто, уроков никто не запомнил. И я в этом смысле не исключение.

Химия мне сначала не понравилась — ни при просмотре учебника, ни на первых уроках — сухо, тоскливо. Учительница Мария Николаевна Голосова с явной неохотой поставила мне первую оценку: 3 балла. Думаю, она была хорошим преподавателем, однако наши пути вскоре разошлись, и из учебного процесса я как-то выпал — спрашивать меня стало неинтересно.

А произошло вот что. Как-то случайно набрел я на книжку Андреева «Химическая викторина». «Нудь», — думаю, но раскрыл на удачной странице и узнал, что из двух безобидных лекарств, имеющихся в каждой домашней аптечке, можно сделать сильнейшее взрывчатое вещество. Сразу же полез в ответ, а от ответа приступил к делу. Опыт с иодистым азотом удался сразу, остатки «Викторины» проглотил за час и тут же отправился в Некрасовскую библиотеку — нет ли чего еще по химии. А через неделю я уже знал не только школьный курс, но и многое другое.

Потом купил в букинистическом на Арбате учебник неорганики Некрасова и практикум по органике Крапивина. Эта книга (с рисунками и на хорошей бумаге) меня просто очаровала. Все, кроме коньков, полетело к черту — химия с утра пораньше и до вечера (и по ночам тоже).

Старую Москву я знал хорошо и быстро отыскивал магазины, в которых продавали химические реактивы и химическую посуду. Кстати, все это стоило очень дешево и от-



Призвание и характер

**Из воспоминаний доктора
химических наук
О.Ю.Охлобыстина**



пускалось совершенно свободно; множество нужных веществ можно было приобрести также в аптеках и москательных лавках. Сейчас же что-либо купить негде и нечего, а наборы «Юный химик» продаются редко и по абсурдной цене. Как бы я сейчас смог заинтересоваться химией?

Вскоре обнаружилось, что к химии прикипел и мой одноклассник по прозвищу Кот. Вдвоем мы совершили два-три набега на школьный химический кабинет. Там выкрали кое-что, но на калии попались. Кот, стоя на стуле, выронил банку с керосином, под которым хранился калий. Я еле успел ее притормозить ногой, чтобы

она не разбилась, и керосин не очень-то разлился. Положили куски калия опять в банку, взяли самую малость, и оставили все как вроде бы было.

Но на следующий день в класс ворвался наш директор, которого мы для краткости звали Трофимом, и, блеснув своими талантами сыщика, быстро нас с Котом вычислил. Оказывается, мы не учли мелочи: на кое-как вытертом полу остались мелкие крошки калия, а до начала уроков уборщица (их тогда называли нянечками) начала влажную уборку. Лило-вые бегающие огни, треск; в кабинет Трофима она ворвалась бледная и заикающаяся. С той поры нас с Котом прозвали «химиками».

Вскоре мы объявили химическую войну математичке, которую все не очень любили и за глаза называли бабкой Пелагеей. Однажды она назначила какую-то очень неугодную классу контрольную по алгебре. Дома, в коммунальной ванне, как обычно ночью, я сделал хлорацетон, Кот принес в школу пульверизатор, и перед контрольной класс превратился в газовую камеру. Бедная бабка захоронилась было, но куда там! Она не знала, что слезоточивые вещества поражают вообще все слизистые оболочки, и, когда плачущий класс начал еще и чихать (сама бабка чихала громче всех), урок был окончательно сорван. Призванный ею Трофим прямо от двери мрачно произнес: «Химики, выходите!»

Мария Николаевна устроила меня «по знакомству» на Центральную станцию юных техников (ЦСЮТ) при Политехническом музее, но из этого ничего путного не вышло. Первое, что я там увидел — это громадный красочный плакат, посвященный научному подвигу одного из юных кружковцев, синтезировавшему уксусный ангидрид. Я такие вещи спокойно, из чистого любопытства, делал дома, в той же коммунальной ванной. Другие юные дарования собирали модель цеха по производству соляной кислоты, но сами никак не могли сделать изогнутые стеклянные трубки. Я же легко гнул стекло на «ласточкинском хвосте» и освоил описанные Крапивиним паяльные горелки. А так как в кружке было много скучной болтовни и отчужденности, я эту ЦСЮТ бросил. Кстати, тогда же ко мне был приставлен «стукач»-одноклассник (фамилию называть не стану — у него просто не было иного выхода): «органы» интересовались, что это я делаю дома (ди-намит? яды?).

Говорят, что призвание зависит от характера; по-моему, обратная связь гораздо сильнее. Я понял, что в чем-то существенном могу и должен быть первым. С комплексами было покончено, я почувствовал уверенность

в себе и врубался в химию все глубже и глубже. Помогла мне еще одна возможность, ныне тоже упущенная. Я покупал книги по химии в букинистических магазинах и буквально проглатывал их; понравившиеся оставлял себе (как можно было не оставить, например, руководство по пиротехнике или курс судебной химии?), а случайные и скучные снова сдавал на комиссию и тем самым экономил деньги. Самыми моими любимыми книгами были практикумы по органике, особенно старые и заслуженные. Это слабая и глупая ложь, когда говорят, будто практикум по органике нельзя организовывать даже в задрипанном университете. Просто желания нет!

В девятом классе я уверенно пошел на химическую олимпиаду на химфак МГУ. Было все обставлено очень торжественно и серьезно; в Москве развесили огромные афиши; собиралось человек по 300 от каждого класса разных школ, начиная с восьмого. Открывал олимпиаду профессор Александр Петрович Терентьев. Помню, на втором, экспериментальном, туре я успешно синтезировал этилфуроат и томился завистью: лаборатория даже в старом МГУ — это не ночная ванная в коммуналке. Через несколько дней пошел убедиться, что я лучше всех. И вдруг — в списках победителей меня вообще нет... Зато уж очень преуспел какой-то Хлобыстьянц. А этим армянином оказался я!

В десятом классе я уже сживал, по персональному приглашению профессора Терентьева, на кафедральных коллоквиумах, знакомился с «настоящими» химиками, которые казались мне богами, и уже имел представление о тематике основных органических лабораторий. Будущее казалось ясным и определенным, и в 1949 году я успешно сдал экзамены на химфак МГУ.

Но группа профессора Терентьева мне не понравилась, и на втором курсе я прочно прибил к стану профессора Юрия Константиновича Юрьева, который относился ко мне необыкновенно хорошо. В те годы он работал над практикумом по органике и многие работы, которые хотел в него включить, «обкатывал» на мне. Обычно все получалось хорошо; особенно же поразовался Ю.К., когда после многих неудачных попыток его других учеников я с прекрасным выходом получил бета-фенилэтиловый спирт из бензола и окиси этилена («секрет» заключался в том, что для этой реакции не годился тщательно обезвоженный, свежезвогнанный хлористый алюминий, как было указано в прописи; я же добавлял к нему

две-три капли воды или просто брал неочищенный препарат). От общего практикума я был освобожден вовсе, а зачеты, все чохом, самым наглым образом сдавал где-то в конце семестра.

Юрий Константинович Юрьев — одно из самых сильных воспоминаний того времени. Внешне безукоризненно опрятный и корректный, в неизменном синем костюме в редкую белую полоску с лауреатской медалью на лацкане; халатов он не носил никогда («если химик льет на себя реактивы — ему нечего делать в лаборатории»). Уважение к себе он внушал одним уж тем обстоятельством, что одинаково деликатно общался и с доцентами, и с первокурсниками. От старой профессорской школы Ю.К. унаследовал жестокое обыкновение выливать и высыпать в раковину неподписанные препараты, что, впрочем, случалось редко: все колбочки и баночки у нас были снабжены четкими надписями, сделанными смесью туши и лака.

Посуды было очень мало, и это оказалось очень полезным для нас, причащая проводить сложные синтезы, не имея, по нынешним понятиям, никакого приличного оборудования. Единственная и потому вынужденно любимая трехгорлая колба, столь же любимый приборчик для перегонки, два-три стакана, капельная (она же делительная) воронка и воронка с «гвоздиком» для фильтрования — вот и весь наш «джентльментский» набор, не считая того, что можно было сделать самому на постоянно работающей паяльной горелке. А каждая вечеринка начиналась с охоты за пробками. Пробка от шампанского считалась царской добычей: из нее получались две роскошные пробки для самых ответственных операций. А собранные приборы в местах соединений мы обмазывали коллодием.

Общей чертой ученых той эпохи была несомненная преданность науке в сочетании с чудовищной, по нынешним меркам, работоспособностью. Особняком стоял юный и вертлявый О.А. Реутов (впоследствии академик) — ему всегда хотелось как-то по-особенному взглянуть, он больше походил на неискренного актера, чем на увлеченного наукой исследователя. У студентов он уважением не пользовался. Зато уже тогда хорошо знал сложнейшее явление природы — академика Несмеянова.

Александр Николаевич Несмеянов был, безусловно, самым талантливым лектором из всех мною виденных и

слышанных. Лишь много лет спустя, когда это уже не имело никакого значения, я понял, что в значительной мере его лекции были все же хорошо продуманным спектаклем. Это, может быть, главное, чему я у него научился: лекция — театр одного актера, где исполнитель держит слушателей в постоянном, но не тягостном возбуждении.

В то время, в начале 50-х, Несмеянов был не только первым академиком, читавшим у нас лекции, но и президентом АН СССР. Его лекции были для нас высоким блаженством. Никаких бумажек, никакой напыщенности; по временам он умолкал, как будто обдумывая, что сказать дальше; мы видели, как у нас на глазах — и специально для нас — думает великий человек. Это было без промаха. К лекциям он относился чрезвычайно ответственно и при всей его тогдашней занятости (он занимал несколько десятков официальных постов!) пропускал лекции чрезвычайно редко. В этих случаях Несмеянова заменял О.А. Реутов — контраст был удручающим...

Особо следует сказать о демонстрационных экспериментах на лекциях Несмеянова. Все опыты с блеском выполнял гладко причесанный Николай Константинович Кочетков, впоследствии сам ставший академиком. Он все время незаметно стоял у края лекционного стола, но внезапно возникал в нужный момент, показывал опыт, а потом вновь становился невидимым.

После лекции Несмеянов принимал в первую очередь только студентов. Ему можно было задать любой вопрос — студент имел непререкаемое право обратиться к нему напрямую и вне очереди. В свое время, в меру наволновавшись, я обратился к нему с вопросом, который мне до сих пор представляется наполовину шуточным: центральное кольцо в коронене ароматическое или это дырка? А.Н. задумался: «По-моему, кольцо. Хотя погодите, погодите...» И долго веселился, когда не смог расставить в этом кольце кекулевские двойные связи. «А знаете — это все-таки действительно дырка!» Несколько лет спустя, уже в новом МГУ, я случайно зашел на его лекцию — там эта «дырка» была обыграна графически.

Лекции по математическому анализу тогда блестяще читал профессор Лев Абрамович Тумаркин. Учебников было не нужно (на собственном горьком опыте я убедился, что они даже вредны): достаточно было успеть на лекции понять, о чем идет речь, и очень близко к тексту записать услышанное. При внимательной

работе времени хватало и на то, и на другое.

По причинам, от меня не зависящим (мой отец был репрессирован в 1937 году), меня допустили к занятиям только в середине октября; поэтому первые лекции Тумаркина, которые я услышал, были мне совершенно непонятны — еще бы, десятка полтора из них было пропущено!

Опять-таки, со свойственной мне тогда наглостью, я решил, что обойдусь и без лекций — изучу-де все сам по знаменитому учебнику Фихтенгольца. Двойку Тумаркин мне поставил так деликатно и с такой грустью, что я даже не сразу осознал серьезность положения. Пересдал, конечно, прочитав вместо пудового Фихтенгольца, тонкую тетрадку чужих конспектов, и во втором семестре был уже умнее.

В студенческом коллективе я выглядел плохо. Большинство студентов тогда были «чьими-то» детьми — академиком, авиаконструктором и т.п. Были и отдельные представители с незапятнанным пролетарским происхождением, однако не они определяли общий климат на курсе. Время было политически сложным: только что разгромили вейсманистов-морганистов, готовилась охота на ведьм в химии; тяжелую борьбу с зарвавшимися марксистами вели физики. Однако аресты 1948–1949 гг. не давали забыть, что карательная машина 1937 года находится в исправном состоянии и в любой момент вновь может быть пущена полным ходом. Дружеские, доверительные отношения между людьми, характерные для первых послевоенных лет, быстро сменились настороженностью и недоверием.

Исключение из комсомола (а таких случаев было немало) автоматически вело к отчислению из университета. Комсомольские лидеры считали себя вправе казнить и миловать, чему в немалой степени способствовало крайне распространенное тогда стремление создавать по каждому пустячному поводу «персональные дела» и со вкусом в них копаться. (Стоит напомнить, что тогда комсомол в МГУ возглавляли некие Миша Горбачев и его заместитель Толя Лукьянов.)

Критика и самокритика — движущие силы нашего общества, как сообщил тогда трудящимся А.А.Жданов, — принимали порой анекдотические формы. Так, одного моего однокурсника «судили» и вовсе за какой-то бред: после вечеринки (были они тогда почти «сухими») он предложил переночевать в одной из своих двух комнат одно-

курснице, которой нужно было ехать далеко за город. Девочка поняла его превратно и предстала перед ним нагишом. Кавалер объяснил, что он пригласил ее к себе не для этого. Но кажется, так и не понял, за что его потом «прорабатывали»: то ли за то, что он воздержался, то ли за то, что пытался соблазнить однокурсницу. О ней же не было и речи...

В этот пейзаж я вписывался плохо. Среди объективных внешних причин надо было учесть, конечно, мое опоздание к началу учебного года, а также тот факт, что на курсе я оказался, помнится, единственным представителем «несоюзной» молодежи (только уже после МГУ вступил в комсомол, но членом КПСС так и не стал).

А субъективных причин было куда больше. Постепенно на нашем курсе начали складываться кое-какие обособленные кружки — кучковались спортсмены, меломаны и, верно, кто-нибудь еще (например, будущие отличники по всем наукам). Ни в одно из этих объединений (включая студентов, работавших на кафедрах) я так и не вошел. Пытался, но успеха не имел — по природе своей я был во всех отношениях нонконформистом.

Так, однажды вместе с родным коллективом первокурсников меня отправили в Подмоскovie для посвящения в туристы — с ночевкой, кострами, соревнованиями, песнями. С той поры и до сих пор меня мутит от организованного туризма и особенно от песен под гитару и состязаний по скоростной варке несъедобной пищи.

Кружок органики студенческого научного общества я посетил только один раз — и больше ни ногой: мальчики выкобенивались друг перед другом по поводу доклада руководителя кружка, пересказавшего содержание недавно вышедшего тома «Органических реакций». Я такие вещи уже тогда привык проглатывать немедленно и самостоятельно, аудитория была мне не нужна. В связи с этим в факультетской стенной газете «Советский химик» я напечатал заметку, что-де в научном кружке нужно обсуждать глобальные, философские проблемы химии или уж на

худой конец собственные работы, а не пересказывать чужие достижения.

«Философские» проблемы тогда были предметом до крайности опасными: как раз готовилось позорнейшее самобичевание наших химиков под названием «Всесоюзное совещание», посвященное острой критике империалистической теории резонанса и гнусной, антисоветской теории мезомерии, считавшимися похуже генетики и кибернетики. Поэтому выступление в стенной газете не пошло на пользу моей общественной репутации.

На втором курсе я попытался вступить в комсомол, чтобы не быть совсем уж белой вороной. Не вышло: кто-то где-то «указал», и рекомендовавшие меня комсомолки на собрании так меня аттестовали, что вполне можно было пойти по отцовским стопам. А девочкам поставили на вид за легкомысленную рекомендацию; они каялись и обещали, что больше не будут.

Где-то на курсе третьем я написал в ту же стенную газету заметку «Химические свойства электрона». Видно, кожей предчувствовал существование ион-радикалов, о которых не знал тогда ничего, но исследованию которых потом посвятил множество работ. В следующем же номере этой газеты появился «отклик» — статья тогдашнего аспиранта Ю.Г.Бунделя. Из нее следовало, что в науке существуют два пути: один марксистский, другой буржуазный. «Первый путь Охлобыстину, очевидно, не по вкусу», — заявил на вече факультет Юрий Глебович. Захлебываясь от обиды и злобы, я тут же написал заметку «Анти-Бундель», которую, разумеется, не приняли. А спустя 30 лет я не забыл этой истории и именно так же — «Химические свойства электрона» — назвал свою статью в «Химии и жизни».

Органическая химия тех лет, по крайней мере в МГУ, была чисто синтетической; в дальнейшем профессор Рахиль Хацкелевна Фрейдлина назвала одну из типичных работ этого толка воинствующим препаративизмом. Исключений не помню, не нашел. Какие-либо соображения о механизмах реакций после скандаль-



ных дискуссий о теориях резонанса и мезомерии надолго стали считаться дурными и опасными. На меня же все это произвело противоположное впечатление, и впоследствии я много внимания уделял именно механизмам химических превращений. Свою роль сыграли и знакомые мне мысли Бутлерова и особенно Менделеева («Факт сам по себе ничего не значит, важна интерпретация»).

К дипломной работе положение сложилось трудное. Работу мне предстояло делать в лаборатории профессора Розалии Яковлевны Левиной (кстати, супруги Юрьева), которой я, однако, не знал, под руководством В.Р.Скварченко, а с ней я по какому-то поводу сцепился еще на третьем курсе. В результате начинать пришлось с нуля. Вернее, даже с некоторой отрицательной величины.

За год до меня у Левиной делала диплом О.Епищерлова; по тогдашним догматам, пиролиз диацетата пинакона из циклопентанона должен был приводить к чистому и ранее неизвестному сопряженному дициклопентенилу. По епищерловским же данным, при сем получался в основном спирокедон — продукт нипаколиновой перегруппировки. Епищерлова (я ее не знал) что-то нагубила Р.Я. в ответ на ее реплику, что, мол, должен быть диен, а вы плохо работаете. На защите дипломной работы Епищерлову завалили. Мне же, в числе прочего (и прежде всего), надлежало установить истину — Р.Я. не сомневалась в своей правоте. Но я быстро и надежно показал, что права была Епищерлова; больше Р.Я. со мной не общалась до самой защиты, а Скварченко отошла в сторонку от греха подальше. Однако положение существенно изменилось, когда после нескончаемых неудачных попыток мне удалось-таки найти хорошие условия дегидратации без перегруппировки (нагревание со свежеперегнанным уксусным ангидридом).

Многие лекции Р.Я. я пропустил, и на госэкзамене она меня гоняла долго и с пристрастием, но профессиональная подготовка меня не подвела. По материалам дипломной работы я опубликовал две статьи: первую (представлена в «Доклады АН СССР» А.Н.Несмеяновым) — о синтезе конденсированных углеводородов из диеновых аддуктов, и вторую — по сути, главную, о синтезе дициклопентенила, напечатанную в «Журнале органической химии».

Тридцать лет спустя Скварченко вспоминала, что такого студента, как я, у нее не было ни до, ни после: сам сделал работу, сам написал и сам напечатал...

Дальнейшая моя научная и личная судьба сложилась непросто, о чем можно было бы написать целую книгу. После окончания химфака, в 1954 году, я стал работать в Институте элементоорганической химии АН СССР, основателем и директором которого был академик Несмеянов, сначала поддерживавший мои начинания. Так, вместе с коллегами мне удалось расшифровать метод получения катализатора Циглера — Натта, необходимого для промышленного синтеза полиэтилена низкого давления, а также впервые в мире получить карбораны — ароматические производные бора. Но об одноэлектронных реакциях и ион-радикалах, которые занимали меня больше всего, Несмеянов ничего и слышать не хотел.

По ряду других, не только научных, но и общественных причин Несмеянов решил от меня избавиться, и в 1971 году мне пришлось перебраться в НИИ физическо-органической химии Ростовского государственного университета, где, хотя и с трудом, мне удалось заняться любимыми ион-радикалами и реакциями одноэлектронного переноса.

И вновь конфликт с руководством, в результате которого в 1981 году мне пришлось перейти на работу в Северо-Осетинский государственный университет. Обстановка здесь складывалась тоже тяжелая, продуктивно работать было невозможно, и в 1991 году я перебрался в Астраханский технический институт рыбной промышленности и хозяйства, где надеялся наконец обрести долгожданную свободу и строил грандиозные планы...

О вреде соавторства

Умный — это тот, кто зарабатывает своим умом; мудрый — это тот, кто заставляет умных работать на себя...

Из современного фольклора

Во многих статьях, анализирующих в средствах массовой информации состояние современной науки (не только российской, но и мировой), утверждается, будто она стала такой сложной и трудоемкой, что в одиночку в ней работать практически невозможно. И да-

РОМАНТИК НАУКИ

Доктор химических наук Олег Юрьевич Охлобыстин, выдающийся химик-органик нашего времени, вполне достойный звания академика, безвременно скончался в Астрахани в 1994 году, не дожив до 62 лет и не успев осуществить все свои обширные замыслы. Тем не менее его перу принадлежат 434 оригинальные научные публикации (он никогда из принципа не «примазывался» к работам своих сотрудников!), получил 44 авторских свидетельства, написал 15 интереснейших книг, посвященных проблемам научного творчества — в качестве примера можно привести его книгу «Жизнь и смерть химических идей» (М.: Наука, 1989). А в «Химии и жизни» его популярные статьи можно найти в номерах за 1983, № 9, 10; 1984, № 6; 1986, № 11. Приведенный выше рассказ этого выдающегося ученого подготовлен к печати его вдовой — Надеждой Титовой Берберовой. Вот что она хотела бы добавить к воспоминаниям своего мужа, с которым прожила 20 лет.

«Наверное, следует пояснить, почему у Олега сформировались



черты обособленности, нелюдимости, болезненного самолюбия и стремление к лидерству в любимой химии. Людям, не знавшим причин становления столь сложного характера, многие поступки Олега казались странными, а читатели могут подумать, что перед ними воспоминания глубоко эгоистичного человека.

Но это не так. Все началось с того, что ранним утром 27 ноября 1937 года арестовали его отца и сразу же расстреляли (Олегу тогда было всего 5 лет). После этого он ходил в садик под чужой фамилией, но как только там узнавали, что Олег — сын «врага народа», ему приходилось идти в другой садик.

В конце концов его пришлось отдать на воспитание дедушке с бабушкой, которые часто переезжали с места на место (дед тоже боялся советской власти, так как был родом из богатой купеческой семьи Охлобыстиных, о которых упоминал даже М.Горький). Первый класс Олег закончил в Сормове, а потом учился в Москве, но все время ощущал свою «третьесортность» — даже талонов на питание и на обувь ему не полагалось. В пионеры — Боже упаси! Конечно, дружить с таким мальчиком не стоило... Естественно, все это не способствовало формированию общительного характера.

С поступлением в МГУ все тоже складывалось непросто. Так как Олег сдал все

экзамены на пятерки и неоднократно занимал первые места на химических олимпиадах, сомневаться в благополучном исходе дела вроде бы не приходилось. Но в те годы следовало заполнять многостраничную анкету, в которой были дикие вопросы типа «Чем вы занимались до 1917 года?», и естественно, указывать подробные сведения о родителях.

Поэтому после экзаменов Олег пошел в деканат и попросил секретаршу оформить справку о его зачислении, что она и сделала. Дома Олег показал эту справку счастливой маме, но ее мудрый брат посоветовал на всякий случай сделать нотариально заверенную копию, что и решило дело: в официальных списках на зачисление Олега, конечно, не оказалось. Тогда Олег пошел в деканат и предъявил справку, добытую неправомерным путем, и сказал, что у него есть нотариально заверенная копия. Тут в дело вмешались А.П.Терентьев и А.Н.Несмеянов, и где-то на высоком уровне было принято решение все же зачислить в МГУ сына «врага народа»... Этот вопрос решался примерно полтора месяца, и так как Олег не хотел огорчать маму, то каждое утро уходил из дома, говоря, что идет на занятия, а сам бродил по Москве».

Академик Г.А.Абакумов в некрологе, опубликованном в «Российском химическом журнале» (1994, т.38, № 2) писал об Олеге Юрьевиче Охлобыстине так: «Он

был на равных со своей судьбой: она его не баловала, но и он перед ней не заискивал. У него был неудобный характер. Так уж устроено общество, и научное сообщество в том числе, что даже в самых демократических слоях существуют элементы пирамиды авторитетов... Писать о человеке с предельной искренностью всегда трудно, о покойном — вдвойне, а об О.Ю.Охлобыстине к тому же и небезопасно. Многие маститых задевал он за чувствительные точки своими подчас излишне категоричными выступлениями, устными и письменными... Олег Юрьевич был одним из теперь уже немногочисленных романтиков науки. Романтики всегда находили в науке критические зоны, где можно высказать необычную гипотезу или обнаружить непредсказуемое явление. Рутинное накопление материала, его количественная обработка и формулирование эмпирических закономерностей обычно для них не интересны. Это удел педантов-рационалистов. Очевидно, что и те и другие науке необходимы. Но в последние годы с тоской можно заметить, что армия романтиков стремительно убывает, и не только в России. Поэтому реже появляются яркие идеи... Может, действительно есть некая Высшая Воля, которая из жалости удаляет из агонизирующего общества достойных его представителей, тех, кому окончательный крах дела жизни вместе с крахом идеалов <...> был бы нестерпим. Нет, конечно, противостояние с научными оппонентами, критику, злопыхательство и даже пренебрежение Олег Юрьевич переносил терпеливо и отбивался, где мог. Но как пережить осознанную однажды мысль, что ни ты сам, ни твоя деятельность, ни деятельность твоих противников, равно как вся остальная научная деятельность в этом обществе не нужны, а точнее, являются для него обузой? А ведь он считал, и я с ним солидарен, что труд ученого — самое достойное занятие для мужчины во все времена. Что ж, если мы начинаем завидовать мертвым, значит, Апокалипсис действительно давно наступил».



ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

лее, как правило, говорится о том, что все серьезные исследования выполняют только большие коллективы (некоторые научные статьи подписаны десятками соавторов!). Причем это мнение, особенно у нас, укоренилось настолько прочно, что, если статья подписана, как в стародавние времена, одним человеком, у читателя зарождается подозрение, будто либо полученные результаты ненадежны, либо сама тема неперспективна, так как в ином случае ее разрабатывала бы многочисленная научная команда. Особенно же актуаль-

ной проблема научного соавторства стала в наше время в нашей стране.

Спору нет: в некоторых случаях современные эксперименты столь сложны и трудоемки (примером могут служить исследования в области физики элементарных частиц), что одному человеку их осуществить действительно невозможно. Но, проработав в области теоретической физики более 20 лет, я пришел к выводу: любая по-настоящему ценная идея сначала формулируется только одним человеком (вспомним хотя бы Альберта Эйнштейна). Конеч-



но, в ходе обсуждения научная общественность корректирует детали этой идеи, предлагает различные методы ее теоретической и экспериментальной проверки. Но суть идеи, как правило, остается неизменной.

Тем не менее непонятно, почему всех «подписантов» обычно считают юридически равноправными создателями статьи, несмотря на их заведомо неравный вклад в работу. При этом сами соавторы изначально признают приоритет основного автора труда, но только в тесном кругу, на словах, да и то не очень долго: спустя некоторое время неосновные авторы публикации начинают выдавать себя за основных.

Как в списке авторов публикации выделить основного автора работы? Некоторые редакция сами просят авторов рукописи указать имя наиболее осведомленного человека (а это и есть основной автор, с которым следует вести переговоры при подготовке статьи в печать). Но в уже опубликованной работе это имя во многих случаях никак не выделяется.

Негласно сложилось мнение, будто основным автором следует считать человека, чья фамилия возглавляет список. Но иногда этот список составляют просто по алфавиту, иногда по должностной иерархии, а иногда по какому-либо иному произвольному принципу.

Казалось бы, какое мне дело до чужих проблем? Пускай соавторы как хотят, так и пишут! Но вопрос о соавторстве в науке имеет более серьезное значение, чем это может показаться на первый взгляд. Например, иногда основного автора вынуждают брать в соавторы тех, от кого зависят и его дальнейшая научная карьера, и сама публикация статьи. Между тем навязанные «соавторы» в самой работе никакого участия не принимали — чаще всего

это просто работники администрации, не имеющие к науке никакого отношения. То есть существующая ныне юридически равноправная система оценки соавторства позволяет одним безнаказанно присваивать научный труд других.

К сожалению, чем талантливей человек, тем сложнее ему, как правило, ужиться в коллективе. Ему завидуют, против него интригуют, над ним посмеиваются. К тому же такие люди часто наплевательски относятся к своей научной карьере, к защите диссертаций, к продвижению по служебной лестнице: они получают моральное удовлетворение от самой научной деятельности.

Иное дело «паразиты» от науки. Они искренне убеждены, что выполненная и подписанная ими работа — это результат их титанического труда. Я лично был свидетелем многих случаев, когда соавтор-«паразит» тем или иным образом выживал из коллектива основного автора и в дальнейшем присваивал себе все лавры (диссертации, должности, премии). И чем более значительной была выполненная работа, тем беспощаднее «паразит» обходился с основным автором.

Но, присвоив себе лавры и расправившись с основным автором, «паразит» оставался как бы без кормильца, ибо после этого редко какой ученый соглашался на дальнейшую «совместную» с ним работу. А обобранный ученый либо уходил в другую организацию, либо начинал работать спустя рукава, не производя далее никакой ценной научной продукции. Поэтому «паразит» начинал искать новых молодых, талантливых, и притом наивных сотрудников, после чего история повторялась...

Юридическое равноправие соавторов наносит науке и более опасный вред. Нередко бездарный ученый, выполнив серенькую работу, каким-

либо образом уговаривает маститого коллегу поставить под статью и свою подпись. Если это удастся, то в свет выходит статья, которая не имеет никакой научной ценности, но подается как важное открытие. Набрав нужное число подобных публикаций, человек может защитить диссертацию и пойти вверх по служебной лестнице.

Конечно, в дальнейшем выяснится, что полученные результаты не имеют никакого научного или практического значения. Но лично мне неизвестны случаи, чтобы липового диссертанта лишили незаслуженных научных почестей (особенно если среди соавторов числилась какая-либо знаменитость).

Приведу такой пример, не требующий особых комментариев. До сравнительно недавнего времени фундаментальными и основополагающими направлениями науки СССР служили «История КПСС» и «Научный коммунизм»; по этим темам было защищено множество кандидатских и докторских диссертаций. Но хотя недавно эти темы были тихо ликвидированы ВАКом как научные дисциплины, никто не лишился своих якобы научных званий. Подобные казусы случались и в естественных науках, но и тут, как правило, старались сор из избы не выносить.

В былые времена, когда денег на науку у нас не жалели, я бы, наверное, промолчал. Но сейчас, когда у нашего государства каждый рубль на счету, проблема борьбы с паразитизмом и серостью в науке становится весьма актуальной. В то же время справиться с этой напастью можно самыми нехитрыми способами.

Во-первых, во всех научных журналах использовать какой-то специальный типографский знак, отмечающий в списке соавторов основного автора

статьи (как уже говорилось выше, редакции обычно и так интересуются подобной информацией).

Во-вторых, запретить основному автору (так же как это сделано в требованиях по оформлению заявок на гранты РФФИ) брать в соавторы людей, которым он административно подчинен и если эти люди не принимали участия в работе.

В-третьих, запретить включать в диссертации (во всяком случае, в докторские) материалы статей, в которых соискатель не является основным автором.

В-четвертых, запретить включать в списки лиц, претендующих на какую-либо награду, неосновных авторов работы.

Наконец, следует вспомнить старую традицию (особенно распространенную в зарубежных изданиях): в конце статьи выражать коллегам, не являющимся основными авторами, но так или иначе принимавшим участие в работе, благодарность за плодотворное обсуждение идеи и/или результатов исследования, а также за помощь в проведении экспериментов. В этом случае никто не будет обижен, но с юридической точки зрения эти лица не смогут претендовать на звание авторов.

Думаю, что ничего плохого эти простые меры не принесут; напротив, они помогут активно бороться с паразитизмом и серостью в отечественной науке.

Махач Магомедов,
Махачкала,
Институт физики

Страдания научного журналиста

Лауреат Нобелевской премии по литературе за 1990 год мексиканский поэт и эссеист О.Пас недавно заметил, что «XX век будет последним, когда науке уделяют столь большое внимание». Такова, видимо, его реакция на фетишизацию науки и техники, наивную веру в их способность разрешить все человеческие проблемы. «Вот уже и радио изобрели, а счастья все нет» (И.Ильф).

Наука в прошедшем столетии совершила перевороты во многих сферах жизни, и ее прогресс идет безостановочно без каких-либо признаков замедления. Правда, в последнее время успехи относились главным образом к прикладным областям, а вот в фундаментальных проблемах дело обстоит хуже. Это чувствуют и ученые, и люди, пишущие о науке.

В 1996 году вышла книга сотрудника ведущего американского научно-популярного журнала «Scientific American» Джона Хоргана. По его профессиональному убеждению, развитие фундаментальной науки, прежде всего физики, замедлилось — каждый ее новый шаг требует все больших финансовых средств и материальных ресурсов, то есть наблюдается насыщение. Из-за этого в самой науке появились черты кризиса, что выражается в сверхсложных, спекулятивных концепциях (абстрактные многомерные модели в физике частиц, теория «почкования» вселенных в космологии) или же в мелкотравчатых работах, но с претензией на сенсацию (вроде обнаружения жизни на Марсе).

Хорган называет все это «иронической наукой». Как мы знаем, в литературе, искусстве тоже время от времени происходит нечто похожее; в сущности, признаки упадка в разных областях культуры сходны: «Тут начинается великий сумрак слов, тут начинается дремучий лес фиглярства...» (Л.Арагон).

Конечно, процесс познания идет неравномерно — революции сменяются периодами «нормальной» науки, когда господствуют определенные парадигмы. Именно такое время мы, судя по всему, и переживаем. Но у Хоргана возникло ощущение, что причина тут глубже, — ему кажется, что фундаментальная наука вообще в большой степени себя уже исчерпала и приблизилась к своей естественной границе.

Разговоры физиков о «финальной концепции», «теории всего сущего» начались в 60-е годы, когда им удалось объединить электромагнитные силы со слабы-

Джон Хорган. Конец науки. Взгляд на ограниченность знания на закате века науки. СПб.: Амфора, 2001, 478 с. Перевод с английского М.В.Жуковой. Тираж 6000 экз.



КНИГИ

ми и наметить контуры дальнейшей унификации сил. Так, Р.Фейнман говорил, что в недалеком будущем мы будем знать все основные законы природы и тут прогресс закончится — ведь Америку можно открыть только один раз. Тогда же в обсуждение включились советские физики профессора А.С.Компанеец и В.С.Барашенков, а также философы, но над ними довлел ленинский тезис о «неисчерпаемости электрона».

Компанеец был более или менее согласен с Фейнманом, а Барашенков нет — по его представлению, познание не имеет границ, на что указывает, в частности, теорема Геделя: как только мы захотим описать мир фиксированным набором аксиом, так в рамках этой же формальной системы возникнут вопросы, на которые в ней нельзя будет получить ответы. Говоря в шутку, в каждой логической системе, согласно К.Геделю, есть свое иррациональное зерно.

Мнение о приближении физики к концу не ново — его высказывали еще на рубеже XIX и XX веков, то есть как раз перед началом революции в этой науке, а также по ее завершению. К примеру, в романе английского писателя и ученого Ч.Сноу «Поиски» (1934) один из героев-физиков сразу после создания квантовой механики говорит: «Основные законы физики и химии установлены теперь навечно... В известном смысле это уже завершенные науки... Мы подошли к пределу».

Итак, Хорган решил поставить вопрос ребром — кончается фундаментальная наука или нет? За ответом он обратился к самым крупным, знаменитым ученым — физикам, биологам, специалистам по хаосу и нелинейной динамике, философам и методологам науки. Журналист ездит по миру, встречается с ними и пытается обсудить волнующую его тему (что немало напоминает походження Чичикова). Перечень его «жертв» впечатляет: Г.Стент, Ф.Крик, К.Поплер, Р.Пенроуз, Д.Бом, С.Вайнберг, Ф.Дайсон, Э.Виттен, С.Хокинг, Дж.Уилер, И.Пригожин... И представленная Хорганом галерея порт-

ретов этих ярких личностей — самое ценное в его книге.

Ученые, как правило, поглощены своей работой и наверняка могли бы рассказать о ней что-то интересное, но вопрос о конце науки нередко их озадачивает. Однако никто не хочет выглядеть в глазах читателей солидного журнала простаком, не размышляющим над этой глубокой проблемой. В итоге интервьюер ни к какому определенному выводу не приходит и остается при своих сомнениях и опасениях.

Характерно, что химики лишены Хоргановых беспокойств. Так, прочтя его книгу, один из первооткрывателей фуллеренов Р.Смолли сказал: «Я уверен, что во Вселенной еще много сюрпризов для нас. По меньшей мере, 80% самых важных знаний о природе нам еще предстоит открыть».

Весь многовековой опыт изучения природы говорит о том, что она познаваема и число основных законов невелико (например, типов физических взаимодействий всего четыре, а не, скажем, 145). Рано или поздно они все станут известными, и на этом завершится начальный, подготовительный этап развития науки — ее «нулевой цикл».

Затем наступит эра овладения сложными системами — физическими, химическими, биологическими, социальными... Преобразования охватят не только окружающую реальность, но и познающих субъектов. Возможно, уже через несколько поколений люди перестанут быть обязательно смертными — это и чисто биологические способы поддержания жизни, и «пересадка» сознания на искусственный носитель (см. «Химию и жизнь», 1986, № 2; 1999, № 5—6). Возникнет новый вид Homo immortalis.

Иными словами, начнет меняться сама природа человека, его биологическая и духовная сущность. И тут действительно кончается наука, «...и дышат почва и судьба».

Л.Каховский



Божья

коровка

Екатерина Постникова



ФАНТАСТИКА

Парнишка в длинном, похожем на шинель, пальто маялся у телефонных автоматов, с мольбой вскидывая глаза на каждого, кто подходил позвонить:

— Пожалуйста! Ни копейки! Срочно надо! Прошу вас! Карточку!..

Чутких, однако, не находилось. Карточки нынче дороги, да и поди разберись с ходу — действительно срочно ему надо или так, поразвлечься?

Павел остановился, переложил в одну руку набитые продуктами пакеты и начал рыться в карманах, проклиная погоду и свою толстую зимнюю куртку. Неужто дома забыл? Но нет, вот она, карточка.

Набирая номер, он скосил глаза на горемыку в длинном сером пальто. Губы у пацана дрожали — вот-вот заплачет. И вся его поза, робкая и отчаянная одновременно, вызывала смутное сочувствие.

Убедившись, что дома занято, Павел вздохнул и протянул карточку:

— На, только недолго: семь единиц осталось.

Парнишка просто расцвел. Худое усталое лицо осветилось такой радостью, что Павел невольно улыбнулся. Надо же, как мало нужно для счастья!

Прикрывая микрофон ладонью и бросая по сторонам весело-настороженные взгляды, парень коротко поговорил с кем-то, повесил трубку и вернул карточку:

— Большое спасибо!

— Да не за что, — будто очнулся Павел, осознав, что, пока машинально наблюдал за этим случайным знакомцем, продолжал думать о Лутовинове.

Юрка (он же для подчиненных Юрий Сергеевич Лутовинов) работал с ним бок о бок уже пятый год, и никогда, как знал Павел, у него не было денег. Мало того что он платил алименты на двух детей от двух браков и содержал нетрудоспособную мать, Юрка к тому же регулярно становился жертвой каких-то аферистов, проигрывал в лотерею, его обворовывали в метро и даже однажды ограбили — дома, среди бела дня. В общем, явно невезучий человек: живет в крохотной «хрущобке», ходит в одних и тех же старых джинсах, экономит на сигаретах и постоянно по мелочам одалживается у сослуживцев... Оставалось лишь жалеть его, заходить по-соседски (благо жили на одной улице), опять же по мелочам одалживать деньги и давать советы.

Однако единственное, в чем Юрке несомненно повезло, так это в личной жизни. Наконец-то! Еленка, его третья по счету жена, буквально сдувала с него пылинки, никогда не пилила, к детям была внимательна и, главное, работала, как папа Карло, чтобы семья окончательно не загнулась с голоду.

И вдруг Юрка разбогател. Внезапно, то есть за один день, а точнее, чуть ли не за один час! Вот так. Еще вчера он клянчил на сигареты, а сегодня уже бегаёт в обнимку со строительным подрядчиком и ищет хороший кирпич для постройки нового дома. «Ролекс» на руке блестит. Куртка новая из светлой телячьей кожи, явно из очень дорогого магазина. Ботинки сверкают. Приехал на работу на такси, двух часов не высидел и со-

рвался, предварительно обзвонив несколько мебельных салонов. Жена Еленка за ним заехала в такой дубленке, что все бабы в конторе зеленую покрылись. И ни гугу, откуда все это.

Павел, конечно, вопросов не задавал. Трепались о погоде, рассказывали анекдоты, курили вместе, как прежде, и... и все. Но что-то стало явно не так: прежний, привычный Юрка Лутовинов будто перевоплотился в совершенно другого человека. Прошло немного времени, и Павел подумал с грустью, что в скором времени он непременно уволится. Зачем ему теперь эта работа и эта зарплата? Смешно.

Итак, парнишка отдал ему карточку, сказал «Большое спасибо!» — и глянул как-то выжидающе. — Да не за что, — кивнул Павел, вставил карточку в прорезь автомата и снова набрал свой домашний номер. Занято. Ну ясно: вечно она с кем-то треплется, хоть от телефона отказывайся!

Явно успокоившись, парень терпеливо дождался, когда он оставит свои безуспешные попытки дозвониться домой.

— Извините. Я бы хотел отблагодарить вас. Если можно.

— Нельзя! — тут же отреагировал Павел и вновь нагрузил руки тяжелыми пакетами. — Я тебе просто так карточку дал, и не надо мне твоих благодарностей.

— Как не надо? Надо! — убежденно проговорил тот. — Меня, кстати, зовут Альген. Немного странное имя, правда?

— Имя как имя. — И пошел прочь.

Однако обладатель странного имени и не думал отставать.

— Подождите, — заговорил, шагая рядом, — ну почему вы отказываетесь? Вы даже не знаете, что я хочу предложить! Это очень интересно.

Павел притормозил, устало улыбнулся:

— Сынок! Я ж говорю: мне ничего не надо. Что ты хочешь? У меня времени нет, извини. У меня дочь завтра замуж выходит, вон, продукты закупаю, потому что жене нельзя тяжелое поднимать. Ну, не до тебя мне.

Этот парень, назвавшийся Альгеном, кивнул:

— А, понимаю. Конечно. Я просто не вовремя... А знаете что? Я дам вам свою визитку.

— Зачем?

— Вы сможете мне позвонить.

— На черта мне тебе звонить?

— Одно желание. Ваше одно желание. И нет проблем! Вы пока подумайте. Сегодня пятница, да? Вот — до двадцати вечера воскресенья. Дальше нельзя. И рад бы, да никак.

Павел остановился — и рассмеялся:

— Ты что, золотая рыбка? А если я пожелаю миллион долларов?

— Да хоть два миллиона! — Альген сказал это спокойно, при том пожав плечами — дескать, ну что тут такого! — Любую сумму в любой момент в любой валюте. До конца жизни. Скажите — я сделаю.

Да, такой разговор может позабавить даже усталого городского мужика, возвращающегося домой с тяжеленными пакетами в руках. И потому Павел даже улыбался. Ведь нечасто можно встретить на улице такого смешного психа.

— Все, что угодно? — уточнил, с трудом подавляя усмешку.

Парень ничуть не смутился:

— Естественно. Но только одно желание. Именно одно ваше желание! Ну есть же у вас же какая-нибудь заветная мечта?.. Вот моя визитка.

На белом картонном прямоугольнике было написано: «(077)1111111111-555-22. Альген». И все.

— Что это за номер? — Павел удивленно воззрился на парня, но тот уже уходил, его сутуловатая спина мелькала где-то впереди в вечерней городской толпе...

Жена, в фартуке поверх тренировочного костюма, ли- стала на кухне кулинарную книгу. Дома царил грандиозный беспорядок. Где-то в недрах квартиры возилась дочь, гремя дверцами шкафов и напевая песенку. Орал телевизор. Пахло какими-то специями, тушенкой и освежителем воздуха, будто где-то раздавили гнилой апельсин.

Его приходу, когда он вошел и в изнеможении опустил сумки на пол прихожей, никто не обрадовался, лишь жена оторвалась от книги и спросила, купил ли он майонез. Дочь вообще не высунулась.

Павлу хотелось есть. Принять ванну. Полежать — и чтоб никто не трогал. А вовсе не чистить картошку и вытирать пыль ради завтрашних гостей.

— Паш, надо бы еще шампанского взять, — деловито сказала жена. — Гостей будет двадцать человек, а у нас... И хлеба, черного и белого. И маринованных огурцов.

— Денег уже нет. — Павел разулся, повесил куртку и понес сумки на кухню. — Я и так все ухлопал.

— А занять? — Жена с надеждой поглядела на него.

— У кого?! — Он разгружал покупки, и тут его осенило: ну конечно, у Юрки!

— Разве только у Лутовинова, — предположил осторожно.

— Да откуда у него деньги? — удивилась жена.

Тут в кухню вошла дочь, уже заметно беременная, в растянутом джемпере, коротко поздоровалась с отцом и схватила из вазочки горсть печенья.

— Юль, ты ж скоро в дверь не пройдешь! — с жалостью сказал Павел. — Как ты потом худеть будешь?

— Во-первых, меня Миша и такую любит, — гордо отозвалась дочь, — а во-вторых, это печенье диетическое, в нем калорий нет.

«И такую любит, — мысленно повторил Павел, заталкивая в морозилку купленных кур. И усмехнулся про себя: — Когда-то я тоже любил твою мамашу «и такую». Во всяком случае, думал, что люблю. И куда все это подевалось?.. Бедный Мишка! Парню двадцать два года, а уже, считай, отец семейства. В аспирантуру теперь не пойдет. Подрабатывать станет. Как и я в свое время. Все по кругу, эх!..»

Идти к Лутовинову не хотелось (ну, неудобно!), но изобретать какие-то другие способы добычи денег не было ни сил, ни желания. Будь что будет.

На улице быстро темнело, сыпал снег. Павел вошел в знакомый подъезд, позвонил, и тут же в глубине квартиры слышал быстрый топоток. Вот и Еленка — открыла, сияя:

— Здравствуйте, Павел!

Он еще не успел толком поздороваться, как уже оказался втянут за руку в крошечную прихожую, увешанную псевдоафриканскими масками, а дальше освобожден от куртки и шарфа.

— Не разувайтесь, прямо так! А Юрик сейчас придет. Он ненадолго, к маме. Она в клинике лежит, доктор обещал ее через месяц на ноги поставит!

В комнате, заметил Павел, появились обновки — ковер и пылесос.

— Пока наш дом строится, мы решили на время тут остаться, — объясняла Еленка, расставляя на круглом столике чайные чашки. — Зачем лишний раз переезжать, правда? А Юра, кстати, уходит с работы собрался, он вам не говорил? Отдохнуть ему надо. А как у вас дела?

Павел сидел за чайным столиком и улыбался этой прелестной девушке, расслабленно думая о том, до чего же она славная и какие у нее красивые глаза, волосы и руки. Ему нравились молодые женщины, особенно вот такие — простенькие, живые и общительные.

— Дочь замуж выходит. Завтра, — добавил. — А вообще все по-старому.

— Дочь? Замуж? — удивилась Еленка. — Сколько же вам лет, если у вас дочь такая большая?

— Пятьдесят три, — вздохнул Павел. — Сыну моему двадцать девять, а дочери двадцать пять.

— Вы хорошо сохранились, — заметила Еленка. — Я думала, вам меньше.

— Ну, спасибо! — И Павлу стало даже весело...

Юрка появился минут через двадцать, довольный и немного пьяный. Он бурно обрадовался гостю и даже полез обниматься, чего никогда раньше не делал. Расцеловал Еленку. Достал из сумки шампанское и шикарную коробку шоколадных конфет. Уселся. Его лицо раскраснелось от мороза, глаза весело блестели, однако Павел уловил какое-то смутное, исходящее от него беспокойство, какое-то нездоровое возбуждение, и было ли это вызвано алкоголем или неожиданно свалившимися деньгами, он не понял.

Немного посидели просто так, болтая за жизнь. Еленка принесла пиццу размером с хорошим поднос, миску крабового салата, фрукты и пирожные в большой розовой коробке. Юрка жадно ел все это, почти не разбирая.

Через полчаса вышли покурить на замусоренную лестничную площадку, и там, смущаясь, Павел высказал свою просьбу, готовый в любую секунду отступить и обратить все в шутку.

Юрка улыбнулся:

— Конечно, Паш, о чем ты! — И буднично залез в карман брюк, будто собираясь достать зажигалку. Но то, что он вынул оттуда, повергло Павла в шок: это были, да, деньги, но новенькие, словно только что отпечатанные: большая пачка в банковской упаковке. Именно большая — а ведь еще за секунду до этого карман ничуть не оттопыривался: Павел заметил бы.

— Держи. — Юрка вложил толстую пачку ему в руку и почему-то покраснел.

— Да-а!.. — ошарашенно пробормотал Павел. — Теперь ты у нас совсем счастливый.

— Знаешь, да! — тихо, но горячо заговорил Юрка. — Теперь — да. Сам не понимаю. Мне как раз денег и не хватало для полного счастья. Честно говорю. Мне почти сорок пять. Всю жизнь вкалывал. Сначала одну семью содержал, квартиру кооперативную им сделал, машину купил, гараж. Потом вторая семья. Ну, понимаешь: ребенка — в спецшколах, в бассейн, жене — шубу. Опять машина, опять мебель. Никогда для себя не жил. Бегал, бегал — как пацан, ей-Богу. Но вот, Еленку нашел — птичку мою. Нашел, а даже колготки приличные не мог ей купить. Ты понимаешь!.. Рехнусь, думал. И вот... привалило. Вот это!.. Я всю ночь не спал — все сидел рядом с Еленкой и думал о том, что теперь мне больше ни черта не надо. Хоть в Африку с ней съездим, например, — ведь столько мечтали! Фильм снимем про слонов... Ты думаешь, я богатым быть хочу? Унитаз золотой себе поставить? Нет! Просто копейки надоело считать.

Павел вздохнул, спрятал в карман куртки Юркины деньги и вдруг — даже сам не ожидал — стал рассказывать о своем сегодняшнем странном знакомом, об Альгене, и даже вытащил из кармана его визитку с невероятно длинным телефонным номером.

Юрка побледнел. Это произошло так внезапно, что Павел за него испугался: не сердце ли?

— И что? Ты будешь звонить? — Голос у Лутовинова странно изменился, стал неестественно высоким и хриплым.

Павел искренне отмахнулся:

— Да ну брось! Просто забавный сумасшедший. Ты-то как, в норме?

— В норме, — ответил Юрка, вытирая вспотевшие руки о рубашку. Потом спросил: — У него еще спина такая... сутулая, почти с горбом? Да?

— Ну вроде того.

— Ясно.

— Что ясно? — не понял Павел и вдруг осекся. Альген, непонятный, странный Альген у телефонных автоматов, кланчивший у прохожих карточку...

— Да, все он может, а карточку купить не может, — услышал Юркино бормотание. — У него там, под пальто, может, крылья, как думаешь? Уж больно горб странный... Ладно, ладно... Я сначала тоже подумал, что он шизик. А потом, дома, написал и позвонил. Прикола ради. Это было с месяц назад.

— И?

— И! — усмехнулся Юрка. — И — вот. — Помолчал и тихо повторил то, что Павел сегодня уже слышал, там, у телефонных автоматов: — Только одно желание, и нет проблем.

— Значит? — еле выговорил Павел.

— Значит, — вздохнув, подтвердил Юрка. — Как и было обещано: нет проблем.

— А Еленка знает?

— Конечно, а как же!

— А! — теперь вздохнул Павел. — Своей бы я не рассказал... Помолчали. Потом Павел сказал:

— Мне пора, Юра. Отдам, когда смогу. Постараюсь побыстрее.

— А! — отмахнулся Лутовинов. — С ума не сходи. Я за них не вкалывал. Теперь это для меня не важно.

— Я все равно отдам.

— Как знаешь.

На том и расстались.

Он шел домой. Мысли путались. Значит, все правда. Юрка это доказал. Любая сумма в любой момент в любой валюте — кажется, ясно. Но разве такое может быть?..

У сияющих, словно вход в рай, дверей ресторана «Золотой лотос» толпились иномарки. Сколько их развелось в Москве в последние годы! Еще вчера все были равны (некоторые, правда, равнее), и вдруг повырастали, как грибы, фирмы и фирмочки, откуда-то взялись их стремительно богатеющие хозяева на «мерседесах» и других иномарках, замелькали непонятные слова. И кругом — деньги, деньги. Неужели все эти люди в один прекрасный день выручили у телефона-автомата сиротливого паренька со странным именем?

Павел закурил и глянул на свои окна. Захотелось пива. И пока не подниматься туда, в квартиру, кипящую приготовлениями к свадьбе. Там не до него. Ах да, шампанского еще надо купить и хлеба — черного и белого...

Внезапно вспомнилось: далекое детство, ромашковый луг, божья коровка, ползущая по руке, песенка-считалочка: «Божья коровка, улети на небо, принеси мне хлеба, черного и белого, только не горелого». Да, вот такое простое желание — хлеба! Простое как детство. Да, всего лишь хлеба, а не денег...

Ну ладно, а что теперь делать-то? Рассказать обо всем жене? Нет, нельзя. Позвонить прямо сейчас этому Альгену? Надо подумать. Хотя что тут думать! Одно-единственное желание? Естественно, деньги. Их всегда не хватает, всегда они нужны до зарезу!

Так, но... Деньги хороши для таких, как Юрка. Он ведь счастлив. Еленка — молодая, красивая, любит его, воркует нежно, по щеке гладит. Им вдвоем интересно и легко. А теперь, с деньгами, и вообще нет проблем. «А я? — И Павел невесело усмехнулся. — Мне-то они что дадут? Радость? Полноту жиз-



ФАНТАСТИКА

ни? Ну, на месяц, два, три — вполне возможно. А потом я сойду с ума».

Хмурясь, он зашел в супермаркет и остановился у богатого прилавка винного отдела. Хорошенькая продавщица улыбнулась и спросила: «Что желаете?» Да, вот если бы влюбиться до чертиков, подумал Павел, глядя на нее, влюбиться, чтобы душа пела, чтобы просыпаться с улыбкой, чтобы свою любимую на руках носить!.. Но тогда не нужен никакой Альген. Душу надо иметь, здоровую, живую, молодую. И все получится без волшебства.

Ведь была же когда-то любовь, была когда-то девочка, и все получалось светло. Где она сейчас? Увели. А кто в этом виноват? Ясно, что вовсе не соперник. Ведь она сама предупредила: меня уведут, Пашка, смотри. А он все ждал чего-то, цеплялся за миражи. И ее действительно увели. Семь лет прошло, она счастлива и любима, все у нее хорошо.

Может, пожелать, чтобы она вернулась? И на миг просветлел: конечно! Вот что надо попросить! Она вернется, и все будет прекрасно. Да, но... Она же любит этого... своего мужа, по любви к нему и ушла, мужчину в нем увидела, а не тряпку. Идеал свой. Поэтому будь хоть сейчас мужиком, Павел, если тогда не смог, не трогай ее, насильно мил не будешь...

Он вздохнул, укладывая холодные бутылки в сумку, и пошел к выходу из супермаркета. Метель усилилась, задул ледяной ветер. Многоэтажный дом мерцал огоньками, как новогодняя елка. Оставалось купить хлеба, и все — домой.

Может, счастья для детей пожелать, думал он, направляясь к своему подъезду? Пусть хоть у них все будет хорошо. Пусть дочь не превратится в такую же, как ее мать, а сын перестанет пить. Пусть живут долго.

Да, но... сколько же можно жить ради детей? Взрослые лбы, дочь вон с животом ходит, у сына двое гавриков, лысеть уже начал... Нет, просить надо для себя. Только для себя. Иначе, что же, так и помереть без подарка в жизни?..

Жена резала картошку для салата «оливье», глядя одним глазом в телевизор. Дочь снова жевала, накручивая волосы на бигуди. Воняло жареным луком.

Павел затолкал бутылки в холодильник и со вздохом облачился в фартук. Завтра тут соберутся гости, аж двадцать человек, гудеть будут до ночи, а месяца через четыре родится внук, и с ним надо будет гулять. Круглые сутки слушать его вопли, потому что молодые планируют жить здесь. Снова, как в молодости, ходить, задевая головой развешанные пеленки. Снова плохо спать.

Может быть, попросить квартиру?

— Давай, чисти яйца, — буркнула жена, пододвигая к нему миску.

Павел уселся за стол и вдруг подумал: а что, если пожелать, чтобы эта проклятая баба, эта смертельно надоевшая дура, у которой души не больше, чем у тряпичной куклы для заварочного чайника, чтобы она прямо сейчас, сию же минуту, наконец исчезла куда-нибудь и больше никогда не появлялась в его жизни?

Он даже заулыбался от этой мысли. Взять и позвонить Альгену. Вот прямо сейчас. Она даже не успеет понять, в чем дело: исчезнет, и все.



ФАНТАСТИКА

Да, но... неужели для такой простой вещи, как избавление от постаревшей жены-дуры, обязательно нужен волшебник?

Нет, несерьезно. Потому что при чем тут Альген? Ведь нет ничего проще: развестись, разменять квартиру, заработать деньги, а там, глядишь, еще и появится кто-то, с кем не в тягость будет просыпаться.

А если снова стать молодым?

А может быть, все-таки деньги? С ними жить гораздо легче...

На следующий день была свадьба, и он хорошо надрался на пару с женихом, тщедушным мальчишкой в круглых очечках, которого ему было жалко куда больше, чем собственного сына. В самый разгар веселья они остались одни на кухне и закурили, тупо глядя друг на друга.

— Слушай, — начал Павел, стараясь говорить внятно, — а если бы тебе предложили... ну, сказали, что сбудется твое самое заветное желание, что бы ты пожелал?

— Я? — Мишка покрутил головой. — Денег. Много.

— А зачем тебе деньги?

— Чтобы не работать. Я учиться хочу. А потом построил бы себе лабораторию, специалистов нанял.

— А еще чего ты хочешь?

— Любви, — неожиданно сказал Мишка.

Павел ни о чем больше не спросил. Да, старо, старо, как мир, все понятно...

На следующий день нудно болела голова, ничего не хотелось. Только одно терзало: звонить или не звонить?

Он остался один: жена ушла к кому-то в гости, а дочь с мужем отправились в магазин. Павел придвинул к себе телефон, подумал и набрал номер.

— Ниночка, это я, Павел.

— О! А это я! — Женский голос, немного сонный, воркующий, прятал сладкий зевок. — Здравствуй, Паш. Как твое ничего? Не болеешь?

— Спасибо, пока нет. — Он просто слушал ее голос, закрыв глаза и представляя себе ее лицо, блестящие светлые волосы, нежные руки, улыбку.

— А у меня грипп, — поделилась она по-свойски. — Ужас, вторую неделю валяюсь.

— Да ты что!

— Ну, не страшно — поправлюсь. Лучше уже... А ты что — чего-то хотел?

— Не поверишь: просто поговорить. Спросить тебя. Можно?

— Спрашивай, конечно.

— Нина, а что бы ты попросила, если бы тебе предложили исполнить одно, только одно желание?

— Вечную молодость, — без колебаний ответила она. — Для себя и Виктора.

— Я серьезно.

— И я серьезно! У него вчера седой волос появился. И у меня, должно быть, скоро появится. Не хочу. Пусть мы всегда будем молодыми. А остального сами добьемся. Вот так... А ты бы что попросил?

— Чтобы ты вернулась, — усмехнулся Павел.

— Поезд ушел, — вздохнула Нина, но явно без печали.

— Ладно, Нин, спасибо. Можно тебе еще позвонить?

— Да ради Бога.

— Я надеюсь, не помешал своим звонком?

— Конечно, нет. Звони еще, если захочешь. Ну, счастья тебе!

Счастья? — подумал он, повесив трубку. А ведь верно! Просто счастья!..

К вечеру вернулась жена и тут же уселась перед телевизором смотреть фильм. Павел достал из холодильника остатки свадебного торта и налил себе чаю. Но вскоре не выдержал. Слишком давило. Встал и вышел в прихожую, к телефону. Достал из кармана визитку со странным номером. Набрал его.

— Алло! — донесся из каких-то звонких глубин молодой радостный голос.

— Это Альген?

— Да. А вы тот человек, у которого дочь вчера вышла замуж? Я вас узнал. Ну как, вы определились?

— Нет... Понимаешь, нет!

— Это бывает, — согласился Альген и умолк, ожидая.

— И что мне делать? — сокрушенно заговорил Павел. — Понимаешь, я уже всю свою жизнь передумал. И если бы я точно знал, чего хочу, то добился бы этого без твоей помощи. Да вот не знаю — чего хочу не знаю.

— И хотите узнать?

— Да! — почти выкрикнул Павел.

— Если я правильно понял, — тут же подхватил Альген, — вы хотите, чтобы сбылось ваше самое заветное желание, но не можете его сформулировать?

— Да. Верно.

— Что ж, ладно. Но не будете жалеть? Тогда все. Я понял.

Короткие гудки. Павел удивленно поморщился и снова набрал номер, но механический голос сообщил, что такой телефон не существует.

Павел прошелся по квартире. Потом прилег. Дрожали руки. Вслушиваясь в себя, он пытался понять, какое все-таки желание живет в самой глубине его души. Нет, ничего не получилось... А если, испугался, он хочет кому-то смерти?

Заметался в невольном ужасе, вскочил, сглатывая комок в горле. Побежал в ванную. Судорожно открыл кран, заранее морщась от мысли, что сейчас кран пронзительно завизжит: этот дефект уже давно так и не мог устранить ни один водопроводчик.

Вода полилась без звука.

Павел снова и снова крутил кран, закрывал и открывал его, пускал то холодную, то горячую воду, но визга не было.

В это невозможно было поверить. Смешно и горько. После такой вот жизни, после стольких похороненных надежд и стольких разочарований сбылась наконец заветная мечта. Которая свелась к тому, чтобы перестал визжать какой-то паршивый кран в ванной!..

Дочь нашла его поздним вечером. Он сидел там же, на кафельном полу, подтянув к груди колени, и тупо смотрел на кран, из которого извергалась мощная струя воды. Сидел и плакал.

Он был счастлив.



Хохуля — ровесник мамонта

Уникальный зверь, занесенный в международную Красную книгу и живущий преимущественно в России, русская выхухоль, к сожалению, уменьшается в численности. Такой неутешительный вывод сделали российские биологи из Центра охраны дикой природы после двухлетних исследований.

Выхухоль (биологи ласково называют ее хохулей) — ровесник мамонта, живое ископаемое, относится к отряду насекомоядных. Десятки миллионов лет тому назад она населяла чистые речки и пойменные озера-старичьи по всей Европе, а сейчас, кроме России, небольшие популяции ее остались лишь в Белоруссии, Украине и Казахстане. Редко встретишь в природе этого небольшого зверька с забавным длинным хоботком, голым сплюснутым хвостом и перепончатыми лапами. Даже в Московском зоопарке ее нет: трудно содержать, да и размножаться в неволе она пока не желает. Выхухоль выбирает речки с тихим течением, с нераспаханными лесистыми поймами и с очень чистой водой. Видит выхухоль плохо, зато обоняние и слух у нее хорошие. Неуклюжие на суше, в воде зверьки ловко плавают, используя хвост как руль при крутых поворотах.

В меню выхухоли около 70 животных и 30 растений. Основная ее пища — моллюски, насекомые и их личинки. Не брезгают хохули и мелкой рыбкой. Живут они в норах по берегам, где укрываются от врагов, отдыхают, выводят потомство и просто «забегают» глотнуть воздуха, потому что под водой зверек может пробыть не более пяти минут. Норки выхухоли часто разрушают пасущиеся по берегам коровы. Иногда выхухоли мирно живут в норах бобров, которым помогают тем, что съедают паразитов-насекомых. Весной выхухоль устраивает брачные игры — зверьки с громким треньканьем резво гоняются друг за другом.

«Многие подробности жизни этих скрытных зверьков до сих пор неизвестны ученым, — рассказывает руководитель проекта «Сохраним русскую выхухоль!» Геннадий Викторович Хахин, заведующий лабораторией ВНИИ охраны природы, один из крупнейших специалистов по выхухоли в России. — Наблюдать в природе за зверьками с сумеречной активностью очень сложно. По-видимому, не более пяти беспомощных детенышей появляются в семье в начале лета, и только через 8–10 месяцев хохулята могут начать самостоятельную жизнь. Мало изучены и отношения между соседями. Даже срок жизни зверьков точно не известен. Численность выхухоли подсчитывают поздней осенью: по следам жизнедеятельности, остаткам трапезы на кормовых столиках, пустым раковинам моллюсков, находят вход в жилые норки».

В 2000–2001 г. Центр охраны дикой природы организовал учет выхухоли на территории России. Предыдущий полный учет проводили только в 1985 г. Однако нынешние результаты внушают тревогу. Только в некоторых местах былого процветания выхухоль сохранила свою численность, а в целом ее поголовье за 15 лет сократилось с 40 тысяч до 28–30 тысяч зверьков. Сейчас большая часть популяции живет в бассейнах Волги и Дона, поменьше в бассейнах рек Днепр и Урал. Сохранилась выхухоль в Западной Сибири, куда ее расселили.

Почему же вымирает выхухоль? Ее добыча в России запрещена почти 50 лет. Но уж больно привередлив ровесник мамонта к месту, где может жить. Не так много осталось подходящих чистых речек, не испорченных человеком. Зверьки бедствуют и гиб-



нут от сильных паводков и во время жары, когда водоемы пересыхают. Часто выхухольевые угодья оказываются затопленными водохранилищами, а любимые ими поймы рек — осушенными и затопленными. У выхухоли много врагов: одни истребляют зверьков, другие разоряют их норы. Это лисица, енотовидная собака, выдра, горностаи, хорь, хищные птицы, вороны, кабаны, пасущийся скот. Под водой могут напасть щука и сом. Зверьки страдают и от акклиматизированных «чужаков» — американской норки и ондатры. Но самая страшная напасть — рыболовные сети и ловушки. Хохули запутываются в прочных капроновых снастях и погибают от удушья. Вольготнее выхухоль чувствует себя рядом с бобрами, которые рвут сети, и поэтому рыбаки избегают их ставить около бобровых поселений.

Как же спасти выхухоль? Первый шаг — учет численности — сделан. Теперь необходимо вкладывать средства в охрану вида и мест его обитания.

ПРИГЛАШАЕМ НА ПОСТОЯННУЮ РАБОТУ

**химиков, специалистов
в области органического синтеза,**

а также программистов
(желательно с химическим образованием)



**в московскую лабораторию
фирмы ChemBridge Corporation**
с перспективой работы за рубежом
оклад 12–25 тыс. рублей + премия
Иногородним предоставляется общежитие

Для рассмотрения Вашей кандидатуры
присылайте резюме.

E-mail: job@chembridge.ru

**Предлагаем спонсорскую поддержку
конференций и симпозиумов
по органической химии**

**Факс: (095) 956-49-48 Тел.: (095) 784-77-52,
E-mail: chembridge@online.ru 246-48-11
Почтовый адрес: 119048 Москва а/я 424**



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Машина со встроенным полицейским

Одна из самых распространенных причин аварий на дорогах — управление автомобилем в нетрезвом виде. Степень опьянения водителей научились определять давно — по дыханию, с помощью специального газоанализатора. Но останавливать каждый автомобиль и просить водителя «дыхнуть» — нереально, все равно кому-то удастся проскочить. Американские инженеры из Техасского христианского университета разработали миниатюрный встроенный детектор, который анализирует дыхание водителя непосредственно во время движения (по сообщению агентства «New Scientist», от 13 марта 2002 г.).

Детектор представляет собой электрохимический элемент, а топливом для него служат пары этилового спирта. Насос закачивает в ячейку воздух из салона автомобиля, платиновый катализатор превращает спирт в уксусную кислоту, и в результате этой химической реакции вырабатывается слабый электрический ток. Микрочип анализирует силу тока и, если она превышает допустимую величину, включает беспроводный передатчик, который посылает сигнал дорожной полиции. Сигнал регистрируется в радиусе до одного километра от машины, так что дорожный патруль может легко поймать нарушителя.

Детектор достаточно мал, поэтому его можно незаметно монтировать в рулевое колесо или солнцезащитный экран над головой водителя. Запах алкоголя улавливается на расстоянии до полуметра, так что дыхание пьяного пассажира не должно повлиять на показания датчика.

Опытный образец встроенного детектора опьянения собран из стандартных деталей и стоит около 100 долларов. Эд Колезар, руководитель проекта, заявил о своем намерении в ближайшее время начать переговоры с компанией «Дженерал моторс» об оснащении новых автомобилей такими приборами.

Власти некоторых штатов США уже давно требуют, чтобы людям, однажды наказанным за вождение в нетрезвом виде, устанавливали на автомобили специальные защитные замки с газоанализатором. То есть водитель не сможет включить зажигание, пока не дыхнет «в трубочку». Однако, по мнению Колезара, предложенная им система дешевле, проще и действует независимо от водителя. Кроме того, ее труднее обмануть. Испытания показали, что духи, одеколон и пары бензина не действуют на детектор. Правда, табачный дым отвлекает катализатор, поэтому может потребоваться ежегодная проверка работоспособности бдительного прибора. Если водитель не только выпивоха, но и курильщик, поймать его будет труднее.

Е.Лозовская

Пишут, что...



...2002 год ООН объявила годом гор («Известия Академии наук, серия Географическая», 2002, № 1, с.8)...

...специалисты фирмы «Celera Genomics», которые в прошлом году объявили о расшифровке генома человека, уже идентифицировали в нем 26 588 генов, кодирующих белки («Российский физиологический журнал», 2002, № 2, с.131)...

...особенности химического мышления затрудняют восприятие абстрактно-логических рассуждений и математических формул («Журнал аналитической химии», 2002, № 2, с.193)...

...существует много внешних, внеядерных факторов, которые влияют на вероятность радиоактивного распада ядер («Радиохимия», 2002, № 1, с.49)...

...магнитно-резонансная томография позволяет с высокой эффективностью диагностировать травматические, воспалительные и опухолевые процессы в суставах («Актуальные проблемы современной науки», 2001, № 3, с.176)...

...в экономически развитых странах лучевую терапию применяют для лечения 70—75% онкологических больных, а в России — только 25—30% («Вестник РАМН», 2002, № 3, с.51)...

...английские физики, облучая мощными лазерными импульсами плазму, получили самое сильное магнитное поле из когда-либо достигнутых в лаборатории — с магнитной индукцией в 340 мегагаусс («Nature», 2002, т.415, с.280)...

...рентгеноструктурный анализ фторфуллерена $C_{60}F_{48}$ показал, что он имеет форму сферы с вмятинами («Физика твердого тела», 2002, т.44, вып.3, с.405)...

...в среднем по России 20,3% проб питьевой воды из водопроводной сети не отвечает нормативам по химическим показателям и 9,3% — по микробиологическим («Здравоохранение Российской Федерации», 2002, № 2, с.6)...

Пишут, что...



...светящиеся бактерии, которые обитают в Черном море, можно использовать в качестве биоиндикаторов токсичности различных веществ («Прикладная биохимия и микробиология», 2002, № 2, с.219)...

...люминесценция газов около поверхности фруктов позволяет визуализировать запахи плодов («Химическая физика», 2002, № 2, с.103)...

...в последние годы доля угля в производстве электроэнергии в России постоянно снижалась и составляет сейчас 12—14%, что в 3—3,5 раза ниже, чем в развитых странах («Уголь», 2002, № 1, с.36)...

...большинство американцев поддерживают идею эвтаназии, потому что хотели бы закончить жизнь дома, среди родных и друзей, быстро и без боли («США и Канада: экономика, политика, культура», 2002, № 2, с.51)...

...сейчас известно более 4000 минералов, и их число постоянно растет («Записки Всероссийского минералогического общества», 2001, № 6, с.42)...

...по мнению академика В.Л.Гинзбурга, в России нужно начать издавать журнал «Физика и астрономия сегодня», который был бы аналогом журналов «Physics Today» и «Physics World» («Успехи физических наук», 2002, № 2, с.219)...

...в мире уже есть целая отрасль электронной промышленности, которая разрабатывает устройства на основе ПАВ — поверхностных акустических волн («Радиотехника», 2002, № 1, с.107)...

...удельный вес России на мировом рынке гражданской наукоемкой продукции составил в 2000 году около 0,2%, для сравнения США — 24%, Японии — 20% («Горный журнал», 2002, № 1, с.3)...

...только за последние пять лет из российской науки ушли 800 тыс. человек, и теперь средний возраст наших научных работников превышает 50 лет («Поиск», 22 марта 2002 г., с.3)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Новости о предках

Мы летаем в космос, но до сих пор не можем окончательно выяснить собственную родословную! Последняя находка антропологов в очередной раз меняет наши взгляды на эволюцию человека. Установлено, что человек прямоходящий — *Homo erectus* — единый вид, впоследствии разделившийся на африканскую и европейскую популяции. Прежде большинство специалистов считали их двумя разными видами.

Это открытие было сделано при исследовании черепа, найденного в Эфиопии выпускником Калифорнийского университета Генри Гилбертом. Череп довольно хорошо сохранился, не рассыпался на фрагменты, как это происходит с большей частью подобных находок. Вместе с куском горной породы, в которую он был заключен, его отвезли в Аддис-Абебу, где эфиопские и американские ученые осторожно извлекли череп из камня и тщательно изучили.

К их разочарованию, у находки отсутствовала нижняя часть. Можно предположить, что древний человек стал жертвой хищного зверя — льва или крупной гиены, которые обычно таким образом вскрывают череп, чтобы добраться до мозга. Тем не менее по форме свода специалисты определили, что череп принадлежит *Homo erectus*. Его характерные черты — покатый лоб с массивными надбровными дугами, мозговая часть скорее продолговатая, чем сферическая.

Находку смогли сравнить с аналогичной азиатской (того же периода). «Прежде в распоряжении антропологов были ранние африканские и поздние азиатские останки *Homo erectus*, — комментирует Генри Гилберт. — Они довольно сильно различались, и их обладателей считали разными видами». Теперь появились убедительные доказательства, что человек прямоходящий миллион лет назад широко распространился по всему Старому Свету и был самым успешным биологическим видом (по сообщению агентства «EurekAlert!» от 20 марта 2002 г.).

Предполагают, что человек прямоходящий появился около 1,8 млн. лет назад и расселился по Африке, Азии и Европе. Наступление ледника 950 тысяч лет назад разделило единый вид на несколько популяций, которые затем развивались изолированно. Африканская популяция, вероятно, дала начало предкам современного человека, европейская ветвь породила неандертальцев, а азиатская вымерла. Это произошло примерно 400 тысяч лет назад.

Н.Маркина



А.Р.ОРЛОВУ, Севастополь: *Метеоритный кратер Одесса к городу Одессе отношения не имеет и находится в США.*

А.М.ТИМОФЕЕВУ, Красноярск: *Охры — это группа природных пигментов (от светло-желтых до коричнево-желтых цветов), содержащих гидроксиды железа с примесью алюмосиликатов; утверждение, сделанное комментатором фильма «Прогулки с чудовищами», будто первобытные люди нанесли на лица охристую глину, чтобы отпугивать кровососущих насекомых, не совсем точно — подобная «маска» затрудняет доступ к коже и уменьшает запах пота, но вряд ли может действовать как химический репеллент.*

Н.Г.КРУТСКОМУ, Москва: *«Белой сажой» называют аморфный тонкодисперсный диоксид кремния, который используют в производстве резины в качестве наполнителя.*

В.Ю.ЗАРАЙСКОМУ, Казань: *Иммерсионное кедровое масло, применяемое в микроскопии, — в самом деле кедровое; это продукт фракционной перегонки кедровой живицы с показателем преломления 1,5150 — 1,5170.*

АЛЕКСЕЮ, вопрос из Интернета: *Ваш знакомый мурманчанин не шутил, дельфины действительно встречаются в Баренцевом и Балтийском морях, например дельфин-белобочка, беломордый и атлантический.*

А.В.ВОРОБЬЕВОЙ, Санкт-Петербург: *Согласны, что словосочетание «красотка девушка, самец» звучит нетривиально, но симпатичных стрекоз с темно-синими крыльями назвал «девушками» сам Карл Линней, так что не будем его исправлять...*

АВТОРАМ «улучшенных» вариантов таблицы Менделеева: *Сожалею, но «Химия и жизнь» вариантов Периодической таблицы не печатает уже не первый десяток лет, и это решение пока остается в силе.*

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: *Приносим извинение за отсутствие буквы «м» перед «бэр» в «Переписке» № 4 (доза при флюорографии на самом деле составляет 370 миллибэр); конечно, это была опечатка, спасибо всем, кто заметил.*

Любящая росу

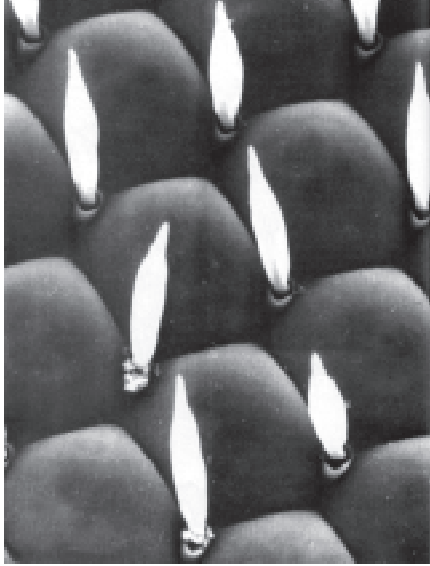
Начало двадцатого века — время рождения генетики. Вспыхнув одновременно в нескольких лабораториях, пламя новой науки охватило многие умы. Сразу появились и последователи менделизма, и решительные его противники. Не стоит обвинять противников в мракобесии: это были в высшей степени добросовестные ученые и сомневались они в законах Менделя потому, что очень многие факты этим законам явно противоречили, а молодая генетика еще не могла эти противоречия объяснить. Параллельно с генетикой возникла, но еще не оформилась хромосомная теория наследственности. Ее авторы, американец Вальтер Саттон и немец Теодор Бовери, независимо друг от друга предположили, что гены расположены в хромосомах, но аргументы у них были слабенькие, и хромосомная теория наследственности тоже сразу приобрела противников. Эмбриолог Томас Хант Морган не верил ни в законы Менделя, ни в хромосомную теорию. Обосновать свою позицию он, как и следует ученому, решил экспериментально, а в качестве объекта исследования выбрал плодовую мушку дрозофилу. Так получилось, что Моргану суждено было стать корифеем классической генетики и фактическим создателем хромосомной теории наследственности, а дрозофилу надо было бы поместить на герб Генетики, если бы таковой имелся.

Дрозофила — это целый род мух, который включает более тысячи видов. Мы же, говоря «дрозофила», будем подразумевать самый изученный ее вид — *Drosophila melanogaster*. Дрозофила — мушка махонькая, длиной не более 3 мм. В природе они выютяются вокруг перезревших плодов и питаются их соком. Отсюда их бытовое название — плодовая мушка. На кухнях дрозофила состоит при компотах, вареньях и перележавших фруктах. Иногда раздраженные владельцы кухонь обращаются к знакомым биологам с просьбой вывести мушку, но в ответ слышат только жизнерадостный хохот: травить объект исследования ученые не умеют, они его разводят.

В лаборатории дрозофила живет в пробирках. На дне пробирки находится корм, сваренный из манной крупы, сухофруктов и агар-агара — корм должен быть плотным, чтобы мухи в нем не увязали. Вместо крышки у пробирки ватная пробка, через которую проходит воздух. Мухи откладывают яйца прямо в корм, и уже через день в пробирке начинают шевелиться белые червячки — личинки. Личинки растут и через 4,5–5 суток превращаются в куколок — на стенках пробирки повисают коричневые мешочки. Еще через 3,5–4,5 суток из куколки выходит, наконец, взрослая муха — мечта генетика. Мухи вылупляются на заре, когда выпадает роса, отчего и возникло греческое название насекомого — любящая росу («дрозо» — роса, влага, «фил» — люблю). Этот час не должен пропустить генетик, который желает скрестить дрозофил. Ему надлежит отобрать для скрещивания еще неоплодотворенных самок. Мухи сохраняют девственность в течение первых 3–4 часов после вылета, девушку можно узнать по нерасправленным, слегка загнутым крыльям, сложенным на спине. Отобранную пару сажают в чистую пробирку, и цикл начинается сначала. В результате одного спаривания дрозофила откладывает до 300 яиц. За год сменяется 25 поколений мух, а через два года после начала работы с дрозофилой генетик наблюдает наследование того или иного признака, сравнимое с передачей его у людей со времен Римской империи.

Помимо простоты разведения и высокой плодовитости, к достоинствам мух можно добавить огромное число разнообразных





На фото слева направо — лапка, фасетки глаза и голова разных видов *Drosophila*. (Фотографии, любезно предоставленные В.Г.Митрофановым, сделаны в Институте энтомологии Чешской Академии наук)



ЖЕРТВА НАУКИ

мутаций, большинство из которых хорошо заметны и красочны, например серое или желтое тело; прямые или загнутые крылья; длинные, короткие или курчавые щетинки; а цвет глаз может быть красный, ярко-красный, белый, бурый и абрикосовый. Рассматривать этих насекомых в лупу или биноклюлярный микроскоп — сплошное удовольствие, правда, их предвительно приходится усыплять эфиром, чтобы объекты исследования не разлетались. А теперь о грустном. После того как сотни мух просмотрены и их мутации учтены, в них больше нет надобности. Из всего стада уцелеют лишь единицы, которым предстоит произвести на свет следующее поколение. Остальные закончат жизнь в морилке. Содержатели дрозофилы тщательно следят, чтобы мухи не летали вольно по лаборатории и не нарушали в ней порядка. Каждый студент-генетик погубил не одну тысячу мух, что уж говорить об ученых, которые работают с дрозофилой всю жизнь!

Оправданны ли такие жертвы? Чтобы ответить на этот вопрос, наберем побольше воздуха и перечислим лишь основные научные открытия, сделанные на дрозофиле. Итак, Т.Морган и его ученики разработали хромосомную теорию наследственности (гены располагаются в хромосомах в определенном порядке), установили, что существуют признаки, сцепленные с полом, и признаки, которые почти всегда передаются вместе (сцепленно), описали кроссинговер — обмен гомологичными участками гомологичных хромосом. На дрозофиле разработали генетику пола и методы определения порядка последовательности генов в хромосомах, которые используют до сих пор на любых объектах. Знаменитый «эффект положения» — зависимость проявления гена от его позиции на хромосоме — впервые описал ученик Мор-



гана А.Стертевант, работавший, конечно, с дрозофилой. Советские генетики Б.Н.Сидоров и Н.П.Дубинин установили, что гены могут иметь не одно, не два, а множество функциональных состояний — аллелей. На дрозофиле изучали действие радиации и других факторов, вызывающих мутации, установили механизмы возникновения мутаций и создали методы их количественной оценки. На дрозофиле удобно также проводить популяционные исследования, благо вся популяция умещается в небольшом ящике. На ней изучают даже генетику поведения. А в слюнных железах личинок дрозофилы есть политенные хромосомы. Это хромосомы, которые делятся, но не расходятся, а лежат, вытянувшись, вплотную друг к другу. Под микроскопом они полосатенькие, и можно определить соответствие между полоской и определенным геном. У каждой хромосомы своя характерная полосатость. В некоторых лабораториях фотографии участков политенных хромосом наклеивают на кубики, из которых потом собирают целую картинку — игра для начинающих специалистов. Среди замечательных заслуг дрозофилы — открытие и изучение мобильных генетических элементов животных. По полноте информации о структуре генома дрозофила стоит на первом месте

среди высших эукариот. Перевели дыхание? А перечень-то самый краткий. При чем главное в этих многочисленных открытиях — их фундаментальность. Подавляющее большинство генетических закономерностей, присущих дрозофиле, справедливо и для слона.

Благодаря генетикам дрозофила стала привычным лабораторным животным. С ней охотно работают эмбриологи, изучая развитие насекомых. Ее полюбили физиологи и нейрохирурги: оказывается, нервные клетки дрозофилы, пересаженные вместе с нейронами человека в человеческий мозг, облегчают приживление трансплантата. Донорская ткань не отторгается, и тканевой рубец при пересадке не образуется (работы Л.И.Корочкина). А болезней, при которых необходима пересадка нейронов, много — один инсульт чего стоит.

Уже не один раз ученые думали, что дрозофила как объект исследования себя исчерпала, но каждый раз она удивляет и преподносит что-то новое. Генетик, который не поставил ни одного дрозофилиного скрещивания, подобен музыканту, не знающему нот. Поэтому работать с дрозофилой учат каждого студента-биолога, и долго им снятся красные мушинные глаза.

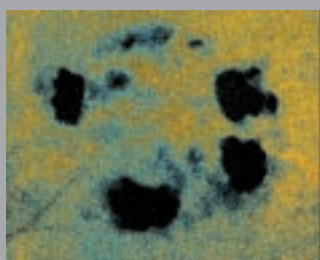
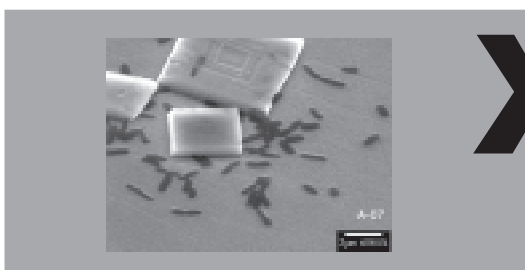
Н.Резник



ИнформНаука

Агентство научных новостей

Вниманию руководителей университетов, вузов, научных организаций и лабораторий!



Хотите знать, что сейчас происходит в российских и зарубежных научных лабораториях? Хотите, чтобы ваши студенты и преподаватели были в курсе последних научных новостей? Агентство «ИнформНаука» готово обслуживать библиотеки университетов, вузов и научных организаций. Каждую неделю вы будете получать по электронной почте 16 адаптированных сообщений об исследованиях российских и зарубежных ученых по всему спектру наук, если подпишетесь на наши услуги.

Звоните (095)267-54-18
Пишите textmaster@informnauka.ru

