



СНЗМЖ И РИМНИХ

2001







11

Химия и жизнь—XXI век

Ежемесячный
научно-популярный
журнал

2001

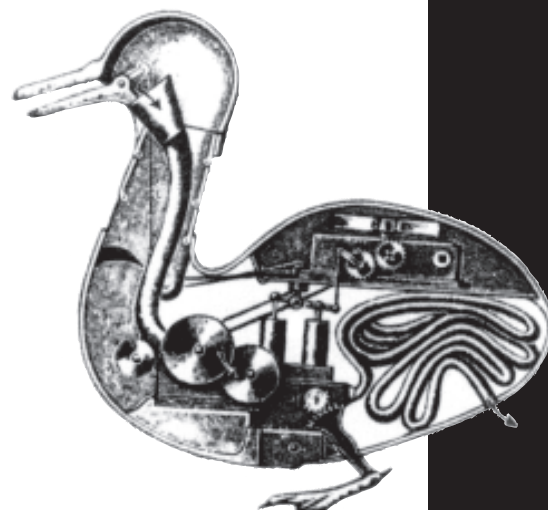
«Свалиться с пола невозможно».

Закон Пауля



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Астрина
к статье «Нужно ли контролировать
ситуацию»*

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — картина
Мориса Дениза «Музы в парке». Это сколько же
надо было человечеству совершить подвигов
и открытий, чтобы дойти до жизни такой!
Читайте об этом в статье «Из ниоткуда
в никуда»*





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 19.10.2001
 Допечатный процесс ООО «Марк Принт энд Паблшер», тел.: (095) 924-96-88
 Отпечатано в типографии «Финтрекс»

Адрес редакции
 107005 Москва, Лефортовский пер., 8

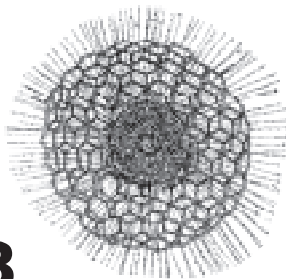
Телефон для справок:
 (095) 267-54-18,
e-mail: chelife@informnauka.ru
 Ищите нас в Интернете по адресам:
<http://www.chem.msu.su:8081/rus/journals/chemlife/welcome.html>;
<http://www.aha.ru/~hj/>;
<http://www.informnauka.ru>

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

Подписные индексы:
 в каталоге «Роспечать» — 72231 и 72232
 (рассылка — «Центрпресс», 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»



8

Открыт принципиально новый класс материалов с уникальными свойствами.

16

Физики из Троицка сумели вырастить букет графитовых цветов, лес нанотрубок, кристаллы с симметрией пятого порядка, что противоречит принципам кристаллографии, и алмазные иглы.



Химия и жизнь — XXI век

36

Премьера рубрики «Человек: вчера, сегодня, завтра». Меняется ли современный человек? Если нет, то почему, а если меняется, то как, в каком направлении и, главное, каким он может стать в обозримом будущем?



ИНФОРМНАУКА

СЕНСАЦИЯ: КЕФАЛЬ ОСВАИВАЕТСЯ В СЕВЕРНЫХ ВОДАХ	4
ПОЧЕМУ АЛКОГОЛИКИ БЫСТРО СТАРЕЮТ	4
ОБОРОТНАЯ СТОРОНА ЖЕНЬШЕНЯ	5
СВАДЬБЫ НАДО ИГРАТЬ ОСЕНЬЮ	5
ИСТОРИИ ЛЮБВИ НА ГУСИНОМ ОСТРОВЕ	6
КОРОВАМ НУЖЕН ТРЕНЕР	6
СКОРО ДЕНЬ РОЖДЕНИЯ? НЕ РАДУЙТЕСЬ!	7

ТЕХНОЛОГИЯ

Б.В.Фенелонов МММ БЕЗ ОБМАНА ИЛИ НОВОЕ В БИОМИМЕТИКЕ	8
--	---

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

В.А.Голодов СИНЕРГИЗМ В КАТАЛИЗЕ, ДАЛЕЕ ВЕЗДЕ	12
---	----

ТЕХНОЛОГИЯ

В.А.Павшук ИЗОТОПЫ В ВЕДРЕ	14
--	----

ФОТОИНФОРМАЦИЯ

С.Алексеев АЛМАЗНЫЕ ИГЛЫ И ГРАФИТОВЫЕ ЦВЕТЫ	16
---	----

РАЗМЫШЛЕНИЯ

М.В.Фридман IQ: ПРЕДОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЛИ ЕЕ ИЛЛЮЗИЯ?	20
--	----

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Д.А.Жуков НУЖНО ЛИ КОНТРОЛИРОВАТЬ СИТУАЦИЮ?	24
В.Б.Прозоровский ДОФАМИН	28

ИНФОРМНАУКА

О кефали в Охотском море, о том, что пьянство приносит наибольший вред при плохом питании, о связи между месяцем зачатия и хромосомными аномалиями у потомства, о сложностях семейной жизни у казачков и оздоровительной ходьбе для коров.

14

ТЕХНОЛОГИЯ

Диагностика с применением технеция-99m могла бы стать альтернативой рентгену, но где производить изотоп, если работающих реакторов становится все меньше и меньше? Ответ на этот вопрос нашли в Российском научном центре «Курчатовский институт».

18

НОВОСТИ НАУКИ

О пробеле в истории мироздания, о нанопорах, читающих ДНК, а также о том, как биохимики и биотехнологи сражаются с диабетом.

50

ИЗ ДАЛЬНИХ ПОЕЗДОВ

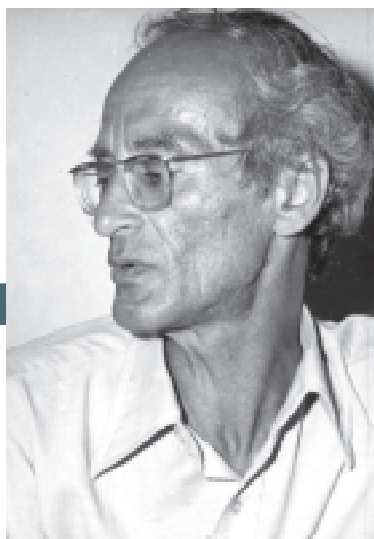
Наш человек в Геттингене: Институт биофизической химии имени Макса Планка уже в седьмой раз приглашает журналистов в гости к ученым, чтобы дать возможность людям, пишущим и говорящим о науке, погрузиться в мир науки.

55



«Зеленые» говорят, что трансгенная кукуруза погубит бабочек-монархов. Генные инженеры доказывают, что она, наоборот, поможет им выжить. Кто прав?

74



Инженер-термист, писатель, рукодельник, умевший справляться с любым закапризничавшим «железом», литературный критик — это все Саша, Александр Исаакович Мирер (1927—2001).

ЧЕЛОВЕК: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

А.А.Травин НИОТКУДА ИЗ НИКУДА	37
П.Ю.Черносвитов ПЛЮСКВАМПЕРФЕКТ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА	41

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Е.Я.Тетушкин ГЕНЫ, ДЕЛАЮЩИЕ НАС ЛЮДЬМИ, БУДУТ НАЙДЕНЫ	45
---	----

ИЗ ДАЛЬНИХ ПОЕЗДОВ

Н.В.Маркина ЗЕЛЕНЫЙ БЕЛОК, ЖЕЛТЫЕ ПОЛЯ И ИНСТИТУТ МАКСА ПЛАНКА	50
--	----

РАССЛЕДОВАНИЕ

М.Литвинов О ГИБЕЛИ МОНАРХОВ	55
--	----

САМОЕ, САМОЕ В ХИМИИ

И.Леенсон О ВКУСАХ НЕ СПОРЯТ	58
--	----

ПОРТРЕТЫ

М.Левцкий ОТКРЫТИЯ И СУДЬБЫ	64
---	----

ФАНТАСТИКА

Анкл Ривер ЧЕСТЬ ВОИНА	68
--	----

ЛИТЕРАТУРНЫЕ СТРАНИЦЫ

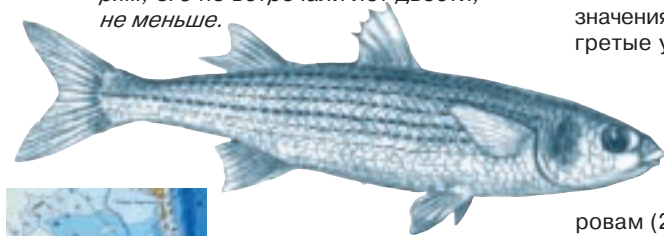
Александр Зеркалов ЕВАНГЕЛИЕ МИХАИЛА БУЛГАКОВА (ОТРЫВКИ ИЗ КНИГИ)	74
---	----

НОВОСТИ НАУКИ	18	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	78
РАЗНЫЕ РАЗНОСТИ	34	ПИШУТ, ЧТО...	78
ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ	60	ПЕРЕПИСКА	80



Сенсация: кефаль осваивается в северных водах

Произошло невероятное: в северной части Охотского моря, в Тауйской губе, появилась теплолюбивая рыба кефаль-лобан, и не одна-две рыбешки, а множество. Лобан предпочитает температуру выше 10°, и в Охотском море, тем более в его северной части, которую по ледовым и температурным условиям приравнивают к арктическому морю, его не встречали лет двести, не меньше.



Лобан обитает в тропических и умеренных водах Атлантического, Индийского и Тихого океанов, благоденствует в Черном море. На Дальнем Востоке он не заплывает севернее лимана Амура, кото-

рый находится в 1000 километрах от Тауйской губы. А тут рыбаки поставили сети на гольца, а наловили кефали, причем за ночь в одну сеть попадало до 15–20 лобанов, что свидетельствует о его массовом подходе к берегам. Рыбаки, очевидно, удивились, поскольку доставили несколько экземпляров лобана разной степени сохранности в лабораторию ихтиологии Института биологических проблем Севера ДВО РАН для определения и изучения.

Кефаль-лобан имеет в длину около 40 см, голова и спина у него темно-серые, с металлическим отливом, бока и брюхо — серебристо-белые, а вдоль тела, начиная от верхней части спины, идут 10–11 рядов темных пятен. И много белых и серых плавников. Свое название она получила из-за широкого приплюснутого лба. При более внимательном изучении оказалось, что лобана встречали не только в устье реки Тауй, но и в других районах северного побережья Охотского моря. В течение двух лет почти тропическая рыба существенно продвинулась на север, в зону вод с субарктическим температурным режимом.

Максимальная температура воды в разных районах Тауйской губы обычно 13–16° (в августе). При такой температуре взрослые рыбы могут зимовать, но нерестятся они только при 21–27°. Нерест проходит у поверхности воды с конца июня до середины августа. Следовательно, появление лобана у северного побережья Охотского моря означает, что летом верхний слой воды в нем начал сильно прогреваться, причем не только в прибрежной, но и в открытой части моря.

Анализ спутниковых карт температуры поверхности океана за август–сентябрь показал, что в Охотском море возникли три очага с теплой водой. Первый — в Сахалинском заливе, где абсолютные значения составляли 19–21°; хорошо прогретые участки встречаются и в откры-

том море к северо-востоку от залива. Второй, более обширный, район располагается в южной части моря на акватории, прилегающей к о. Хоккайдо и южным Курильским островам (21–22°); отсюда область теплых вод распространилась вплоть до северной оконечности Сахалина. Третий очаг тепла находится близ средних и северных Курильских островов.

Ученые полагают, что лобан зашел в теплые воды, отнерестился, да там и остался; из этих мест его течениями занесло к северному побережью. По мнению ученых, появление кефали-лобана на севере представляет значительный научный интерес, а дальнейшие исследования покажут, случайность это или лобан пришел всерьез и надолго.

Почему алкоголики быстро стареют

Пьянство, безусловно, вредит здоровью. Но этот вред еще усугубляется неправильным питанием. По данным ученых Северного государственного медицинского университета (Архангельск) и НИИ морфологии человека МЗ РФ (Москва), недостаток белков и витаминов в рационе хронически пьющих крыс приводит к ускоренному старению эритроцитов.

Эритроциты, красные кровяные тельца, переносят кислород. Чтобы клетки справлялись с этой задачей, они должны иметь

определенную форму и достаточное количество гемоглобина.

Многие факторы влияют на деятельность эритроцитов, в том числе химический состав пищи. При нехватке белков эритроциты плохо взаимодействуют с железом, а это приводит к снижению концентрации гемоглобина в крови. Витамины повышают эффективность кроветворения. Российские ученые сосредоточили внимание на том, как влияет диета на внешний вид эритроцитов. Форма, размеры, наличие или отсутствие пузырьков в этих клетках — показатели их физиологического состояния. Особая форма эритроцитов (двояковогнутый диск) способствует переносу дыхательных газов и обеспечивает клеткам возможность протискиваться через узкие капилляры. По мере старения клеток или при изменении их формы пластичность эритроцитов снижается. Такие клетки задерживаются в селезенке и разрушаются там.

Ученые использовали 120 белых самцов крыс, которых разбили на группы. Крысы первой группы получали достаточное количество белка при недостатке витаминов, второй группе не хватало белка, третьей — и белков, и витаминов, а животные четвертой, контрольной, группы получали стандартный рацион вивария. Половине крыс из каждой группы вводили через желудочный зонд 40%-ный раствор этанола из расчета 7 г/кг массы тела в течение 21 или 42 дней, остальных крыс накачивали дистиллированной водой. Исследователи подчёркивают, что они проводили эксперимент с соблюдением принципов гуманного отношения к лабораторным животным. По окончании эксперимента животных забивали и рассматривали эритроциты под электронным микроскопом.

Алкоголь вреден даже тем крысам, которых кормили нормально. Через 42 дня накачивания спиртом, или, как это называют физиологи, алкогольной затравки, до 30% эритроцитов набухали, были слишком большие или слишком маленькие. При нехватке витаминов или белков отклонения от нормы проявлялись гораздо раньше и были значительно сильнее, отличаясь в деталях в разных группах. Это говорит о том, что эритроциты в таких условиях выполняют свои задачи с изрядным напряжением. Эритроциты у недоодеждающих пьющих крыс меньше живут и медленнее созревают, исследова-



тели обнаружили много стареющих форм. А иногда клетки разрушаются полностью. Отсюда, по мнению исследователей, всего один шаг до полного дисбаланса системы эритроцитов, их истощения и функциональной недостаточности, то есть анемии — тяжелого заболевания.

Пить всегда плохо, но вреднее всего напиваться при постоянном недоедании. Речь идет о ежедневном, полноценном питании, а не просто о закуске, и закусывать лучше не горбушкой хлеба или соленым огурцом, а кусочком осетрины или, на худой конец, колбасы.

Оборотная сторона женьшеня

В любой аптеке продают настойки золотого корня, женьшеня и другие препараты, которыми мы привыкли себя укреплять и защищать от стрессов. Однако постоянный прием адаптогенов истощает ресурсы организма — к такому выводу пришли ученые из Кемеровского государственного университета.

Современное общество живет в условиях постоянного стресса и борется с ним по-разному: кто занимается йогой, кто после работы опрокидывает стакан водки, а кто пьет валерьянку. Медицина же рекомендует в этих случаях принимать адаптогены — препараты, которые повышают выносливость организма, позволяют ему лучше приспособиться к окружающим условиям, иначе говоря, адаптироваться. Но так как мы испытываем стресс почти все время — от шума, тесноты, плохого питания, нервной обстановки на работе, долгих поездок в набитом транспорте, изнуряющих автомобильных пробок, да мало ли от чего еще, — то и бороться с ним надо постоянно. Однако исследования, проведенные в Кемеровском государственном университете, показали, что злоупотреблять адаптогенами нельзя.

Ученые обследовали 11 добровольцев (8 женщин и 3 мужчин) от 19 до 27 лет, не имевших в это время острых заболеваний и обострений хронических болезней. После антропометрических исследований у испытуемых регистрировали ЭКГ, брали на анализ кровь из пальца и определяли динамику эмоционального состояния личности с помощью цветового теста Люшера. Сразу после этого добровольцы получали медицинский препарат женьшеня; начав с 10 капель в сутки, они ежедневно увеличивали дозу на одну каплю. С 10-го по 14-й день дозы воз-

росли до 30–35 капель, в зависимости от самочувствия испытуемых. При этом все две недели, кроме выходных дней, у подопытных брали кровь, определяли сердечный ритм и эмоциональное состояние.

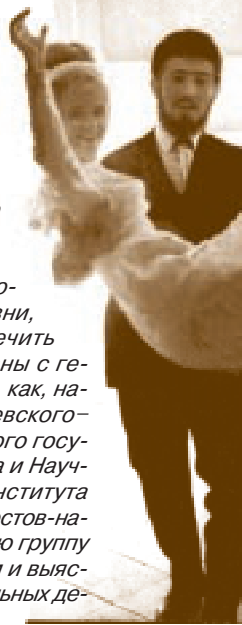
Исследования показали, что физическое состояние людей после двух недель приема адаптогена заметно меняется. В начале опыта у всех 11 человек наблюдалась легкая анемия и недостаток гормонов щитовидной железы (для Кузбасса характерен недостаток йода). Уже через неделю приема женьшеня большинство гормональных показателей пришли в норму, а число эритроцитов возросло за счет их усиленного образования. Однако эти изменения почти истощили приспособительный резерв организма, и к концу второй недели большинство показателей вернулось к исходной величине. Недельный курс женьшеня повлиял на вегетативную нервную систему, регулирующую работу сердца. Эта система уже не могла изменять сердечный ритм и тонус сосудов в тех же пределах, что в начале исследования.

Существенно изменилось и эмоциональное состояние испытуемых. В начале курса они не выказывали явных признаков усталости, напряжения и стресса. Тест Люшера характеризовал их как активных, независимых, стремящихся к самоутверждению личностей. Ситуацию они оценивали скорее интуитивно, нежели логически, а если на их пути встречались препятствия, большинство молодых людей предпочитали уходить от реальности в мир творчества и фантазий (к сожалению, ученые не сообщили, чем занимаются их подопечные). К середине обследования, вероятно под влиянием женьшеня, испытуемые старались вести себя более рационально. В то же время у них достоверно снизилась работоспособность, а уровень стрессированности, наоборот, возрос. К концу испытаний физическое состояние людей ухудшилось: накопилось ощущение усталости, напряжение и дискомфорта. Работоспособность стала еще меньше, поскольку энергозатраты организма возросли, и действия испытуемых стали менее продуктивными.

Ученые полагают, что в этом виноват женьшень. Адаптоген влияет на системы регуляции организма, а длительный прием препарата эти системы истощает. К сожалению, испытания проходили без контрольной группы, и можно только гадать, как люди, не принимавшие женьшень, переносили бы ежедневный анализ крови, изучение сердечного ритма и цветовой тест Люшера в течение двух недель. Однако рисковать здоровьем не стоит. Чтобы снять стресс, попробуйте, например, погулять в лесу, если вас, конечно, не раздражают кострища и мусор в траве.

Свадьбы надо играть осенью

Современный человек не испытывает недостатка в советах, как сохранить здоровье или исцелиться от любого недуга. Но есть болезни, которые не возьмется лечить даже шарлатан. Они связаны с генетическими нарушениями, как, например, синдром Шерешевского–Тернера. Ученые Ростовского государственного университета и Научно-исследовательского института акушерства и педиатрии (Ростов-на-Дону) обследовали большую группу больных с этим синдромом и выяснили причины рождения больных девочек.



Каждый здоровый человек имеет 46 хромосом, две из которых половые (так называемые У- и Х-хромосомы). Один из 5000 младенцев появляется на свет с единственной половой Х-хромосомой. Вторая половая хромосома теряется при образовании половых клеток у родителей. Эта аномалия называется синдромом Шерешевского–Тернера. Ростовские ученые в течение 20 лет обследовали более 200 больных, жителей Ростовской области и некоторых населенных пунктов Северного Кавказа, и проанализировали причины, которые влияют на возникновение синдрома.

Хотя у женщин две Х-хромосомы, но в каждой клетке работает только одна, вторая же «выключена», но обязательно должна наличествовать: она необходима для нормального развития половых органов. Больные синдромом Шерешевского–Тернера — женщины, но внутренне и наружные половые органы развиты у них очень слабо, а телосложение больше походит на мужское: широкие плечи и грудная клетка, узкий таз. Иногда определить заболевание по внешности ребенка можно уже с первых лет жизни, иногда позже, а к 22 годам синдром виден невооруженным глазом у всех больных. К врачам они чаще всего обращаются лет в 11–13, в период полового созревания, но медики пока могут только поставить диагноз. Ростовские ученые опросили больных и установили факторы, которые влияют на частоту рождения девочек с единственной нормальной Х-хромосомой.

Исследования показали, что возраст родителей на возникновение синдрома не влияет, но имеет значение время зачатия. Для жителей Ростовской области роковыми оказались апрель и июль, а для

населения Северного Кавказа — март и август (больше трети больных детей были зачаты именно в эти месяцы). Наименьший процент зачатий девочек с синдромом Шерешевского–Тернера, независимо от места жительства родителей, приходится на осень, в частности на ноябрь — всего полтора процента.

К факторам риска относится и профессиональная деятельность родителей, главным образом, отца. Большинство отцов имели дело с электромагнитным излучением или вредными веществами. Что же касается матерей, то больше половины из них не работали на вредных производствах, но дети у них все же родились больные.

Исследования ростовских ученых еще раз подтвердили, что урбанизация пагубно сказывается на здоровье людей. Почти 90% детей с синдромом Шерешевского–Тернера родились в городах. Авторы исследования считают проживание в промышленных центрах основной причиной, влияющей на рождение девочек с единственной половой хромосомой. Как тут не вспомнить народные традиции — жить поближе к природе, а свадьбы играть осенью.

Истории любви на гусином острове

Наблюдая за поведением белошею казарок, гнездящихся в Московском зоопарке, ученые обнаружили у них самые разные формы семейных отношений.



Есть такая птица — белошею казарка. Она относится к гусеобразным, но от гусей отличается меньшим размером и нарядной окраской. Казарка гнездится на севере, но орнитологи могут изучать ее поведение и в Московском зоопарке, что, конечно, гораздо удобнее. Помимо научного интереса, им важно знать особенности поведения и внутривидовых взаимоотношений птиц, чтобы правильно их содержать и размножить в неволе. Ученые наблюдали за популяцией белошею казарки, гнездящейся на пруду зоопарка в течение 1998–2000 годов, и узнали много любопытного.

Самые ранние супружеские пары казарок уже в феврале начали проявлять половую активность и присматриваться к местам на острове, где для них построены гнездовые домики. Это были постоянные партнеры, которые размножались в прошлом году, они хорошо знали друг друга и не тратили время на взаим-

ное узнавание и «притирку». По этой причине они смогли занять лучшие домики. Остальным парам надо было сначала найти друг друга, поэтому у них начало супружеской жизни пришлось на март–апрель.

Среди всех пар выделялась одна гомосексуальная, состоящая из двух крупных и сильных самцов. Они были необычайно агрессивны, пытались занять всю территорию острова и какое-то время не пускали туда остальных. Оказывается, среди гусей гомосексуализм — довольно распространенное явление, об этом писал еще Конрад Лоренц — классик этологии. Такие пары получают преимущество просто потому, что самец крупнее и сильнее самки. В зоопарке была еще одна пара «голубых», которые сохраняли верность друг другу в течение всего периода наблюдения. Весной самцы исполняли друг перед другом брачную церемонию, не обращая никакого внимания на самок. За демонстрацией иногда следовала попытка копуляции, причем половые роли у самцов всегда были постоянными.

Обычным, гетеросексуальным, парам нелегко было справиться с агрессивностью «голубых» и занять себе место на острове. Сражаются за место самцы, причем орнитологи заметили, что после оплодотворения, когда «квартирный вопрос» встает особенно остро, даже прежде робкие мужья становятся смелыми и отвоёвывают себе жилье.

Наконец, пять самок приступили к насиживанию яиц. Поскольку домики были расположены довольно тесно, между соседями не прекращались «коммунальные» склоки. Были случаи, когда одна пара просто выгоняла другую из домика. Некоторые пары не выдержали «пресса» и покинули остров раздора, найдя себе более спокойные места.

В то время как самка сидит на яйцах, самец находится рядом и охраняет ее. Когда самка покидает кладку для кормежки, он следует за ней и разгоняет всех окружающих казарок, чтобы его подруга могла спокойно поесть. Это нелишняя предосторожность, потому что одинокую самку во время кормежки часто преследуют чужие холостые самцы.

Отклонения в половом поведении встречались и у некоторых других птиц. Один крупный и красивый самец образовал пару с самкой, но прожил с ней всего несколько дней, после чего воспытал ненавистью не только к женскому полу, но и ко всему своему виду, держался отдельно от всех казарок, зато начал проявлять интерес к паре уток-

крякв. Когда у крякв появились птенцы, самец казарки следовал за ними и отгонял других уток и гусей.

На глаза орнитологам попала пара самок, которые держались вместе, причем одна была крупнее и сильнее другой и явно выполняла роль самца. Затем их женское общество разбил самец, который увлекся одной из самок и не обращал внимания на другую. Вскоре самец спарился с «любимой» самкой, но ее подруга не прогнала. Втроем они заняли гнездовой домик и вместе насиживали кладку. Этот тройственный союз продолжался долго, и даже после гибели самца осенью его спутницы не расстались друг с другом. Орнитологи говорят, что у гусей часто бывают основная и «дополнительная» самка. Эти последние присоединяются к супружеской паре, спариваются с самцом, но потом становятся матерями-одиночками, выращивая птенцов без помощи отца. Он им не помогает и не охраняет. Гусыням нелегко жить без мужей — они даже кормить нормально не могут без охраны. Но наблюдаемый в московском зоопарке случай отличался от типичной ситуации: самки были привязаны друг к другу и совершенно не ревновали.

Один самец, образовавший пару со старой самкой, затем сбегал к более молодой и завел новую семью. Но иногда он вспоминал о брошенной жене, подплывал к ее домику и заглядывал внутрь.

В общем, у казарок в семейной жизни чего только нет: и гомосексуализм, и измены, и «тройственные союзы», и внебрачные дети. Одним словом, ничто человеческое птицам не чуждо.

Коровам нужен тренер

В крупных хозяйствах коровы часто страдают бесплодием. В чем причина? По мнению ученых из Самарской государственной сельскохозяйственной академии, причина заключается в том, что телки мало двигаются.

Коровы дают нам не только молоко и мясо, но и телят. Для успешного материнства надо вести здоровый образ жизни, но у современных сельскохозяйственных животных такой возможности нет. Их содержат настолько скученно, что они почти не могут двигаться. Например, телята с месячного возраста живут в груп-





повых клетках, где на одного малыша приходится всего полтора квадратных метра пола. Естественно, при гиподинамии нарушается обмен веществ и многие функции организма, в том числе способность производить потомство. Сотрудник Самарской государственной сельскохозяйственной академии Х.Б.Баймишев исследовал влияние гиподинамии на бесплодие коров черно-пестрой породы. Оказывается, движение необходимо телкам с первых дней жизни для нормального развития матки.

Неподвижность коровам не свойственна. Это, конечно, не беговые животные, но в естественных условиях они следуют с пастбища и обратно, а во время еды медленно передвигаются по лугу. Современных коров кормят в стойлах, а гулять совсем не водят. Чтобы выяснить, сколько движения необходимо будущим матерям, ученый исследовал четыре группы телочек, по 40 голов в каждой. Их одинаково кормили и содержали в стандартных клетках, но животных трех опытных групп уже с двух-трех суточного возраста ежедневно заставляли ходить со скоростью 4–8 км/ч. Самые маленькие гуляли всего 10–15 минут, проходя за это время от 700 до 1800 метров (в разных группах были разные нагрузки); с возрастом время прогулки постепенно увеличивали, и, начиная с года, телки маршировали целый час, преодолевая за это время 4, 6 или 8 километров. По ходу опыта животных забивали, чтобы исследовать матки — их взвешивали, фиксировали, окрашивали, рассматривали под микроскопом и пришли к выводу о необходимости движения.

Влияние ходьбы на развитие матки заметно уже в первый месяц жизни. В опытных группах этот орган растет несколько быстрее и лучше снабжается кровью. Гуляющие животные вообще лучше прибавляют в весе, потому что матка у них больше, чем у контрольных телок. Но качество матки зависит не только от ее размера, но и от структуры. У подвиж-

ных телок лучше развиты маточные железы, внутренний слой, к которому потом прикрепляется плод, кровеносные сосуды. Когда орган сформирован, успокаиваться все равно нельзя. У неподвижных животных застаивается кровь в венозных сосудах и матка отекает.

По мнению Х.Б.Баймишева, чтобы обеспечивать нормальный рост, развитие и функционирование матки у телок черно-пестрой породы, их надо ежедневно гонять со скоростью 6 км/ч. Начинать надо с 10–15 минут, прибавляя каждые три месяца минут 10–20. Взрослым телкам для поддержания пика формы надлежит ходить целый час. Меньшие нагрузки менее эффективны, а большие, по-видимому, утомляют животное. Спорт коровам не показан.

Работа Х.Б.Баймишева представляет несомненный теоретический интерес, но, к сожалению, исследователь не рассматривает возможность его практической реализации на крупных фермах, где живут сотни животных. Очевидно, животноводам придется вводить штатную должность тренера, который будет повзводно гонять коров с нужной скоростью. Вопрос о том, не проще ли содержать коров в более естественных условиях, остается пока без ответа.

Скоро день рождения? Не радуйтесь

Какой период будет для меня удачным, а какой не очень? Когда можно начинать ответственную работу, а когда лучше отдохнуть и не браться ни за что серьезное? На эти вопросы поможет ответить исследование, проведенное учеными из Кемеровской государственной медицинской академии.

В течение года работоспособность людей изменяется. Она зависит от многих причин, в частности от даты рождения. Для каждого человека можно выделить индивидуальный годичный цикл (период от одного дня рождения человека до следующего). В течение этого отрезка времени изменяется работоспособность человека и его устойчивость к заболеваниям.

Исследователи изучали состояние здоровья у студентов в разные периоды их индивидуальных годичных циклов. Исследования прошли 157 юношей и девушек в возрасте от 17 до 20 лет. У каждого студента проверяли физическую работоспособность, устойчивость к стрессам и другие показатели состояния здо-

ровья. У юношей самая высокая работоспособность была отмечена в течение 4–6 месяцев от даты рождения. В этот период индивидуального года юноши медленнее всего старели, потребляли минимальное количество алкоголя, быстро восстанавливались после физической нагрузки. Устойчивость к стрессам была максимальной. Самым неблагоприятным периодом в индивидуальном годичном цикле для юношей оказались четыре последних месяца от даты рождения. В это время скорость старения была максимальной, а работоспособность и стрессоустойчивость — минимальными. В конце индивидуального года большое число студентов жаловалось на высокую утомляемость и плохое самочувствие.

У девушек отличия в состоянии здоровья были не так заметны, как у юношей, тем не менее и они в разные периоды индивидуального года чувствовали себя не одинаково хорошо. Наиболее благоприятный период соответствовал первым трем месяцам индивидуального года, а наиболее неблагоприятный приходился, как и у юношей, на четыре последних месяца.

Таким образом, у практически здоровых молодых людей наиболее опасным, критическим периодом является конец индивидуального года, а наиболее благоприятным — его начало. Ученые предполагают, что эту закономерность можно



объяснить следующим образом. Первый сильный стресс человек переживает во время родов, когда внезапно ребенку необходимо самостоятельно дышать, регулировать температуру тела и т.д. Кроме того, на психику обрушивается поток информации из внешнего мира. Чтобы нормально перенести появление на свет, за несколько недель до рождения организм ребенка приходит в состояние «боевой готовности». Так, в последние недели до рождения плод вырабатывает кортизол (гормон стресса) в 10 раз активнее. Каждый год организм человека как бы вспоминает свое состояние перед родами, поэтому примерно за три месяца до дня рождения самочувствие людей начинает ухудшаться.



МММ

без

обмана,

или

Новое

в биомиметике

Доктор химических наук, профессор,
заведующий лабораторией
Института катализа СО РАН
В.Б.Фенелонов

Fenelon@catalysis.nsk.su

Посвящается памяти Вячеслава Николаевича Романникова

В последнее десятилетие XX века в синтезе новых материалов произошел качественный прорыв, важность которого пока представляют лишь немногие специалисты. Но возможно, что так же незаметно на границе XIX и XX веков появились радио, ядерная физика и авиация.

Terra incognita

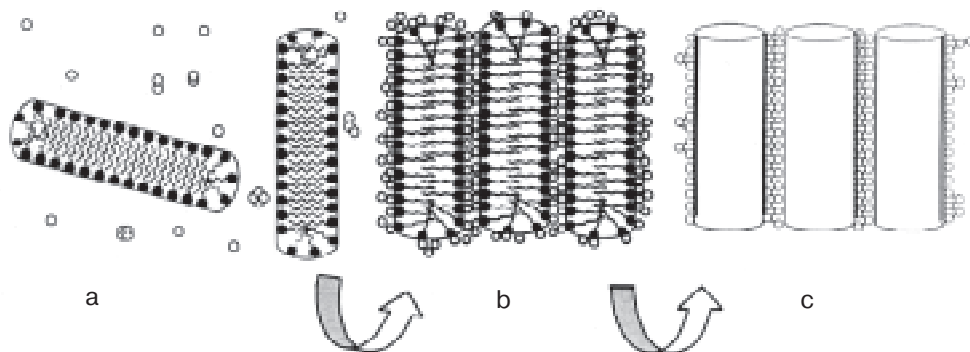
Начнем с того, что в 1992 году группа сотрудников фирмы «Мобил» описала и запатентовала принципиально новый тип пористых силикатных и алюмосиликатных синтетических материалов. Эти материалы получили довольно простым способом: смешали растворимую форму силиката с ПАВ (поверхностно-активным веществом). Уже при очень малых концентрациях в воде эти ионы ПАВ образуют цилиндрические мицеллы (рис. 1а), на поверхности которых собраны положительно заряженные участки («головные части») молекул. Когда в раствор добавляют противоположно заряженные неорганические комплексы, то они прикрепляются к поверхности мицеллы, вытесняя собственные противоионы ПАВ (обычно бром- или хлор-анионы). Потом раствор нагревают, и неорганические комплексы, осажденные на поверхности мицеллы, полимеризуются, образуя прочный трехмерный каркас из аморфной фазы SiO_2 . Остается удалить

органическую часть выжиганием, и получится порошок с удивительно регулярной пористой структурой. Эта структура определила уникальные свойства нового материала: он стабилен, по крайней мере, до 700°C , удельная поверхность его внутренних пор достигает $1000\text{--}1200\text{ м}^2/\text{г}$, а их объем — $1\text{ см}^3/\text{г}$. Но главное не в этом. Как показали исследования, проведенные в том числе и в Институте катализа СО РАН, структура этого материала подобна пчелиным сотам с толщиной стенки $h_w = 0,6\text{--}0,8\text{ нм}$ и каналами калиброванного размера d_{Me} (рис. 2). В зависимости от режима синтеза и типа ПАВ размер каналов может изменяться в диапазоне $3\text{--}10\text{ нм}$. Стенки пор имеют разупорядоченную (аморфную) молекулярную структуру, но сам материал обладает высокоупорядоченной дальней структурой, которая хорошо видна на электронномикроскопических снимках и при рентгеноструктурном анализе.

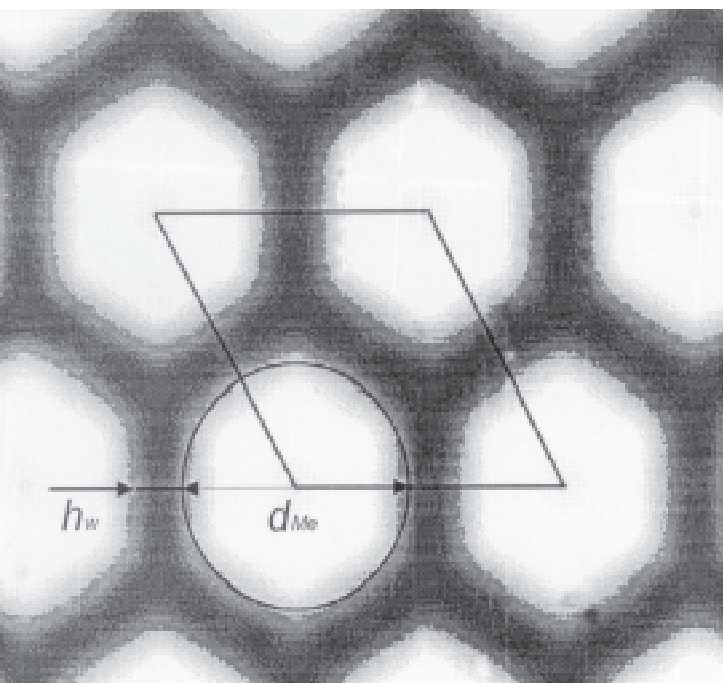
Подобно цеолитам, эти материалы способны разделять молекулы по размерам, и поэтому могут быть назва-

ны молекулярными ситами. Но размер пор в цеолитах изменяется в диапазоне $0,3\text{--}1,2\text{ нм}$, а полученный материал расширяет диапазон молекулярных сит до $3\text{--}10\text{ нм}$ и более. Кроме того, эти материалы превосходят все известные типы цеолитов по величине удельной поверхности и объему пор как минимум в два раза.

Эти пионерские работы вызвали огромный интерес. В 1993 году японцы описали другую методику получения подобных материалов, причем для доказательства приоритета ссылались на незамеченную публикацию 1990 года. Несколько позже всплыл патент США 1969 года, других авторов, где был описан синтез тех же материалов, но без их структурных характеристик. А следом обрушился шквал публикаций. Сейчас число статей на эту тему вот-вот перевалит за тысячу, прошли две международные конференции, посвященные только этой проблеме, а в следующем году состоится третья. Исследователи уже получили подобные материалы разного химического состава и размером ка-



1
Образование
неорганических
пористых материалов
(схема компании «Мобил»)



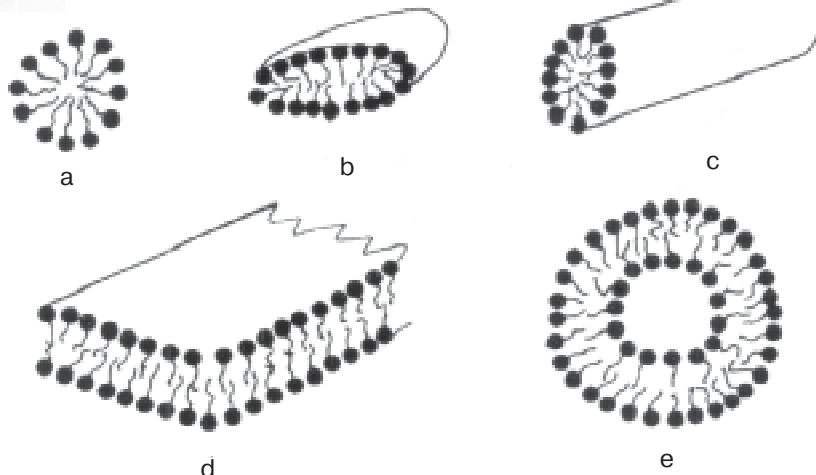
2
Размер внутренних каналов МММ можно изменять от 3 до 10 нм (на рисунке внутренняя ячеистая структура)

3
Простейшие виды мицелл, образующихся в водных растворах ПАВ: a — сферы, b — оваллоиды, c — цилиндры, d — ламеллы, e — везикулы

налов до 50 нм! Кроме той схемы синтеза, о которой мы рассказали (ее можно описать как $I-S^+$, где I — неорганический катион и S — ПАВ), исследователи реализовали схемы типа I^+S^- (через образование водородной связи), $I^+A^-S^+$ (через введение промежуточного иона) и т.д.

Причина страстных споров о приоритете, чем-то напоминающих споры вокруг открытия Америки, достаточно прозрачна — открыт целый континент новых материалов с удивительными свойствами и особенностями. И уже сейчас понятно, что, как и в случае с Колумбом, пока открыта лишь незначительная часть этого материка, а остальное — terra incognita.

Пока у этих материалов даже нет общепринятого названия, а его отдельные представители известны в литературе как MCM-41, FSM-16, MFI/MCM-41, семейство M41S, мезопористые цеолиты и так далее. Но подобные гигантские супрамолекулярные структуры, имеющие только дальний порядок, характерны для жидких кристаллов и других жидкоподобных мезофаз (фаз, промежуточных между аморфными и кристаллическими). Это позволяет отнести такие материалы к мезоструктурированным, а по характерному размеру пор — к мезопористым, поэтому их можно назвать «мезопористые мезоструктурированные (или мезофазные) материалы», а кратко — МММ. Не побоимся дальше использовать именно это название, так как печально знаменитое АО «МММ» понемногу стирается из памяти народа, а красивая аббревиатура достойна и более удачного применения.



Некоторые законы мира ПАВ

В 1968 году французский ученый Витторио Люззати обнаружил, что поведение липидно-водных систем подчиняется тем же закономерностям, что и обычные мицеллярные водные растворы ПАВ. А липиды и липопротеиды — важнейшие составляющие биологических мембран, клеток, участники многих биологических процессов, но, по сути, — типичные сложные ПАВ. Эта работа инициировала лавину экспериментальных и теоретических исследований, в которых ученые использовали простые системы вода/ПАВ для моделирования сложнейших биологических процессов.

Чтобы понять, почему так похожи ПАВ и биологические молекулы, вспомним, что они собой представляют. Известно, что «подобное растворяется в подобном». Так, например, гидрофильные (любящие воду) полярные вещества типа сахара или

соли хорошо растворяются в воде, а гидрофобные — в масле. Но ионы или молекулы ПАВ не подчиняются этому правилу, они амфифильны, то есть любят обоих (амфифильный происходит от греческих слов *amphi* — двоякий, двухсторонний, и *philos* — любить). Причина в том, что эти ионы имеют заряженную или сильно полярную гидрофильную часть («полярную голову») и достаточно длинный гидрофобный «хвост» (или несколько хвостов). Полярная голова стремится окружить себя молекулами воды, а неполярный хвост — неполярными молекулами, поэтому такие амфифилы размещаются на границе вода-масло, вода-воздух или образуют частицы-мицеллы, на поверхности которых располагаются головы, защищающие «хвосты» от воды. Эта амфифильность и определяет многие специфические законы мира ПАВ.

Итак, ПАВ образуют мицеллы и различные мицеллярные поверхности (рис. 3). Причем все «нормальные»

отечественный специалист по возникающим здесь проблемам А.Т. Фоменко, выросший на подобных задачах до академика, увлекся ревизией истории и в настоящее время малодоступен для контактов).

Теперь понятно, что, варьируя концентрацию и тип ПАВ (а также температуру, pH, состав среды и т.д.), можно с их помощью получать МММ самой разной формы (рис. 4).

Биомиметический синтез неорганических соединений

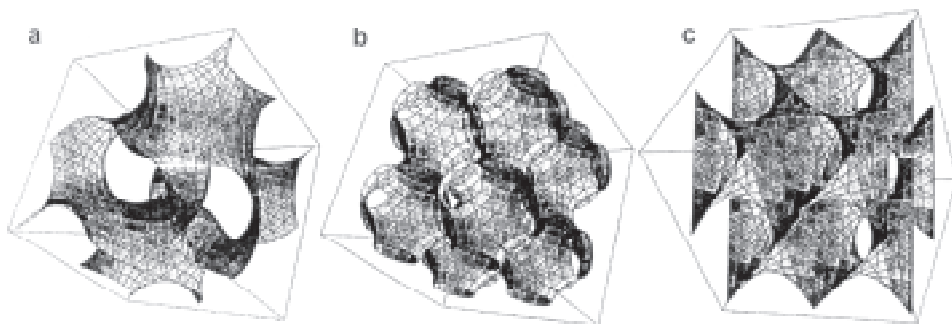
При дальнейшем рассмотрении оказалось, что ничего принципиально нового в синтезе, описанном учеными «Мобил», нет, так как подобный тип сборки уже давно освоен природой.

системы стремятся предельно сократить поверхность раздела с другими фазами, но ПАВ — анархисты мира растворов и делают все наоборот, поскольку амфифильность обязывает их располагаться на границе фаз. В первом приближении создаваемая ими поверхность раздела пропорциональна концентрации ПАВ. С ростом концентрации молекулы ПАВ стремят-

нейшая взаимная ориентация мозаик под действием ван-дер-ваальсовых сил. Дальше перебираются варианты и взаимосогласуется оптимальная ориентации Г/Х. Одно из неперменных условий самосборки — отсутствие прочных ковалентных связей между соседними молекулами ПАВ (ХХ), а также прочных связей в комплексах ГГ. Другое важнейшее условие — умеренное по энергии и поэтому обратимое взаимодействие Г/Х.

Даже из этого неполного описания понятно, что если мы попытаемся точно таким же способом осадить неорганический компонент на жесткую структуру, а не на подвижную поверхность мицеллы, то получим совсем другой материал. При формировании материала на жесткой матрице все места взаимодействия заранее predeterminedены, и гости располагаются не как в доме любезного хозяина, а скорее как публика в зале, где стулья пронумерованы и привинчены к полу.

Молекулярные механизмы узнавания, геометрическая и энергетическая комплементарность и многие другие особенности самосборки на мицеллярной поверхности ПАВ распространены в живой природе далеко не только при биоминерализации. Эти же принципы — ключевые в высокоселективном синтезе белка, липидов и липопротеидов. Здесь же можно отметить, что знаменитая двойная спираль ДНК, с точки зрения математика, — это двойной геликоид, то есть один из типов минимальной поверхности с нулевой средней кривизной, а составляющие спираль нуклеотиды — это те же сложные молекулы ПАВ, где в последовательности гидрофобных и гидрофильных участков закодирована вся информация, определяющая в конечном счете сборку всех компонентов

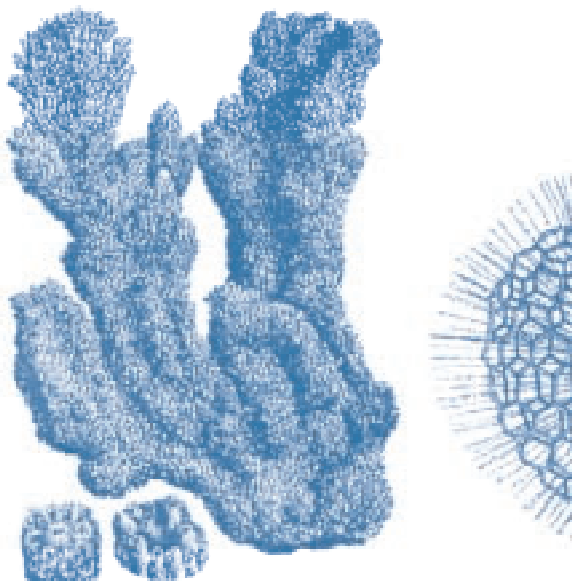


4 Разные типы кубических структур с минимальной (нулевой) поверхностной кривизной

ся увеличить поверхность, а это возможно двумя способами: а) за счет увеличения числа мицелл; б) за счет перехода к форме мицелл с большим отношением поверхности к объему. ПАВ последовательно используют оба способа. Например, в растворах ПАВ, образующих сферические мицеллы, сначала увеличивается число, а затем изменяется форма (сфера → цилиндр → плоская ламелла или везикула). Переход сфера → цилиндр осуществляется через овалоиды. Более сложен и интересен переход цилиндр → ламелла. Здесь сначала образуется плотная гексагональная упаковка параллельно ориентированных цилиндрических мицелл. Потом эта система трансформируется в последовательный ряд систем с двухслойной структурой и постоянной кривизной поверхности, которые затем превращаются в чередующиеся плоские слоиламеллы. Такие профили давно известны в математике как минимальные поверхности (к сожалению, главный

Именно по такому механизму происходят, например, образование и рост минеральных панцирей морских водорослей и животных, когда анионные формы SiO_2^- или катионные формы $\text{Ca}(\text{OH})^+$ осаждаются на противоположно заряженную белковую или липидную поверхность организма (рис. 5). Подобные естественные процессы называют биоминерализацией.

Механизмы самоорганизованной сборки удобно описывать в терминах «гость» (Г) — «хозяин» (Х). Хозяин — это фрагмент мицеллярной поверхности ПАВ, а гость — противоположно заряженный компонент раствора, взаимодействующий с этой поверхностью. Многие детали механизмов такой сборки еще неясны, но в любом случае один из ключевых моментов — образование на поверхности хозяина мозаики из узлов с разной геометрией и потенциалом взаимодействия Г/Х. Эта мозаика играет определяющую роль в селективном молекулярном узнавании. Предполагается, что сначала, пока противоионы Г и Х еще далеко друг от друга, на них действует кулоновская сила, а когда расстояния уменьшаются, происходит даль-





живого организма. Уже освоенный синтез МММ несоизмеримо примитивнее синтеза веществ в живой природе, но он базируется на тех же принципах. Именно поэтому синтез МММ можно назвать биомиметическим.

Головокружительные перспективы

Скептик может задать резонный вопрос: что дает или может дать эта новая стратегия синтеза? Извините, но это почти то же самое, что спросить Колумба, открывшего в 1492 году Америку, что будет с этой Америкой через 500 лет? Или рассказать в 1876 году руководству компании «Вестерн Юнион» про всемирную паутину Интернета, чтобы им стало ясно, от чего они отказываются, отвергая предложенный Александром Беллом первый патент на изобретенный им телефон. (Надо сказать, что в конце 1879 года компания купила этот патент, но только после триумфальной демонстрации телефона королевской семье в Англии.)

Сейчас генеральная задача в этой области — разобраться с детальными механизмами формирования МММ и научиться ими управлять. Уже ясно, что предложенная сотрудниками фирмы «Мобил» простейшая схема син-

теза некорректна. Взаимодействие неорганических ионов с мицеллами ПАВ изменяет гидрофобно-гидрофильный баланс, из-за чего исходные мицеллы разрушаются на отдельные блоки типа $I_x \pm S_y \pm$. Из них и формируется исходная жидкокристаллическая мезофаза, которая фиксируется и дополнительно упорядочивается при нагревании. Пока конструирование сложных центров заданного химического состава на поверхности МММ остается на уровне идей.

Над этими проблемами уже работает огромная армия исследователей, хотя, насколько нам известно, в России всерьез этим занимается лишь небольшая группа энтузиастов из Института катализа (ИК) в Новосибирске и Института химии и химической технологии (ИХХТ) в Красноярске (оба — СО РАН). По крайней мере, только эта команда публикуется и участвует в международных конференциях.

Но кроме дальней стратегической задачи, можно поговорить и о ближайших задачах, которые вполне могут оказаться ничтожными по сравнению с реальными возможностями этой новой стратегии в материаловедении. Сегодня уже получены многие простейшие представители семейства МММ: мезофазы из оксидов кремния, титана, циркония, ниобия, матрицы из SiO_2 , допированные добавками оксидов алюминия, ванадия, титана, циркония, железа и так далее.

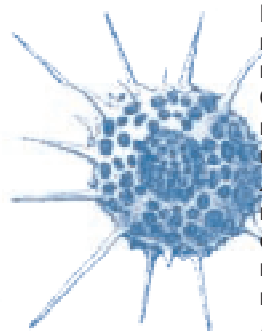
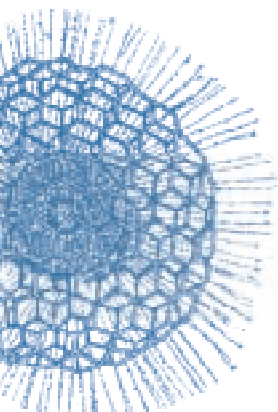
Где могут пригодиться подобные суперматериалы уже в ближайшее время? Перепоручим ответственность и процитируем одного из признанных лидеров этого направления — Г.Д.Стакки из Калифорнийского университета. На последней конференции в Квебеке (август 2000 года) Стакки сказал, что такие материалы могут быть катализаторами, оптическими сенсорами и ячейками для нелинейной оптики, ячейками магнитной памяти для ЭВМ, а также применяться для сепарации молекул, выделения и иммобилизации витаминов и протеинов, служить матрицами для лекарственных препаратов или мик-

рочайками, контактами, переключателями в микроэлектронике — в общем, их можно использовать в огромном множестве нанотехнологий. Добавим, что, по данным ЯМР, координация алюминия, титана и других допирующих добавок в силикатных МММ отличается от обычной, то есть уже на данном этапе они представляют собой любопытные для изучения активные центры. Кроме того, в Институте катализа в Новосибирске исследуют осаждение углерода в алюмосиликатных МММ с трехмерной мезоструктурой. Получаемый углеродный МММ по структуре — негатив исходной матрицы. Этот материал уже проявил себя как перспективный эмиттер электронов (более 10^{11} наноисточников в 1 см^2) и адсорбент, в котором вся удельная поверхность ($\sim 600\text{--}800 \text{ м}^2/\text{г}$) сосредоточена в мезопорах.

На той же конференции Стакки сказал, что важнейшая и пока непреодолимая проблема, препятствующая получению катализаторов сложного состава на основе МММ, заключается в следующем: МММ сложного состава невозможно синтезировать в наиболее перспективной умеренно кислой области. Выступавший на этой же конференции старший научный сотрудник Института катализа СО РАН В.Н.Романников возразил ему серией высокоорганизованных образцов разного состава, полученных в этой самой «невозможной» области. И Стакки, к которому обычно нельзя пробиться из-за толпы жаждущих с ним побеседовать, сам нашел Славу Романникова. Договорились сотрудничать но в начале июля нынешнего года Славы Романникова не стало. И мы, его коллеги по этим работам из разных лабораторий ИК и ИХХТ СО РАН, должны сохранить и дальше развивать это направление. Но нам нужны поддержка и новые контакты. На одном энтузиазме продолжать эту работу больше нельзя.

5

Силикатные скелеты морских губок, радиолярий и диатомитов



Синергизм в катализе, далее везде

Доктор химических наук

В.А.Голодов,

Институт органического катализа
и электрохимии им. Д.В.Сокольского (Алма-Ата)

*Синергизм (по-гречески *synergeia* значит «сотрудничество») представляет собой сверхпропорциональное (неаддитивное) изменение*

каких-либо свойств системы при изменении соотношения ее компонентов.

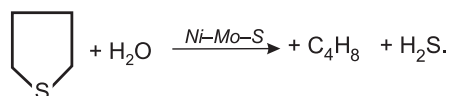
Так, биологическая активность смеси двух веществ — лекарств, пестицидов, инсектицидов — иногда может существенно превышать активность каждого из них, взятых по отдельности. Подобные явления наблюдаются в химии — прежде всего, в катализе, — а также в физике и даже в экономике и общественной жизни.

Термин «катализ» — означающий способность некоторых веществ резко ускорять химические реакции, оставаясь при этом практически неизменными, был введен в 1835 году Й.Берцелиусом. Первоначально в качестве катализаторов использовали чистые металлы (например, платину). Современные же катализаторы представляют собой сложные системы, свойства которых — активность, селективность и стабильность — существенно зависят от многих причин. При этом синергические эффекты возникают не только при смешении двух или более катализаторов (их спекании, сплавлении, совместном нанесении на твердые подложки и т.д.), но и при создании сложных катализаторов, компоненты которых в индивидуальном состоянии вообще не обладают каталитическими свойствами. Синергические эффекты наблюдаются также после нанесения собственно катализатора на инертные подложки той или иной пористости или дисперсности, введения в него малых количеств некаталитических добавок, использования тех или иных растворителей и даже в результате воздействия различных физических факторов, которые сами по себе не способны влиять на ход химических реакций.

Если ограничиться рассмотрением явлений чисто химического синергизма, встречающихся в катализе, то их особенности можно охарактеризовать кривыми 1 — 3, изображенными на рисунке и характеризующими активность, селективность или стабильность катализатора.

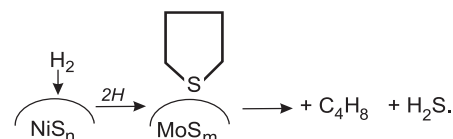
Чаще всего синергизм проявляется в тех случаях, когда между собой смешиваются два катализатора (К 1 и К 2), в чистом виде обладающие примерно одинаковыми свойствами — активностью, селективностью, стабильностью (точки а и б на кривой 1); при этом максимум этих свойств достигается при равном соотношении компонентов. Синергизм такого типа называют структурным, так как он связан с образованием новых атомно-молекулярных структур.

В качестве классического примера можно привести процесс восстановительного десульфурования (обессеривания) нефти перед ее дальнейшей переработкой, для чего используют смесь двух катализаторов — сульфидов никеля и молибдена, нанесенных на подложку. В лабораторных условиях этот процесс изучают на примере десульфурования тиафана:



Причина неаддитивного изменения каталитических свойств таких сульфидов до сих пор окончательно не установлена.

Одни исследователи считают, что в смеси присутствуют микрофазы состава NiS_n и MoS_m , тесно соприкасающиеся друг с другом и выполняющие различные функции. На первой стадии происходит образование атомарного водорода, а на второй стадии — активация тиафана и отщепление от него серы:



Это подтверждается тем, что даже механические смеси сульфидов никеля и молибдена проявляют отчетливый синергический эффект. По мнению же других ученых, сульфиды никеля и молибдена образуют сложные гетероядерные кластеры, которые в одну стадию ускоряют десульфурование тиафана. Существование таких кластеров было подтверждено данными электронной микроскопии.

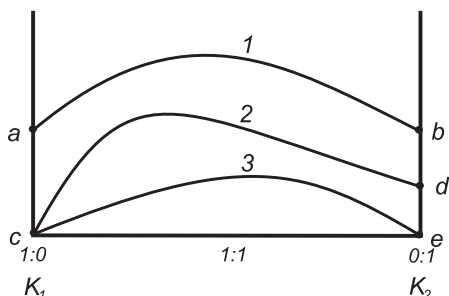
Еще один пример синергизма подобного рода — окисление диоксида серы в серную кислоту в водном растворе, содержащем CuCl_2 и FeCl_3 , которые в индивидуальном виде гораздо менее активны. Предполагается, что в этом случае в растворе образуется катализатор



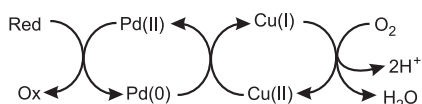
обладающий способностью ускорять реакцию окисления.

Структурный синергизм другого типа проявляется в том случае, когда один из компонентов в индивидуальном виде не обладает каталитической активностью, а другой способен влиять на скорость реакции (точки с и d на кривой 2).

Наконец, наиболее интересен случай так называемого динамического синергизма, когда отдельные компоненты катализатора сами по себе вообще не влияют на ход реакции (точки с и e на кривой 3). Примерами могут служить реакции каталитического окисления олефинов, а также CO и SO_2 в водных и органических средах в присутствии солей меди (II) и палладия (II). Эти процессы можно представить в виде двух каталитических циклов, причем сами участники реакций — окислитель (Ox) и восстановитель (Red) — непосредственно меж-



ду собой не взаимодействуют:



То есть здесь катализ осуществляется не в результате возникновения новых структур, а вследствие последовательных стадий активации молекул субстратов, их окислительно-восстановительных взаимодействий с катализатором и компонентами катализатора.

Подобные эффекты наблюдаются и в других областях химии. Так, свойства сплавов, комплексных и любых других смешанных соединений синергически зависят от их составов, что проявляется в неаддитивных изменениях длин межатомных связей, температур плавления и кипения, вязкости, электропроводности, твердости, растворимости и так далее. В аналитической химии неаддитивность возникает благодаря образованию двойных и тройных комплексов с новыми спектральными и другими физическими и химическими свойствами.

Естественно, явления синергизма широко распространены в живой природе — в частности, в ферментативном катализе, когда процессы метаболизма — реакции расщепления и синтеза сложных молекул — реализуются в сложных системах с четким разделением их функций. По-видимому, все биологические объекты изначально синергичны, поскольку удаление из них хотя бы одного компонента способно нарушить нормальное функционирование клетки или даже всего организма.

Явления синергизма проявляют себя и в областях, далеких от химии и биологии. Так, сложные современные технические устройства, работа которых основана на применении не только механики, но и физико-химических явлений, проявляют явный синергизм — их

эффективность несравненно выше эффективности любого из компонентов конструкции; более того, чаще всего по отдельности эти компоненты вообще не способны выполнять необходимые функции. К значительному количественному росту продукции и ее качеству совершенствованию ведет не только использование передовых технологий, но и новых подходов к управлению производством.

Синергизм встречается и в общественной жизни. Так, в российской

печати сообщалось о синергическом влиянии зарубежных грантов на исследовательский климат в отечественных научных учреждениях и даже на рейтинг ученых: даже сравнительно незначительное дополнительное финансирование подчас приводит к непропорционально большой активизации научной деятельности. А один американский химик-органик назвал свою автобиографическую повесть «Синергизм теории и эксперимента».

Думаю, что явления синергизма можно обнаружить и во многих других областях науки, техники и человеческой деятельности. И даже в космосе, при взаимодействии звездных систем...

ПРИГЛАШАЕМ НА ПОСТОЯННУЮ РАБОТУ

**ХИМИКОВ, СПЕЦИАЛИСТОВ
в области органического синтеза,
а также**

программистов

(желательно
с химическим образованием)



**в московскую лабораторию
компании «ChemBridge Corporation»
с перспективой работы за рубежом
оклад 9–16 тыс. рублей + премия**

Иногородним предоставляется общежитие

Для рассмотрения Вашей кандидатуры присылайте резюме факсом,
e-mail или письмом

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



*Научный сотрудник С.В.Мясников
ведет процесс получения Мо⁹⁹*

Кандидат технических наук
В.А.Павшук,
Российский научный центр
«Курчатовский институт»,
Институт ядерных реакторов

ИЗОТОПЫ В ВЕДРЕ

Несколько слов о ядерной медицине

Ядерная медицина — это прежде всего диагностика с применением радиации, а также радиотерапия — методики, в которых излучение используют для уничтожения или ослабления раковых клеток. (Быстро делящиеся клетки особенно чувствительны к радиации, поэтому опухоли иногда удается убить облучением.) Кроме того, с помощью радиоизотопов метят биомолекулы, перемещения и превращения которых в организме необходимо расследовать, или антитела к исследуемому белку.

Для диагностики радиоактивные изотопы в составе химических соединений, участвующих в определенных физиологических процессах, вводят в организм с помощью инъекции, ингаляции или орально. Через некоторое время гамма-излучение под различными углами регистрирует камера, по излучающим точкам в компьютере создается изображение, которое могут изучать врачи. Изображение может быть статичным, если нужно исследовать строение органа, а можно сделать и «кино», чтобы посмотреть, как работает больной орган. Например, щитовидная железа, как известно, поглощает йод. Соответственно йод-131 используют для исследований щитовидной железы, а также для лечения ее опухолей и гипертиреозов. Если же нужно, допустим, уничтожить небольшую опухоль в желудочно-кишечном тракте, к ней приближают капсулу с изотопом, вводя ее через катетер.

То, что источник излучения располагается внутри тела пациента, коренным образом отличает ядерную медицину, например, от рентгенографии. Одно из самых ярких преимуществ диагностики с помощью меченых молекул перед рентгеном — и кости, и мягкие ткани получают одинаково хорошо. Кроме того,

можно создать качественное изображение при сравнительно низкой дозе облучения. Для медицинских целей обычно используют изотопы с небольшим, порядка нескольких часов, периодом полураспада и не слишком жестким излучением, способным, однако, пройти сквозь ткани тела (чаще всего это гамма-лучи). Такие изотопы практически безвредны для пациентов.

Всего существует 82 стабильных элемента и около 275 изотопов, из которых в медицине используется несколько десятков. По происхождению изотопы можно разделить на реакторные и циклотронные. Большинство изотопов получают, бомбардируя образец-мишень нейтронами в ядерном реакторе. Ядро захватывает нейтроны, создается их избыток. Некоторые изотопы получают в ускорителях (циклотронах) — внедрением избыточных протонов в ядра.

Это в теории. А что на практике?

Когда в мире и в нашей стране работало много исследовательских ядерных реакторов, получать изотопы было относительно просто. Реакторы, по сути, были многоцелевыми: в них испытывали топливо, конструкционные материалы для АЭС и другие объекты, нужные для народного хозяйства, вели научные исследования по ядерной физике и ядерной энергетике, — и заодно производили изотопы для медицинских целей. Стоимость изотопов была небольшой, поскольку их получение было побочной задачей, а работу реакторов по основной тематике все равно оплачивало государство.

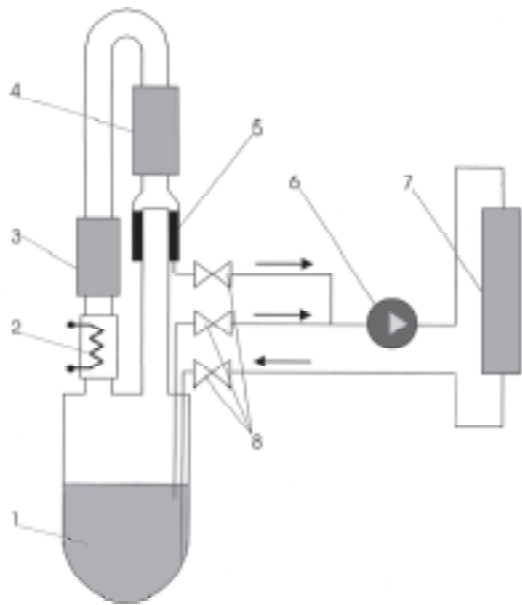
Сейчас реакторов мало, и число их продолжает сокращаться. Эксплуатация их стала очень дорогой. Поэтому производство изотопов на обычных исследовательских реакторах становится мало рентабельным.

Беспорный лидер ядерной медицины — технеций-99m (буквой «m» обо-

значают нестабильные изотопы): он используется едва ли не в каждой второй радиомедицинской процедуре. Этот изотоп имеет почти идеальные, с точки зрения врачей, характеристики. Во-первых, период его полураспада — шесть часов: достаточно долго, чтобы пронаблюдать все, что нужно, и в то же время доза, которую получает пациент, невелика. Во-вторых, технеций-99m испускает гамма-лучи и электроны с такой энергией, что при этом гамма-излучение легко проникает сквозь ткани человеческого тела и хорошо детектируется камерой. В-третьих, химические свойства технеция позволяют включать его в состав самых разных биомолекул.

Но малое время жизни изотопа — это и недостаток: технеций-99m может распастись раньше, чем его доведут до больных. Поэтому его поставляют в клиники в виде молибдена-99, с периодом полураспада 66 часов, который превращается в технеций-99m.

Казалось бы, получение молибдена-99 должно приносить доход. Однако работу обычных реакторов этот доход окупить не может. Поэтому наша задача — разработать экономически эффективную и малоотходную технологию производства медицинских изотопов, подготовить ее к внедрению в производство. В том, что изотопы медикам нужны, как будто ни у кого сомнений нет. Рыночная цена молибдена-99 на сегодня такова: 1 кюри на 6-й день после остановки реактора — от 100 до 200 долларов. Конечно, по медицинским меркам 1 кюри — это очень много: на одну инъекцию идет порядка одного микрокюри. Но таких инъекций в развитых странах сейчас делают огромное множество. Приведем лишь один факт: в США годовая оборот средств, вложенных в ядерную медицину, составляет около 300 миллиардов долларов. (Сравните хотя бы с государственным бюджетом РФ!)



Объем реактора — примерно два ведра

Нейтроны в реакторе, как известно из школьного курса физики, делят уран, при этом излучается энергия. На АЭС используют энергию — для нагрева теплоносителя и получения электроэнергии. В исследовательских реакторах нужны нейтроны как таковые, их воздействие на исследуемые материалы. А изотопы, как мы уже говорили, получают облучением предыдущего изотопа или извлечением осколков, образующихся после деления урана. В случае молибдена-99 реакция выглядит так: $U-235(n, f)Mo-99$.

Понятно, что масса мишени по сравнению с массой реактора очень мала — несколько десятых долей процента. Молибден-99 составляет 6% от общего числа осколков — это считается много, однако по массе это очень мало. А надо еще иметь в виду, что уран делится не весь: в реакторе за 1–3 года сгорает примерно 10%, а в мишени — еще меньше, доли процента. Таким образом, получать изотопы традиционным мишенным способом в исследовательском реакторе невыгодно: используется малая часть мощности и малая часть нейтронов, а отходы получаются от всего реактора. Идея нового способа в том, чтобы использовать в качестве мишени весь уран ядерного реактора.

В исследовательских ядерных реакторах и в реакторах АЭС применяют твердый уран. Растворное ядерное топливо используют значительно реже — в импульсных и стационарных реакторах различного назначения. В Курчатовском институте, например, уран в виде раствора уранилсульфата применяют в реакторах «Гидра» и «Аргус». Мощность стационарного реактора «Аргус» 20 кВт, он эксплуатируется с 1981 года, и никаких замечаний по безопасности и по надежности в течение всего этого срока не было.

Мы предложили использовать «Аргус» для производства молибдена-99. Объем

1

Схема реактора

для производства медицинских изотопов:

1 — Реактор «Аргус» с водным раствором уранилсульфата UO_2SO_4 ; 2 — нагреватель; 3 — рекомбинатор; 4 — холодильник; 5 — конденсатосборник с накопленной водой, которая образуется из водорода и кислорода и используется для охлаждения; 6 — насос; 7 — сорбционная колонка; 8 — вентили



ТЕХНОЛОГИЯ

реактора — всего около 20 литров, тогда как у обычных исследовательских реакторов — десятки или даже сотни кубометров. Идея использования всей активной зоны реактора и всего топлива для получения молибдена реализована следующим образом. Реактор работает, потом останавливается, из раствора выделяют нужный изотоп и затем возвращают раствор в реактор. Есть в нем молибден или нет, реактору не важно, ведь для работы ему нужен уран. Таким образом, радиоактивных отходов будет немного.

РНЦ «Курчатовский институт» работает над этой проблемой уже несколько лет. (Работами руководит вице-президент академик Н.Н.Пономарев-Степной.) За четыре года создали экспериментальную петлю — установку для выделения молибдена.

Очень важную часть задачи решают химики. Ясно, что для выделения молибдена из раствора нужен сорбент — стойкий и высокоселективный. Сначала мы использовали органический сорбент, который сделали на химфаке МГУ, на кафедре химической технологии. Сорбент выделял более 90% молибдена и пропускал уран, но при долговременной прокачке (а она идет шесть часов) он оказался нестойким. Поэтому сейчас мы перешли к неорганическому сорбенту, который для нас делают в Уральском политехническом университете, на базе фильтров для ядерных установок и АЭС. Материал фильтра содержит оксиды титана, циркония. Он совсем не растворяется, хорошо выделяет молибден, но задерживает некоторые осколки деления в относительно большом количестве (хотя таких примесей все равно значительно меньше, чем при традиционном способе получения изотопа). Понятно, что работы по выделению и очистке ведутся дистанционно, в защитных «горячих» камерах.

Молибден-99 — это не единственный изотоп, который мы можем получать. Есть еще стронций-89 — его препараты снимают боль при опухолях костной ткани, в частности у больных в последней стадии рака. Судя по некоторым данным, это не просто обезболивающее средство: примерно у 10% больных после введения стронция-89 наблюдалось улучшение состояния. Так что медики обещают стронцию большое будущее.

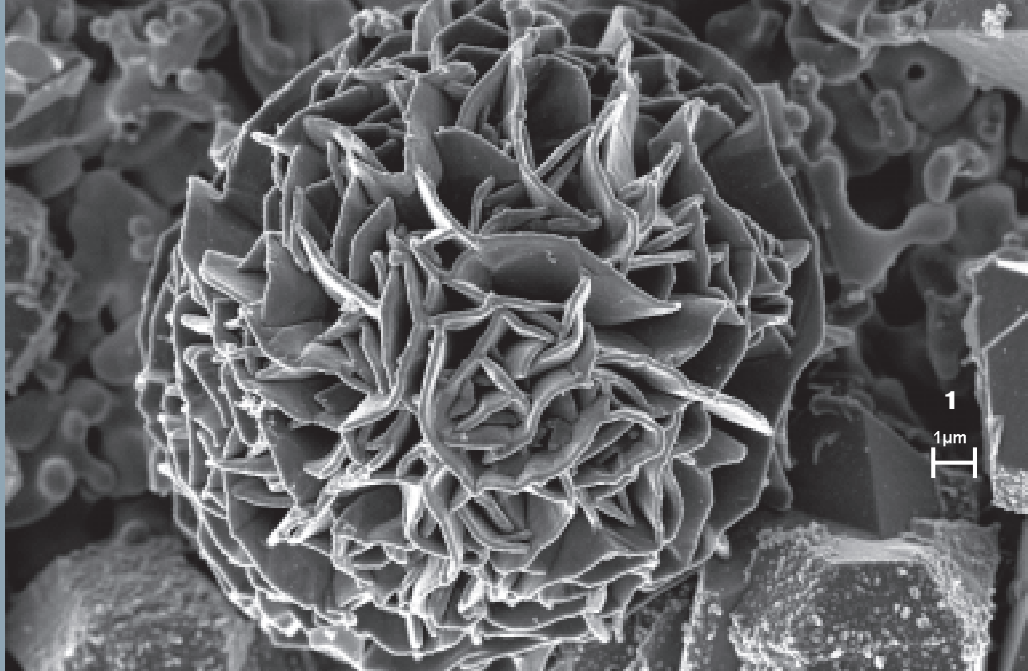
Над активной зоной «Аргуса», заполненной раствором, накапливаются газообразные осколки деления. В газовом объеме корпуса реактора идет превращение криптона в стронций-89. Криптон сам выделяется из раствора, и реакция превращения тоже протекает самопроизвольно. Выделить стронций-89, отделив его от вредного стронция-90, в принципе легко: мы уже попробовали делать это в лабораторных условиях, но эта работа только начинается.

Что будет дальше?

Хорошо известно, что от ноу-хау еще далеко до получения прибыли, и не каждому удается пройти этот путь. Поэтому можно сказать, что нам повезло: мы заручились помощью профессионалов. Уже несколько лет наш отдел сотрудничает с американской фирмой TCI (Technology Commercialization International — Международная коммерциализация технологий), расположенной в Альбукерке (штат Нью-Мексико). Среди ряда российских технологий TCI выбрала и нашу, чтобы оказать ей поддержку. Они не только помогают нам экономически, но способствуют нашим связям с американскими специалистами.

Именно с помощью TCI мы создали демонстрационную установку и теперь готовим ее опытно-промышленную эксплуатацию, чтобы показать, что технологию можно использовать в промышленности, — ведь до сих пор никто не получал таким методом ни молибден, ни тем более стронций. Основная цель, к которой стремится TCI, — создать технологию для более мощных установок, чем наша: так, сейчас мы прорабатываем технологию для комплекса на базе растворных реакторов мощностью 100 кВт.

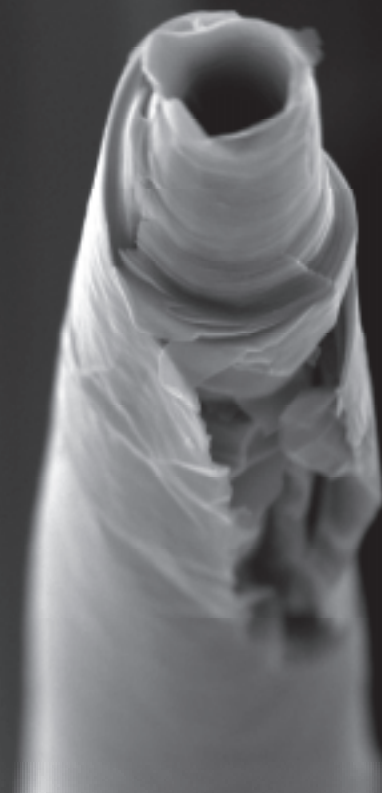
Курчатовский институт не планирует постоянно производить медицинские изотопы на продажу — этим займется покупатель технологии. Но в принципе наша установка может обеспечить потребности Московского региона в молибдене-99, а новая установка — современные потребности России. Правда, сегодня российская медицина потребляет в тысячи раз меньше изотопов, чем, например, медицина США, — наших больных, нуждающихся в обследовании, чаще направляют на рентген. Однако можно надеяться, что так будет не всегда.



200nm



2



3

10μm

С.Алексеев

Алмазные ИГЛЫ и графитовые цветы

Каких только новых форм углерода не обнаружили люди во второй половине двадцатого века! Это и поликристаллические алмазы, и карбин с вытянутыми в цепочки молекулами, и всевозможные фуллерены, подобные футбольным мячам, и изящные нанотрубки, и... И что еще? Неужели этим перечислением плюс алмаз и графит исчерпывается все многообразие метастабильных и стабильных форм углерода? Вдруг люди пропустили что-нибудь интересное? Попытку ответить на этот вопрос предприняли физики из Института физики высоких давлений им. Л.Ф.Верещагина, что в подмосковном Троицке. Моделируя возможные условия образования углеродных форм, они решили взять кристалл алмаза и посмот-

реть, что будет, если его сильно сдавить и нагреть. Но нагреть так, чтобы кристалл сам находился в горячей зоне, а среда-растворитель, окружающая его, — в холодной. То есть создать большой градиент температуры. Согласно теории, углерод в зоне контакта алмаза со средой, где горячо, растворяется, а там, где холодно, — конденсируется.

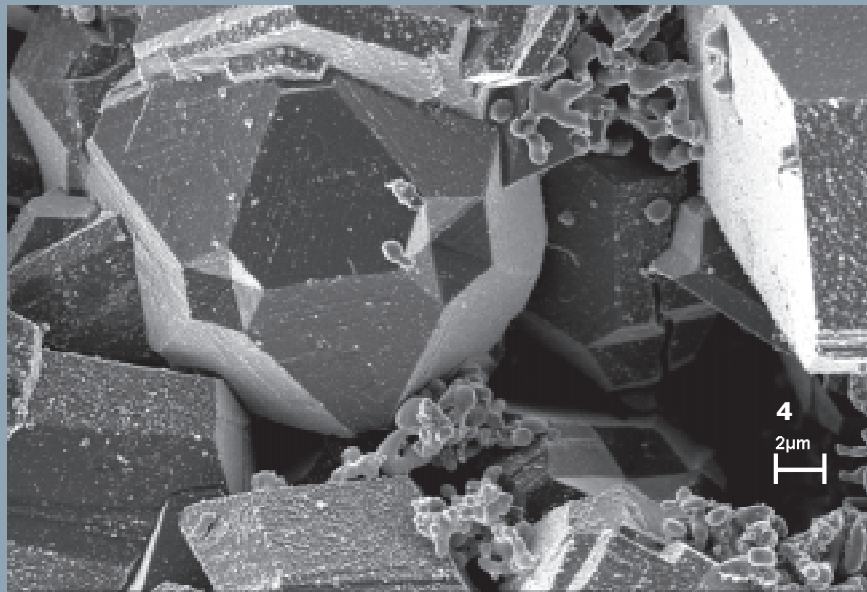
Средой-растворителем, через которую перемещались атомы углерода, послужила не жидкость и не газ, а сверхкритический флюид, о котором мы уже рассказывали (см. «Химию и жизнь», 1999, № 2). Чтобы его создать, в ампулу высокого давления поместили сборку, в которой с двух сторон от кристалла алмаза располагались пластинки из триоксида молибдена. При нагреве под

давлением углерод должен взаимодействовать с этим оксидом. Что там происходит, никому доподлинно неизвестно, но, по мнению ученых, скорее всего, в результате получается угарный газ, CO, который и образует флюид. В нем идет реакция: из двух молекул CO получается одна молекула CO₂ и один атом углерода, который отлагается на стенках ампулы. А вот кристаллическая форма образующейся частички как раз и зависит от температуры.

Ученым из Троицка удалось получить одновременно четыре разные формы углерода. Проследим их, следуя от низкой температуры к высокой, то есть от пластинки из оксида молибдена к поверхности исходного алмазного кристалла.



ФОТОИНФОРМАЦИЯ



Двигаясь по этому пути, сначала можно встретить графитовые цветы (фото 1) — сфероидные структуры из тонких графитовых лепестков. Видимо, из-за особенностей кинетики образования атомов углерода во флюиде любой дефект на поверхности плоского графитового зародыша начинает быстро развиваться, и получается пластинка, которая в длину растет значительно быстрее, чем в толщину.

За садом графитовых цветов следует лес многослойных нанотрубок (фото 2, 3). Их длина может достигать трети миллиметра,

а диаметр отверстия — от 50 нанометров до 2 микрон. Следует отметить, что эти трубки прямолинейны, да и выглядят более эстетично, чем полученные в газовом разряде (см. «Химию и жизнь», 1999, № 7), поэтому физики уверены, что они нашли вполне конкурентоспособный метод получения нанотрубок в большом количестве. Кстати, здесь уместно вспомнить единый механизм образования фуллеренов и трубок, о котором нашему журналу рассказывал член-корреспондент РАН Г.А. Домрачев из нижегородско-

го Института металлорганической химии им. Г.А. Разуваева РАН (см. «Химию и жизнь», № 10, 1999). В соответствии с ним, образованию этих объектов способствуют атомы металлического катализатора. Они образуют выпуклость в первоначально плоском зародыше. А дальше, если атомов углерода много — растет нанотрубка, если мало — структура схлопывается в сферу. При высоком давлении эта закономерность подтверждается — вблизи оксидной пластинки, где много атомов молибдена и кислорода и мало углерода, растут сферические графитовые цветы, а где поток углерода сильнее — нанотрубки.

Следующая остановка на пути вдоль градиента температуры — углеродные икосаэдры (фото 4). То есть кристаллы с симметрией пятого порядка. Такая структура запрещена правилами кристаллографии — одинаковыми пятиугольниками невозможно плотно покрыть пространство. Если все же попытаться это сделать, придется структуру искажать, появятся напряжения, и все разрушится. Ученые предполагают, что пятиугольные углубления по углам кристалла как раз и помогают эти напряжения частично снять. Такие объекты видели и раньше, но только троицким физикам удалось получить их стабильно и доращивать до размера в два десятка микрон. Видимо, это предел для икосаэдров, крупнее их делать не удастся. По мнению ученых, причина образования икосаэдров в том, что в этой области температур формируется совершенный зародыш, который вынужден расти, присоединяя к себе сразу целые атомные кластеры.

Ближе всего к исходному кристаллу алмаза расположены столбчатые алмазные монокристаллы, подобные иглам (фото 5). Достаточно взглянуть на этот объект, чтобы понять: перед глазами самое твердое вещество. А инкрустация на его поверхности — это диоксид молибдена, который осадился при охлаждении образцов.

В заключение необходимо отметить, что эта тонкая работа была проделана учеными из отдела монокристаллов (ИФВД РАН), а помогали им польские коллеги из Центра исследований при высоком давлении ПАН (Варшава). Фотографии выращенных в России объектов были получены в Польше на уникальном растровом микроскопе Leo1530.

Кстати, о нанотрубках...

Как известно, впервые нанотрубки экспериментально обнаружил японец Сумио Идзимо в 1991 году, когда он изучал продукты, образующиеся при разряде вольтовой дуги в атмосфере гелия. А как насчет теоретического обоснования? Специалисты по нанотрубкам считают, что за несколько месяцев до Идзимо их почти одновременно предсказали Л.Чернозатонский из ИРЭАна и Дж.Минтмир из вашигтонской лаборатории ВМФ США.

Но откроем августовский номер журнала «Химия и жизнь» за 1985 год. Там, в статье доктора химических наук М.Ю.Корнилова, сказано следующее: «... в 1977 году («Доклады АН УССР», серия «Б», 1977, 12) автором настоящей заметки была высказана идея создания углеводородов с бензольными кольцами, сцепленными между собой наподобие кольцевой ленты в трубчатую молекулу. Эта идея и натолкнула автора на мысль, что... может существовать по меньшей мере еще одна модификация углерода, которую можно назвать трубчатым углеродом. ... Это будет как бы макромолекула графита, свернутая в трубку...»



Пробел в мироздании

*J. Chambers, G. Wetherill,
«Meteorit. Planet. Science»,
2001, v.36, p.381*

1 января 1801 года Дж.Пиацици открыл между Марсом и Юпитером первую малую планету, названную Церерой, — так удачно для астрономии начался XIX век. Затем там же обнаружили много других относительно небольших тел, составивших так называемый Главный астероидный пояс (есть и другие). К настоящему времени в нем надежно установлены орбиты более 3000 наиболее крупных объектов.

Одна из загадок, на которую до сих пор не получен окончательный ответ: что помешало всем этим телам объединиться, образовав еще одну планету Солнечной системы? Правда, сейчас суммарное количество материи в Главном астероидном поясе невелико — ее хватило бы лишь на Луну, а не на полноценную планету, однако раньше, как полагают, ее было больше. Два американских астронома, призвав на помощь компьютерное моделирование, попытались разобраться в этом вопросе.

В общих чертах образование Солнца и планет описывает небулярная теория Канта—Лапласа: они возникли в ходе расщепления исходного газопылевого облака на отдельные части и их последующей конденсации. Частицы вращающегося протопланетного диска слипались, формируя тела размером в десятки и сотни километров, называемые «планетезималями», из которых затем строились планеты земной группы (Меркурий, Венера, Земля и Марс). Газ в более близких к Солнцу областях имел высокую температуру и потому не участвовал в этом процессе. А в более удаленных от протозвезды районах было достаточно холодно,

чтобы он захватывался, и там образовывались газовые планеты-гиганты, прежде всего Юпитер. Важно, что из-за гравитационного коллапса он увеличивался намного быстрее, чем формировались внутренние планеты.

И огромный Юпитер начал влиять на движение ближайших к нему небольших объектов, причем между периодами обращения вокруг Солнца Юпитера и групп малых планет возникли резонансные соотношения. Небесная механика предсказывает, что в этом случае астероиды должны были получать от Юпитера как бы периодические толчки, приводящие к вытягиванию их орбит; движение таких тел становилось неустойчивым, и они либо падали на Солнце, либо навсегда покидали Солнечную систему. В результате количество материи в поясе убывало — расчеты показывают, что за несколько сотен миллионов лет его общая масса могла уменьшиться на 90%. Поэтому планета в том районе не возникла.

Вообще, в поведении больших и малых планет Солнечной системы обнаружено много закономерностей, указывающих, что они движутся не независимо, а образуют единую систему — между ними существуют резонансные, как бы музыкальные отношения (пифагорейская идея «музыки сфер»). Но выражены они нечетко, поскольку на наблюдаемую картину ближнего космоса наложилось много случайностей, прежде всего связанных со столкновениями тел (видимо, сыгравших значительную роль и в истории нашей планеты).

Все же ученые не теряют надежды постепенно восстанавливать события «давно минувших дней» и выявить скрытую в Солнечной системе гармонию — «Сотри случайные черты...». И вместе с астрономами тут трудятся космо- и геохимии.

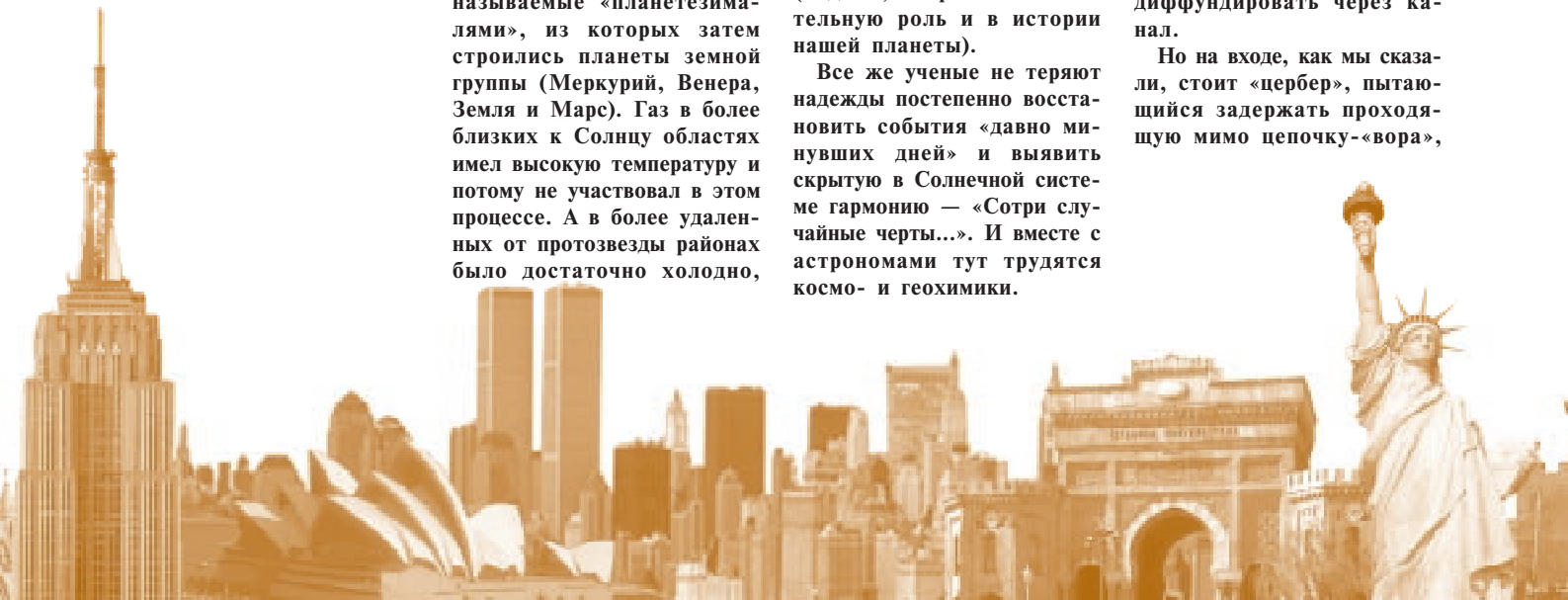
Нанопоры: церберы и воры

*S.Goworka et al., «Nature
Biotech.», 2001, v.19, p.636*

В последнее время ученые разрабатывают очень простой по идее способ идентификации молекул в растворе: через узкую пору пропускают постоянный ионный ток, и если одновременно через нее начинают протискиваться какие-то молекулы, то они на определенное время в той или иной степени перекрывают его. И по особенностям этого искажения исходного тока можно определять проходящие молекулы — они оставляют на графике его изменения как бы свои личные подписи.

Этот принцип исследователи из Техасского университета применили к полинуклеотидным цепочкам. Сначала они создали пору, используя белок-токсин из бактерии *Staphylococcus aureus*, который встраивается в липидную мембрану, образуя в ней суживающийся в середине канал. Вблизи этого горлышка (слева от него) ковалентно пришили одноцепочечную ДНК — как бы поставили стражника, охраняющего вход в пору. Мембрана служила перегородкой, разделяющей электролиты, между ними создали разность потенциалов; поэтому через канал пошел электрический ток, величину которого постоянно измеряли. В левой от мембраны части раствора содержались различные олигонуклеотиды (из некоторого фиксированного набора), которые стремились продиффундировать через канал.

Но на входе, как мы сказали, стоит «цербер», пытающийся задержать проходящую мимо цепочку-«вора»,



то есть образовать с ней двухцепочечный комплекс. Это ему удается в меру его комплементарности — на какое-то время возникает дуплекс, который загоразживается проход, поэтому ток в канале уменьшается. Параметры этого искажения исходного тока характеризуют степень соответствия друг другу двух цепочек. (Когда затем «вору» все же удается проскочить через горлышко, наблюдают короткое, но сильное уменьшение тока — в этот момент канал для ионов почти совсем закрыт.)

Значит, располагая целым каскадом таких каналов с разными (и известными) цепочками-церберами, можно полностью расшифровать последовательность цепочки-вора (это уже удалось сделать с олигонуклеотидами длиной до 30 мономеров). Теперь проблема только в том, чтобы реализовать такую схему в виде удобного для работы чипа, в котором поры, видимо, нужно будет формировать в твердых мембранах.

Кстати, полупроводниковые нанокристаллы («квантовые точки») начали использовать в качестве флуоресцентных меток, которые присоединяют к изучаемым молекулам в чипах ДНК и белков («Новости науки», 1997, № 5; 2001, № 2), а также для визуализации внутриклеточных процессов. Подобные нанокристаллы из селенида кадмия, покрытые слоем сульфида цинка, хорошо флуоресцируют в видимой части спектра.

В Университете штата Индиана уже разработали технологию изготовления полистироловых микросфер, несущих такие хромофоры. Комбинируя размер частиц, то есть длину волны излучения, и их количество на каждой сфере (интенсивность флуоресценции), можно получить до 10 000 разных кодовых меток (M.Han et al., там же, p.631).

На прицеле — диабет

Большинство живых организмов вынуждены питаться нерегулярно, но сглаживают эти перебои за счет внутренних запасов. Первой буферной системой служит печень, которая избыток глюкозы, полученной из пищи, превращает в гликоген, а при ее нехватке запускает обратный процесс; есть и более долговременное депо питательных веществ — жировая ткань. В результате тонких и хорошо сбалансированных процессов (основанных на многих контурах обратной связи) в крови человека поддерживается относительно постоянный уровень глюкозы, что необходимо для нормальной работы глаз, сердца и почек.

Ключевую роль в этой системе регуляции играет белковый гормон поджелудочной железы инсулин, выброс которого в кровь происходит в ответ на повышение в ней уровня содержания глюкозы. Инсулин стимулирует потребление глюкозы мышечными, жировыми и другими тканями и одновременно препятствует ее производству печенью. При недостаточной выработке гормона или низкой реакции на него клеток-мишеней усвоение тканями глюкозы, а значит, их энергоснабжение нарушается; кроме того, содержание глюкозы в крови после приема богатой углеводами пищи резко возрастает, почки не справляются с ее всасыванием, и сахар начинает выводиться с мочой.

Так возникает болезнь, называемая диабетом, у которого есть две основные разновидности. Диабет типа I — инсулин-зависимый (связан с нехваткой этого гормона); им обычно заболевают в молодом возрасте, и болезнь протекает остро. Тип II — инсулин-независимый, то

есть обусловленный нарушением реакции тканей на гормон; встречается в основном у пожилых людей и развивается постепенно.

При диабете-I необходимо постоянно делать инъекции инсулина, что создает неудобства пациентам, к тому же трудно добиться нужного уровня его содержания. Поэтому медики ищут пути радикального решения проблемы, стремясь восстановить не только способность организма производить гормон, но и систему регуляции — чтобы он выделялся в нужный момент, то есть только при наличии сахара в крови.

В частности, пытаются ввести ген инсулина в определенные клетки организма и заставить их правильно отвечать на соответствующие сигналы. Одна из проблем заключается в том, что молекула гормона состоит из двух полипептидных цепей, связанных дисульфидными мостиками; поэтому нужно еще обеспечить вырезание из исходной белковой цепи (продукта гена инсулина) лишних кусков и соединение двух оставшихся.

Биотехнологи из Сеульского университета значительно продвинулись в преодолении этих трудностей. Во-первых, они сконструировали белок, служащий аналогом инсулина, но состоящий только из одной цепи (он сохраняет 40% активности естественного гормона). Во-вторых, встроили ген этого белка в геном вируса, который заражает только клетки печени, не причиняя им существенного вреда. В-третьих, воспроизвели управляющую систему, включающую инсулиновый ген в ответ на повышение уровня сахара в среде.

Цель была достигнута: клетки печени у зараженных таким вирусом мышей-диабетиков стали в нужный момент считывать информацию вирусного генома и вырабатывать инсулин. В результате у этих мышей поддерживался постоянный уровень глюкозы в крови в течение нескольких меся-

цев (H.C.Lee et al., «Nature», 2000, v.408, p.483).

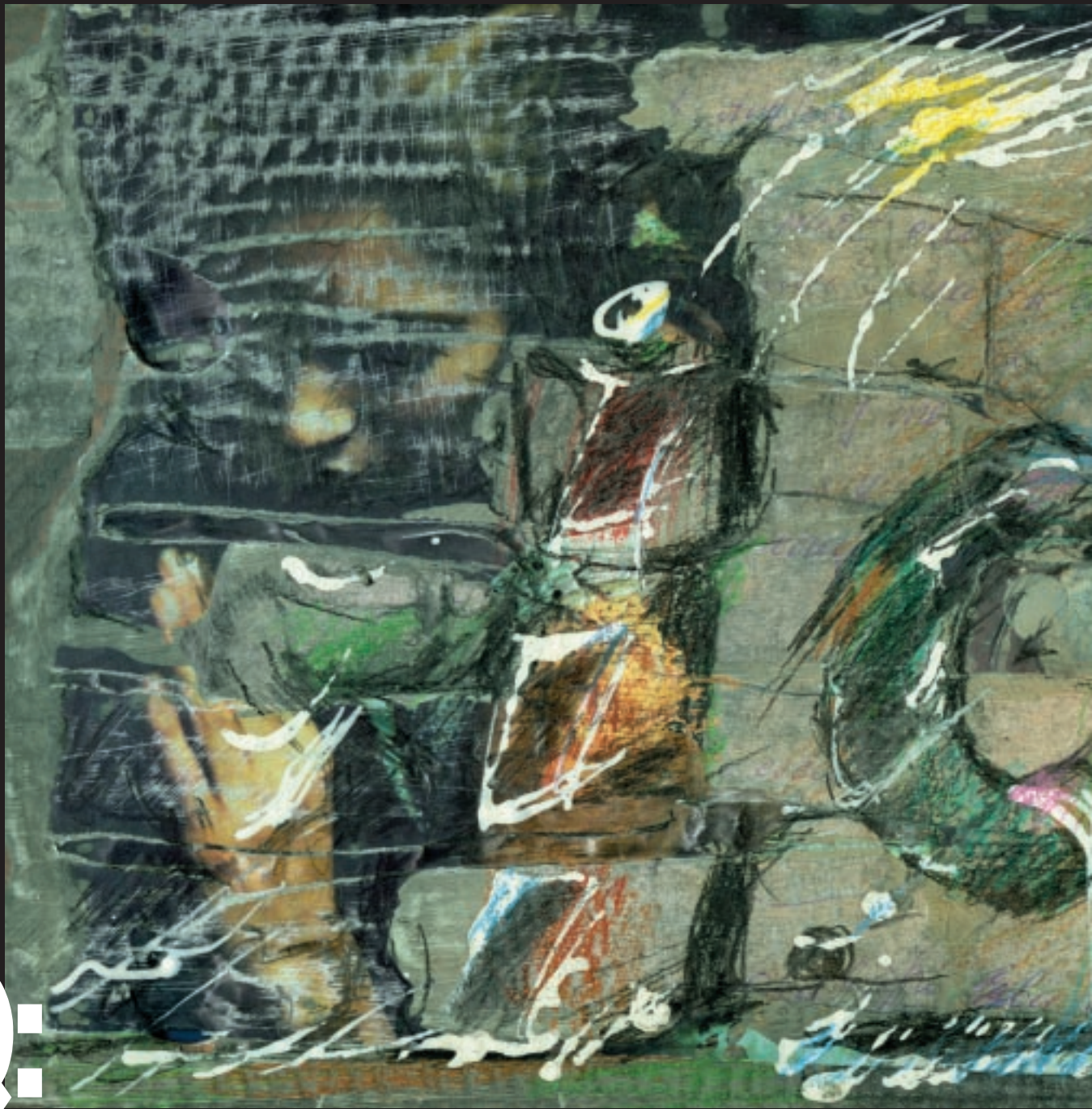
Параллельно идет широкое наступление и на диабет-II. Им страдают около 14 млн. американцев, причем 80% из них тучные. Поэтому одна из широко обсуждаемых гипотез состоит в том, что жировые клетки (адипоциты) выделяют какие-то сигнальные молекулы, которые служат антагонистами инсулину, то есть ослабляют реакцию тканей на него.

Эндокринологи из Пенсильванского университета сумели ее подтвердить. В качестве инструмента исследования они использовали эмпирически найденное средство от диабета-II, известное, как TZD. Оказалось, что после ввода этого препарата мышам в их адипоцитах резко уменьшается синтез одного из белков (названного «резистином»), ген которого, как обнаружили, содержит мотив, указывающий на сходство резистина с некоторыми другими гормонами. (Вообще, жировые клетки производят несколько гормонов, в частности лептин, который действует на гипоталамус и регулирует аппетит, — см. «Новости науки», 1997, № 8—9.)

На мышах выяснили, что концентрация резистина в крови выше у тучных животных, а при введении им TZD она понижается. Видимо, это лекарство воздействует на жировые клетки (они имеют много рецепторов TZD), из-за чего те уменьшают производство и выброс резистина и реакция периферийных тканей на инсулин улучшается. Если выявленные закономерности верны и для людей, то любые средства, понижающие уровень резистина в крови или блокирующие его действие, могут помочь при диабете-II.

Население развитых стран стареет, и распространенность диабета второго типа растет. Другая напасть — избыточный вес. Теперь ясно, что обе патологии надо лечить совместно (C.M.Steppan et al., «Nature», 2001, v.409, p.307).

Подготовил
Л. Верховский



IQ:

предопределенность

или ее иллюзия?

Взгляд биолога на вопросы тестирования интеллекта

Один из видов приматов учит своих детенышей с рождения до трех лет — ходить и говорить, а с трех лет до зрелости — сидеть и молчать.

Б. Жуков

Тесты нынче в моде, а тем, что оценивают коэффициент интеллекта (IQ), доверяют и вовсе почти безоглядно. В интеллигентной и полуинтеллигентной среде частенько можно услышать: «У него высокий IQ», «Эта работа требует высокого IQ». То есть в обиходе коэффициент интеллекта — это синоним ума вообще. Психологи трактуют этот показатель как общий интеллект и считают, что его можно измерить.

Но дело в том, что, даже если мы можем измерить нечто, это еще не означает, что нам понятно, что именно мы измеряем. Так, крупнейший американский специалист по тестированию Г. Айзенк пишет: «Тесты интеллекта не основаны на очень строгих научных принципах, и среди специалистов нет общего согласия относительно природы интеллекта». Ну нет — так нет. Ведь дальше-то исследователь признает, что: «с другой стороны, тесты интеллекта с самого начала оказались весьма успешными в практическом применении» Но давайте разберемся хотя бы, что это за применение.



М.В. Фридман

Художник Г. Гончаров



РАЗМЫШЛЕНИЯ

успешно. Более того, если человек все-таки освоил профессию, которая изначально была вроде бы «не по его уму», последующие успехи в этом виде деятельности уже не будут коррелировать с коэффициентом интеллекта столь жестко, как оценки в зачетке.

Но почему? Ведь, став специалистом, вчерашний студент порой решает задачи не менее сложные, чем те, что предлагали ему на экзаменах и практикумах! Уж не говорит ли IQ в большей степени не об уме, а об обучаемости, причем с учетом всех чисто формальных трудностей обучения?

Скажем, гиперактивность или некоторые виды дислексии (проблемы с чтением) порой вовсе не связаны с интеллектуальной недостаточностью, однако на результатах теста могут сказываться ощутимо. Если детям с дислексией задавать те же вопросы устно — задания их ничуть не затрудняют.

Сумма слагаемых или структура?

Напомню читателю, как выглядят тесты на интеллект.

Обычно такой тест включает в себя большое число разнородных заданий, которые надо выполнить за ограниченный промежуток времени. Баллы, полученные за любое из них, при вычислении IQ идут «в общую корзину».

Между тем известно, что, например, одни ученики сильнее в математике, но плохо решают задачи по химии, а другие — хорошие химики, но по математике у них «тройка». Иногда можно выделить целые группы заданий, которые даются людям одного типа легко, а другого — с трудом. Пример наиболее очевидного деления здесь — деление на интеллект вербальный (словесный) и невербальный. Ведь часть заданий предполагает пользование языком лишь для уяснения их смысла (сложить картинку из кубиков), а другая часть призвана оценить именно владение языком, понимание его оттенков и нюансов. Пример подобного задания: «Вставьте слово, которое обозначает то же самое, что и два слова вне скобок: авторитет () тяжесть».

Внимательное отношение даже к столь простому разделению помогло

бы избежать таких ситуаций, как дело Даниэля Хофмана. Выпускник школы для умственно отсталых показал по ее окончании результаты, свидетельствующие об интеллекте в пределах нормы. На этом основании ему отказали в профессиональной подготовке для умственно отсталых. Но нормального образования этот человек не получил и ни на какую другую подготовку рассчитывать не мог, а потому ему осталось только предъявить иск городскому отделу образования Нью-Йорка. В результате разбирательства выяснилось, что в свое время Хофман попал в соответствующую школу на основании тестирования общего интеллекта, хотя другое тестирование, проведенное в то же время, показывало, что отставание было чисто речевым (а это нередко у мальчиков), причем нормальный уровень невербального интеллекта позволял надеяться на компенсацию недостатков развития в дальнейшем.

Тесты на интеллект существенно отличаются от большинства других именно тем, что они являются интегральными (на выходе мы имеем единственное число). Так, львиную долю разнообразия в социальном поведении людей можно описать с помощью всего лишь двух факторов: различиях в степени экстраверсии-интроверсии и невротизма (уровня тревожности, эмоциональной неустойчивости) (см. статью «Лекарство для меланхоликов» в «Химии и жизни» № 10, 2001). А вот столь же простого и общепризнанного описания различий, касающихся того, как разные люди решают разные задачи, не существует.

Но почему же все-таки не удается выделить способность, вносящую самый весомый вклад в решение конкретной задачи? А дело, очевидно, в том, что большинство из них можно решать по-разному! И чем сложнее задача, тем больше путей решения. Тестовые задачи наиболее «прямолинейны», требуют четко определенной комбинации способностей, но добиться полной однозначности, видимо, не удастся и здесь.

А если рассмотреть реальный пример, можно представить себе, как сложно все переплетено в жизни. Так, на факультетах, где учатся будущие

Гадание по IQ

Тесты, измеряющие IQ, и подобные им, достаточно хорошо предсказывают, сумеет ли человек, принадлежащий к группе с определенной величиной коэффициента интеллекта, завершить тот или иной курс обучения или же на пути к цели его поджидают непреодолимые трудности.

Тем не менее это всего лишь вероятностное предсказание — ведь даже в тех случаях, когда результаты тестирования не сулят ничего хорошего, обучение может завершиться вполне

профессиональные математики, обычно организуют два отдельных потока: на одном «геометры», а на другом — «алгебраисты». «Геометры» обладают способностью к образному представлению самых сложных математических понятий и структур, нередко у них есть и музыкальные способности. Для «алгебраистов» математика — это язык, причем язык, на котором можно выразить самые замысловатые представления. И конечно, к решению задач, связанных с теорией алгоритмов, обычно тяготеют «алгебраисты», а к топологии — «геометры». Однако значительный вклад, например, в проективную геометрию внесли и те, и другие.

Что стоит за IQ?

Итак, IQ — это некий сборный коэффициент, который получается в результате механического суммирования баллов, выставляемых за решение различных задач. Но откуда тогда берется его предсказательная сила и почему IQ довольно хорошо наследуется (показатель наследуемости по разным оценкам составляет от 0,4 до 0,8)? Различия по IQ при этом достаточно велики и устойчивы даже между людьми, принадлежащими к одной социальной и культурной группе (вся история психологии показывает, что различия по среднему IQ между разными группами однозначно интерпретировать невозможно и их практически всегда можно объяснить влиянием среды).

Самое интересное, что частные способности, слагающие IQ, обычно наследуются хуже, чем сам коэффициент интеллекта. Например, коэффициент наследуемости так называемой вербальной понятливости, то есть способности верно интерпретировать информацию, содержащуюся в грамматических конструкциях различной сложности, составляет не более 0,38.

Складывается впечатление: высокий IQ означает всего лишь то, что у человека не слишком много явных дефектов, способных помешать процессам, связанным с мыслительной деятельностью. У такого человека к моменту тестирования нормально сформировались и пространственные представления, и беглость речи, у него большой словарный запас, его не затрудняют простые арифметические вычисления. В общем, ему в какой-то степени повезло: ведь любое развитие — процесс без 100% гарантии результата. Даже в том случае, когда на генетику пожаловаться вроде бы нельзя, неудачное формирование способностей вполне возможно из-за «сбоев» в индивидуальном развитии, вызванных неблагоприятными условиями. Высокий IQ как раз и означает, что сбоев было немного.

При этом следует подчеркнуть, что речь идет именно о сформированности всевозможных задатков, а не об умении пользоваться ими при решении конкретных задач. Между тем именно эта способность и представляет собой, по-видимому, то, что мы обычно расцениваем как ум человека. Ведь некоторые недостатки можно компенсировать за счет других способностей и обходных путей решения задач, что, похоже, и происходит, когда в процессе работы у человека вырабатывается «собственный стиль».

Именно поэтому тренировка творческих способностей вообще — не самый эффективный путь их развития. Лучше включать творческие задачи в каждый конкретный курс — от изобразительного искусства до биологии.

Но тогда получается, что хороший тест на IQ должен оценивать ум как можно меньше! Так и делается — отсюда и ограничения по времени, и «линейный» характер части заданий. Как следствие, научиться выполнению добротных тестов на IQ почти невозможно: уже после двух-трех вариантов заданий прирост балла за счет тренировки практически прекращается (по крайней мере, для вербальной части теста).

Что же все-таки наследуется?

Почему же так хорошо, заметно лучше, чем частные способности, наследуется коэффициент интеллекта? Автор полагает, что человек с высоким IQ, чьи потомки (даже в случае, когда их воспитывают другие люди) тоже обладают высоким коэффициентом интеллекта, передает своим детям те варианты генов, которые обеспечивают развитие у них большинства умственных способностей в любой — даже неблагоприятной — среде. Человек с низким и тоже хорошо наследуемым IQ передает детям те варианты, которые могут оказать губительное действие на развитие самых различных интеллектуальных способностей, если условия развития ребенка далеки от оптимальных.

Именно так! Похоже, что наследуемая компонента IQ связана в наибольшей степени не с «плохими» генами как таковыми, а с низкой устойчивостью развития. Что это такое — можно пояснить на примере.

Многим известна трагедия, случившаяся в 1960-е годы в США и странах Западной Европы при выпуске в широкую продажу талидомида — препарата, который врачи рекомендовали в качестве транквилизатора. У беременных, употреблявших это средство в чувствительные периоды развития плода, рождались дети с дефектами

конечностей. Это случалось часто, но, однако же, не всегда.

Последующие детальные опыты показали, что при обработке талидомидом беременных крыс, доля детенышей с уродствами сильно изменяется в зависимости от линии животных (внутри каждой линии крысы относительно однородны генетически; этого достигают путем близкородственного скрещивания животных в ряду поколений). Оказалось, что у крыс с различными наследственными задатками устойчивость развития не одинакова и внешние воздействия могут повлиять на ход развития плода в различной мере.

Кто кого воспитывает?

А теперь зададимся вопросом: устойчивость развития чего и на каких этапах важна для формирования интеллекта? Казалось бы, формирование интеллектуальных способностей должно зависеть прежде всего от особенностей структуры мозга и во многом закладываться уже внутриутробно.

Но данные по близнецам дают довольно неожиданный результат. Известно, что у близнецов IQ снижен в среднем на 5 единиц по сравнению с одинокорожденными детьми. Однако если один из близнецов умирает во младенчестве, то IQ второго оказывается таким же, как у одиночных детей, хотя условия внутриутробного развития были у него менее благоприятными.

Оставаясь в рамках понятия «интеллект», объяснить это практически невозможно. Но если вспомнить об особенностях социальных взаимодействий близнецов с родителями и другими членами семьи, все встает на свои места. Ведь именно эти взаимодействия служат «мотором» развития. Даже играть с игрушками ребенок начинает, как правило, лишь после того, как поиграет в них вместе со взрослым. Близнецы же больше общаются друг с другом и меньше — с окружающими.

Но при чем же здесь наследственность? А вот при чем. Многим из собственного опыта известно, что разные дети в разной степени стремятся к общению с родителями. Не случайно даже в обычных детских домах львиная доля внимания персонала достается одному-двум детям. Они обладают способностью навязать своим воспитателям именно такой стиль общения. Но самое интересное, что стиль общения ребенка со взрослым — особенность, по-видимому, наследственная!

Это удалось показать в исследованиях на разлученных близнецах, попавших вскоре после рождения в разные семьи. Выяснилось, что их приемным родителям приходилось общаться с этими детьми во многом одинаково.

Человек как примат

Встает еще один важный вопрос: если IQ говорит не о наличии каких-то особых способностей, которых у большинства может и не быть, а лишь о бездефектном формировании обычных, то почему, тестируя интеллект, мы обнаруживаем так много отклонений от нормы?

Многое станет понятно, если взглянуть на условия жизни детей в «цивилизованном» обществе с дистанции многих веков и с позиций разных культур. Некоторые особенности воспитания потомства мы унаследовали, видимо, еще от человекообразных обезьян, но они сохранились и у большинства народов, не вкусивших благ цивилизации. Речь идет об особенностях социальных взаимодействий, в которых и оттачивается, по большей части, интеллект наших волосатых собратьев.

Для приматов характерен тесный, а в первые месяцы жизни почти непрерывный контакт детеныша с матерью, при котором у малыша есть возможность наблюдать ее действия и взаимодействия с сородичами. При этом появление детеныша повышает социальный статус самки, что делает ее поведение сложнее и содержательнее. Однако детеныш, уже способный хотя бы на время оторваться от матери, тут же получает большую свободу в том, что касается его поведения и социальных контактов; запреты ограждают его в основном от физических опасностей. У детенышей многих приматов в совсем юном возрасте уже есть социальная роль: их используют для умиротворения других членов стада, в том числе самого высокого ранга.

Если и далее проводить аналогию с высшими обезьянами, то следует отметить еще одно необходимое условие социального развития ребенка: начиная с определенного возраста он должен иметь возможность добровольно и без пристального надзора старших общаться с группой разновозрастных детей. И еще: у приматов подростки могут становиться «авторами» новшеств в поведении, распространяющихся затем на все стадо, чего в человеческих обществах почти не бывает.

Как видим, все перечисленные условия развития ребенка (и его интеллекта) в современном обществе в той или иной мере нарушены, а значит, у него мало социальных стимулов для интеллектуального развития. Но вывод этот не только пугает — он одновременно и радует. Оказывается, «корень зла» можно выкорчевать: изменив условия развития ребенка, «на выходе» мы избавимся от многих интеллектуальных дефектов, а многие другие значительно сгладим.



РАЗМЫШЛЕНИЯ

Герой третьего тысячелетия

К сожалению, история человеческой цивилизации — это еще и история нарастающего нарушения нормальных условий развития ребенка. Как результат, интеллектуальное развитие идет в современном обществе относительно полноценно лишь у детей с определенными особенностями характера. Мы уже говорили о том, что некоторые малыши могут компенсировать недостаток социальных стимулов активным общением с родителями и сверстниками. Как бы не была непреклонна педагогика, эти дети упорнее, и беспокойный ребенок вряд ли будет сходить с родительских рук и коленей.

Но теория эволюции подсказывает, что этот путь компенсации — не единственный. Возможен и другой сценарий. Если нарушаются эволюционно отработанные условия воспитания, о которых шла речь выше, преимущества в развитии интеллекта получают дети, меньше зависящие от внешних стимулов. Такой ребенок рано начинает воспринимать интеллектуальные задачи как нечто совершенно самостоятельное, не имеющее отношения к людям, среди которых он живет, к их радостям и горестям.

Если речь идет об арифметических задачах, ничего страшного в этом, конечно, нет. Но за такой путь появления людей с высоким IQ общество может дорого заплатить, если кому-то придет в голову предложить им синтезировать наркотик или создать оружие массового поражения. Привыкнув рассматривать интеллектуальные задачи вне социального контекста, они будут решать такую задачу как любую другую, не задумываясь о последствиях. Следует подчеркнуть, что эти люди — не злодеи, не моральные уроды, просто показать им социальную сторону проблемы обычно должны другие люди, с чьим мнением они считаются.

Найдут ли гены, влияющие на общий интеллект? Обязательно найдут и через некоторое время с удивлением обнаружат, что они связаны с эмоциональными и мотивационными особенностями людей.

Заключение

Выводы напрашиваются сами собой. Но не будем перечислять уже сказанного, а лучше обратим внимание на другое.

Раз высокий коэффициент интеллекта свидетельствует вовсе не о выдающихся талантах, то получается, что подавляющее большинство людей не достигают тех вершин, до которых могли бы подняться, не из-за низкого IQ, а по совершенно другим причинам, имеющим к интеллекту лишь косвенное отношение (см. эпиграф). Одна из них — сортировка людей, которую теперь все чаще проводят начиная с самого младшего возраста («хорошие» и «плохие» детские сады и школы) и кончая приемом на работу. Постоянное «подстегивание», постоянная угроза сделаться социальным изгоем лишает по-настоящему творческого человека возможности выработать собственный стиль и компенсировать тем самым свои недостатки, причем зачастую вовсе не врожденные, а сформированные все той же средой.

Об этом важно говорить хотя бы потому, что представление о неизбежной ограниченности большинства населения опасно. Если средства массовой информации, варианты досуга и рабочие места будут рассчитаны, говоря грубо, на недоумков, то именно они и будут воспроизводиться из поколения в поколение даже в том случае, если все мы каким-то образом вдруг приобретем потенциальные способности Леонардо.

Между тем даже при серьезнейших дефектах отдельных способностей человек может занять более достойное место в жизни, чем это обычно происходит в современном обществе. Например, одной из лучших мастериц традиционной хохломской росписи в 1960–1970-х годах была женщина, потерявшая в детстве слух и из-за войны не обучавшаяся даже в обычной школе.

IQ выявляет, по сути дела, то, чего человек не может, однако гораздо важнее, что он может.



Нужно ли контролировать ситуацию?

Доктор биологических наук

Д.А.Жуков,

Институт физиологии им.И.П.Павлова РАН,
Санкт-Петербург dazh@infran.ru

Социальное взаимодействие

При обороне своего участка необходимо активное противодействие агрессору — «стратегия ястреба», а суетливые крысы значительно агрессивнее замирающих. А чужой участок надо захватывать тихой сапой, то есть оптимальна «стратегия голубя», характерная для недрачливых, замирающих крыс



«Контролировать ситуацию» — это выражение проникло в наше сознание, скорее всего, из американских фильмов, герои которых постоянно заверяют друг друга, что «все под контролем». В действительности человек часто попадает в ситуации, которые развиваются независимо от его действий и желаний, в силу огромного количества факторов, влияющих на их течение. Многочисленные популярные руководства по прикладной психологии написаны тем не менее так, будто человек может и должен все брать под контроль. Однако, кроме психологии американской мечты — как, зарабатывая больше денег, оказывать влияние на большее число людей, — проблемой взаимодействия человека со средой занимается и другая наука — физиология стресса. Результаты физиологических экспериментов заставляют иначе взглянуть на вопрос, вынесенный в заголовок.

Беспомощность — фактор стресса

Какую роль в развитии стресса играет возможность или невозможность контролировать ситуацию — этим вопросом физиология занимается со времен И.П.Павлова. Его сотрудница Н.Р.Шенгер-Крестовникова обучала собаку отличать круг от эллипса, постепенно изменяя форму эллипса так, чтобы он все больше и больше походил на круг. Правильное решение подкреплялось пищей, неправильное — не подкреплялось. Когда соотношение осей эллипса достигло 8:9, собака стала ошибаться и не смогла научиться различать фигуры даже за три недели, а затем у нее внезапно исчезла способность отличать даже вытянутый эллипс и круг. Более того, пропали и все другие условные рефлекс-

сы, которые были выработаны прежде; «собака, ранее спокойно стоявшая в станке, теперь была постоянно в движении и повизгивала». Таким образом, впервые было показано, что неконтролируемость ситуации приводит к психическим нарушениям.

Особенно ценен этот эксперимент тем, что собака не испытывала боли, ее не пугали, не оглушали одновременным предъявлением множества стимулов, не заставляли решать задачу очень быстро, — иначе говоря, не были использованы традиционные для того времени методы выработки неврозов. Единственным фактором, травмировавшим психику животного, оказалась невозможность установить контроль над ситуацией.

В дальнейшем при исследовании эффектов неконтролируемого воздействия стали применять удары элект-

рическим током. При этом всегда одновременно стимулируют двух животных (или людей-добровольцев). Один испытуемый может выключить электрический ток, а другой — нет: ток выключается только тогда, когда его прервет напарник. Таким образом, оба испытуемых получают удары током, одинаковые по силе, длительности, частоте и регулярности. Единственное различие состоит в возможности отключать ток — в факторе контролируемости стрессорной ситуации.

Оказалось, что только животные (или люди), подвергавшиеся неконтролируемому воздействию, утрачивают способность к приобретению новых навыков, хуже выполняют действия, которым научились раньше, у них изменяется структура сна, ослабляется иммунитет, а в слизистой желудка и кишечника образуются язвы. Самый же драматичный эффект неконтролируемого стресса — агедония, утрата чувства удовольствия от привычных форм жизненной активности, прежде всего от еды и секса. Пропадают вкус и воля к жизни. Такое состояние, вызванное неконтролируемым стрессом, получило название «выученной беспомощности». Оно моделирует депрессию человека, то есть имеет те же причины и ту же природу, что и депрессия — самый распространенный психоз, которым

1

Примеры эффективности противоположных стратегий поведения — замирания и суетливости



Художник Е. Станикова

Межвидовое взаимодействие

В амбар, где часто живут крысы, может зайти кошка или забежать такса. Стратегии охоты этих двух хищников противоположны: подкарауливание и преследование. Таким образом, в зависимости от вида хищника большие шансы на выживание будут иметь крысы с различными стилями поведения — суетливые либо затаивающиеся

Взаимодействие с окружающей средой

У тех крыс, которые во время наводнения замирали, сидя на островках, при последующем вскрытии выявлен меньший процент микроинфарктов и язв желудочно-кишечного тракта, чем у тех, которые пытались уплыть



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

страдают от 10 до 20% населения Земли.

Почему так важно исследовать выученную беспомощность, будет очевидным, если мы обратим внимание на то, что любая ситуация становится неконтролируемой, когда стрессорный фактор действует достаточно долго. Собака Шенгер-Крестовниковой три недели пыталась уловить закономерность появления пищи, прежде чем у нее развилась выученная беспомощность. Другой пример: в экспериментах широко используется такое, казалось бы, мягкое воздействие, как лишение возможности двигаться. Если это длится несколько часов, то, несмотря на удобную позу и даже возможность изменять ее, подопытная крыса или обезьяна продемонстрируют депрессивные симптомы, которые сохраняются несколько дней или даже недель.

Еще более актуальной эта проблема окажется, если рассмотреть многочисленные психические воздействия, которым человек подвергается всю свою жизнь. Когда начальник недоволен всем, что бы ни сделал подчиненный, тот оказывается в неконтролируемой ситуации. Когда за любое действие человек может быть наказан, поскольку государство скрывает законы, постановления и инструкции, незнание которых не освобождает от ответственности, — все гражд-

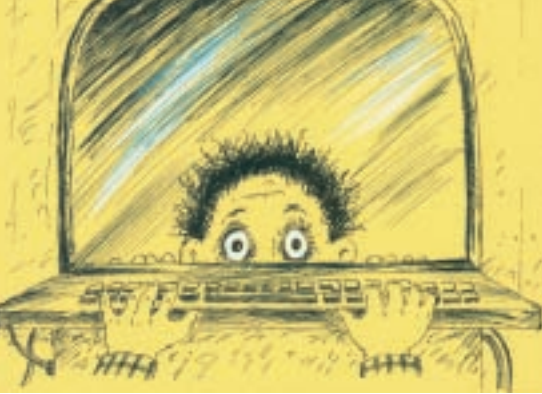
дане находятся в неконтролируемой ситуации.

Психологи-практики уже в доисторические времена поняли значение этого феномена. Оно в том, что при выученной беспомощности ослабевают когнитивные способности, то есть умение самостоятельно оценивать происходящее, принимать самостоятельные решения. Не случайно во многих религиях так или иначе возникает постулат о греховности удовольствий. Гениален был жрец, первым додумавшийся до этого императива! Благодаря ему каждый человек оказывается виноватым перед Богом. А постоянное чувство если не вины, то возможности наказания делает человека управляемым.

Когда государство ставит цель сделать управляемым все общество, оно прибегает к значительно более жестким мерам. Один из ярких примеров — «трудовые лагеря» фашистской Германии. Их задачей было перевоспитание личности, которое проводилось с помощью неконтролируемого стрессорного воздействия. Правила внутреннего распорядка постоянно меняли, а любое отклонение от этих правил каралось. Кроме этого, достаточно грубого приема, применялась «иррационализация» — заключенных заставляли производить действия, лишённые какого-либо смысла. Не только рыть ямы и тут же засыпать их, что

заключенные могли бы объяснить садизмом охранников, но и попросту выслушивать правила внутреннего распорядка, которые и без того были вывешены на каждом столбе. В результате, подобно собаке Шенгер-Крестовниковой, заработавшей невроз в бесплодных попытках понять законы окружающего мира, заключенные всего за несколько месяцев выучивались беспомощности. Они выходили на свободу новыми людьми — лишенными собственной жизненной энергии и, следовательно, легко управляемыми.

Однако данные физиологических экспериментов, как и житейский опыт, показывают, что часть людей и животных оказываются устойчивыми к действию неконтролируемых стрессорных воздействий. Дело не только в толстокожести отдельных особей. (Кстати, развитие выученной беспомощности, безусловно, можно предотвратить, если перед стрессорным воздействием ввести животному транквилизатор; недаром мировое потребление успокоительных препаратов уступало — до открытия виагры — только аспирину.) Оказывается, часть животных в экспериментальной группе — а именно те, кто устойчив к неконтролируемому стрессу, — и не стремится ничего контролировать! Этот аспект проблемы помогли прояснить опыты с животными, поведение которых детерминировано генетически.



Суетиться или выжидать?

Генетические линии крыс и мышей различными стратегиями поведения получают методом селекции. Например, есть две природные стратегии оборонительного поведения: бежать или затаиться. Отбирая в каждом поколении животных, предпочитающих ту или иную стратегию, можно получить две линии с наследственной предрасположенностью к тому или другому поведению. Обычно такие линии называют «активной» и «пассивной», хотя точнее было бы называть их «суетливой» и «неторопливой».

Принято считать, что активная стратегия всегда лучше пассивной. Однако на самом деле неторопливая стратегия часто оказывается оптимальной, и не только при оборонительном поведении. «Не суетитесь!» — советовал Талейран молодым дипломатам. Пассивная стратегия поведения позволяет самкам большинства видов выбирать полового партнера. Но наиболее ярко достоинства неторопливой стратегии проявляются в неконтролируемой ситуации.

Сотрудники петербургского Института физиологии имени И.П.Павлова использовали для исследований две линии крыс — быстро и медленно вырабатывающие условный рефлекс избегания боли. Крысы одной линии быстро обучались убегать от болево-

го раздражителя в другую половину экспериментальной камеры, крысы другой линии бежать не спешили. Тех и других животных подвергали неконтролируемому воздействию — ударам электрическим током, избежать которых они не могли. Оказалось, что суетливая стратегия поведения в этом случае неэффективна. Пытаясь ее реализовать, крыса не может достичь цели — избавиться от неприятного воздействия. В то же время несуетливые крысы при неблагоприятных изменениях окружающей среды реализуют свою стратегию — и получают преимущество. Затаившись, они выжидают и не пытаются взять ситуацию под свой контроль. В результате у них не отмечается изменений в поведении и физиологии, типичных для выученной беспомощности. Конечно, и для таких, затаивающихся крыс часовое воздействие электрическим током не проходит бесследно. Однако физиологические параметры у них быстро приходят в норму, а самое главное, эти животные сохраняют выработанные навыки и могут обучаться новым формам поведения.

Стимуляция электрическим током удобна для эксперимента, поскольку позволяет точно дозировать раздражение. Однако более естественны для животных конечно же другие воздействия, в частности те, которые возникают в процессе социальных отношений.

Одну из моделей напряженных социальных отношений — длительный опыт поражений — используют новосибирские исследователи Института цитологии и генетики. Среди мышей устраивают турнир. Две мыши встречаются на ограниченном пространстве: тот из участников конфликта, кого в прямом смысле загонят в угол, проиграл. В следующем туре встречаются не победители с победителя-

ми, как принято у людей-спортсменов, а победители с проигравшими. Так делают несколько раз, отбирая тех, кто побеждает всегда, и тех, кто никогда не выигрывает. После 10—20 туров получают две группы мышей — с постоянным опытом побед и с постоянным опытом поражений.

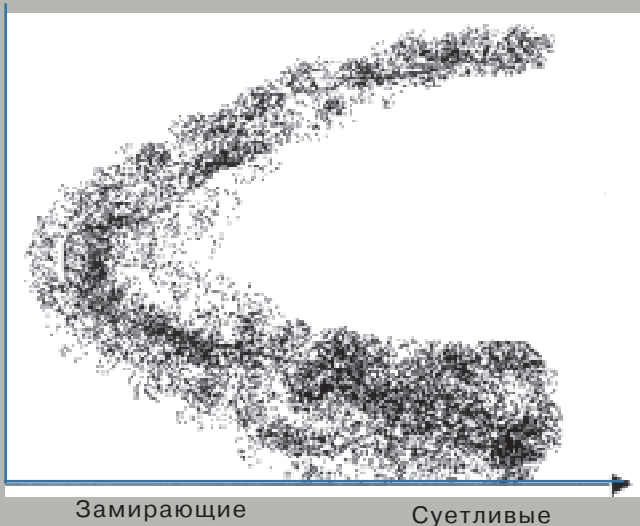
В этих «неолимпийских играх» принимали участие две линии мышей, которые различались по суетливости в незнакомой обстановке. Оказалось, что выученная беспомощность после множества проигрышей развивается только у суетливых мышей. У них же отмечены и драматические изменения метаболизма серотонина — одного из основных медиаторов центральной нервной системы. Примечательно, что у неторопливых мышей, которые оказывались среди победителей, изменения в поведении и в нейрохимии были более выражены, чем у «постоянных проигравших», — за проявление активности организм неторопливых мышей расплачивался постоянным стрессом. Аналогичные данные были получены швейцарскими исследователями поведения линий суетливых и неторопливых крыс. Изменения в нейрохимии дофамина — другого важного нейромедиатора — у неторопливых крыс, которых заставляли контролировать ситуацию, были схожи с изменениями обмена дофамина суетливых животных, подвергавшихся неконтролируемому воздействию. Таким образом, каждая из двух стратегий оказывается оптимальной для двух типов стрессорного воздействия. Неторопливым крысам или мышам было плохо, когда их заставляли контролировать ситуацию, так же как суетливым крысам, которые контролировать ситуацию не могли.

Хотя в неконтролируемых условиях оптимальна стратегия выжидания, животные с предрасположенностью к

Вот как на самом деле выглядит зависимость между активностью особи и ее социальным рангом: наименьшую активность проявляют не подчиненные, а субдоминанты

Значительно превосходя подчиненных крыс, субдоминанты несколько уступают доминантам по количеству привилегий (еда, удобные места отдыха, свободный выбор партнера для общения)

Доминанты
Субдоминанты
Подчиненные



беготне тоже могут сопротивляться фактору неконтролируемости. Выученная беспомощность развивается у животных, помещенных в маленькую клетку. Но когда ученые из университета города Гронинген (Нидерланды) раздражали электрическим током светлых мышей в большой клетке, где они могли бегать — и бегали, — выученная беспомощность не развивалась. Спасительной в данном случае оказывается сама возможность реализации врожденной стратегии поведения — бежать при неблагоприятных изменениях в окружающей среде. Это дает животным субъективное ощущение эффективности собственного поведения. Недаром Ганс Селье, создатель теории стресса, говорил, что главное — не то, что на нас воздействует, а то, как мы это воспринимаем. Велика спасительная сила иллюзий!

Общительные, любопытные, любвеобильные и неторопливые

Еще один распространенный миф — от активности поведения человека или животного якобы напрямую зависит его социальный ранг. Такое убеждение присутствует не только в обывательском сознании, но и в среде исследователей поведения. В самом деле, подобную зависимость легко обнаружить, если сравнивать полярные группы животных — стоящих на вершине и внизу социальной пирамиды. Однако у многих видов, в том числе у крыс и мышей, существует довольно значительная группа особей, которые обладают средним значением социального ранга — группа субдоминантов. Промежуточное положение субдоминантов в иерархии не означает, что они «от тех ушли, а к этим не пришли», — это особая группа. Субдоминанты почти так же общительны, как и доминанты, но совершенно не участвуют в изгнании чужаков с территории, занимаемой сообществом. При появлении самки они проявляют активность даже большую, чем доминанты, а исследование новых предметов, вносимых в клетку экспериментатором, или же освоение новых территорий (в естественных условиях) — это их прерогатива. Таким образом, структура поведения субдоминантов принципиально отличается от поведения вожаков-доминантов.

При прямом сопоставлении социального ранга и степени светливости



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

выяснились любопытнейшие вещи. Петербургские исследователи определяли оба исследуемых параметра у каждой крысы в генетически разнородном сообществе. Оказалось, что животные с неторопливым типом реагирования, которые меньше других бегают при раздражении электрическим током, обладают средним, а не низшим социальным рангом! Этот результат был получен в нескольких экспериментах, в которых значение социального ранга определяли разными способами. Тем не менее во всех случаях наименее светливые крысы формировали группу субдоминантов (см. рисунок). На прошедшей в августе 2001 года XXVII Международной этологической конференции было сообщено о среднем социальном ранге неторопливых членов стаи синиц.

Открытие этой закономерности, если вспомнить вдобавок о преимуществах несуетливого стиля поведения в неконтролируемой ситуации, позволяет дать объяснение большому массиву экспериментальных фактов. Например, еще в 70-е годы в сухумском питомнике изучали реакции обезьян на эмоциональный стресс. Стрессу подвергали павианов с высшими, средними и низшими значениями социального ранга. Оказалось, что группа субдоминантов устойчива к эмоциональному воздействию. Как у низших, так и высших членов стаи были обнаружены сильные сдвиги биохимических и физиологических параметров, и эти сдвиги сохранялись долго после окончания воздействия. Кроме того, у этих животных пропали все формы исследовательского и дружелюбного поведения. А вот у субдоминантов все физиологические и биохимические параметры возвратились к норме уже через два часа, а дружелюбное поведение даже усилилось — павианы приветствовали экспериментаторов.

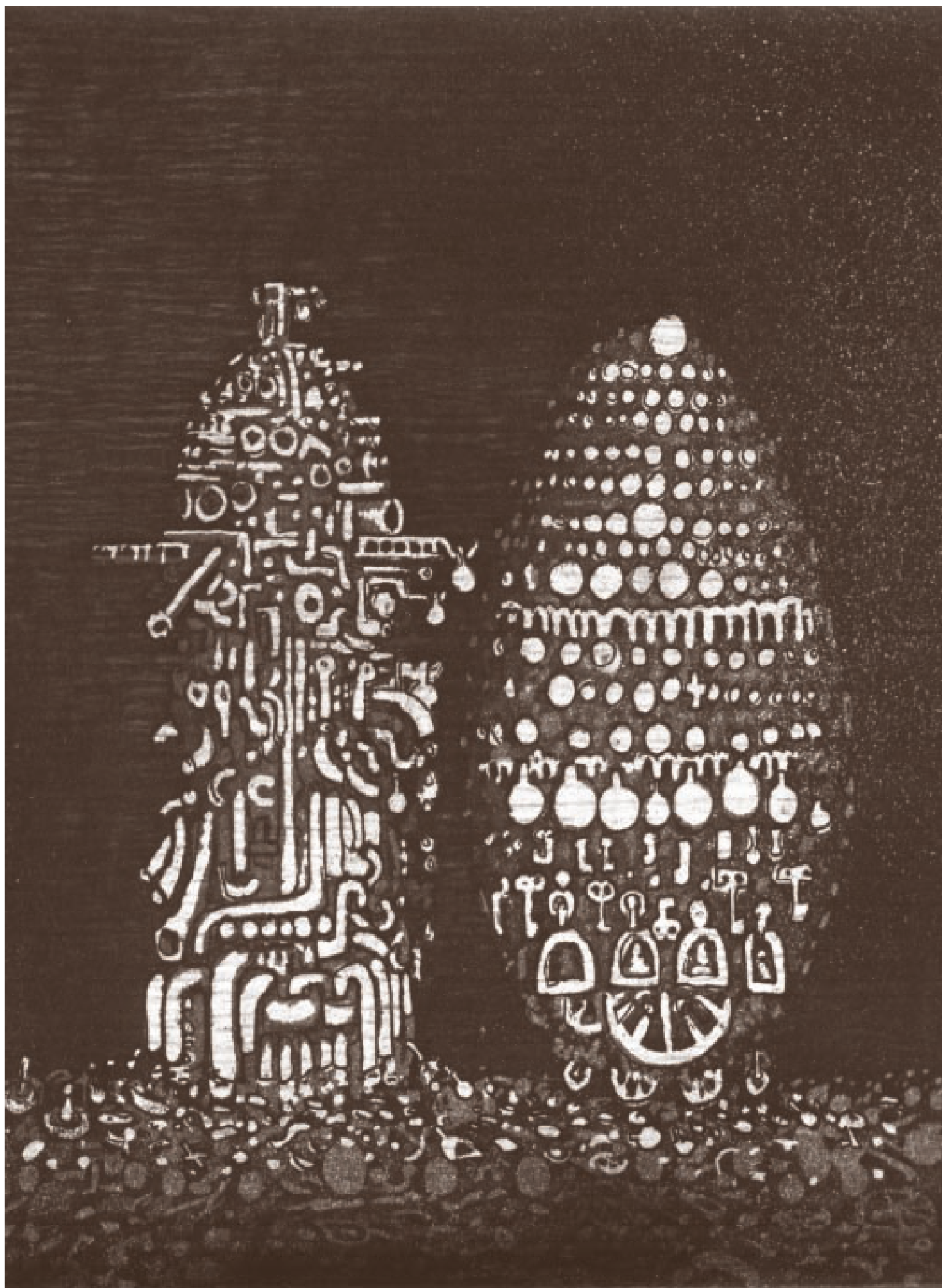
Сообщение, в котором описаны эти результаты, могло бы затеряться в море литературы об эмоциональном стрессе, если бы авторы не указали, что эмоциональный стресс вызывали

двухчасовой иммобилизацией животных. А это типичный случай неконтролируемого воздействия, при котором, как теперь известно, оптимальна поведенческая стратегия субдоминантов — затаивание. Другие приморы устойчивости именно субдоминирующих животных к неконтролируемой ситуации не будем приводить для экономии места.

Эта статья — не апология пассивного стиля жизни. Во-первых, речь шла не о пассивности и активности, а о выжидательной и светливой стратегии поведения. А во-вторых, эффективность того или иного стиля поведения определяется многими факторами, и контролируемость ситуации — только один из них. В любом случае оптимальной будет стратегия, подразумевающая пластичность поведения, возможность его изменения в соответствии с обстоятельствами. Хотя нужно отметить, что, по данным ученых из Гронингена, у несуетливых мышей поведение значительно гибче и в ситуации социального обучения, и при обучении в условиях меняющейся среды. А исследователи из московского Института эволюционной морфологии и экологии животных имени А.Н. Северцова показали, что у крыс-субдоминантов значительно лучше, чем у доминантов, развита рассудочная деятельность. Поэтому, в заключение, пожелаем читателям сил — изменить изменяемое, терпения — выдержать то, что им изменить не по силам, и, главное, мудрости — отличить одно от другого.

P.S. Подробное изложение и обсуждение этой темы можно найти в работах автора, опубликованных за последние годы в «Российском физиологическом журнале им. И.М. Сеченова» и в «Журнале высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова».





Дофамин



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Познай самого себя

В одном из сочинений Платона рассказывается, как некогда в Дельфах, около храма Аполлона, собрались семь мудрецов, чтобы решить, в чем состоит основной вопрос науки. После долгих споров Фалес, Питтак, Биант, Солон, Клеобул, Мисон и Хилон высекли у входа в храм бессмертную фразу: «Познай самого себя». С тех пор миновали века, но завещание мудрецов так и осталось неисполненным. Ясно, что эту крепость природы кавалерийским налетом не взять. Но длительная и планомерная осада ведется с древности и по сей день.

Не будет большим преувеличением сказать, что человек — это прежде всего мозг. Первым шагом к раскрытию тайн мозга было установление его клеточного строения. Вильгельм Вальдейер в 1891 году ввел понятие нейрона как основного элемента нервной системы. Нейрон — клетка с многочисленными отростками. По коротким отросткам, называемым дендритами, в клетку поступают импульсы «животного электричества» (термин Д.Гальвани, его первооткрывателя), а по единственному длинному отростку — аксону — клетка посылает импульс либо в другие нейроны, либо к исполнительному органу в теле человека.

В начале XX века нейрогистолог Сантьяго Рамон-и-Кохаль установил, что нейроны независимы, то есть их отростки хотя и сближены, но нигде не сливаются. Как же в таком случае они передают друг другу сигналы? Изучая коленный рефлекс, Чарльз Скотт Шеррингтон замерил скорость проведения нервного импульса по нерву, входящему в спинной мозг, и время, которое требовалось для передачи сигнала с входящего нерва на выходящий. Оказалось, что импульс в течение некоторого времени задерживается, как бы топчется в месте

перехода с нерва на спинно-мозговую нейрон. Единственным возможным местом задержки мог быть контакт между нейронами, которому Шеррингтон дал название «синапс», что примерно означает «застежка».

Казанский профессор Александр Филиппович Самойлов повторил опыт Шеррингтона на нервно-мышечном препарате лягушки и определил температурный коэффициент проведения импульса (показатель ускорения процесса при повышении температуры на 10°С). Если в основе проведения импульса через синапс лежит чистая физика, то этот коэффициент едва может превысить 1,0. Если химия — то более 2,0. Самойлов нашел коэффициент, равный 2,14, то есть доказал химическую природу передачи нервного импульса через синапс. Он писал: «На границе двух клеток одна клетка выделяет какое-то, пока неизвестное вещество, и это вещество служит раздражающим агентом для другой клетки». Когда такие вещества были открыты, их назвали «медиаторами» — посредниками.

Сегодня слова «ацетилхолин», «адреналин» и «норадреналин» знакомы даже школьникам. Но сформировалось представление о медиаторах в 50-е годы, хотя первичные исследования были проведены еще в начале XX века. В 1914 году появились первые работы Генри Х. Дейла, который обнаружил, что ацетилхолин действует на органы животных так же, как импульсы парасимпатических нервов (вызывает сокращения гладких мышц полых органов, расширяет сосуды и тому подобное). В 50-х годах Дж. Эклс доказал, что ацетилхолин — один из передатчиков нервных импульсов в мозге. В 1904 году Т.Р.Эллиот выделил из надпочечников адреналин, который действовал на сосуды и органы подобно симпатическому нерву (снижает тонус гладких мышц, сужает сосуды, учащает сердцебиение). Есте-

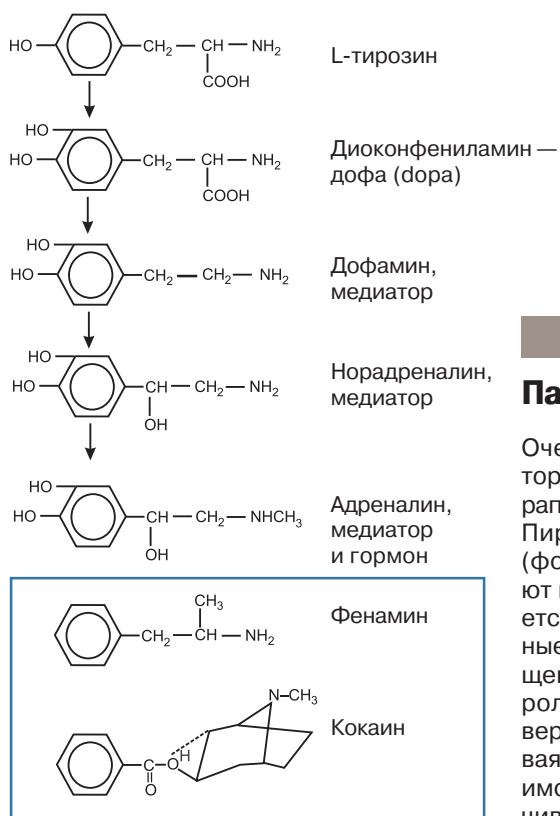
ственно, он предположил, что адреналин выделяется на окончаниях этих нервов. В 1946 году Ульф фон Эйлер привел факты, свидетельствующие о медиаторной роли норадреналина в периферических симпатических нервах. В 1954 году Марта Фогг обнаружила наличие больших количеств норадреналина в центральной нервной системе.

Тогда же, в середине XX века, в общих чертах было установлено, как сигнал от медиатора передается в клетку. Р.Алквист в конце 50-х годов выяснил, что норадреналин и адреналин после освобождения из окончаний симпатических нервов взаимодействуют с особыми белками-рецепторами (лат. *receptum* — брать, принимать). В 1957 году химиками было открыто производное аденозинтрифосфата (АТФ), вещества, участвующего в переносе энергии, — циклический аденозинтрифосфат (цАТФ). Сразу вслед за этим американский биохимик Эрл Сазерленд доказал, что именно цАТФ является вторым посредником, после рецептора адреналина, между медиатором и внутренними процессами в клетке. Адренорецепторы прямо в клеточной мембране активируют фермент аденилатциклазу, который синтезирует цАМФ; цАМФ проходит в клетку, воздействует на синтез нуклеиновых кислот, обмен белков и вызывает другие реакции, приводящие к конкретным эффектам: сокращению мышц, секреции желез.

Нобелевская премия 2000 года

Если об адреналине как гормоне и нервном регуляторе сердечной деятельности, равно как и об адреналине — лекарстве, сегодня знают все, а о норадреналине — медиаторе нервных импульсов, поддерживающих сосудистый тонус, — многие, то про дофамин широкой публике известно гораздо меньше. И зря.

Первое сообщение о дофамине как одном из предшественников адреналина было сделано еще в 1910 году,



1
Схема синтеза катехоламинов. Первым идет тирозин — одна из двадцати аминокислот, вторым — диоксифенилаланин, он же ДОФА или дофа, — вещество, предложенное нобелевским лауреатом в качестве лекарства от болезни Паркинсона, затем медиаторы дофамин и норадреналин, медиатор и гормон адреналин. Внизу — формулы наркотических веществ, действие которых связано с дофамином, — кокаина и фенамина

Паркинсонизм

Очень богаты дофамином ядра, которые входят в так называемую экстрапирамидную двигательную систему. Пирамидная двигательная система (форму опрокинутой пирамиды имеют входящие в нее нейроны) начинается в коре; она ответственна за точные произвольные мышечные сокращения — за движения, которые контролируются сознанием, то есть совершаются по произволу. Подкорковая экстрапирамидная система, взаимодействуя с пирамидной, обеспечивает координацию движений, сохранение позы, поддержание тонуса мышц и мимику.

«Химия и жизнь» не раз писала о паркинсонизме, или дрожательном параличе, — распространенном и трудно излечимом заболевании мозга, которое развивается преимущественно в пожилом возрасте. Для этого заболевания типично не только дрожание рук, но и скованность движений (возникновение «позы просителя» с наклоном туловища вперед, семенящая походка), отсутствие мимики, общее постоянное напряжение всех мышц — ригидность. Со временем больной полностью утрачивает способность передвигаться и становится прикованным к постели.

Карлсон обнаружил, что при введении животным больших доз резерпина (это вещество ранее использовали для лечения психозов, а теперь им лечат гипертоническую болезнь) у них возникают изменения поведения, сходные с симптомами паркинсонизма. Резерпин, как известно, опустошает запасы катехоламинов (дофамина в том числе) в нервных окончаниях. Более того, содержание дофамина в мозге людей, страдавших паркинсонизмом, оказалось резко сниженным. Предложенное Карлсоном лечение паркинсонизма — введение предшественника дофамина L-ДОФА — используется до сих пор (этот препарат известен под названием леводопа). До того лекарственная помощь таким больным была очень ограниченной и малоэффективной.

Шизофрения

Боевые действия французов в 1940–1945 годах во Вьетнаме (тогда французской колонии) породили острую потребность в новых лекарственных препаратах. Медики искали, в частности, вещества, способные блокировать эффекты тканевого гормона гистамина (он отвечает за быстрое развитие воспалительной реакции и увеличивает кровенаполнение капилляров, что может привести к резкому падению давления). Слишком слабое действие димедрола врачей не удовлетворяло. В 1950 году П.Шарпентье синтезировал вещество, получившее название «аминазин» (хорпромазин, ларгактил). Уже на следующий год хирург А.Лабори отметил ярко выраженные противошоковые свойства аминазина, а также его неожиданное влияние на психику: больному становилось совершенно безразлично происхождение с ним и вокруг него, причем сохранялись и сознание, и контакт с врачами. Дата первого применения аминазина для лечения тяжелой формы шизофрении — 19 января 1952 года — теперь считается днем возникновения новой научной дисциплины, психофармакологии. Кратковременный курс лечения привел к стойкой ремиссии, тогда как ранее длительная госпитализация и шокотерапия приносили больному лишь умеренное облегчение.

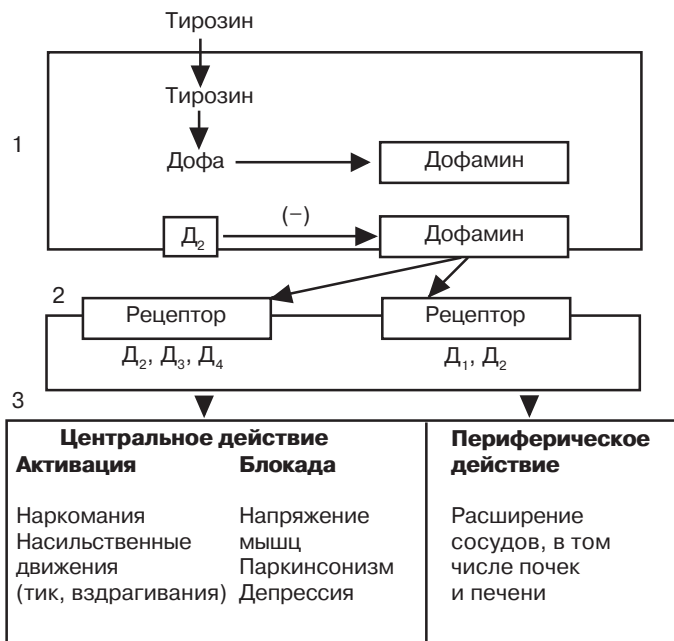
Вскоре аминазин стали применять во всех странах мира, в том числе и в СССР. Так в медицинскую практику вошли нейролептики (греч. *leptikos* — способный взять, отнять) — вещества, устраняющие возбуждение, бред и психоз без нарушения сознания. Аминазин используют в психиатрии по сей день, несмотря на то что практика вскоре выявила его серьезные побочные эффекты: в частности, при длительном применении препарата могут развиваться депрессия, паркинсонизм, гипотония.

Карлсон одним из первых показал, что нейролептики устраняют возбуждение за счет блокады действия дофамина, преимущественно в коре и в тех отделах мозга, которые ответственны за возникновение эмоций.

однако все звенья в цепи синтеза были расшифрованы Г.Блашко и другими лишь в 1950–1960 годы. Синтез начинается с аминокислоты тирозина и заканчивается адреналином (рис. 1). Дальнейшие превращения адреналина ведут к его инактивации. Все вещества этой группы были названы катехоламинами.

Лауреатами Нобелевской премии по физиологии и медицине за 2000 год стали шведский фармаколог Арвид Карлсон, а также американские биологи Пол Грингард и Эрик Кендал «за открытия, касающиеся передачи импульсов в нервной системе». Точнее, за открытие роли дофамина в работе мозга.

Дофамин в мозге был обнаружен Карлсоном и его коллегами еще в 1957 году и с тех пор стал основным объектом их работы. Трудной работы, поскольку лишь одна из тысячи нервных клеток (иначе говоря, сто миллионов нейронов из примерно ста миллиардов) функционирует с участием дофамина. Карлсон установил, что 80% этого вещества сосредоточено в подкорковых ядрах (для интересующихся: неостриатуме, бледном ядре и черной субстанции), в то время как норадреналин распространен преимущественно в стволе мозга. Из этого наблюдения Карлсон сделал вывод, что дофамин — не только предшественник адреналина и норадреналина, но и медиатор, выполняющий свои особые функции.



2
Схема строения и функции дофаминового синапса
 (1 — пресинаптическое окончание, 2 — синаптическая щель, 3 — постсинаптическая мембрана с дофаминовыми рецепторами разных типов).
 Внизу кратко перечислены физиологические эффекты и заболевания, развитие которых связано с данными типами рецепторов



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Естественно, что они, частично блокируя действие дофамина в экстрапирамидной системе, вызывали и симптомы паркинсонизма.

В 1975 году Арвид Карлсон привел доказательства существования дофаминовых ауторецепторов. Такие рецепторы расположены на окончании нейрона, выделяющего дофамин. Когда молекула дофамина садится на этот рецептор, как бы возвращаясь на «свой» нейрон, он перестает высвобождать новые порции медиатора. После этого Карлсон рекомендовал использовать в качестве антидепрессантов вещества, действие которых противоположно нейрелептикам. По его мнению, для достижения нужного эффекта следовало блокировать обратный захват дофамина в областях, ответственных за эмоциональное состояние. Такие вещества были получены и оказались эффективными.

То, что действие многих антидепрессантов, применяемых ныне в медицинской практике, вызывается их вмешательством в метаболизм дофамина, можно считать доказанным. Но понятно и то, что и возникновение депрессии многопричинно, и лечение ее должно быть комплексным. Например, важную роль в возникновении болезненно-угнетенного, тоскливого настроения, сочетающегося с расстройством мышления и разнообразными нейрогенными заболеваниями, играет нарушение обмена серотонина (вместе с катехоламинами он входит в группу моноаминов). В итоге число антидепрессантов велико, а механизмы их действия разнообразны. Наиболее часто используют средства, способные нарушать обратный захват медиаторов (не только дофамина, но и, например, норадренали-

на). Очень удобен из-за хорошей переносимости препарат азафен (пипофезин), хотя эффективность его невелика. Сильнодействующие препараты, такие, как имипрамин, следует принимать только по назначению психиатра.

К этой же группе относятся вещества, подавляющие активность фермента, разрушающего моноамины: бифол, инказан, моноклобемид, сиднофен, тетриндол. Цефедрин оказывает также и стимулирующее действие, что используется для улучшения настроения. Недавно появились сообщения о препарате перивон, который более сильно влияет на обмен серотонина; фактически это препарат для улучшения настроения, а не лечения депрессии. Если это так, то следует ожидать всплеск увлечения этим веществом как «таблетками радости».

Многообразие действия

Пол Грингард, изучая действие дофамина, пришел к выводу, что он может действовать не только быстро, изменяя проницаемость мембраны клеток для ионов, но и медленно, влияя на клеточный обмен веществ. (В этом отличие дофамина от норадреналина и адреналина.) Быстрое действие, связанное с ионами, называется ионотропным, а медленное, связанное с метаболизмом, — метаболотропным.

Очевидно, что для того и другого эффекта существуют специализированные рецепторы. Воздействие на рецепторы, которые были обозначены D_2 , вызывает ионотропный эффект — изменение обмена клеточных фосфолипидов, что приводит к мобилизации

связанных с белками ионов Ca^{++} и затем к активации нейрона. Рецепторы типа D_1 регулируют самые разные функции организма, в частности половое поведение. Сегодня описаны и другие типы рецепторов дофамина. Кстати, способность уже упомянутого алкалоида апоморфина, открытого еще в XIX веке, вызывать не только рвоту, но и эрекцию (в зависимости от дозы) связана именно с его воздействием на различные дофаминорецепторы.

На рис. 2 приведена современная схема строения дофаминэргического синапса. Дофамин синтезируется в нервном окончании, выделяется в синаптическую щель и передает сигнал на рецепторы. Первая группа рецепторов отвечает за действие на центральную нервную систему. Эти рецепторы активируются наркотиками, такими, как кокаин и фенамин, — при этом возникает наркомания. Воздействие на эти же рецепторы на фоне депрессии дает антидепрессивный эффект. Однако повышенная активация этих рецепторов в результате нарушений обмена приводит к болезни — синдрому Туретта: насильственным произвольным движениям, тикку, подмаргиванию, вздрагиванию. Блокада рецепторов этой группы, очевидно, вносит свой вклад в развитие депрессий и паркинсонизма. Здесь же изображен и ауторецептор, блокирующий выделение дофамина.

У дофамина есть еще и периферическое действие — он расширяет сосуды внутренних органов, в том числе почек и печени. На этом эффекте основано действие многих лекарств, устраняющих спазм сосудов при шоке (ранее для этого применяли норадреналин).

Память

Эрик Кендал занимался изучением памяти. В качестве объекта он выбрал морского зайца (*Aplysia* — род морских брюхоногих моллюсков) — физиологи часто выбирают это животное для исследований, так как за

работой его нервной системы легко наблюдать. В простом эксперименте он вырабатывал у него рефлекс втягивания сифона в ответ на прикосновение. Эта защитная реакция не врожденная и требует запоминания. Таким образом, Кендал задался целью непосредственно проследить изменения, которые происходят в нервной системе моллюска при возникновении нового навыка.

Еще древние греки считали, что богиня памяти Мнемозина была матерью девяти муз, покровительниц наук и искусств. Эсхил, передавая слова Прометея, перечислявшего свои заслуги перед человечеством, говорит: «Им память дал, мать муз — всего причину». Действительно, память — основа деятельности мозга. Ее определяют как способность закреплять в мозге, хранить и воспроизводить информацию, полученную извне. В простейшем варианте у животных выделяют кратковременную память, длящуюся минуты, и долговременную, хранящую информацию практически в течение всей жизни.

Кендал установил, что кратковременная память зависит от воздействия на клетки медиаторов, в том числе и дофамина, с последующим воздействием в клетку ионов кальция. След от воздействия длится до тех пор, пока содержание ионов в клетке не вернется к исходному уровню. Чем быстрее это произойдет, тем раньше сотрется информация. Продолжительность ионных изменений зависит от интенсивности воздействия и от того, включена ли клетка в нейронные системы, в которых активация может циркулировать, многократно возобновляясь и постепенно затухая.

Долговременная память, по Кендалу, определяется повышением содержания в клетке цАМФ (мы уже говорили, что это вещество — вторичный посредник, принимающий сигнал от рецепторов медиатора). ЦиклоАМФ вызывает фосфорилирование клеточных белков, которые проникают в ядро и меняют ак-

тивность некоторых генов. Эти изменения, в свою очередь, снижают или повышают синтез особых белков, вызывающих долговременные изменения в структуре нервных окончаний. Они расширяются и как бы распластываются на постсинаптической мембране, что увеличивает площадь межклеточного контакта и делает образованную связь более прочной (рис. 3).

Таким образом, результаты Кендала были одним из первых крупных шагов к самой основе феномена сознания. Какими будут «практические приложения», как далеко мы зайдем в этих работах — покажет время.

Значимое настоящее дофамина

Нобелевские лауреаты немолоды: А.Карлсону 75 лет, двум другим — по 71 году. Премия, следовательно, дана не столько для поощрения, сколько за заслуги. Однако следует подчеркнуть, что трудности, вставшие перед учеными, и глубина затронутых ими проблем оставили многое для учеников и последователей.

Борьба с паркинсонизмом далеко не закончена. Предложенный Карлсоном препарат леводопа сегодня практически не применяется в чистом виде. Его сочетают с препаратом толкапон, который блокирует фермент, разрушающий леводопа в печени, и тем самым обеспечивает более мощное поступление в мозг. Рекомендуются также препараты, возбуждающие D_2 -рецепторы мозга, мипрапекс (прамипексол) и бромкриптин. Препарат селегинин (когнитив, юмекс) блокирует в мозге фермент, разрушающий дофамин и удлиняющий действие леводопа. Амантадин (мидантан) стимулирует выделение дофамина и повышает чувствительность к нему рецепторов мозга.

Для лечения шизофрении и в качестве сильных успокаивающих средств в настоящее время рекомендуются более избирательные и соответственно



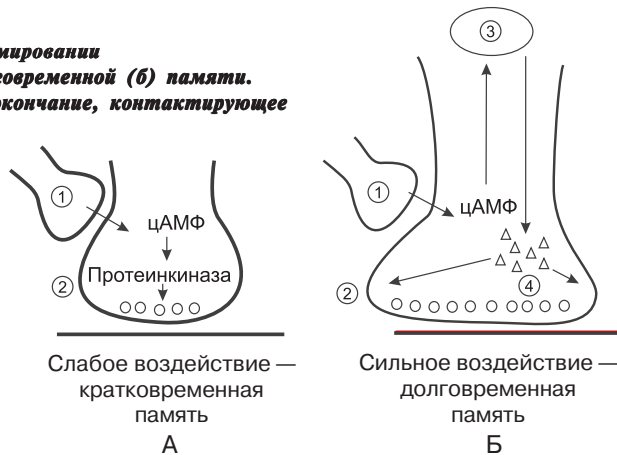
более безопасные препараты такого же механизма действия, что и первый из них, аминазин, а именно: галоперидол (алоперидин), дроперидол (дролептан), азалептин (клозапин), карбидин (дикарбин), мажептил (тиоперазин) и др. Следует только помнить, что все они должны использоваться только по назначению врача.

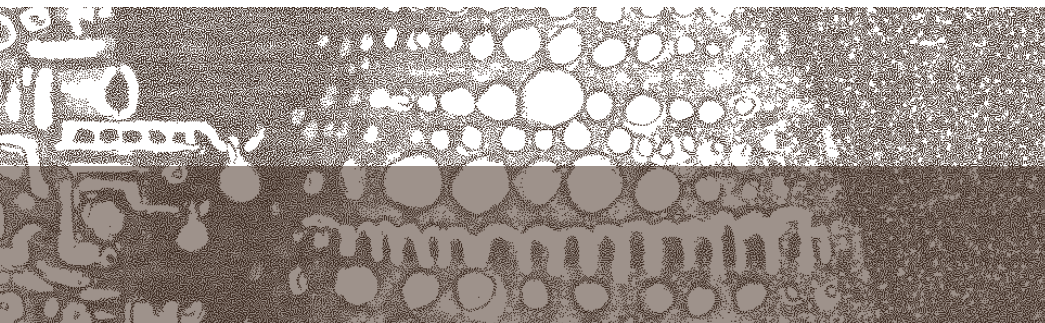
Хотя связь шизофрении с дофамином не вызывает сомнений, до конца не выяснено, насколько велик ее вклад в развитие заболевания и какую роль играют другие факторы. По эффективности нейролептиков, блокаторов дофаминовых рецепторов, в значительной мере можно судить о том, какую роль в патогенезе сыграло нарушение метаболизма дофамина. Теперь имеются антипсихотические препараты другого типа действия, например препараты лития, и, если причина не в дофамине, медики обращаются к ним. Так или иначе, но шизофрения неизбежно поражает более 1% населения независимо от национальности, места проживания, различий в обеспеченности и прочих факторов. Современные лекарства позволили большинству этих несчастных выйти из психиатрических больниц и продолжить лечение дома. Чаще, чем в прежние времена, наблюдаются ремиссии, а в легких случаях правильно подобранные лекарства даже помогают больным вернуться к профессиональной деятельности.

Наркотики

Постоянные читатели «Химии и жизни», вероятно, помнят историю о том, как Нобелевская премия 1999 года породила лекарство от импотенции — знаменитую виагру. Что принесет человечеству Нобелевская премия — 2000, помимо новых научных горизонтов и новых лекарств? Если иметь в виду, что прогресс в понимании многих людей — это движение к более легким способам получения удовольствия, ответ очевиден. Исследования дофаминовой медиации, наряду с другими исследованиями в области нейрофизиологии и нейрохимии, по-

3
Дофамин участвует в формировании кратковременной (а) и долговременной (б) памяти.
1 — дофаминовое нервное окончание, контактирующее с другим нервом;
2 — нервное окончание;
3 — ядро нейрона;
4 — белки, синтезирующиеся в ответ на сигнал дофамина и вызывающие структурные изменения в нервном окончании





казали, что химия, лежащая в основе положительных эмоций, — вовсе не тайна за семью печатями. Мы уже упоминали антидепрессанты, действие которых связано с дофамином и норадреналином. А где антидепрессанты, там и наркотики.

Впрочем, по крайней мере один наркотик этой группы имеет многовековую историю. Листья южноамериканского растения, русское название которого — кокаиновый куст, использовали еще инки для повышения работоспособности. Употребляли коку различными способами, но чаще всего — жевали шарики извести, перемешанной с ее листьями. Она считалась священным растением, на ее листьях и соке гадали прорицатели. Справедливости ради надо отметить, что употребление коки в империи инков было строго регламентировано и разрешалось только определенным группам населения — воинам, жрецам, скороходам (а также верховной знати). Но после завоевания Перу испанцами законы инков перестали действовать. У завоевателей кока стала валютой для расчетов с индейцами — шариками коки расплачивались с носильщиками и рабочими в рудниках. Несколько десятилетий спустя испанский вице-король в Перу попытался запретить культивирование коки (в диком виде это растение уже тогда не встречалось). Однако запретить не удалось ни вице-королям, ни, впоследствии, президентам независимой страны. Сейчас культура коки перенесена в Юго-Западную Азию, Индию и некоторые страны Африки.

Кокаин, выделенный из листьев коки в чистом виде В. Лоссена в 1889 году, вызывает ощущение радости, прилив сил, устраняет усталость и боль. Типичный антидепрессант, кокаин быстро вызывает привыкание с последующим истощением и нарушением свойств личности. Однако в конце XIX века в Европе кокаин применялся как средство от всех болезней. В 1892 году фармацевт Аза Кандлер, купившая акции компании «Кола», начала производство напитка, «устраняющего усталость», в состав которого входила вытяжка из коки, — это вызвало

широкое распространение самой настоящей наркотической зависимости. (Современная кока-кола, как «Химия и жизнь» уже отмечала, кокаина не содержит.) Зигмунд Фрейд сам был кокаиноманом и страстно пропагандировал применение кокаина как лекарства. Кокаиноманом был и знаменитый Шерлок Холмс — стопроцентно положительный герой, к тому же созданный воображением писателя-медика.

В 1960 году кокаин был запрещен к применению в странах Европы. К сожалению, он не только не исчез, но в последние годы все чаще используется как наркотик. Для усиления действия наркоманы готовят из соли кокаина его основание, которое получило название «крэк» или «рок» (вспомним известковые шарики инков). Недиссоциированное основание не имеет заряда, поэтому всасывается лучше.

Механизм действия кокаина принципиально не отличается от действия многих антидепрессантов: он подавляет обратный захват дофамина и норадреналина в тех структурах мозга («центрах удовольствия»), которые связаны с возникновением положительных эмоций. Кокаин опасен не только тем, что вызывает зависимость и деформацию личности. В случае передозировки он приводит к параличу и смерти. Кокаин и крэк среди прочих наркотиков по опасности стоят на первом месте.

Фенамин (он же амфетамин и первитин) — наркотик значительно менее древний, чем кокаин, но и он имеет свою историю. Фенамин был получен в 1930 году американцем Г. Аллесом, сперва в газообразной форме — для ингаляций при бронхиальной астме. Кристаллический фенамин быстро нашел применение как стимулятор умственной и мышечной активности, менее опасный, чем кокаин. Кроме того, фенамин подавляет аппетит — словом, весьма эффективное средство для активизации работы организма в экстремальной ситуации. В годы Второй мировой войны фенамин принимали летчики дальней авиации, подводники, разведчики; в Японии его давали солдатам перед боем. После войны фенамин применяли как средство для похудения,

его выписывали студентам во время сессии и спортсменам.

В 1948 году появились достоверные сведения о том, что фенамин и подобные ему вещества формируют зависимость. Но немедицинское применение фенамина распространилось в масштабах эпидемии, когда стало известно, что его внутривенное введение вызывает эйфорию, особую мышечную радость и стимулирует психику.

В настоящее время по медицинским показаниям фенамин используют крайне редко. Но к сожалению, черный рынок России переполнен фенамином и его различными производными, такими, как метамфетамин (дезоксин), декстроамфетамин (декседрин), бензфетамин и их смеси. Фенамин освобождает из пресинаптических окончаний норадреналин, дофамин и серотонин, а также нарушает их обратный захват. Передозировка чревата страхом, бредом, галлюцинациями, попытками суицида; при очень больших дозах возникают судороги и смерть. Фенамин действительно менее опасен, чем кокаин: отравление кокаином даже в последние годы, по данным Института скорой помощи в Петербурге, приводило к смерти в 65% случаев вызова, а фенамином и подобные ему вещества, в том числе популярные среди молодежи «безобидные» наркотики «айс», «экстази», «Ева» и прочие, — «всего» в 17%.

Словом, любая палка оказывается о двух концах, и даже золотая медаль нобелевского лауреата имеет свою обратную сторону. Как сказал Аврам Линкольн по поводу проекта введения в США сухого закона: «Нет на свете плохих вещей, есть злоупотребление хорошими вещами». Тем не менее постепенно тайны мозга открываются. Еще совсем недавно тот же паркинсонизм казался болезнью безнадежной, не говоря уже о шизофрении. Значит, можно надеяться на появление эффективных медицинских методов борьбы с наркоманией — это ведь тоже болезнь.



Разные разности

Выпуск **Литвинчук,**
Е. Лозовская,
Е. Сутоцкая,
О. Тельпуховская

Американские следователи предполагают, что угонщики самолетов, совершившие в США террористические акты, были вооружены взрывчаткой и керамическими ножами. Наверное, иначе сыщикам трудно объяснить, почему орудия захвата не нашли обычным металлоискателем. О подобном применении керамики, кстати, лет двадцать назад предупреждал Станислав Лем. Представители британской компании «QinetiQ» утверждают, что их прибор может обнаружить неметаллические предметы.

Компания образовалась в результате приватизации исследовательского отдела при Министерстве обороны Великобритании, и ее специалисты хорошо знакомы с армейскими разработками. В свое время по заказу военных были сделаны приборы, которые осматривали окрестности в миллиметровом диапазоне. Солдаты и пилоты могли видеть сквозь туман или облака и проводить военные операции в плохую погоду. Теперь эти приборы послужат безопасности.

Металлические предметы отражают излучение полностью, поэтому, даже если их спрятать в багаже или под одеждой, на экране сканера они выглядят как светящиеся участки. Человеческое тело отражает около 30% такого излучения. Предметы, у которых коэффициент отражения другой, видны под одеждой, так что керамические ножи нельзя будет утаить.

Устройство позволяет обследовать пассажиров, пока они идут через S-образный проход длиной в несколько метров, не останавливая их. Джереми Эттри, коммерческий директор отдела сенсоров и электроники компании «QinetiQ», считает, что прибор пригодится и для осмотра футбольных фанатов при входе на стадион.

Сканирующую систему уже испытали в терминале Евротуннеля в Кале для обнаружения нелегальных иммигрантов, которые прячутся в кузове грузовиков («BBC News», 18 сентября).

Долгое время казалось, что гусеницы тихо ожидают чудесного превращения в бабочку и никак не общаются с сородичами. Теперь ясно, что это не так: в молодости личинки сотрудничают, а в зрелом возрасте враждуют.

Энтомологи наблюдали за гусеницами североамериканской ночной бабочки *Drepana arcuata*, которые живут на березе и ольхе. Каждая из них строит на отдельном листе маленькое шелковое укрытие для защиты от врагов и непогоды. Строительство требует времени и сил, поэтому часто находятся желающие захватить готовое гнездо. Как только незваный гость появляется на территории хозяина, тот начинает стучать и царапать по листу задними ножками. Получается внятный звук, который пришелец воспринимает благодаря вибрации. Если захватчик подбирается ближе, в ход идут передние конечности и челюсти. Нападающий не остается в долгу. Силой ударов гусеницы сообщают противнику о своем размере и силе. Баталии могут продолжаться и несколько минут, и несколько часов. Чаще всего победа остается за владельцем территории, но иногда пришелец разрушает гнездо и прогоняет хозяина.

Подобным образом ведут себя только взрослые гусеницы, а в юности многие из них живут колонией. Энтомолог Джим Коста из Университета Западной Каролины (США) считает, что молодые личинки могут использовать звуковые сигналы, чтобы обозначить территорию своей группы. Эти наблюдения, возможно, пригодятся при создании новых способов борьбы с вредителями: если вмешаться в их обмен информацией, может быть, не понадобятся химические вещества («Nature News Service» 18 сентября, «PNAS USA», 2001, т.98, с.11371).

«В Африке акулы, в Африке гориллы» — предупреждает стихотворение. Однако гораздо страшнее муха цеце, переносчик сонной болезни людей и аналогичного заболевания крупного рогатого скота и лошадей — нагана. При укусе мухи в кровь попадает одноклеточное существо, трипаносома, которая размножается и вызывает приступы лихорадки и боли. Если болезнь вовремя не остановить, она поражает центральную нервную систему, нередко приводя к смерти.

В прошлом веке три крупные эпидемии унесли миллионы голов скота и причинили серьезный вред сельскому хозяйству небогатых африканских стран. С последней из них, которая началась в семидесятые годы, справиться все еще не удается. По данным ВОЗ, эпидемия угрожает более чем 60 миллионам африканцев, проживающим в 36 странах.

Группа ученых предложила бороться с опасной мухой с помощью искусственных коров, которые привлекают насекомых запахом настоящей коровы и пропитаны инсектицидами, смертельными для цеце. Благодаря использованию коров-приманок в Зимбабве удалось снизить заболеваемость нагана почти до нуля, а также сократить применение инсектицидов.

Прежние методы борьбы с мухами сводились к опрыскиванию пораженных территорий. В разгар эпидемии, в середине восьмидесятых годов, в Зимбабве ежегодно распыляли от 100 до 200 тонн ДДТ, ныне запрещенного во многих странах. Теперь для защиты квадратного километра территории понадобятся всего четыре приманки.

Нагана в Африке обнаружена на площади 10 млн. квадратных километров. Заразиться ею могут около 46 млн. голов крупного рогатого скота, причем ежегодно будет погибать 3 млн. животных. «Мы надеемся, что искусственные коровы помогут значительно сократить число заболеваний нагана», — говорит доктор Стивен Торр из Университета Гринвича (агентство «Alpha Galileo», 20 сентября).



Опыты по восприятию речи, синтезированной компьютером, проводили Клиффорд Насс и его коллеги из Стэнфордского университета в Калифорнии. Участникам эксперимента предложили прослушать рецензии на новые книги в исполнении компьютера и решить, покупать их или нет. Получилось, что чем больше голос читающего соответствовал темпераменту слушателя, тем больше тот был склонен доверять полученной информации, даже если знал, что голос — автоматический. Экстраверты предпочитали громкие, быстрые и разнообразные по высоте звука компьютерные голоса, а интроверты — менее решительные и более мягкие.

«Подсознательная реакция на эмоциональную окраску голоса зачастую сильнее рационального ответа», — говорит Дженифер Лей, эксперт в области взаимодействия пользователя с компьютером в корпорации IBM.

Результаты работы могут иметь особое значение для тех, кто торгует через Интернет. Действующий на подсознание голос может быть использован для привлечения покупателей. У некоторых экспертов вызывает опасения этическая сторона такой торговли. «Люди не поймут, что ими манипулируют», — замечает Бен Шнейдерман, специалист по взаимодействию между человеком и компьютером в Университете Мэриленда. Сайты с персонализированными искусственными голосами могут быстро стать компьютерным эквивалентом пройдох. Но с другой стороны, торговцы всегда использовали рекламу, рассчитывая на определенную категорию людей, поэтому новых этических проблем не возникнет, считает Шнейдерман.

А разработчики озвученных сайтов теперь будут знать, как создавать голоса, приятные посетителям. Для этого вполне достаточно задать несколько параметров («Nature News Service» 1 октября, «Journal of Experimental Psychology», 2001).

Лэрри Янг и его коллеги из Университета Эмори в Джорджии (США) сумели изменить поведение животных, вводя им ген. С помощью вируса ген репетора, воспринимающего гормон вазопрессин, доставляли в область головного мозга полевок, связанную с получением удовольствия (ventral pallidum). Вот что из этого получилось.

Самцов полевок на 17 часов помещали в одну клетку с самкой. Затем к ним подсаживали еще одну представительницу слабого пола. Самцы, которым был введен ген, предпочитали старую знакомую. Те, кто не получил ген, или те, у кого он внедрялся в другую область мозга, ко всем самкам относились одинаково. Ученые объясняют это так: когда самец полевки вступает в связь с самкой, в его мозг поступает вазопрессин, который стимулирует ventral pallidum. Самец получает удовольствие и связывает его именно с этой подругой.

«Впервые вирус, несущий ген в головной мозг, изменил сложное поведение, — говорит Стэффорд Лайтмен, специалист по гормонам из Бристольского университета. — То, что можно повлиять на привязанности, изменив всего лишь один рецептор, восхищает и в то же время пугает».

Ранее с помощью магнитного резонанса ученые показали, что этот же отдел мозга у человека активен и при романтической любви, и при наркотической зависимости. Янг предполагает также, что недостаток рецепторов к вазопрессину в этой области головного мозга может быть причиной аутизма — состояния, в котором человек замыкается на свою внутреннюю жизнь.

Этот же гормон может быть связан и с беспокойством. Мыши, получившие ген, вели себя гораздо спокойнее обычных. «Это помогает объяснить давно известный факт: привязанности часто связаны с переживаниями», — считает Сью Картер из Университета в Чикаго («Nature News Service», «Journal of Neuroscience», 2001, т. 21, № 18, с.7392).

Освоиться в наномире — значит не только следить за его объектами, но и манипулировать с ними: перемещать в нужном направлении, ориентировать в пространстве и проделывать другие операции. В этом инженерам и ученым помогают живые клетки.

Таро Уеда и его сотрудники из Национального института новейшей промышленной науки и технологий (Япония) решили, что молекулы белков, ведающих движением в клетках, могут перемещать контейнеры нанометровых размеров с грузом. Исследователи нанесли на стеклянную пластинку белок кинезин, а затем налили на нее раствор со всеми веществами, необходимыми для работы белка. В нем были и микротрубочки — белковые волокна, отвечающие за движение органелл. В клетках с ядром они образуют веретено деления, которое растаскивает хромосомы в дочерние клетки. На пластинке молекулы кинезина тоже работали — тянули микротрубочки.

В первых опытах микротрубочки двигались, куда хотели. Затем на пластинке вытравляли канавки и поместили в них кинезин. Микротрубочки стали двигаться только вдоль углублений, но в обе стороны. Тогда на пластинке сделали камеры в форме стрелок, и микротрубочки поползли в указанном направлении. Те из них, которые направлялись в другую сторону, упирались в боковые зубцы стрелок, поворачивали назад и выходили из острия.

Теперь от лабораторных развлечений нужно перейти к приложениям. Предполагается, что на силиконовых пластинках можно будет размещать целые фабрики. Молекулы, расположенные в каналах, стрелках и ямках другой формы, смогут перемещать контейнеры с реактивами в разных направлениях, собирать их в одном месте, объединять и удалять отходы, как на химическом заводе. Следующий шаг — научиться нагружать микротрубочки полезным грузом («Nature News Service», 20 сентября; «Biophysical Journal», 2001, т.81, с.1555).

Возможно, корабли в Бермудском треугольнике и других местах топили из-за пузырьков метана. Всплывая, множество пузырьков уменьшают плотность воды, и судно теряет плавучесть. Недавно это предположение проверили физики и получили в его поддержку новые доказательства.

Метан образуется в придонных частях водоемов, когда в воде нет кислорода. При этом часть его хранится на дне морей в виде кристаллогидратов — твердых соединений с водой. Когда условия изменяются, метан может освободиться и превратиться в газ. Некоторые ученые полагали, что иногда пузырьки метана всплывают в большом количестве и настолько изменяют плотность воды, что попавший в облако пузырьков корабль тонет.

Брюс Денардо из Военно-морской школы для выпускников в Монтерее (Калифорния) сначала не верил, что корабль может утонуть из-за пузырьков газа, ведь они и захваченные ими потоки воды должны придавать судну импульс, направленный вверх. Для проверки исследователи опускали в воду шарик с такой плотностью, что он едва плавал, и начинали подавать снизу поток воздуха. Шарик сразу же тонул («New Scientist», 26 сентября; «American Journal of Physics», 2001, т. 69, с. 1064). В море, конечно, все может происходить не так, как в закрытом контейнере. Бывает ли там поток пузырьков настолько обильным, чтобы потопить корабль, пока не ясно.

Даже если в морях суда и не тонут из-за поднимающегося газа, этого эффекта можно добиться технически. Майкл Стамборг, исследователь из Военно-морского колледжа США на Род-Айленде, предложил использовать пузырьки в качестве оружия — «бомб плавучести». По его мысли, подводная лодка может инициировать выделение метана из запасов на дне моря, затем собрать газ, отвезти его под днище неприятельского судна и выпустить. Как бы эту идею не подхватили армды террористов, вооруженные акалангами и баллонами со сжатым газом.





Из НИоткуда В НИкуда?



Художник Н. Кращин

Кандидат
медицинских наук
А.А.Травин



ЧЕЛОВЕК: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

Меняется ли современный человек — и именно с биологических позиций (впрочем, социобиологический аспект тут тоже крайне интересен)? Если нет, то почему, а если меняется, то как, в каком направлении и, главное, каким он может стать в обозримом будущем? Открывая в нашем журнале новую рубрику «Человек: вчера, сегодня, завтра», мы приглашаем ученых, так или иначе изучающих человека (и неученых тоже — например, фантастов), принять участие в обсуждении этих крайне интересных проблем. А сейчас — первые статьи новой рубрики: что в принципе понимать под эволюцией человека и как эволюционировал Homo sapiens, начиная с древнейших времен.

*Вот эта да! Вот это да!
И я спросил, как он рискнул —
Из ниоткуда в никуда
Перешагнул... Перешагнул?*

В.С.Высоцкий

Известно, что в науке существует немало проблем, которые постоянно привлекают к себе внимание не только ученых, но и общественности. Генезис такого интереса вполне объясним: значит, эти проблемы окончательно еще не решены. А пока существует тайна, остаются и те, кто пытается ее раскрыть (если профессионально, то это — научные работники), и те, кто всегда готов о ней посудачить (журналисты и, с их подачи, потребители разных СМИ).

Одна из таких проблем (по-другому — вечных загадок) — это, конечно, происхождение жизни и ее дальнейшая эволюция. Как возникла жизнь на Земле? Как и за счет каких механизмов она развивалась? Как возник Homo sapiens и кто его непосредственный предок (и был ли такой)? Продолжает ли эволюционировать человек сегодня и если да, то куда, в каком направлении?

Дискуссии по этим вопросам не утихают, и каждый из ее участников приводит свои веские аргументы. Одни — с позиций сугубо естественно-научных, другие — мистически-метагалактических (например, теория панспермии: о занесении «зародышей жизни» на нашу планету из неких космических миров), третьи — с извинительно-креационистских, где, как ни крути, все равно присутствует традиционное Божественное начало.

Оставим последнее, поговорим о первом, о естественно-научном. Продолжим — потому, что проблема эволюционизма и вправду неизбывна (последние публикации «Химии и жизни» тут совсем свежие — см. № 7–8 и 9, 2001).

В общем, действительно вечная тема. Однако теперь, наряду с попытками решения проблем для теории эволюции уже традиционных, хотелось бы разобраться в следующем: а действительно ли мы, современные люди (современные с исторических позиций), эволюционируем? Иными словами, продолжается ли эволюция *Homo sapiens* и сегодня? Да или нет? И если да, то что нас — точнее, наших потомков — ждет и какими они будут? Эволюционно куда более прогрессивными, чем мы? Или, может быть, правы те, кто утверждает, что наделенный сознанием и способностью к рефлексии род людской (а такой — единственный на планете!) — это выхлест эволюции, ведущий в тупик: явился неизвестно откуда и уйдет в небытие, сам себя уничтожив? Как по Высоцкому (см. эпиграф): из ниоткуда в никуда.

Последний из поставленных вопросов — епархия футурологов и фантастов, а наша задача — это реалии.

Итак, эволюционирует ли современный человек? На этот непростой вопрос в принципе может быть два ответа: нет и да. «Конечно, нет!» — скажет значительная часть наших просвещенных граждан (в том числе и биологов, кстати), и аргументация будет такой: как вид *Homo sapiens* (точнее, *Homo sapiens sapiens*), по свидетельствам исторической науки и археологии, сформировался около 120 тысяч лет назад, и с тех пор ничего принципиально нового (с эволюционных позиций, конечно) с ним не произошло (на жаргоне этих господ ученых, «уже и тогда — это в общем-то мы!»). Но вот противоположная точка зрения: да, по морфологическим признакам всё вроде бы так, как и было многие тысячелетия назад, однако налицо существенные изменения антропологических параметров, интеллекта, продолжительности жизни, наконец. Разве это не доказательство того, что эволюция человека продолжается постоянно, и даже в наше время?

Кто же прав? Удивительно или нет, но дать исчерпывающий ответ действительно сложно. А чтобы его все-таки дать, поначалу надо договориться, о чем конкретно идет речь, а именно: что понимать под эволюцией человека как вида в его обзоре для нас истории?

Эволюция — это развитие (изменение) вида в ходе времени или появление нового вида от исходного предкового. Если происходит изменение и оно может быть зафиксировано (скажем, визуально), говорят об эво-

люционном акте, или событии. Это изменение должно быть передано потомству, иначе толку от него с эволюционных позиций никакого. А чтобы некое изменение закрепилось в новых поколениях, его сначала должен, так сказать, попробовать на зуб естественный отбор и, попробовав, сказать «да», то есть дать пропуск в эволюционное будущее, если новый признак (или какое-то изменение старого) оказывается в данной ситуации полезным: дает его обладателям преимущество для выживания, а точнее, селективное преимущество.

Вот мы и подходим к очень важному моменту. Итак, чтобы появилась возможность для эволюционного акта, изначально необходимо изменение генотипа. Это может быть мутация какого-то гена (какого, верней, каких, об этом ниже) или так называемая комбинативная изменчивость, когда в силу случайной комбинаторики генов, получаемых от родителей, потомок приобретает новый, отличный от предковых, вариант сочетания их генов (аллелей), который и может привести к формированию нового варианта признака. Наконец, еще одна возможность изменения генотипа — это, по современным данным, перемещение внутри него (или привнесенных извне) мобильных генетических элементов.

Значит, первое в ряду необходимых условий для осуществления эволюционного акта — это генотип (то есть база видовой наследственной информации), второе — некое изменение в генотипе, которое может быть передано потомству, и, наконец, третье, о чем уже было сказано, — адаптивный, селективно ценный характер новоявленного признака, проверку на что осуществляет естественный отбор. Вот, собственно, и всё, вот мы и вывели три главные, классические фактора эволюции: наследственность, изменчивость (естественно, наследственная) и отбор.

И теперь самое время повторить изначально заданный вопрос: так происходит ли эволюция человека как вида? Однако сразу оговоримся, что ниже речь пойдет о человеке с исторических позиций современному, возраст которого около 6 — 8 тысяч лет (как считают археологи, именно тогда окончательно сформировался тот человек, который «уж точно мы сегодняшние», в том числе и по расовым вариантам). Да, будем говорить о человеке именно современному, ибо наличие эволюции всего вида *Homo sapiens*, начиная от так называемых пресапиентных форм (а это около 500

тысяч лет назад), не подлежит сомнению. Итак, эволюционирует ли человек именно современный?

Опять же обратимся к принципиальным положениям. Главные факторы эволюции, как указано выше, — это наследственность, ее изменчивость и отбор. Начнем с последнего. Вышел ли современный человек из-под действия естественного отбора? Ни в коей мере! (Об этом, в том числе о распространенном заблуждении, будто бы в современных условиях естественный отбор на человека уже не действует, говорено неоднократно — см. хотя бы «Химию и жизнь», 1997, № 1–3). Далее: происходят ли у нас изменения генотипа, и в ряду поколений тоже? Несомненно происходят, поскольку имеет место и мутационное давление, причем постоянное, и комбинаторика генов, а плюс ко всему еще и мобильные генетические элементы вносят в геном всяческие мелкие, но важные пертурбации.

И значит, если все три главных фактора, необходимые и достаточные для эволюции, так сказать, сегодня в наличии, то не логично ли утверждать, что эволюция современного человека происходит тоже?

Повременим с ответом на этот вопрос, однако заметим покуда как бы в скобках: а о какой эволюции речь-то — макроэволюции или микро?

Впрочем, можно не углубляться в ветхозаветные времена, а бросить взгляд на человека хотя бы двух последних столетий. Есть изменения? Конечно, есть, и если иметь в виду внешние признаки, то это, во-первых, рост. Человек заметно вырос. Это происходило как постепенно (градуально), так и скачкообразно (сальтационно). Яркий пример последнего — знаменитая акселерация, начавшаяся вскоре после Второй мировой войны. Причем заметно увеличился не только средний рост как таковой, но и длина стопы (размер обуви средней французенки скакнул всего-то за полстолетия с 35-го аж до 39-го!), а кроме того, произошло некоторое изменение антропометрических соотношений: голень удлинилась больше, чем удлинилось бедро. Всяческие современные топ-модели и манекенщицы — наглядные демонстраторы не только своих тел и того, чем они прикрыты, но именно этих изменений (откуда и пошло известное выражение «у них ноги от ушей растут»; пошлово, но образно-верно).

Еще один признак, и уже не внешний, заметное изменение которого также пришлось в основном на XX

столетие, — это увеличение средней продолжительности жизни. Факт? Факт. А вот с чем он связан, равно как и предыдущий? Чему обязано изменение этих признаков, которые взяты нами только в качестве ярких примеров? Это что, и есть эволюция или тут дело в чем-то ином?

Опять же договоримся о терминах и вспомним: эволюционное изменение (акт) — это то, что с течением времени приводит к появлению нового вида или нового признака у исходного вида, что также есть база для видообразования. А вот если новый признак не появляется, а изменяется уже имеющийся — например, тот же рост или размер стопы, — тогда это что?

Значит, настало самое время вспомнить о так называемой норме реакции. Под этим расхожим среди биологов термином подразумевают следующее: на видовом и индивидуальном уровнях каждый признак наделен определенным, генетически заданным (!), возможным размахом колебаний. Это и есть широта (или диапазон) нормы реакции — нормы реакции в ответ на воздействия внешней среды, в том числе и экстремальные. Чем шире норма реакции признака, тем он, признак, и соответственно организм в целом лучше приспособлены к внезапным изменениям внешней среды.

Вот пример: гипоксия (кислородное голодание) в условиях высокогорья. Норма для большинства людей — это жизнь на равнинах или в среднегорье: в этих географических условиях насыщенность крови кислородом оптимальна для сохранения гомеостаза — постоянства внутренней среды организма. Это и есть оптимум, или средняя величина нормы реакции. Но вот внезапно человек оказывается в горах на высоте, скажем, четыре или пять тысяч метров. Непривычно для организма? Еще как: тут содержание кислорода куда меньше, чем, казалось бы, необходимо. Однако на этих горных высотах со здоровьем «среднего» человека ничего не случится. Почему? Да потому, что, выражаясь языком военных, у нашего организма существует тыловая база фронта — тот самый генетически заданный размах нормы реакции. Именно он и позволяет организму воспользоваться крайним вариантом этого размаха, когда включатся все резервные возможности — все признаки, отвечающие за выживание в условиях гипоксии: до предела увеличится так называемая жизненная емкость легких (объем потребляемого ими воздуха) и выработка эритроцитов — перенос-

чиков кислорода, понизится интенсивность общего обмена, удлинится период сна (альпинистам знакомо, как на больших высотах поначалу «хорошо зевается» — в сон клонит), ну и придут в действие всякие другие компенсаторные механизмы. В общем, высота в четыре-пять тысяч для нас не беда: приспособимся, выживем — видовая норма реакции позволит. Ну а если выше?

Если выше, то уже и вправду беда. Выше семи или восьми тысяч (последнее — пик Эвереста) — это за пределами человеческих возможностей, это экстремальный альпинизм, и тут без кислородного аппарата до вожделенного пика никак не дойти (правда, отметим, что в историю альпинизма золотыми буквами вписаны имена нескольких уникалов, которые смогли-таки взять Эверест без кислородной подмоги; однако эти герои — конечно, исключение, и именно генетическое исключение: индивидуальная норма реакции просто фантастическая, хотя и понятно, что такая фантастика способна просуществовать лишь в течение очень непродолжительного временного промежутка, максимум нескольких суток).

И тем не менее нам известны ограниченные популяции людей, издавна, никак не менее нескольких столетий, успешно проживающие на больших высотах — в пять и даже шесть тысяч метров (такие изоляты были и есть на Тибете, в Гималаях, на Памире). Действительно, в этих высокогорных изолятах (ученые называют их экстремальными изолятами) люди живут вполне успешно, если иметь в виду их здоровье: то есть никакой гипоксии. Почему? Отбор! Из-за его мощного давления поначалу выживали именно те, у кого генетически заданный размах нормы реакции по признакам оксигенации организма был очень широк, и носители таких генов — в ограниченной популяции, при сплошных кровнородственных браках — получали селективное преимущество: лучше выживали, эффективней размножались. (Удивительно, но, обследуя однажды такой экстремальный изо-

лят, генетики не выявили там почти никакой наследственной патологии, и это при очень высоком инбридинге! Причина опять же в жесточайшем отборе: он убирает из изолята весь генетический брак, оставляя лишь тех членов популяции, гены которых обеспечивают им предельно высокую оксигенацию и отсутствие наследственных дефектов.)

Но спустимся на грешную землю, на равнину, где в основе своей и творилась эволюция. Здесь за последние два столетия, как мы уже говорили, человек стал заметно выше ростом и живет куда дольше. Что до последнего признака, то геронтологи всерьез считают, что генетически заданный предел продолжительности жизни человека — 100, а может быть, даже 120 лет. Вот верхний предел этой нормы реакции. И если создать оптимальные социально-экономические и экологические условия (фактически — идеальную внешнюю среду), то достижение такого возрастного потолка вполне возможно для любого изначально здорового человека (то есть без наследственной патологии).

Поверим, что это так, и теперь предположим: через век или два средняя продолжительность жизни вырастет до 100 лет (заметим, что у первобытных людей она не превышала 25–30 лет). Будет ли это говорить об эволюции человека?

Можно уверенно сказать: нет. Как читатель, вероятно, уже понял, проживающий сотню лет человек — благодаря идеальному внешним условиям — получает возможность реализовать весь свой видовой генетический потенциал по данному признаку, вплоть до его крайнего варианта. То же и с ростом. То же и с гипероксигенацией. Повторим: это — видовая, генетически заданная, норма реакции. И если происходят изменения в ее границах, то говорить об эволюции современного человека, во всяком случае с канонических позиций, не приходится. Всё в пределах возможного — того, что уже задано человеческой природой, — и не более. Последняя оговорка — про каноничес-



ЧЕЛОВЕК: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА



кое представление об эволюции — сделана тут не зря. А еще выше, если помните, мы задали вопрос: о какой эволюции человека может идти речь: микро или макро?

Так вот, современная теория эволюции гласит о том, что макроэволюция — это надвидовая эволюция, на уровне таксонов, и проявляется она как результат образования новых видов в ходе исторического развития. А микроэволюция — это изменения внутри вида, которые — внимание! — в результате тоже приводят к образованию нового вида от исходного предкового.

Если применительно к теме наших рассуждений о возможности эволюции человека исходить из этих классических представлений, то получается так, что ставить вопрос, эволюционирует ли *Homo sapiens sapiens* (его возраст, напомним, около 120 тыс. лет), вообще неправомерно. Никаких принципиально новых признаков у человека не возникло, да и нового вида за этот исторический период от него не произошло — ни в параллель с ним, то есть за счет расхождения исходного ствола на боковые ветви (дивергентная эволюция), ни, так сказать, последовательно (анагенез). Ну а то, что произошли некоторые изменения уже имеющихся признаков (о чем мы и вели речь), то этих изменений явно недостаточно, чтобы признать акт возникновения чего-то принципиально нового. Значит, даже о микроэволюции человека как вида за обозреваемый промежуток времени говорить нельзя.

Получается, проблема закрыта? В общем и целом — да. Именно такой позиции придерживаются многие ученые среди палеоархеологов, биологов, популяционистов — в общем, тех, кто занимается эволюцией. И на этом можно было бы и закончить, если бы не одно важное соображение.

Соображение это тянет на гипотезу. И гипотеза такова.

О макроэволюции, понятно, речи нет; речь о микроэволюции, но уже не с канонических позиций. Почему закрепляются отбором, то есть про-

ходят сквозь его бутылочное горлышко и затем передаются следующим поколениям, крайние варианты признаков, которые генетически детерминированы крайними же, верхними границами нашей видовой нормы реакции? Что за этим стоит? Внешняя среда? Отчасти. Отчасти потому, что она только востребует, а вот дать адекватный ответ на это востребование могут только гены, если они есть в наличии. Если их нет, то ничего хорошего не получится. Но, слава Богу, они есть.

И что же это за гены, когда мы ведем речь о максимальном использовании размаха нормы реакции? Конечно, это не структурные гены, отвечающие за синтез белков, то есть признаков. Это — всем известный класс генов-регуляторов, которые присутствуют в геноме как его неотъемлемая составляющая. Их функция состоит в том, чтобы, в зависимости от условий среды (внешней или внутренней), включать или выключать структурные гены, иначе говоря, регулировать синтез определенных белков. Так вот, гипотеза состоит в том, что наблюдаемые нами изменения ряда признаков человека на протяжении хотя бы последнего исторического периода обязаны этим самым регуляторным генам — точнее, именно тем из них, которые определяют включение крайних вариантов нормы реакции — соответственно крайних вариантов уже имеющихся признаков. И поскольку, простите за тавтологию, регуляция регуляторного генетического аппарата тоже очень сложна (за нее, тогда еще, в 60-годах прошлого столетия, достаточно примитивную схему французам Ф.Жакобу и Ж.Моно была присуждена Нобелевская премия), то скажем тоже сугубо схематично: какие-то из этих хитрых генов репрессированы, другие, напротив, дерепрессируются (активируются), в результате чего и происходит предельная наработка таких белков и ферментов (или повышение их активности), каковые необходимы в изменившихся условиях среды. И все это в пределах нормы реакции.

Остается последний, но принципиальный момент: надо ведь, чтобы эти «нужные» гены-регуляторы (кстати, они могут возникнуть и за счет мутаций уже имеющихся регуляторных генов, и благодаря тем самым мобильным генетическим элементам), передавались новым поколениям. То есть надежно закрепились, а не возникали заново в каждом поколении у отдельных индивидов. Ну, тут уже проще, хотя и жестче: естественный отбор. Да и современная социальная среда, кстати, диктует ту же моду: чтобы были выше ростом, красивее, жили дольше и комфортнее. Стало быть, идет не только отбор носителей определенных генов, но и подбор партнеров (последнее входит в понятие генетической асортативности — отклонения от свободного скрещивания в популяции за счет взаимного предпочтения особей по вполне определенным, совпадающим признакам).

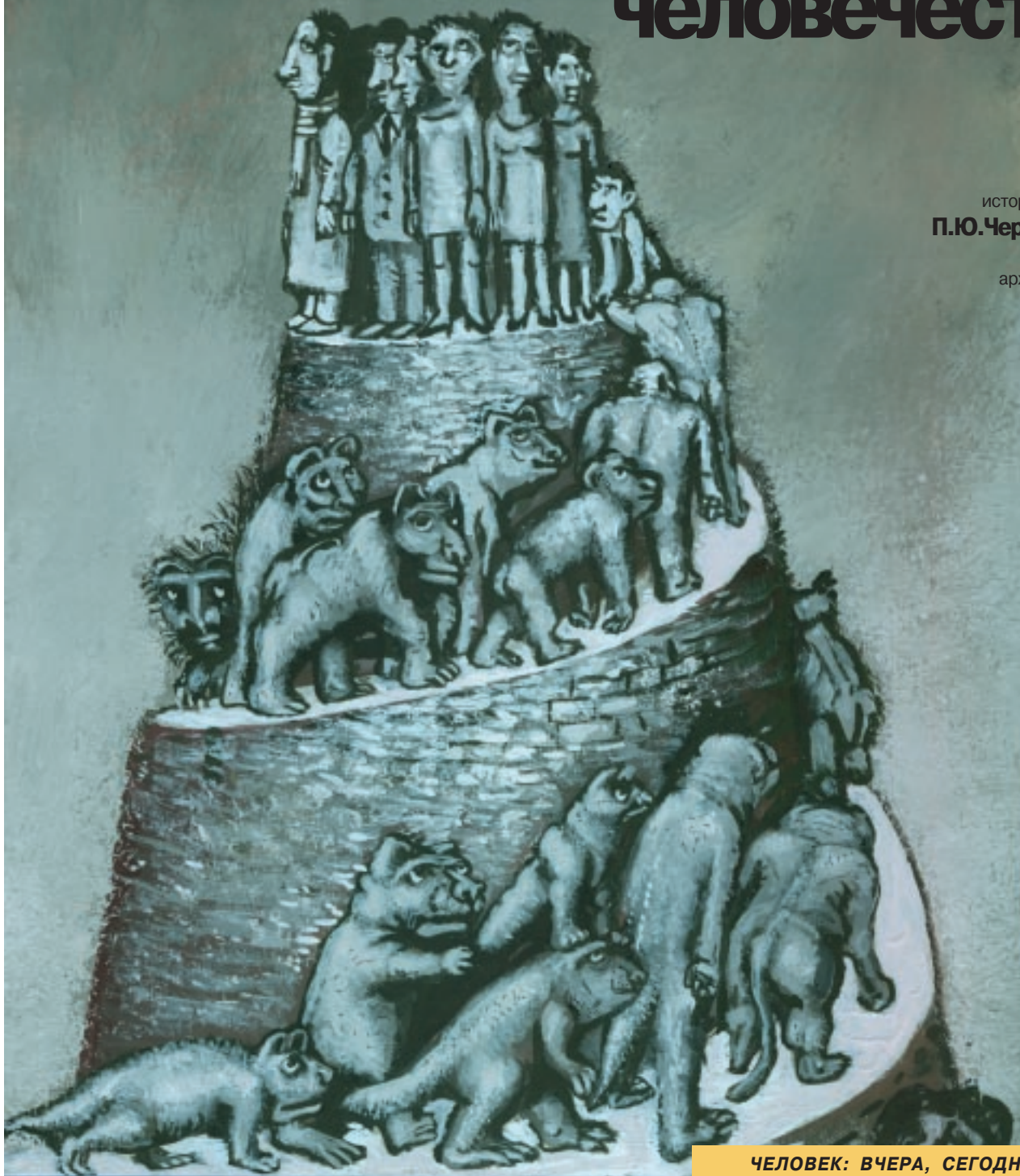
Впрочем, последнее, и немаловажное в русле нашего разговора — про диктат современной среды, — тема отдельная. А мы про эволюцию. Так происходит ли она у человека? С канонических позиций теории эволюции — нет, с точки зрения высказанной выше гипотезы — да: это то, что все-таки надо назвать внутривидовыми микроэволюционными процессами в ходе социальной эволюции человека. Именно они приводят к закреплению в последующих поколениях геномных перестроек и тех регуляторных генетических вариантов, которые на видовом уровне дают возможность стабильно использовать крайние варианты нормы реакции. Крайние или близкие к такому — уже как среднее, то есть новый статистический стандарт. То есть как современную норму.

Так что, возвращаясь к эпиграфу из Высоцкого (где — заметили? — в конце знак вопроса), сделаем вывод: куда он, современный человек, биологически не перешагнул. Варится в пределах заданного. Как говорил классик, правда, уже не поэт, не умножайте лишних сущностей.

Плюсквамперфект Человечества

Кандидат
исторических наук
П.Ю.Черносвитов,
Институт
археологии РАН

Художник Н. Кращин



ЧЕЛОВЕК: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

Вряде западноевропейских языков, в отличие от русского, существует несколько форм прошедшего времени. Например, в немецком языке их три, в том числе так называемое давнопрошедшее — Plusquamperfekt. Вот об этом времени — периоде становления человека как вида, его плюсквамперфекте, и воследовавших затем исторических вре-

менах мы теперь и поведем речь. С эволюционных позиций, конечно.

Начнем с необходимого для дальнейшего анализа уточнения: Homo sapiens sapiens — это мы с вами, люди современного биологического вида. А наряду с ним (с нами), примерно 40 тысяч лет назад, существовал еще один sapiens, то есть Человек разумный — Homo sapiens neanderthalensis,

или в просторечии неандерталец. И до сих пор среди палеоантропологов идут нескончаемые споры: относить ли его к числу непосредственных предков современного человека или он — только одна из ветвей общего сапиентного ствола в развитии гоминид. И еще: считать ли его, неандертальца, отдельным биологическим видом по отношению к непосредствен-

ному предку человека современного вида — кроманьонцу, или он — одна из древнейших рас этого последнего, и не более того?

С одной стороны, самые ранние (в смысле — древние) находки останков неандерталоидов в Европе датируются временем от 600 до 300 тысяч лет, а самыми древними представителями людей современного вида считаются сегодня останки из пещеры Кафзех в Палестине, и по геологическим слоям, в которых они залежали, их дата — около 120 тысяч лет. Кроме того, в южных районах Африки ныне обнаружены останки кроманьоновидного человека примерно того же возраста. Отсюда вполне понятно следующее: кроманьонец с неандертальцем сосуществовал очень долго, причем примерно на одних и тех же территориях — и в Африке, и на Ближнем Востоке, и в Западной Европе.

С другой стороны, находки в пещере Схул (опять же в Палестине) с датой примерно 40 тысяч лет интересны тем, что в строении черепов обнаруженных там представителей сапиентного типа сочетаются как неандертальские, так и кроманьонские черты. Эти останки много лет изучались чуть ли не всеми крупнейшими палеоантропологами мира, но к каким-то согласованным выводам относительно происхождения этого типа людей специалисты не пришли. И пожалуй, главный нерешенный вопрос тут следующий: а может быть, эти люди — метисы неандертальцев и кроманьонцев? Впрочем, есть и другая гипотеза: они представляют собой некий переходный этап от неандертальцев к кроманьонцам — этаким эволюционно прогрессивные неандертальцы, находящиеся на пути к «полной сапиентации».

Казалось бы, после передатировки в сторону сильного удревнения собственно сапиентных находок из пещеры Кафзех и новых находок кроманьоновидного человека со столь же древней датой последнее предположение должно было бы отпасть само собой. Действительно, о каких переходных формах можно говорить в 40-м тысячелетии, когда кроманьонец как вид сложился где-то в 120-м? И тогда не логично ли, что все схульские люди (по названию той самой пещеры) — метисы!

Но если это верно, то тогда кроманьонец и неандерталец ни в коем случае не разные виды гоминид, если они способны к скрещиванию и производству потомства. Скорее, они — разные расы одного и того же вида. Однако как же в таком случае они продолжают сосуществовать в двух впол-

не отличимых друг от друга формах, живя бок о бок на протяжении чуть ли не сотни тысяч лет? Как они не перемешались между собой? Ведь антропологическое изучение людей четко показывает, что в зонах многотысячелетнего контакта современных рас неизбежно, несмотря на хорошо известную из истории и этнографии тенденцию обособления разных этносов, складываются переходные расовые типы, которые становятся преобладающими на огромных территориях.

Так, сегодня вся Восточная Европа, Урал и Западная Сибирь населены людьми, сочетающими в себе расовые признаки монголоидов и европеоидов (в основном это носители языков угро-финской семьи). В Северной Африке и районах Сахары вплоть до ее южных границ преобладают люди, сочетающие в себе европеоидные и негроидные расовые признаки (носители языков фульбе). Юго-Восточная Азия населена людьми, сочетающими в себе расовые признаки монголоидов и австралоидов. Понятно, что эти признаки сочетаются в разных пропорциях и доля тех или иных, естественно, убывает или возрастает от одного края ареала метисных типов до другого. Важно подчеркнуть следующее: расовое смешение в контактных зонах неизбежно, а сами эти контактные зоны по ходу истории также неизбежно расширяются, постепенно поглощая чистые расовые типы. Это — закономерность. И тогда как же могло случиться, что за чудовищно продолжительный по меркам истории человечества срок неандертальская и кроманьонская расы — если это всего лишь расы — не растворились друг в друге?

Не растворились. Более того, они, судя по конечным результатам их сосуществования, на каком-то этапе истории настолько обособились друг от друга, что один тип вообще вытеснил другого с лица Земли! Значит, даже если и существовала определенная возможность метисации между ними (это если считать, что люди из пещеры Схул действительно метисы), то гораздо существенней для судеб обеих разновидностей человека оказались некие факторы бытия, разводящие их по разные стороны некоего эволюционного барьера. Просто сегодня мы не представляем себе, что это был за барьер, в чем его основная суть.

Археология палеолита дает основание считать, что в Европе, особенно Западной, примерно 40 тысяч лет назад кроманьонец вторгается на территорию проживания «классического»

неандертальца и в течение каких-то трех — пяти тысяч лет вытесняет его полностью. Правда, не очень понятно, откуда вторгается кроманьонец в таком количестве и куда девается при этом неандерталец. Но более или менее согласованная точка зрения состояла в том, что кроманьонец движется из Северной Африки и с Ближнего Востока, а неандертальца он просто физически уничтожает или, как минимум, благодаря более высоким интеллектуальным способностям перекрывает ему главные источники питания, загоняя в биологически наименее благоприятные зоны и обрекая тем самым на вымирание.

Однако более глубокое изучение уже известных верхнепалеолитических памятников и открытие новых показало, что истинная картина выглядит более сложно и никакого четкого рубежа между культурами неандертальцев и кроманьонцев, как правило, не существует. Памятники, содержащие культурные слои с орудиями тех и других, отнюдь не говорят о резкой смене культуры одного типа на другой.

Так, стало быть, еще 40 тысяч лет назад, и уж подавно — раньше, кроманьонец не был «умнее» неандертальца, во всяком случае на уровне технологии изготовления каменных орудий? Сегодня представляется, что это действительно так. Более того, как показало изучение эндокранов (внутричерепных поверхностей) европейских неандертальцев и кроманьонцев, проведенное нашим известным антропологом В.И.Кочетковой в 50 — 60-е годы XX столетия, общий объем и структура мозга ранних кроманьонцев совпадают с таковыми показателями у неандертальцев. И это при том, что внешние обводы и измерительные параметры их черепов уже заметно различаются и черепа ранних кроманьонцев более напоминают черепа кроманьонцев поздних.

Но это не все. Выяснилось, что тенденции к увеличению объема мозга не исчезают при переходе от неандертальца к раннему кроманьонцу, как считалось раньше (это открытие принадлежит опять же нашим антропологам В.В.Бунаку и В.П.Алексеевой). То есть расхожее утверждение, попавшее не только в учебники по антропологии, но и в популярную литературу, согласно которому объем мозга человека современного вида в среднем меньше, чем объем мозга неандертальца, верно лишь для современного (так сказать, сегодняшнего) человека. А ранний представитель этого последнего, кроманьонец,

продолжал неандертальскую тенденцию к наращиванию объема мозга с сохранением его, неандертальской же, макроструктуры (микроструктура, увы, недоступна для изучения).

Так, может быть, кроманьонец все-таки потомок неандертальца? Ведь ни осязательного культурного барьера, ни осязательного барьера в строении самого существенного для поздних гоминидов органа — головного мозга — между ними не было даже еще 40 тысяч лет назад! Но как тогда быть с тем обстоятельством, что по общей морфологии кроманьонец выделился из других гоминидов уже 120 тысяч лет назад? Или это был «не тот» кроманьонец? Или тогда он действительно был всего лишь одной из неандертальских рас? Увы, мы вынуждены признать, что сегодняшняя ситуация в палеоантропологии и в археологии палеолита не дает вразумительных ответов на эти вопросы.

Что ж, перейдем к более поздним временам. И тут у нас с вами, если мы хотим проследить дальнейшую эволюцию человека современного вида, не углубляясь в загадки формирования его самых ранних форм, больше возможностей добиться ясности.

Итак, будем исходить из того вроде бы бесспорного факта, что примерно 40 тысяч лет назад кроманьонец стал единственным собственно сапиентным видом на Земле или по меньшей мере абсолютно доминирующим над малыми популяциями других сапиентов, которых он окончательно подавил за последующие 10 — 15 тысяч лет. Что же с ним, кроманьонцем, как с видом, происходило потом?

Прежде всего он перешел к новой, более прогрессивной технике изготовления каменных орудий (собственно верхнепалеолитической). Изделия из камня уже входят в *составные* орудия типа копий, топоров, мотыг и прочего, необходимого для выживания. Именно эта тенденция к изготовлению сложносоставных орудий продолжает успешно развиваться во все последующие эпохи, став основой материальной культуры современного человека.

Такая тенденция — факт, а что в ее основе? Понятно: процесс совершенствования мыслительного аппарата — головного мозга то бишь. Однако поначалу мыслительные способности «прирастают» за счет продолжающегося увеличения общего объема мозга без радикальной перестройки его макроструктуры. То есть, говоря в общем, благодаря количеству, но пока еще не качеству. Последнее (то

есть качество) обозначается только в промежутке с 30-го по 20-е тысячелетие. За это время человеческий мозг заметно вырос: вперед — за счет радикального разрастания лобных долей; в стороны — за счет увеличения височных долей, вверх — за счет роста теменных отделов; но «усох» в своей задней части, поскольку произошло сокращение объема затылочных отделов. И как следствие этого — ментальный, эволюционный прорыв: именно тогда резко проявляется такое новое качество человека, как способность (и потребность!) к изобразительной деятельности, нашедшее отражение в знаменитых пещерных росписях и в изделиях мелкой пластики.

Сегодня, зная в общих чертах, какой из отделов коры головного мозга за какие регуляторные (сенсомоторные) и психические функции отвечает, антропологи комментируют описанный выше процесс так: на протяжении первой половины верхнего палеолита кроманьонец высокими темпами двигается к морфологии современного человека, и это сопровождается совершенствованием важнейших нейропсихологических процессов. Растет способность к широким обобщениям окружающего мира, вплоть до умения строить достаточно абстрактные модели последнего, растет способность к использованию сложных лингвистических конструкций как регулятора общественных отношений, растут глубина саморефлексии (осмысления и регуляции собственного поведения) и способность к прогностическому поведению. А если говорить о морфологии, то на протяжении верхнего палеолита мозг человека (и соответственно его череп) брахицефализируется* — «круглеет» и все более приближается к правильной куполообразной форме, теряя, однако, при этом в общем объеме. То есть качество экономно подгоняет под себя количество.

Эта тенденция, по мнению подав-

* Брахицефалия — отношение ширины к длине головы составляет 0,81 и более; при долихоцефалии — менее 0,75.

ЧЕЛОВЕК: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

ляющего большинства антропологов, остается доминирующей и в последующие исторические эпохи. В целом человек мезолитической эпохи (средний каменный век, 12–8 тысяч лет до н.э.) брахицефальнее верхнепалеолитического человека, неолитический человек брахицефальнее мезолитического, человек эпохи бронзы брахицефальнее неолитического и так далее. Тенденция налицо, и это неоспоримо. Эволюция.

Как уже было отмечено, этот процесс сопровождается еще и уменьшением общего объема головного мозга. Так, у неандертальца он составлял в среднем 1600–1700 куб. см, у кроманьонца — около 1800–1900, а у современного человека — только 1400–1500 куб. см. Правда, всегда был и остается существенный разброс в индивидуальных значениях. Хрестоматийный пример: объем мозга И.С.Тургенева равнялся 2000 куб. см, а Анатоля Франса — всего лишь 800, что характерно для австралопитека. Но кто скажет, что Франс был менее талантливым писателем, чем Тургенев?

Итак, сегодня, говоря об эволюции нашего вида, можно констатировать следующее, хотя бы на уровне общей морфологии.

Во-первых, вплоть до эпохи бронзы, а местами и до эпохи раннего железа, продолжает идти брахицефализация черепа. Однако необходимо отметить, что на разных территориях и в разных расах это шло разными темпами. Так, в целом все монголоиды брахицефальнее европеоидов и негроидов, а австралийские аборигены долихоцефальнее этих последних. А если говорить о главных эпохальных тенденциях, то наиболее высокими темпами брахицефализация шла в раннем неолите, и в основном на территориях, охваченных становлением раннеземледельческих культур (Ближний Восток, Северо-Западная Африка).

Во-вторых, вплоть до средневековья идет грацилизация (облегчение, утончение; от латинского *gracilis* — нежный) всего скелета в целом. Со-





всем не то кроманьонец верхнего палеолита, как, кстати, и неандерталец: это — массивный, так называемый маскулинный тип. Скелеты тех и других невероятно мощны по современным меркам. Толщина свода черепа даже у позднего кроманьонца, прошедшего главную морфологическую перестройку, о которой мы говорили, зачастую превышает сантиметр, а у неандертальцев и ранних кроманьонцев — и того больше. Но при всей своей массивности и чудовищной ширине плеч (длина их ключиц, например, могла достигать более 25 см, а у современного человека редко превышает 15-ти) этот последний, в отличие от неандертальца, был еще и прекрасный, неутомимый бегун. Кости его голени длиннее кости бедра, кости предплечья длиннее кости плеча (а у неандертальца — наоборот). И рост, рост! Средний рост человека эпохи верхнего палеолита — около 2 метров у мужчин и около 1,8 у женщин. Баскетболисты! А точнее, бегуны на короткие и средние дистанции — отличные бегуны!

Так вот, печально или нет, но все эти «олимпийские» параметры понемногу исчезают в последующие эпохи. После окончания последнего ледникового периода, то есть в мезолите, когда вся Европа покрывается лесами, европейский человек сильно убывает в росте, сохраняя, однако, массивность скелета и соответственно мощь мышечной системы. А на Ближнем Востоке и отчасти во всем жарком поясе (но разными темпами) он еще и грацилизируется, причем быстрее всего там, где в последующие тысячелетия ведет оседлоземледельческий образ жизни. Зато в степях Евразии, где еще в эпоху энеолита (4–3 тыс. лет до н.э.) человек становится скотоводом-кочевником и остается им и в последующие эпохи, он продолжает быть массивным и высокогорным вплоть до эпохи раннего железа, хотя, конечно, и тут постепенно грацилизируется.

Здесь неплохо выдержать паузу и, так сказать, бросить взгляд с высоты птичьего полета (с исторических по-

зиций, понятно). Что такое эпохальные изменения человеческого роста? Это не более чем очевидные длиннопериодические колебания в довольно широких пределах, идущие разными темпами на разных территориях в разные эпохи. Но в целом можно все-таки говорить об общем тренде в сторону очень медленного убывания общеростовых размеров человека вплоть до новейшего времени, когда (внимание!) этот тренд сменяется тенденцией к новому увеличению роста, причем в основном в развитых странах. При этом, однако, этот процесс не сопровождается маскулинизацией телосложения. То есть сегодняшний человек растет и грацилизируется.

Вот такая тенденция, или эволюция, как вам угодно. Ведь даже население степей постепенно грацилизируется и брахицефализируется. Хотя более или менее массивный тип человека небольшими островками остается в ряде мест на Земле, в частности на Северном Кавказе (так называемый кавкасионский тип в Дагестане). Но это именно островки. В целом же отмеченная выше тенденция справедлива по отношению ко всему населению нашей планеты.

И последнее — о причинах. Ведь если обнаруживается закономерность, неплохо бы уяснить ее смысл.

А смысл понятен: адаптация. В ходе исторического развития энергетика человеческого организма всякий раз подгонялась и подгоняется под некий оптимум, диктуемый внешней средой и соответственно системой жизнеобеспечения, то есть тем типом бытия, который присущ каждому конкретному человеческому сообществу. Это, безусловно, верно, но это — безусловно же — общие слова. Почему именно в конце верхнего палеолита исчез с лица Земли исполин-кроманьонец и больше не воспроизвелся нигде среди самых примитивных по типу хозяйства народов? Но, как ни странно, продолжал существовать (пусть и в несколько «облегченной» форме) еще 7 тысяч лет в евразий-

ских степях среди скотоводов (а не примитивных охотников-собираелей!) вплоть до эпохи бронзы?

Мы не понимаем, в чем тут дело. Расхожий довод о том, что общей брахицефализации (за которой видят интеллектуализацию) и грацилизации человечества в первую очередь способствовал переход к производящим формам хозяйства, то есть рост сложности культуры как таковой, не кажется нам исчерпывающим. Меняется еще что-то, что делает столь физически мощный человеческий тип эволюционно ненужным, неактуальным, хотя самец был еще тот, безусловно! Гипотез и спекуляций на эту тему много, в том числе и небезынтересных, но вспоминать о них — это повод для отдельной статьи.

В общем, как нетрудно убедиться из всего сказанного, мы еще многого не знаем о движущих силах и причинах эволюции *Homo sapiens sapiens*. Но, понимая это, понимаем главное: изучение морфологической эволюции человека на макроуровне, доступной нам по костным останкам, — это важно, однако архиважно — это причины эволюции его культуры. Ведь за этой последней стоит эволюция интеллекта и прочих психических способностей и возможностей человека. Но именно эта эволюция — главная! — и недоступна для прямого естественнонаучного исследования. А жаль — ведь речь о судьбе и тенденции развития человечества в целом.

Поэтому важно оценить, какой огромный вклад в понимание истинной истории человечества вносят исследования глубин человеческой психики, начатые З.Фрейдом, а также всеми теми психологами, которые приняли его главное утверждение: в человеческой психике есть глубины! В ней прячется огромный пласт бессознательного, и его «раскопки» столь же, если не более важны для понимания того, что есть человек и какой эволюционный путь он прошел до нашего времени. Вот это последнее — тоже тема для отдельного исследования, и может быть, самого важного, когда речь идет об эволюции человека.

Е.Я.Тетушкин

Гены, делающие нас людьми, будут найдены

Запуцен проект «Геномы приматов»

В нашем журнале уже не раз выходили статьи, посвященные проекту «Геном человека». Сейчас речь пойдет о новом проекте генетиков. Когда-нибудь его результаты позволят лучше понять, как работает наш геном, чем мы отличаемся от обезьян и что делает нас разумными.

Все познается в сравнении

Стартовавший в 1990 году международный проект «Геном человека» — самый трудоемкий и дорогостоящий в истории биологии (3 млрд. долларов!) — в этом году был практически завершен. (Точнее, как теперь принято считать, завершен его первый этап.) Полученные сведения о геноме человека со временем окажут громадное влияние на медицину, а значит, и на всю нашу жизнь. Западные страны уже ощутили выгоды от этих исследований (благодаря созданию новых методов генетического тестирования, нашедших применение в медицине и криминалистике), сопряженные, правда, с некоторыми проблемами. Однако до полномасштабного использования результатов проекта дело, видимо, дойдет скоро, и вот почему.

Задача проекта на этой стадии — установить, в какой последовательности нуклеотиды расположены в хромосомах. В итоге мы получим текст из трех миллиардов букв, обозначающих эти самые нуклеотиды. Общая длина такой записи при использовании шрифта, принятого в нашем журнале, составит 6000 км (при том, что длина самой человеческой ДНК, если вытянуть ее в одну прямую линию, — 1,5 м). Напечатанная, она займет 200 томов по 1000 страниц каждый. Однако главное препятствие для использования результатов проекта — не гигантский объем информации, а то, что мы не знаем назначения большей части ДНК человека. Иными словами, весь этот громадный текст, за исключением нескольких тысяч «предложений», никому не понятная абракадабра.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Дело в том, что геном человека примерно на 5% состоит из участков, кодирующих белки, а на 95% — из некодирующей ДНК. Число кодирующих участков, по традиции называемых генами, составляет, по последним оценкам, 31780. Из них пока характеризувано около половины, а об оставшейся половине ничего не известно. Еще хуже ситуация с некодирующими участками. Некоторые из них регулируют работу генов, однако зачем нужна остальная (преобладающая) часть некодирующей ДНК, никто не знает. Мнение о том, что она не выполняет никаких функций (за что и заслужила название «мусорной»), еще никем не доказано. В общем, полученную генетическую информацию придется долгое время осмысливать. Один из творцов молекулярной биологии Джеймс Уотсон считает, что это займет несколько десятилетий.

Конечно, эта проблема возникла не сегодня и даже не вчера. Сомнения в эффективности проекта появились еще тогда, когда его только затевали, в 1988 году. Его противники доказывали, что он отвлечет большие силы и средства, которые можно было бы использовать гораздо рациональнее. Отчасти, как мы видим, они оказались правы. Разрыв между накоплением данных и их осмыслением растет на глазах. Тем не менее надо искать выход из сложившейся ситуации.

Нельзя сказать, что специалисты сидят сложа руки. В национальных программах по расшифровке генома человека, в том числе отечественной, предусмотрен функциональный анализ нашей ДНК, задача которого — выяснить назначение всех «работающих» участков. Но этого недостаточно. Сей-

час поднимается вопрос о том, чтобы начать второй этап исследований генома: от работ по изучению его структуры, которой посвящен завершенный международный проект, перейти к изучению функций разных его участков, то есть переключиться со структурной геномики на функциональную.

Несколько проектов, направленных на решение этой задачи, уже выполняются. Их цель — изучить геномы более простых организмов: дрожжей, круглого червя *Caenorhabditis elegans*, мушки дрозофилы, мыши, а теперь еще и рыб — хорошо известного аквариумистам данио и иглобрюха. Эти исследования поддерживаются проектом «Геном человека». Спрашивается, что общего у перечисленных объектов с человеком? Для биолога ответ очевиден. Все они, как и люди, — эукариоты, то есть организмы с оформленным клеточным ядром, в отличие от прокариот, в том числе бактерий. Поскольку эволюция обычно не теряет удачные находки, эукариотические виды обладают сходным набором основных генов, работа которых регулируется похожими механизмами. Получить информацию о функционировании генов на дрожжах, мухах или рыбах гораздо проще, чем на людях, ведь на этих организмах можно проводить генетические эксперименты, а данные потом перенести на человека.

Однако такие модели все же слишком отличаются от нас. Конечно, они помогут выяснить механизмы включения и выключения каких-то генов, но ответ на самые интересные вопросы таким образом не получишь. Ведь нам гораздо больше хотелось бы узнать не о том, что роднит нас с мухами и мы-



шами (хотя это тоже важно), а о том, что выделяет нас из царства животных. Почему, например, мы, люди, умнее других млекопитающих? Каковы генетические основы нашего превосходства в интеллекте? Изучение столь далеких от нас модельных видов не дает ответов на подобные вопросы.

Наши основные эволюционные приобретения известны. Это двуногое хождение, большой объем мозга, высокие умственные способности и связанная с ними способность говорить и изготавливать орудия труда. Какие генетические изменения привели к этим особенностям, можно выявить, сравнив геномы *Homo sapiens* и его ближайших ныне живущих родственников — обезьян. В таком сравнительном подходе нет ничего нового — он применяется при изучении сходства и различий организмов, путей и механизмов их эволюции. Выявление генетических различий между нами и нашими ближайшими эволюционными родичами — неизбежный шаг в познании нашей собственной природы. Как писал работавший в США классик генетики, один из создателей синтетической теории эволюции Феодосий Добжанский, «все в биологии обретает смысл лишь в свете эволюционного учения».

В 1997 году в журнале «Trends in Genetics» появилось письмо двух американцев, Эдвина Макконки из Университета Колорадо в Боулдере и Мориса Гудмэна из Уэйнского государственного университета в Детройте. Авторы письма доказывали, что необходимо как можно скорее развернуть проект «Эволюция человеческого генома». По их мнению, целью такого проекта «должен быть сравнительный анализ специфических генов, могущих иметь отношение к эволюции нашей уникальной анатомии и поведения». Идея сразу получила благожелательные отклики. Предлагаемую исследовательскую программу коллеги признали «следующим логическим шагом, продолжающим проект «Геном человека». В результате в 1998 году стартовали два национальных проекта, немецкий и американский, посвященные сопоставлению геномов приматов.



Смешные копии человека

Быстрое развертывание нового, в перспективе единого, международного проекта объясняется не только его актуальностью, но и тем, что замысел упал на подготовленную почву. Приматы (то есть первейшие, князья) — отряд млекопитающих, к которому мы принадлежим, — это самая изученная систематическая группа животных, всегда вызывавшая исключительный интерес ученой и неученой публики. Причина такого повышенного внимания очевидна — интригующее внешнее сходство человека с другими представителями данного отряда — обезьянами.

Научное исследование этого феномена началось еще в античные времена. Так, древнеримский врач и естествоиспытатель Клавдий Гален во II веке н. э. проанатомировал немало обезьян и пришел к выводу, что это «смешные копии» людей. Великий эскулап смотрел в корень. Обезьяны удивительно похожи на человека не только по внешнему облику и деталям анатомии, но и на уровне ДНК, которая передается как раз с помощью копирования. Генетический материал, унаследованный нами и нашими бли-

жайшими обезьяньими родственниками от последнего общего предка, остался в основном неизменным. Геномы современных высших приматов, включая человеческий, представляют собой мало отличающиеся друг от друга версии одного и того же генетического текста, или, говоря по-иному, неточные, видоизмененные копии единого первоисточника.

Особенно тесное родство связывает нас с африканскими человекообразными обезьянами — шимпанзе и гориллой. По ДНК они более сходны с человеком, чем со своими азиатскими родичами — орангутаном и гиббоном. При этом генетическая близость шимпанзе и гориллы не больше той, что связывает каждого из них с человеком. Все трое примерно равноудалены друг от друга. И все же ближайшие современные родственники людей — это, несомненно, шимпанзе. Наши геномы совпадают на 98,5%, а их кодирующие участки — аж на 99,6%. Генетическое сходство людей и горилл, как было доказано в последние годы, немного меньше.

Одно попутное замечание. Помимо всем известного обыкновенного шимпанзе, существует еще карликовый



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

шимпанзе, или бонобо, — более редкий и потому менее известный. Есть гипотеза, что бонобо — это прототип нашего последнего общего с обезьянами предка, жившего около 6 млн. лет назад (по некоторым обмерам он удивительно сходен с нашими далекими предшественниками, австралопитеками). Гипотеза шимпанзоидного предка хорошо согласуется с весьма близким родством людей и шимпанзе.

Пожалуй, самый впечатляющий вывод из сравнительного анализа информационных молекул человека и человекообразных был сделан еще в 1975 году в этапной работе Мэри-Клэр Кинг — тогда аспирантки Калифорнийского университета в Беркли — и ее шефа Элана Уилсона. Обобщив свои и чужие данные, эти авторы в числе первых показали, что белки и ДНК человека и шимпанзе в среднем идентичны приблизительно на 99%. Сопоставив этот показатель с результатами других аналогичных сравнений, они заключили, что эти два примата генетически сходны на уровне видов-двойников, то есть видов, практически не отличающихся по внешнему облику. Распознать такие виды, к примеру виды-двойники домашних мышей, может только узкий специалист, да и то после об-

стоятельного исследования. Между тем перепутать человека и шимпанзе мудрено даже с пьяных глаз.

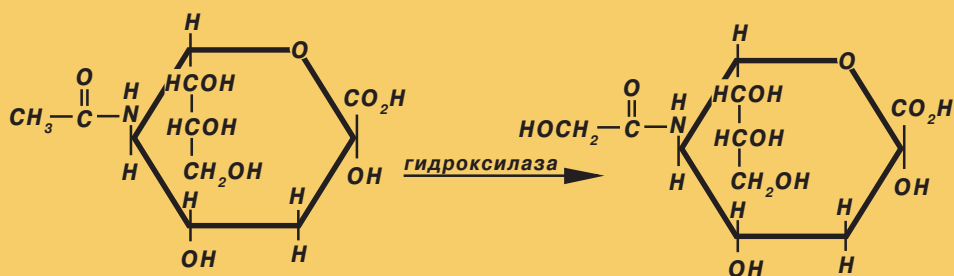
Налицо разительный парадокс: по ДНК мы почти не отличаемся друг от друга, а по анатомии и образу жизни отличаемся, мягко говоря, весьма заметно. В связи с этим один ученый остряк, некто Джерид Даймонд, назвал человека «третьим шимпанзе» (очевидно, после обыкновенного и карликового). Другие, например упомянутый Гудмэн, пионер исследований в этой области, наоборот, предлагают включить шимпанзе в род *Homo*, то есть считать их, наряду с *Homo sapiens*, видами людей. Это на первый взгляд шокирующее предложение получило очень солидное обоснование и заслуживает самого серьезного внимания.

Последние открытия

Итак, различия между геномами человека и шимпанзе составляют всего 1,5% или даже 1,3% (как следует из самых последних данных). Очевидно, часть из них обусловлена теми самыми изменениями, которые и сделали нас людьми. Известно ли что-нибудь об этих различиях? Пока — почти ни-

чего, всего лишь несколько мутаций. Большинство из них, видимо, не имеют особого значения. Однако по меньшей мере два эволюционных изменения, возможно, сыграли какую-то роль в становлении человека.

Первое существенное молекулярное различие между людьми и человекообразными выявили в конце 90-х годов американские исследователи под руководством Аджита Варки из Калифорнийского университета в Сан-Диего. Изучая образцы тканей и крови обоих шимпанзе, гориллы и людей разного этнического происхождения, они с удивлением обнаружили, что у человека нет одной из форм сиаловой кислоты (это вещество относится к производным углеводов — аминосахарам), а у всех до сих пор изученных млекопитающих, включая человекообразных обезьян, она есть. Молекулы сиаловой кислоты обнаруживаются на поверхности любой клетки тела и, вероятно, выполняют множество функций. Они служат рецепторами («приемниками») сигналов от других клеток и, возможно, играют роль посредников в межклеточных взаимодействиях при развитии и функционировании мозга. Кроме того, на них «салятся» возбудители многих инфекций:



гриппа, холеры, малярии и других. Кстати, шимпанзе менее восприимчивы к некоторым из этих патогенов, чем люди, что логично объяснить различиями в структуре сиаловой кислоты. В молекуле человека недостает одного атома кислорода, и его отсутствие изменяет ее конфигурацию.

Исследователи копнули глубже и выяснили генетическую причину этого биохимического различия. Оказалось, что люди потеряли участок гена, кодирующего фермент гидроксилазу, который и присоединяет к сиаловой кислоте дополнительный атом кислорода (см схему). Первой, опередив американцев, этот результат получила японская группа под руководством Акеми Судзуки и Ясунори Кодзуцуми из Токийского столичного института. Сейчас Кодзуцуми разводит мышей с нокаутированным (то есть выведенным, как и у людей, из строя) геном гидроксилазы. Он ожидает, что у них будет вырабатываться «человеческая» форма сиаловой кислоты, и хочет посмотреть, будут ли у таких животных какие-либо экстраординарные анатомические или поведенческие особенности. «Возможно, эти мыши заговорят», — пошутил Аджит Варки, узнав об опытах коллеги. Сам Варки выращивает трансгенных мышей, вырабатывающих повышенные количества гидроксилазы в мозгу. Он тоже хочет узнать, как это влияет на их анатомию и поведение. Значение мутации данного гена в нашей эволюции пока неясно, однако бесспорно одно: никакого единственного магического гена, делающего нас людьми, не существует.

Другой примечательный результат получили тоже в конце 90-х годов при анализе хромосом приматов. Известно, что у человека имеется 46 (или 23 пары) хромосом, а у шимпанзе, гориллы и орангутана — 48 (или 24 пары). 18 из 23 разных человеческих хромосом, окрашенных с применением рутинных методов, по внешнему виду практически неотличимы от эквивалентных им хромосом человекообразных обезьян, а остальные отличаются немногочисленными перестройками — одним слиянием (у человека две предковые хромосомы, сохранившиеся у человекообразных, слились в одну) и несколькими инверсиями (перевернутыми на 180 градусов участками).

В последние годы ряд лабораторий США и Германии вернулись к изучению этих перестроек, но уже на молекулярном уровне, с использованием данных, полученных при выполнении проекта «Геном человека». И вот первый весомый результат. Дэвид Нелсон и Элизабет Никерсон из Бэйлорского медицинского колледжа в Хьюстоне (того самого, где оперирует и преподает знаменитый хирург Майкл Дебейки) точно локализовали границы перевернутых участков на трех эквивалентных хромосомах человека и человекообразных. Среди прочих они картировали участок ДНК, сходно расположенный у человека, гориллы и орангутана, но у шимпанзе перевернутый и перемещенный на другое место той же хромосомы. Оказалось, что он содержит ген, мутации которого у людей вызывают острую лейкемию. Между тем известно, что шимпанзе гораздо меньше подвержены лейкемии (как, впрочем, и некоторым другим формам рака), чем люди. Резонно предположить, что инверсия влияет на работу этого гена и предохраняет шимпанзу от лейкемии. Такой результат подкрепляет позиции тех, кто считает, что хромосомные перестройки послужили причиной многих изменений в анатомии и физиологии наших обезьяноподобных предков.

Человек — зародыш обезьяны?

Размышляя о стратегии поиска ключевых генетических изменений в эволюционной истории человека, нужно для начала понять, что, собственно, требуется найти. Очевидно, что в первую очередь надо искать мутации, которые обусловили появление анатомических признаков, свойственных только человеку. Это сложный мозг, аномально крупный по отношению к весу тела, выпрямленная поза, комплекс трудовой руки. Особый интерес вызывает, понятно, мозг. С ним связаны все наши главные эволюционные достижения — речь, труд, сложное социальное поведение.

Стратегия поиска должна учитывать сложившиеся представления о механизмах антропогенеза. Сегодня наиболее популярны взгляды, опирающиеся на теорию фетализации (от лат. fetus — плод), предложенную и разработанную

в 1918–1926 годах голландским анатомом Луисом Больком. Ученый обратил внимание на то, что взрослый человек очень похож на зародыши, плоды и детенышей антропоморфных обезьян. К примеру, люди, как и плоды человекообразных, имеют густую шапку волос на голове в сочетании с почти голым телом; у человека на всю жизнь остаются изгибы позвоночника на головном и хвостовом концах, характерные для зародышей; человек обладает очень крупным, по сравнению с величиной туловища, мозгом; у него большой, по сравнению с челюстями, мозговой отдел черепа и так далее. У антропоморфных обезьян все эти признаки по мере взросления сглаживаются или исчезают, а у человека сохраняются. По афористическому выражению Болька, человек — это половозрелый зародыш обезьяны. Такое сохранение зародышевых и детских признаков он объяснял замедленностью возрастного развития у человека.

Читателю, не знакомому с эволюционной биологией, изложенные воззрения могут показаться странными. На самом же деле ничего необычного во всем этом нет. Подобные механизмы действовали в эволюции многих животных. Наиболее известный случай — одомашнивание собак. Последние, как утверждают специалисты, по своей анатомии и поведению сильно напоминают волчат.

Теории такого рода прибавляют оптимизма возможным участникам намечаемого проекта, поскольку общие темпы индивидуального развития задаются, согласно современным представлениям, немногими регуляторными генами. Таким образом, для решения задачи достаточно выявить несколько ключевых мутаций, повлиявших на скорость нашего взросления.

Надо заметить, что теорию фетализации (или ювенализации, как ее сейчас называют) время от времени подвергают сомнению. Критики не согласны с тем, что для человека характерно общее замедление развития, и по-другому объясняют его сходство с детенышами человекообразных. Однако их гипотезы тоже предполагают изменения в «расписании» работы генов, определяющих наш онтогенез. Эти гипотезы также согласуются с предположением, что возникновение человека обусловлено немногими регуляторными мутациями.

Контур нового проекта

Интернациональный проект «Геномы приматов» был организационно оформлен в октябре 1998 года на международном совещании в Чикаго, созданном по инициативе вышеупомянутого Мориса Гудмэна. Участники обсуждения, предшествовавшего этому сове-

шанию, сошлись во мнении, что время такой программы пришло. Появились две предпосылки, делающие возможным ее осуществление: мощные методы анализа ДНК (в частности, «чиповая» технология секвенирования нуклеотидных последовательностей) и большой объем информации о геноме человека. Последнее сильно облегчает поиск генетических изменений, важных для нашей эволюции. Располагая данными о генах человека, проще и дешевле локализовать и идентифицировать соответствующие гены антропоморфных обезьян.

Было запущено несколько предварительных проектов, призванных заложить фундамент для полномасштабной программы «Геномы приматов», которую предполагалось развернуть через четыре года. На первых порах в этой области лидировали два центра, созданные специально для изучения молекулярной эволюции человекообразных обезьян. Один из них уже активно работает. Это новый Институт эволюционной антропологии им. Макса Планка в Лейпциге. Для проведения работ по сравнительной геномике приматов ему выделено, в рамках германского проекта «Геном человека», 1,1 млн. долларов. Другая организация, получившая название «Living Links Center», создана при Йеркском региональном центре изучения приматов в Атланте (США). Университет Эмори предоставил ей для проведения комплексного, в первую очередь генетического, сравнения шимпанзе и людей 250 тыс. долларов.

Работой лейпцигского коллектива руководит Сванте Пээбо из Мюнхенского университета, где у него тоже есть группа, проводящая аналогичные изыскания. (Этот ученый известен исследованиями ДНК из египетской мумии, которые выполнил лет пятнадцать назад у себя на родине, в Швеции.) Группа уже расшифровала длинную последовательность нуклеотидов в X-хромосоме человека и шимпанзе. Продолжается расшифровка нуклеотидных последовательностей участков ДНК из пяти других хромосом.

Весной 2001 года в Эдинбурге, на совещании по геному человека, Пээбо доложил о последней работе этой группы исследователей. Они сравнивали уровень генной активности, или, говоря иначе, транскрипции генов в мозге, печени и крови людей, шимпанзе и макаков-резус. Было показано, что у людей уровни транскрипции в печени и крови примерно такие же, как у шимпанзе, а у макаков они заметно отличаются. То есть активность генов вполне адекватно отражает эволюционное родство этих видов. Однако активность генов в мозге человека оказалась на-

много выше, чем в мозге шимпанзе. Это подтверждает предположение, что формирование свойственных только человеку признаков обусловлено мутациями, повлиявшими на механизмы генетической регуляции.

Кроме того, Пээбо очень заинтересовался исследованиями сиаловой кислоты. Теперь его коллектив изучает также кости ископаемых людей с тем, чтобы выяснить, на какой стадии нашей эволюции появилась необычная форма сиаловой кислоты.

Что касается центра в Атланте, то там к расшифровке нуклеотидных последовательностей еще не приступали. Но руководство центра ведет переговоры с биотехнологической фирмой «GenoPlex Inc.» из Денвера, с которой они хотят скооперироваться. Сотрудничество обещает быть весьма плодотворным, поскольку эта фирма, образованная в 1997 году Джимом Сикелой и Томом Джонсоном из Медицинского центра Университета Колорадо, уже имеет задел в этой области. Если верить Уолтеру Месье, эволюционному биологу из этой компании, они нашли человеческие гены, имеющие отношение к обучению, памяти и чувствительности к СПИДУ. Фирма подала патентную заявку на новые применения нескольких нуклеотидных последовательностей, которые, как они надеются, могут стать мишенями для новых лекарств. Заодно они патентуют сразу несколько генов шимпанзе. Предполагается, что эти гены рано или поздно будут иметь большое коммерческое значение.

В этом году инициатива по организации и координации работ в рамках предложенного проекта перешла к японским исследователям. На главные роли выходят японские Национальный институт генетики (NIG) и Институт физических и химических исследований (RIKEN), а точнее, два его подразделения: Научно-исследовательский центр по изучению генома (RIKEN Genomic Sciences Center) и Научно-исследовательский институт мозга (RIKEN Brain Science Institute). Ученые из RIKEN переименовали проект, назвав его Genes and Minds Initiative, или сокращенно GEMINI, что символично, поскольку GEMINI — это название созвездия Близнецов и одноименного знака зодиака; оно подчеркивает двуединство природы человека, высоко развитая психика которого (mind) неразрывно связана с его генетическими задатками (genes). А исследователи из NIG, соперничающего с RIKEN, предпочитают название «Серебряный проект», видимо, имея в виду его относительно дешевизну (он стоит не более 100 млн. долларов) по сравнению с проектом «Геном человека»,



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ставшим поистине золотым. Планируется проведение междисциплинарных сравнительных исследований людей, шимпанзе, орангутанов, макаков и горилл. Проект поддержан японским Министерством образования, культуры, спорта, науки и технологий. Ведутся успешные переговоры о кооперации с соответствующими научными центрами Германии, Китая, Тайваня и Кореи. У инициаторов этих работ были опасения, что им опять перейдет дорогу неизвестная «Celera Genomics», обладающая гораздо большими возможностями, чем японские институты (эта компания — один из двух победителей в гонке по скорейшей расшифровке человеческого генома). Однако президент «Celera» Дж. Крэйг Вентер успокоил их, заверив, что у его компании таких планов пока нет. Японские генетики из NIG заявили о своем намерении стать лидерами этого направления исследований.

В России сравнением геномов человека и шимпанзе занимается академик Евгений Свердлов — директор Института молекулярной генетики и заведующий одной из лабораторий Института биорганической химии. Он развивает идею об особой роли в нашей эволюции ретровирусов (к числу которых принадлежит и вирус СПИДа).

Сравнительная геномика приматов порождает, наряду с чисто научными, серьезные этические проблемы. Новейшие исследования интеллекта и социальности шимпанзе, других человекообразных опровергают антропоцентрические взгляды о пропасти, разделяющей нас и этих симпатичных существ. Теперь мы знаем, что шимпанзе не только используют орудия, но и имеют материальную культуру, эгалитарную, как считают некоторые специалисты, социальную организацию и, может быть, даже обладают способностями к абстрактному мышлению и рудиментарному языку. Поэтому отношение к ним как к материалу для научных исследований недопустимо. Эти тонко чувствующие и разумные создания заслуживают уважения и заботы. Ведь и мы, люди, — всего лишь слегка видоизмененные человекообразные обезьяны.

Зеленый белок, желтые поля и Институт Макса Планка

Околонаучные заметки

Кандидат биологических наук

Н.В.Маркина



Участники программы
(Автор статьи — первая слева)

**Институт биофизической
химии Макса Планка**



Доктор Ульрих Кунт

Когда-то я озадачивала всех друзей и знакомых одним вопросом (кто его придумал — не знаю): «Что вы предпочитаете: знать все ни о чем или ничего обо всем?» Некоторые считали его абсурдным, но многие понимали, что он не такой бессмысленный, как может показаться. В конце концов, люди действительно делятся на две группы: одни стремятся узнать как можно больше, хотя предмет их знаний исчезающе мал, другие интересуются самыми разными вещами, но их знания поверхностны, неглубоки. Вероятно, из первых получают ученые, из вторых — журналисты.

Все это я вспомнила в самолете, летевшем во Франкфурт, по пути на международную программу для научных журналистов под названием EICOS (European Initiative for Communicators of Science). Мы со Светланой Беляевой из

газеты «Поиск» направляемся в Геттинген, в Институт биофизической химии Макса Планка, который уже в седьмой раз приглашает журналистов в гости к ученым, чтобы дать возможность людям, пишущим и говорящим о науке, погрузиться в мир науки.

Из иллюминатора открывается картина, достойная Ван Гога: на фоне зеленых массивов леса и зеленых лугов разбросаны ярко-желтые «заплатки». Экспрессия цвета поражает.

Интересно, что же немцы выращивают на этих желтых полях? Неужели сурепку?

Позади остался уютный, залитый солнцем Геттинген — университетский город, как его объявили при остановке поезда. Дорога петляет среди зеленых холмов и погружается в буйство свежей майской зелени. В воздухе пахнет

цветами, поют птицы — весна в Германии так же хороша, как и в России. Здание института огромное, несколько корпусов связаны переходами, каждый корпус опоясан балконами — больше напоминает загородный пансионат, чем храм науки. Вокруг — сады Эдема, все цветет и благоухает. Узнаём нашу (русскую!) черемуху, сирень, каштаны. Громко поет скворец. В ярко-зеленой траве цветут маргаритки. И в довершение идиллии — пасутся овцы: белые, черные, серые. Прямо картинка со старой немецкой открытки. (Овцы — не трансгенные, вообще не экспериментальные животные, они живут здесь просто так, для создания настроения.) С крыши открывается потрясающий вид на предгорья Гарца: на фоне зеленых холмов и невысоких гор — уже знакомые ярко-желтые поля. Что же это такое?



ИЗ ДАЛЬНИХ ПОЕЗДОК

физической химии — один из восемнадцати институтов, объединенных Обществом Макса Планка и носящих его имя. Государство финансирует общество, а оно распределяет деньги между институтами. Годовой бюджет Института Макса Планка — несколько миллионов марок. Этого хватает на достойную зарплату сотрудникам, на все необходимые для научной работы приборы и реактивы. Институт хорошо обеспечен, даже по сравнению со старейшим Геттингенским университетом. Основной принцип работы института заключается в свободе исследований. Человек, который занимается какой-то научной проблемой, получает необходимые средства для своей группы и сам организует работу. В институте много интернациональных научных групп, в которые входят и молодые русские ученые.

На первом этаже нашего корпуса — музей. Здесь собраны старые компьютеры (1977 года издания), научные и вычислительные приборы: под стеклом лежат даже логарифмические линейки!

Наша работа

В лаборатории, где мне предстоит работать вместе с Хансом и Анной, изучают экзоситоз. Этот процесс происходит в нервных клетках — нейронах. У нейрона много коротких отростков и один длинный — аксон. Аксон — это проводник, по которому нервный импульс — электрический сигнал передается от одного нейрона к другому. Там, где окончание аксона контактирует с другой нервной клеткой, имеется так называемая синаптическая щель, а сама область контакта называется синапсом. Синапсы играют очень важную роль в нервной передаче: это не просто контакты — это регуляторы. От их работы зависит очень многое.

Чтобы перейти через синаптическую щель на другую клетку, электрический сигнал преобразуется в химическую форму. Химические вещества-нейромедиаторы (передатчики)

Хозяева и гости

Нас встречает доктор Ульрих Кунт, седой, худощавый, с обаятельной и застенчивой улыбкой, в клетчатой рубашке с короткими рукавами и шлепанцах на босу ногу. С первых же слов ясно, что его улыбка, его доброжелательность — это не просто дань вежливости, а искреннее расположение к собеседнику. Он бывал в России, работал в Пущино вместе с русскими коллегами.

Вечером знакомятся все двенадцать участников программы. Никола — высокая блондинка, работает в ежедневной немецкой газете. Ханс — тоже немец, самый пожилой из нас, в прошлом — океанолог, теперь — свободный журналист. Бенни из Амстердама — редактор научно-популярного журнала, был в Москве, Питере и Киеве, проехал по Золотому Кольцу, знает Достоевского, любит Паустовского, восхищается Шостаковичем. Питер — австриец, работает на радио, обижается, когда его принимают за немца. Анна из Израиля, пресс-секретарь научно-исследовательского института, красивая, с пышными волосами. Другая Анна работает на телевидении в Будапеште, сетует на то, что журналисты в Венгрии мало зарабатывают. Клаудиа из Румынии, брюнетка с усталыми глазами, готовит научные новости на радио. Сиско — дама из Финляндии, тоже с радио.

Аглая, маленькая большеглазая блондинка — гречанка, работает в провинциальной газете, пишет обо всем.

Нам предстоит в течение недели работать в лабораториях Института Макса Планка вместе с учеными. У каждой из трех групп — своя научная программа и свои «тьюторы» — преподаватели. Мою группу будут учить две милые девушки, Кристина и Доротея, и англичанин Филипп. Есть здесь и наши соотечественники: Ольга, родом из Одессы, закончила университет в Кельне, в Германии уже восемь лет.

Кое-что об институте

Обнащение институтских лабораторий вызывает зависть. Здесь можно действительно работать, а не преодолевать бесконечные трудности и не изобретать велосипед, как это постоянно приходится делать нашим ученым. Методами молекулярной биологии тут изучают архитектуру клетки, свойства клеточных мембран, транспорт белков и других веществ, эмбриональное развитие, структуру и функции генов, работают с нокаутными и трансгенными лабораторными животными. Институт был основан в 1971 году, теперь в нем около 700 сотрудников из разных стран. Десять директоров возглавляют десять основных направлений. Институт био-



*В лаборатории
(фото
Йоханнеса
ван Бентума,
Нидерланды)*

*Можно
смотреть
в микроскоп...*



А можно — на монитор



содержатся в микроскопических пузырьках — везикулах внутри окончания аксона. Чтобы нейромедиатор выделился в синаптическую щель, пузырек должен раскрыться. Для этого мембрана пузырька соединяется, как бы сплавляется с мембраной клетки, пузырек перестает существовать и лопаются, выбрасывая свое содержимое в синаптическую щель. Этот процесс и называется экзоцитозом. Молекулы нейромедиатора пересекают синаптическую щель и, достигнув мембраны другой клетки, соединяются с белками-рецепторами. И тем

самым они запускают новый электрический импульс, который идет дальше по мембране второй клетки.

В изучении этого процесса есть одна сложность — пузырьки-везикулы очень малы. Их не увидишь в обычный оптический микроскоп, а для электронного микроскопирования клетку нужно убить и определенным образом обработать, так что процессы, протекающие в клетке, электронный микроскоп может показать только в виде «стоп-кадров». Ученые нашли выход в том, чтобы изучать экзоцитоз на другой модели, в культуре клеток, которые получают из раковой опухоли надпочечников крысы, — это так называемые клетки PC12. Они могут расти в искусственной среде и при этом сохраняют свои свойства, в частности способность к экзоцитозу. Так же как нейроны выделяют заключенные в везикулы нейромедиаторы, клетки надпочечников выделяют в кровяное русло гормон адреналин. Кроме того, они крупнее, чем окончания аксона, поэтому на них легче наблюдать экзоцитоз.

Культуру клеток выращивают в специальной питательной среде ярко-красного цвета. Цвет в данном слу-

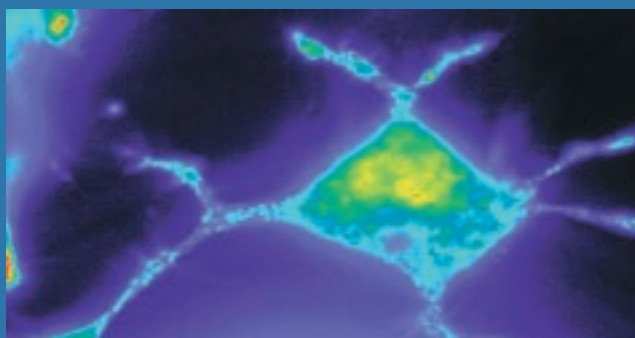
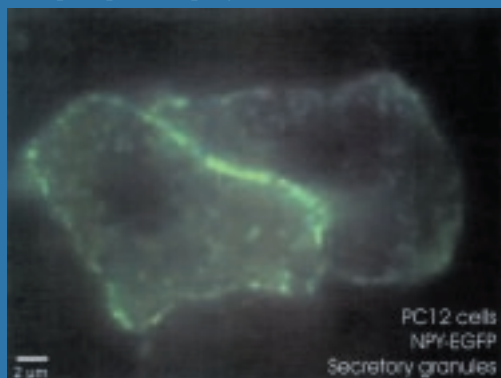
чае — индикатор кислотности (pH) среды: она должна быть строго определенной. С культурой клеток работают в специально оборудованных стерильных камерах, но — и это странно для нас — никто из сотрудников не надевает ни халаты, ни перчатки (!), только обрабатывают руки спиртовым раствором.

Для того чтобы изучать экзоцитоз в живой клетке, везикулы надо каким-то образом пометить. И тут на помощь приходит совершенно удивительная молекула — зеленый флуоресцирующий белок.

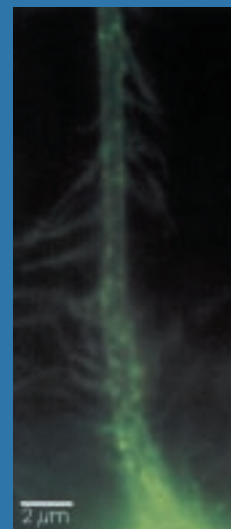
«Зеленая революция» в молекулярной биологии

Именно так говорят ученые про открытие GFP (green fluorescent protein). За него человечество должно быть благодарно медузе *Aequorea victoria*, которая обитает в северо-западной части Тихого океана. Говорят, что впервые на нее обратили внимание американские подводники, преследующие наши субмарины: когда подлодка заходила в скопления медуз, она начинала светиться.

*Клетка PC12
с секреторными гранулами, помеченными GFP*



Клетка PC12 — потомок клетки надпочечников под действием фактора роста нервов «перенимает» внешний вид нейрона





*Для работы с антителами
нужны хорошие руки*



*Музей
старинного
оборудования*



ИЗ ДАЛЬНИХ ПОЕЗДОК

ми самые «интимные» внутриклеточные процессы — прежде это казалось фантастикой!

Но как внедрить GFP в изучаемую клетку? Тут ученые используют возможности генной инженерии: присоединяют белок GFP к тому белку, который им интересен. Получается «белок-химера», состоящий из двух частей, который тем не менее сохраняет свойства обычного белка и выполняет в организме свою обычную роль. Чтобы соединить две белковые молекулы, надо объединить кодирующие их гены. Ученые вводят в клетку кольцевую ДНК — вектор с геном GFP — этот процесс называется трансфекцией и происходит под действием электрического разряда. «Никто не знает, каким образом это получается, — говорит Фил, наш преподаватель, — но получается!» В специальную кювету помещают культуру клеток PC12 и вектор с геном GFP. Разряд — и все готово, клетка «захватила» предложенный ей ген.

С помощью GFP ученые получили возможность наблюдать за внутренней жизнью клетки во всем ее разнообразии. Вот клетка меняет форму, повинувшись тонким светящимся нитям клеточного скелета, состоящим из белка тубулина. Вот она делится — нити формируют так называемое «веретено», которое захватывает хромосомы и растаскивает их от центра к полюсам клетки. А вот через лабиринт клеточного скелета пробирается микроскопическая точка. Это вирус герпе-

У *Aequorea victoria* есть белок акворин, который реагирует на опасность. В стрессовой ситуации, например при встрече с хищником, молекула акворина возбуждается и испускает голубой свет (в этом принимает участие ион кальция). Молекула GFP, в свою очередь поглощая голубую волну, претерпевает химическое превращение: последовательность аминокислот Ser-Tyr-Gly окисляется, переходит в циклическую форму и превращается в хромофор — источник света. При этом возникает ярко-зеленая вспышка, которая отпугивает врага. GFP впервые описал О. Шимомура еще в 1962 году, но лишь спустя много лет биологи научились использовать его в своих целях.

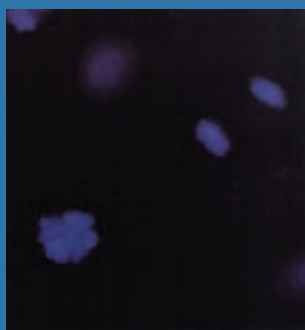
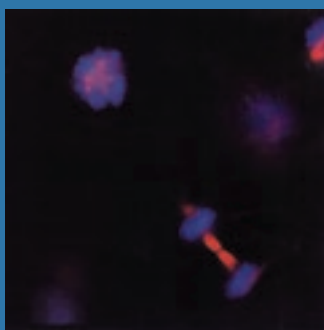
Молекула GFP устроена очень хитроумно. Она выглядит как плотный бочкообразный цилиндр, сложенный из 11 бета-цепей. Диаметр «бочки» около 30 ангстремов, а внутри нее спрятана альфа-спираль: именно в ней находятся три аминокислоты, превращающиеся в хромофор. Такая структура очень устойчива к внешним факторам, которые могли бы вызвать денатурацию менее защищенной белковой молекулы, и к ферментам, расщепляющим белки.

Синтез GFP в организме медузы кодируется одним геном. В 1992 году Д. Прашер с соавторами исследовали строение этого гена и клонировали его. Это было первым шагом к практическому использованию зеленого флуоресцирующего белка. Затем начали выяснять, будет ли ген GFP работать в клетках других организмов. Первой попробовала жить с GFP нематода *Caenorhabditis elegans*, излюбленный объект молекулярных генетиков. Научный мир был поражен, увидев паразитического червя, светящегося зеленым, — этот монстр появился в лаборатории М. Челфи с коллегами в 1994 году. Впервые было продемонстрировано, что GFP сохраняет свою способность к люминесценции в других организмах.

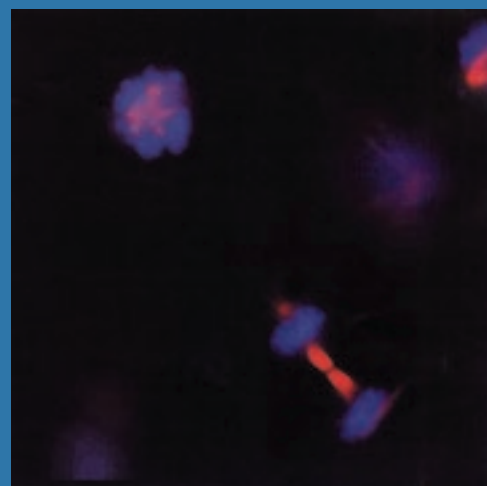
С приходом GFP в лаборатории молекулярные биологи получили в руки потрясающий инструмент: стало возможно метить светящейся меткой любые структуры и молекулы в живой клетке и своими глазами, при помощи флуоресцирующего микроскопа видеть все, что в ней происходит. Наблюдать за живой клеткой, не убивая ее, не фиксируя и не окрашивая, и при этом видеть своими глаза-

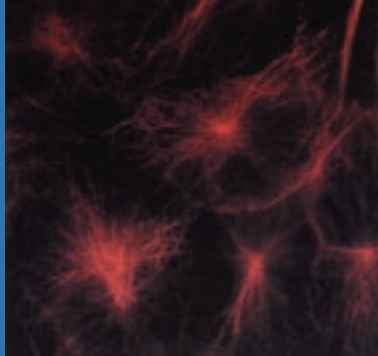
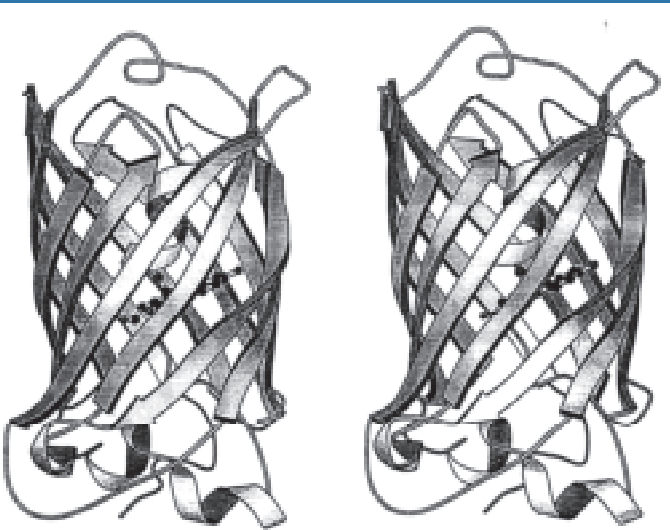


*Псевдоаксон клетки PC12.
Хорошо видны везикулы*



*Делящаяся клетка: голубые ядра
и красное веретено деления*





Клеточный скелет
из белка тубулина
(красный)
и синее ядро



ИЗ ДАЛЬНИХ ПОЕЗДКОВ

са! Мы бы никогда не увидели вирус в световой микроскоп, если бы не светящаяся метка, а теперь мы можем проследить его путь. В эмбрионе мыши мигрируют клетки — эти перемещения формируют ткани и органы растущего организма. У развивающихся нервных клеток образуются отростки, в местах межклеточных контактов закладываются синапсы.

Но наша задача — наблюдать экзочитоз. В некоторые кюветы с клетками, помеченными GFP, мы добавляем еще один удивительный белок — фактор роста нервов. На следующий день созерцаем результаты нашей работы под микроскопом. Картина захватывающая! Мы пометили с помощью GFP три разных белка, которые расположены в клеточной мембране или в везикулах. Теперь они светятся ярко-зеленым светом. Светящиеся везикулы движутся к клеточной мембране и лопаются — мы видим, как вспыхивают и гаснут огоньки. Но что произошло с самими клетками? Клетки PC12, в норме округлые, изменили свою форму под действием фактора роста нервов и стали похожи на нейроны! У них теперь есть отростки, появился даже длинный «аксон», внутри которого мы можем наблюдать транспорт веществ вверх и вниз. Это напоминает движение муравьев на муравьиной тропе.

Исследователи научились получать мутантные формы GFP, которые создают новые возможности для прижизненного мечения клеточных белков. Кроме того, оказалось, что у GFP

есть родственники — белки других морских организмов. Группа ученых из московского Института биохимической химии — Константин Лукьянов и Аркадий Фрадков с коллегами получили шесть гомологов GFP из красных кораллов. Один из них светится красным, другой — желтым. Следующий хромопротеин (цветной белок) они выделили из морской анемоны *Aneminiia sulkata* — этот белок придает ярко-алый цвет кончикам ее щупалец. И все эти белки годятся для светящихся меток. Так что скоро мир под микроскопом окрасится во все цвета радуги.

Клетка в клетке

А еще мы работаем с антителами. Это белки, которые присоединяются к другим белкам-мишеням, благодаря специальному окрашиванию становятся видимыми и дают возможность изучить местоположение белков-мишеней в клетке. Антитела вырабатывает культура клеток животных: мышей, кроликов, иногда коз. Но в отличие от белка GFP антитела не могут светиться в живой клетке, поэтому, чтобы их обнаружить, клетку необходимо зафиксировать и окрасить. Работа с антителами требует тщательности и аккуратности. На каждом этапе клетки, расположенные на покровном стекле, многократно промывают фосфатным буферным раствором.

На следующий день наблюдаем, что получилось. Применяя специальные фильтры, красный и зеленый, мы ви-

дим в клетке окрашенные белки: эндобревин, расположенный на мембране клетки, синтаксин — в пузырьках-везикулах и, наконец, альфа-тубулин — белок, образующий «клеточный скелет» — те самые нити, которые отвечают за форму клетки и ее движение. Клетка под микроскопом становится похожей на птичью клетку, сделанную из ярко-красной проволоки. А в клетке сидит «синяя птица» — это ядро окрасилось синим. Если постараться, можно найти делящуюся клетку — ее дочерние половинки еще не разошлись окончательно и связаны альфа-тубулиновым «веретеном». Делящаяся клетка вызывает какое-то мистическое ощущение (вот оно — таинство жизни!).

От микроскопа отрываешься с трудом. Микромир, видимый в окуляр, расширяется до размеров космоса. Углубляясь в «ничто», мы раздвигаем его границы...

А на желтых полях, оказалось, растет рапс. Его сажают не только для того, чтобы получать рапсовое масло, но и потому, что он улучшает качество почвы. В Германии — перепроизводство сельхозпродукции, и правительство доплачивает тем фермерам, которые на своей земле не выращивают «полезные» культуры, а дают ей отдыхать.



О гибели монархов

М.Литвинов



РАССЛЕДОВАНИЕ

Тысячи видов насекомых исчезают с лица земли, и никто, кроме немногочисленных энтомологов, не ведет счет этим утратам. Однако некоторые из этих потерь могут стать по-настоящему тяжелыми и невозполнимыми. Как обеднеет наша жизнь, если пропадут бабочки: крапивницы, траурницы, бражники, даже белянки! А для американцев украшением природы служат бабочки-монархи (*Danaus plexippus*). Даже те жители США, Мексики и юга Канады, которые совсем не разбираются в энтомологии, отлично знают этих больших, с размахом крыльев до 10 см, ярко окрашенных бабочек. Их желтые, оранжевые, с черными прожилками и белыми пятнышками наряды (чем не мантии!) нельзя не заметить — не зря же им дали такое имя. В марте они появляются на полях и лужайках, а в октябре–ноябре таинственно исчезают.

Куда монархи прячутся от холодов, долгое время никто не знал. Только в 1975 году энтомолог-любитель Кеннет Брюггер обнаружил зимующих бабочек в горах Сьерра-Мадре в Центральной Мексике (фото 1). Туда откочевывают бабочки, обитающие к востоку от Скалистых гор, на юге Канады, на востоке и Среднем Западе США. Долетев до подходящего места, монархи собираются в гроздь на хвойных деревьях и коротают холодные деньки, а в начале марта, очнувшись от спячки, слетают с гор и отправляются на север. Им не суждено увидеть края, где прошла их молодость. Пролетев немного, насекомые откладывают яйца (фото 2) и умирают. Из яиц выходят гусеницы (фото 3), которые едят, растут, линяют и превращаются в куколки (фото 4), а из них появляются взрослые особи и тоже устремляются туда, где прохладнее. От момента откладывания яйца до вылупления бабочки проходит около месяца, а живут крылатые создания летом от двух до шести недель. В скитаниях умирает не одно поколение, и на летние пастбища прилетают уже внуки или правнуки зимовщиков. А осенью миллионные стаи монархов откочевывают на юг, в Мексику, преодолевая порой расстояние в 3000 км. До сих пор это единственные известные науке перелетные бабочки. Как они находят места, где зимовали их пращур и которых сами они никогда не видели, остается загадкой.



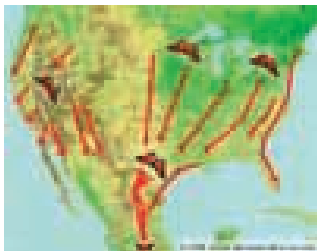
Американцы, не знавшие монархии в своей стране, любят бабочек-монархов. Это примета лета и один из символов Америки. Турфирмы устраивают специальные поездки в места зимовки насекомых. Школьница Шейлин Бенц на интернет-страничке подробно рассказывает о выращивании бабочек из гусениц (фото 5). Их изображения помещают на майки и домашнюю утварь.

Однако любовь населения не очень-то спасает монархов: до недавнего времени бабочек становилось все меньше. Чтобы понять причины этого, американцы даже создали специальную организацию — «Наблюдение за монархом». Директор этой службы, доктор Орли Чип Тэйлор с энтомологического факультета университета штата Канзас, называет несколько причин, из-за которых уменьшается численность его подопечных. Среди них есть природные (например, внезапные похолодания), а есть связанные с деятельностью человека. Очень навредили бабочкам мексиканские лесопромышленники, которые вырубают леса в местах зимовок. С этим можно бороться: нужно лишь выявить и защитить зимние квартиры от истребления. Таких мест не очень много, не больше двадцати, а площадь каждого не превышает нескольких гектаров.

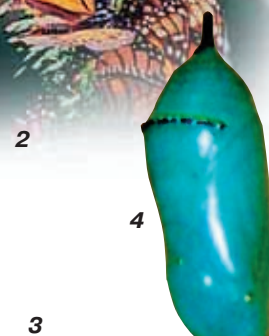
Вторая причина снижения численности — недостаток еды. Основная пища гусениц — листья растений с млечным соком (фото 6–9), которые по-русски называются ластовнями или ваточниками (род *Asclepias*). Поедая их, насекомые накапливают в своих телах токсины млечного сока (карденолиды) и становятся малосъедобными для зверей и птиц. Из-за распашки земель и уничтожения сорняков на полях количество ваточника сократилось.

Наконец, главная причина гибели бабочек и множества других членистоногих — инсектициды, с помощью которых фермеры пытаются защитить урожай от насекомых-вредителей. Избирательность инсектицидов невелика, и от них страдают не только все членистоногие, но и многие другие животные. Лишь в последние годы появилась альтернатива неразборчивой травле энтомофауны — выращивание генетически модифицированных растений, устойчивых к насекомым. Вот из-за этих-то растений два года назад и разгорелся сыр-бор — волна исследований и разбирательств, отголоски которых докатились и до нас.

Началось все с того, что генные инженеры придумали, как защитить от вредителей кукурузу — одну из главных сельскохозяйственных культур США. Ее



Пути миграции бабочек-монархов

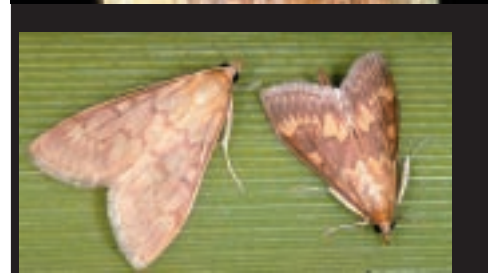


основные вредители — личинки длинноусой блошки (по-английски corn rootworm, по-латыни *Diabrotica longicornis*) и стеблевого, или кукурузного, мотылька (соответственно European corn borer и *Ostrinia nubilalis*). Первые живут в почве, и удерживать их численность под контролем не так уж сложно. Зато вторые прогрызают ходы в стеблях кукурузы (фото 10), и убить их там инсектицидами не удастся. Только появившиеся трансгенные растения дали надежду справиться с этими вредителями.

В геном кукурузы встроили ген белка из бактерии *Bacillus thuringiensis*. В природе эти микробы находятся в почве и на листьях растений. Попадая вместе с растительной пищей в кишечник насекомых, они приводят к их гибели. Биологический смысл этой атаки микроорганизмов, видимо, в том, что они получают возможность питаться и размножаться в погибшем насекомом. Энтотоксин, который делает бактерии патогенными для насекомых, — белок, и поэтому он действует более избирательно, чем низкомолекулярные химические инсектициды. Токсин против мотыльков, например, не губит пчел, божьих коровок и златоглазок, а также насекомых-хищников и пауков. Более того, токсин против кукурузного мотылька не действует на некоторых других мотыльков. В клетках растений с геном бактерии (*Bt*-растений) белок сохраняет и токсичность, и избирательность.

В случае с кукурузой, однако, возникли опасения: не повредит ли токсин бабочкам-монархам, которые относятся к тому же отряду чешуекрылых, что и вредоносные мотыльки? Листья трансгенной кукурузы ни бабочкам, ни гусеницам повредить никак не могут, ведь бабочки едят некарт цветов, а гусеницы — листья ваточников. Но может быть, вредна пыльца кукурузы, занесенная ветром на кормовые растения монархов?

Проверить это взялись Дж.Лузи, Л.Райор и М.Картер из Корнелльского университета. В мае 1999 года они опубликовали результаты своей работы в журнале «Nature». Гусениц-монархов пасли на листьях ваточника, специально густо запыленных пыльцой трансгенной кукурузы. (Предварительно ученые выяснили, что в пыльцевых



зернах энтотоксин образуется.) Опыты показали, что личинки меньше ели, медленнее росли и чаще умирали, чем контрольные гусеницы, которые жевали чистые листья того же растения.

Сами корнелльцы заявили, что считают свои результаты предварительными, ведь они проводили опыты только в лаборатории. Однако их статья сразу же вызвала большой переполох. Защитники природы встревожились: неужели генные инженеры погубят национальное достояние?

Фонд защиты окружающей среды обратился к Управлению по охране окружающей среды США с прошением ограничить продажу кукурузы с геном бактериального токсина и потребовать от фермеров, чтобы они высаживали живые заслоны из растений по краям полей, уберегающие бабочек от контактов с пыльцой. Активисты радикальных природоохранных организаций с новыми силами стали призывать власти запретить трансгенные растения.

Перед тем как выдать разрешение на выращивание такой кукурузы, управление уже проверяло ее и решило, что она не оказывает неблагоприятного воздействия на бабочек. Однако новые данные заставили вернуться к этой теме.

Нетрудно понять, какие интересы и проблемы сплелись в один узел: эффективность сельского хозяйства как одна из опор экономической мощи США; забота общественности о природе; здоровье нации (ведь трансгенные растения, по всем данным, более безопасны для человека, чем опрысканные инсектицидами); вера в прогресс и прагматизм в оценке его последствий. Не в обычаях американцев с налету разрубать такие узлы, и они стали анализировать ситуацию, смотреть разные сценарии, проводить эксперименты и



кропотливо подсчитывать ущерб и выгоды от новой технологии для всех, кого она касается.

Известно, что риск от использования инсектицида или токсина зависит от двух параметров: токсичности и экспозиции. Токсичность — свойство наносить вред организму, экспозиция — подверженность воздействию токсина. Токсичность приблизительно (только приблизительно) можно оценить в лаборатории, но вот экспозицию и общий эффект нельзя определить иначе, чем наблюдая за бабочками на полях. Результаты корнелльцев бросились проверять и перепроверять энтомологи разных университетов. Уже осенью 1999 года все, кто занимался этой проблемой, собрались в Чикаго на симпозиум. Из доложенных там сообщений следовало:

- только около половины монархов летом оказывается в так называемом кукурузном поясе США на Среднем Западе, где большая часть полей засеяна Bt-кукурузой;

- из нескольких поколений монархов развитие лишь одного или двух может по срокам совпасть с цветением кукурузы;

- монархи чаще откладывают яйца на растениях в кукурузных полях, а не на обочинах дорог или лесных опушках: там меньше хищников;

- большая часть пыльцы (90–95%) не улетает от края поля дальше чем на три метра;

- часть пыльцы с листьев ваточника смывают дождь и капли росы;

- не у всех сортов трансгенной кукурузы пыльца так же токсична для монархов, как у исследованных корнелльскими учеными.

Еще более подробные сведения по этой проблеме появились в научных журналах. Летом этого года серия статей была опубликована в «Докладах Национальной академии наук США» (www.pnas.org/cgi/doi/1073.pnas). Эти публикации интересны по нескольким причинам. Во-первых, написавшие их ученые работали по заказу официальных инстанций, в том числе Министер-

ства сельского хозяйства США. Вторых, исследования на полях трех штатов США (Айовы, Мэриленда и Нью-Йорка) и канадской провинции Онтарио были весьма обстоятельными и обширными. Интересно и то, что среди авторов оказался Джон Лузи — один из нарушителей спокойствия.

На этот раз ученые наблюдали за гусеницами монархов разного возраста в условиях, ставших для бабочек естественными: на полях с разными сортами генетически модифицированной и обычной кукурузы и за пределами этих полей.

В одном из исследований энтомологи проверяли, как влияет на рост и выживание гусениц пыльца трансгенной кукурузы сортов 176, Bt11 и Mon810. Личинки, которым досталась пыльца сорта 176, за пять дней набрали на 18% массы меньше, чем их сородичи, питавшиеся на полях с сортами Bt11 и Mon810. При этом плотность пыльцы на листьях ластовня составляла 22 зерна/см². Когда плотность пыльцы сорта 176 достигла 67 зерен/см², гусеницы набирали вес на 42% хуже тех, что паслись за пределами поля, и

среди них погибло на 60% больше, чем в контроле. Зато когда

личинки питались листьями с пыльцой Bt11 и Mon810, даже при средней плотности пыльцы около 550 зерен/см² они развивались нормально, не хуже тех, что обитали за пределами поля, куда пыльца вообще

не долетала. Эти сведения подтверждают те, что были получены ранее в лаборатории: там пыльца Bt11 даже в количестве 1000 зерен /см² не оказывала существенного влияния на развитие гусениц.

Особенно впечатляют эти данные, если учесть результаты опытов с обычной кукурузой, опрысканной инсектицидом «Вориэр», или «Каратэ» (его действующее вещество — α -цигалотрин). Поля трижды обрабатывали этим препаратом, что соответствует обычной

практике борьбы с вредоносными мотыльками, и личинки монархов погибли полностью.

Попутно в лабораторных экспериментах было показано, что от пыльцы трансгенной кукурузы могут страдать личинки еще одной красивой бабочки, парусника *Parilio polyxenes* — родственника махаонов. Однако в полевых опытах, когда гусеницы питались рядом с кукурузными полями, их смертность не возростала, хотя пыльца попадала на листья кормовых растений.

Какие выводы делают специалисты из этой истории? Прежде всего они по-прежнему утверждают, что трансгенные растения намного безопаснее для полезных насекомых, чем инсектициды, и лучше выращивать трансгенную кукурузу, чем опрыскивать поля. Еще одно предположение, которое предстоит проверить, звучит весьма оптимистично: за последние годы численность монархов в Америке выросла. Кое-кто из ученых связывает это с отказом многих фермеров от инсектицидов в пользу Bt-кукурузы, однако изменения могут быть и случайными — надо подождать и проверить.

Несмотря на авторитетные исследования, убеждающие нас в том, что на этот раз все обошлось и опасности исчезновения бабочек нет, осадок — след от миновавшей угрозы — остался. Это к лучшему — не стоит забывать об осторожности, осваивая новые технологии. Конечно, по-прежнему необходимо наблюдать за последствиями выращивания трансгенных растений. Нужно изучать и более тонкие эффекты. В данном же случае генным инженерам стоит подумать, как сделать так, чтобы ген токсина не экспрессировался в пыльце, — это сразу сняло бы все вопросы.

Любая бабочка, «жизняночка и умиранка», говоря словами Мандельштама, трепыханием крылышек напоминает людям о хрупкости и недолговечности красоты. Будем надеяться, новые технологии не погубят эти вечные символы. Бабочки будут по-прежнему радовать взор, а люди — выращивать безопасные трансгенные растения.



О вкусах не спорят



Поговорим о вкусах. Здесь все далеко не так однозначно, и это связано с некоторыми физиологическими особенностями вкусовых ощущений. Во-первых, вкус вещества часто зависит от запаха. Это особенно заметно, когда у человека сильный насморк: при исключении обоняния самая вкусная еда и лучшие напитки утрачивают для человека всю свою прелесть. Физиологи обнаружили даже, что человек с завязанными глазами и зажатым носом (чтобы не чувствовать запаха пищи) вряд ли сможет отличить яблоко от картошки или даже от лука, красное вино от кофе и так далее. Для обозначения сочетания вкуса и запаха в некоторых языках даже существуют специальные слова (например, flavour в английском, что примерно соответствует нашему термину «букет» по отношению к винам).

Во-вторых, вкус одного и того же вещества, оказывается, не является постоянной величиной и может сильно отличаться у разных людей. Так, описан случай, когда человек смог уловить горечь фенилтиомочевины при ее концентрации в растворе всего лишь 0,01 мг/л, в то время как другие не обнаружили то же вещество, когда его было 2,5 г/л, то есть 250 тысяч раз больше! Бывают еще более удивительные вещества, имеющие для разных людей несколько «разных вкусов». Например, натриевая соль бензойной кислоты (C₆HCOONa) одним кажется сладковатой, другим кислотой, третьим горькой, а некоторым вообще безвкусной.

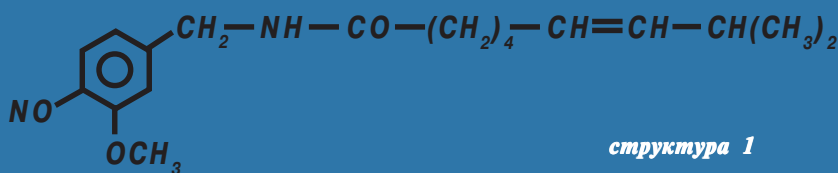
Наконец, даже для одного человека вкус конкретного вещества может сильно изменяться в зависимости от обстоятельств. Еще в прошлом веке ботаники описали африканский кустарник, красные плоды которого местные жители называли «чудодейственными». У человека, пожевавшего эти плоды, изменяются вкусовые ощущения — у уксуса появляется приятный винный вкус, а лимонный сок превращается в сладкий напиток. Другие вещества усиливают тот или иной вкус. Некоторые из них специально добавляют в пищу. Например, натриевая соль глутаминовой кислоты (HOOC-CH₂-CH₂-CH(NH₂)-COOH) придает мясной вкус различным блюдам, даже если в них вообще нет мяса. Известны вещества, которые отбивают вкусовые ощущения — как у человека, так и у животных. К ним принадлежат, например, некоторые тиолы. Неболь-

шие количества солей меди и цинка возвращают вкус, что неудивительно, так как ионы этих металлов способны прочно связываться с тиолами, образуя солеобразные соединения.

Все эти обстоятельства весьма затрудняют определение «рекордсменов» вкуса. Можно, однако, привести «типичные образцы» вкусов, которых обычно насчитывают четыре: сладкий, соленый, кислый, горький. Все остальные вкусы можно получить комбинацией четырех остальных. Образцом горького может служить хинин, сладкого — сахара (обычный свекловичный и тростниковый сахар), соленого — хлорид натрия (поваренная соль), кислого — любая кислота с «безвкусным» анионом. Правда, некоторые физиологи считают, что существует больше четырех основных вкусов, прибавляя к ним, например, жгучий вкус, металлический, ментоловый и другие.

Чувствительность языка к разным вкусам неодинакова. На первом месте чаще всего стоят вещества горькие. Это именно тот случай, когда ложка дегтя портит бочку меда. Действительно, вкус таких горьких веществ, как хинин и стрихнин, отчетливо воспринимается при разведении 1:100 000 и более (это примерно чайная ложка вещества, разведенная в полутонне воды!). Хинин — самое распространенное средство от малярии. Описаны случаи, когда после приема хинина в капсулах (чтобы исключить непосредственный контакт лекарства с языком) люди жаловались на горький вкус во рту. Вероятно, это объясняется тем, что, попав в кровь, хинин возбуждает вкусовые нервы изнутри языка. Однако в очень малых концентрациях горький вкус может быть приятен; так, в некоторые напитки добавляют хинин (обычно в виде сернокислородной соли). Обнаружить хинин в тонике можно не только по вкусу, но и по яркому светло-голубому свечению напитка под лучами ультрафиолетовой лампы.

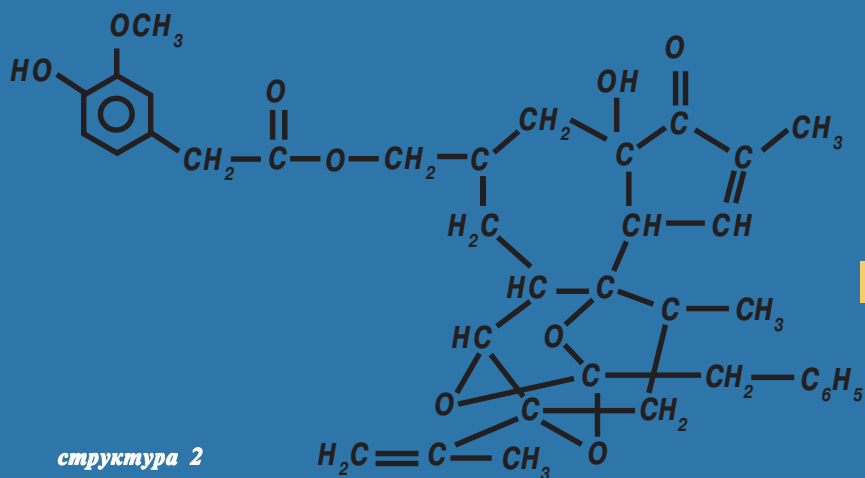
Самым жгучим вкусом обладает, вероятно, одно из производных ванилина — ванилиламид 8-метил-6-ноненовой



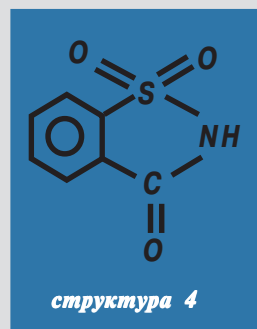
кислоты (структура 1), он же капсаицин — от латинского названия стручкового перца *Capsicum*. Больше всего его в однолетнем перце *Capsicum annuum* — около 0,03%. Если пожевать немного этого перца, потом очень долго трудно избавиться от жгучей боли в языке. Человек может переносить вкус этого соединения в течение двух минут, если его концентрация не превышает 0,004 мг/л. Капсаицин известен с 1876 года, а в 1989 году был выделен растительный яд ресинифератоксин (структура 2), который обладает аналогичным физиологическим действием, но в концентрациях, в 10 000 раз меньших! Как не без иронии замечают авторы книги «Мировые рекорды в химии», пока неясно, захочет ли кто-нибудь использовать замечательные свойства этого соединения в качестве острой приправы.



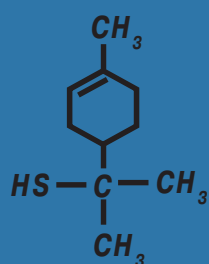
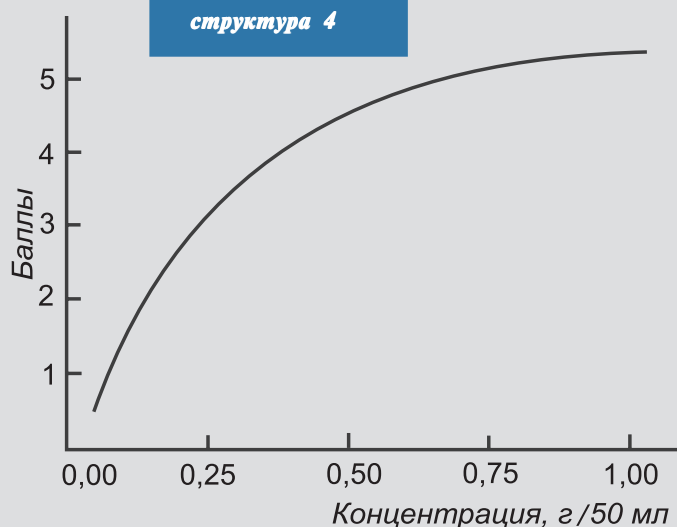
САМОЕ, САМОЕ В ХИМИИ



структура 2



структура 4



структура 3

Чувствительность языка к соленому, кислому и сладкому обычно довольно низка, в чем нетрудно убедиться экспериментально. Так, даже опытный дегустатор может почувствовать присутствие сахарозы в воде лишь при ее концентрации около 3,5 г/л. Фруктоза — самый сладкий из природных сахаров — слаще сахарозы всего в 1,7 раза. Однако бывают и исключительно сладкие соединения. Их поиск стимулировала необходимость замены при-

родного сахара малокалорийными соединениями, а также сладкими веществами, безвредными для диабетиков. Одним из первых был сахарин (имид орто-сульфобензойной кислоты, структура 3), случайно открытый в 1878 году. Он слаще сахара примерно в 500 раз.

В 1969 году американские химики Р.Мазур и Дж.Шлаттер обнаружили, и тоже случайно, что у метилового эфира L-альфа-аспартил-L-фенилаланина

$\text{CH}_3\text{OOC}-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{NH}-\text{CO}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{CH}_2-\text{COOH}$ очень сладкий вкус. Вещество получило известность под торговым названием «аспартам». Аспартам не только слаще сахара (в 180 раз), но и усиливает его сладкий вкус, особенно в присутствии лимонной кислоты.

В 1997 году американский преподаватель химии Пол Стейн поставил интересный эксперимент. Он приготовил шесть сильно разбавленных растворов, содержащих от 1,14 до 36,7 мг аспартама в 50 мл воды. Затем несколько десятков студентов пробовали на вкус каждый из растворов и по своим ощущениям сладости оценивали его в баллах — от 0 до 5. Перед каждым испытанием надо было прополоскать рот чистой водой, чтобы смыть с языка остатки предыдущего раствора. Результаты (они приведены на рисунке) получились такими. Субъективная оценка сладости увеличивалась с концентрацией раствора сначала быстро, а затем все медленнее. Объяснить это можно так. По мере роста концентрации аспартама его молекулы связываются со все большим числом вкусовых рецепторов языка, которые отвечают за распознавание слад-

кого вкуса. Соответственно усиливается ощущение сладости. Но когда аспартама становится достаточно много, почти все вкусовые рецепторы оказываются заняты, так что дальнейшее увеличение концентрации уже мало отражается на сладости раствора. Из рисунка видно также, что едва заметный сладкий вкус чувствуется даже у растворов с концентрацией аспартама примерно 0,003%. Таким образом, кстати, и определяют, во сколько раз данное соединение слаще сахара.

Трудно описать, каков вкус у грейпфрута. Но именно из этих плодов, переработав 100 л сока, швейцарские химики Э.Демолле, П.Энгист и Г.Олофф выделили в 1982 году рекордсмена вкуса. Как ни удивительно, но он оказался меркаптаном, его химическое название — 1-пара-ментен-8-тиол (структура 4). Вкус этого соединения можно почувствовать при концентрации всего 0,02 нг/л. Для получения такой концентрации в огромном танкере со 100 000 т воды растворить всего 2 мг вещества!

И.Леенсон,
по материалам книги
«Мировые рекорды в химии»

Задачи Соросовских олимпиад по биологии

Задача 1

а) Какие органы используются для дыхания во взрослом состоянии животными, перечисленными ниже? (Промежуточные воздухоносные пути указывать не нужно).

1) Аскарида, 2) асцидия, 3) белуха, 4) голотурия, 5) европейский угорь, 6) кобылка, 7) латимерия, 8) мокрица, 9) наutilus, 10) паук-серебрянка, 11) пескожил, 12) пресноводная гидра, 13) протоптер, 14) саламандра, 15) скорпион, 16) слизень, 17) циклоп, 18) широкий лентец.

б) Для каких животных из перечня нельзя в ответе ограничиться одним названием? С чем это связано?

Решение

а) Большинство из перечисленных животных имеют специализированные органы дыхания.

Жабры есть у асцидии (обычно говорят о наличии у нее жаберного мешка), европейского угря, кистеперой рыбы латимерии, членистоногого мокрицы, головоногого моллюска наutilus, многощетинкового кольчатого червя пескожила и двоякодышащей рыбы протоптера.

Легкие используют для дыхания: представитель китообразных белуха, иглокожее голотурия (так называемые водные легкие), паук-серебрянка, протоптер, амфибия саламандра, скорпион и моллюск слизень.

Трахейные системы имеются у насекомого кобылки, мокрицы (псевдотрахеи) и паука-серебрянки.

Поверхностью тела дышат: пресноводная гидра, саламандра (кожное дыхание) и ракообразное циклоп.

Паразиты — аскарида и широкий лентец — используют анаэробные окислительные процессы.

б) Неединственность ответов в пункте а) может быть связана с обитанием в двух средах. В этой ситуации у животного возникает необходимость дышать как атмосферным воздухом, так и кислородом, растворенным в воде (саламандра). Сюда же относится временный переход (протоптер).

Другая причина неединственности ответов — различия между организмами, объединенными одним названием. Так, среди саламандр выделяют группу безлегочные саламандры, которые во взрослом состоянии используют только кожное дыхание.

У некоторых мокриц органами дыхания в воздушной среде служат видоиз-

мененные конечности — жабры, покрытые водной пленкой. Однако у ряда мокриц имеются более приспособленные к дыханию в воздушной среде псевдотрахеи — слепо замкнутые впячивания кровов.

Развитие легких в процессе эволюции паукообразных было связано с видоизменением брюшных жаберных конечностей, которыми обладали их водные предки. Позже возникли трахеи: органы, более приспособленные к воздушному дыханию.

Задача 2

а) Из приведенного ниже перечня выберите растения, которые выращивали:

- (I) в Древнем Египте,
- (II) в античной Греции,
- (III) в Европе в XIV веке,
- (IV) в Америке в XV веке,
- (V) в России в XVI веке.

1) Виноград, 2) капуста, 3) картофель, 4) кукуруза, 5) лен, 6) огурец, 7) подсолнечник, 8) помидор, 9) пшеница, 10) рис, 11) сахарная свекла, 12) соя, 13) фасоль, 14) хлопчатник, 15) ячмень.

б) С какими причинами может быть связано изменение ареала выращивания той или иной сельскохозяйственной культуры? Проиллюстрируйте каждую причину не более чем двумя примерами, указав растения и время изменения ареала его культивирования.

Решение

а) В Древнем Египте выращивали виноград, лен, пшеницу и ячмень.

В античной Греции выращивали виноград, капусту, лен, пшеницу и ячмень.

В Европе в XIV веке выращивали виноград, капусту, лен, огурцы, пшеницу, рис, хлопчатник и ячмень.

В Америке в XV веке выращивали картофель, кукурузу, подсолнечник, помидоры, фасоль и хлопчатник.

В России в XVI веке выращивали виноград (на юге), капусту, лен, огурцы, пшеницу и ячмень.

Заметим, что сахарная свекла в принципе исключена из рассмотрения, так как она выведена не ранее XVIII в. Что касается капусты, то, по имеющимся данным, это растение начали культивировать на европейском побережье Атлантики. Оттуда капуста распространилась по всей Европе и попала, в частности, в античную Грецию. Однако древние египтяне ее не выра-

Предлагаем вашему вниманию несколько задач по биологии четвертой олимпиады. Они взяты из разных туров, поэтому сложность их различна

Художник Е. Станикова





ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ

Рис в Испании начали выращивать уже в VII в. после завоевания арабами. К этому же веку относится и появление риса как культивируемого растения в Египте, но история Древнего Египта к тому моменту уже завершилась.

Что касается сои, то она с давних лет выращивалась в Китае. Сейчас ареал ее культивирования расширился на Юго-Восточную Азию, Африку, США, Австралию, Балканы и другие территории, но эта «экспансия» произошла намного позже временного интервала, который мы рассматриваем в задаче. К XVI в. Дальний Восток не был еще присоединен к Российскому государству и практически не был «освоен» соей.

Привычная нам фасоль — выходец из Америки. Правда, имеются и менее известные виды фасоли, которые издавна выращивали в Евразии, например адзуки — фасоль угловая.

б) Основная причина изменения территории, на которой культивируется та или иная культура, — расширение связей человечества, в результате чего данный район вступает в контакты с другими, ранее изолированными от него районами. Наиболее яркий пример — открытие Нового Света, повлекшее за собой распространение по всему миру американских сельскохозяйственных культур и вселение в Америку европейских и азиатских культур. Другой пример — появление в Европе ряда растений, исходно выращиваемых в арабском (мусульманском) мире. Так, благодаря арабам на Балканах и в Венеции в X–XI вв. появился хлопчатник.

Еще одна причина изменения ареала — воля отдельных личностей. Классические примеры: начало возделывания в России картофеля, подсолнечника, помидоров по указам Петра I и Екатерины II. Можно вспомнить также экспан-

сию кукурузы при Хрущеве и совсем недавнее вырубание виноградников в ходе антиалкогольной кампании.

Третья причина — вытеснение одних видов (или сортов) сельскохозяйственных растений другими, которые оказались лучше и рентабельнее. Примеры: замещение американским хлопчатником индийского — более древнего, но худшего качества; значительное сокращение плантаций сахарного тростника после распространения сахарной свеклы. Ареал может измениться из-за изменения климата и агротехнических мероприятий (осушение болот и пр.). На ареал выращивания может влиять также распространение новых болезней и паразитов.

Наконец, крайне важный фактор — изменение структуры потребления. Сюда относятся как появление ранее неизвестных товаров (пример — разработка технологии производства каучука

и резины и возросший интерес к растениям-каучуконосам), так и локальные последствия рекламы тех или иных продуктов.

Задача 3

а) Г-н Архивариусов обнаружил письмо Меншикова Петру I трехсотлетней давности, чудом ускользнувшее от внимания историков. «Мин херц! — пишет Алексашка. — А как было мне поручено закупить для Кунсткамеры тварей разных, в нашем отечестве не встречающихся, то прошу возместить расходы на мои приобретения, сделанные в тутошних музеях...»

Далее Меншиков путано и многословно описывает покупки. Вооружившись справочниками, г-н Архивариусов попытался установить современные названия этих организмов и получил следующий перечень:

1) бизон, 2) болгарская палочка, 3) вампир, 4) выхухоль, 5) гепард, 6) дельфин, 7) дрофа, 8) кенгуру, 9) колибри, 10) ланцетник, 11) лемур, 12) мангуст, 13) морская корова, 14) омуль, 15) тигр, 16) утконос, 17) холерный вибрион, 18) целакант.

а) Какие из расшифровок г-н Архивариусов сделал явно неправильно, поскольку эти организмы не могли быть куплены Меншиковым (не были еще описаны европейскими учеными)?

Какие из покупок могли быть осуществлены, но не заслуживают компенсации из казны, поскольку не удовлетворяют условию, поставленному Петром I?

б) Аргументируйте ответы, данные вами в п.а).

Решение

а) Во времена Петра I не были описаны болгарская палочка, кенгуру, ланцетник, морская корова, утконос, холерный вибрион и целакант.

Кенгуру и утконос — обитатели Австралии. Хотя мореплаватели на протяжении XVII в. неоднократно описывали австралийское побережье, а в последние два десятилетия высаживались на него, фауна этого материка еще не была изучена. Первым из кенгуру был открыт полосатый валлаби-заяц. Произошло это в 1699 году — чуть-чуть позже рассматриваемых в задаче событий. Ланцетник, несмотря на его довольно широкое распространение, был описан Палласом лишь в 1774 году! Морскую корову, обитающую только на Командорах, открыли в 1741 году (а к 1768 году уже полностью истребили). Целакант (он же — латимерия) был открыт лишь в XX в.

Остается рассмотреть микроорганизмы — холерный вибрион и болгарскую палочку (встречающуюся, разумеется,

не только в Болгарии). Хотя качество оптических приборов в XVII в. было еще довольно низким, исследователи уже могли видеть их и описывать их форму. Однако мало просто увидеть; необходимо отождествить «зверушку», например, с той или иной болезнью. Занятие это весьма непростое. Ученые научились это делать после работ Р.Коха — только в XIX в.

Рассмотрим теперь перечень оставшихся организмов — тех, которые действительно могли быть приобретены Меншиковым в европейских музеях. Из них в пределах России того времени встречались: выхухоль, дельфин, дрофа, омуль и тигр. Правда, относительно выхухоли Алексашка может еще попрекаться с царем, доказывая, что им была куплена пиренейская выхухоль, выделяемая в особый вид. Хотя тигр на Дальнем Востоке довольно редок, а освоение этих земель в XVII в. только начиналось, все же можно считать, что этот колоритный зверь был уже известен не только как «заморская тварь». Нетривиальна ситуация с гепардом. Ареал этого животного в Азии постоянно сужается, отступая на юг. Так, последние сведения о гепардах на территории СССР относятся к 1973 году. Каким был ареал гепарда 300 лет назад? Разумеется, более широким. Однако вряд ли настолько, чтобы можно было включить гепарда в отечественную фауну. Гепарды, известные из летописей Киевской Руси, — это прирученные охотничьи животные, обитавшие за пределами их естественного ареала. Вампиры с точки зрения систематики чисто американская группа летучих мышей.

Задача 4

Поскольку медики зачастую не имеют возможности получать в достаточных количествах донорскую кровь и плазму, крайне актуально производство заменителей, пригодных для использования при кровопотерях. Каким требованиям должны удовлетворять эти заменители? Экономические, эстетические и прочие требования, не связанные с теми эффектами в члвеческом организме, которые вызывают рассматриваемые заменители, не учитывать.

Решение

Кровезамещающие жидкости (кровезаменители) — средства, применяемые с лечебной целью для выполнения одной или нескольких физиологических функций крови. Все кровезаменители должны отвечать следующим требованиям:

- быть безвредными для организма,
- не обладать токсичностью и пирогенностью,

— полностью выводиться или усваиваться организмом,

— сохранять при хранении стерильность и стабильность,

— при повторных введениях не вызывать иммунного ответа.

Кроме этих очевидных требований, определяемых соображениями безопасности, имеются и требования, которые вытекают из функционального использования кровезаменителей. Бывают различные ситуации, когда необходимы кровезаменители.

1. Для предотвращения шокового состояния в результате кровопотери или травмы применяют гемодинамические кровезаменители. Их главная задача — длительное время задерживаться в кровяном русле и поддерживать кровяное давление. Поэтому необходимо, чтобы они обладали сравнительно высокой молекулярной массой (30–70 кДа). Такие кровезаменители производят преимущественно на основе декстрана и желатины.

2. При интоксикации организма (некоторых желудочно-кишечных заболеваниях, сепсисе, болезнях печени и др.) используют дезинтоксикационные кровезаменители. Они должны связывать токсичные вещества и выводить их сначала из крови, а потом — из организма. Такие кровезаменители должны обладать низкой молекулярной массой (6–15 кДа), чтобы легче выводиться. Их производят на основе синтетического полимера поливинилпирролидона (ПВП). ПВП не расщепляется ферментными системами, способен связывать токсины и выводиться с ними через почки или кишечник.

3. При нарушении азотистого баланса, при белковой недостаточности, при невозможности обычного приема пищи, в послеоперационный период, при травмах и в некоторых других ситуациях используют кровезаменители для парентерального питания. Они должны усваиваться и участвовать в белковом, углеводном и липоидном обменах. В качестве таких препаратов применяют смеси аминокислот с глюкозой и жирными кислотами, сбалансированные в оптимальных соотношениях для синтеза белка в организме.

4. При травматическом и ожоговом шоке применяют кровезаменители — регуляторы водно-солевого и кислотно-щелочного равновесия. Основные требования к ним — необходимое соотношение солей. Разумеется, независимо от клинических показаний крайне важна пригодность кровезаменителей для осуществления основных функций крови. В используемых растворах должен хорошо растворяться кислород, они не должны отличаться от крови по pH и осмотическому давлению.

Задача 5

Проф. Выбегалло в статье «Чума XX века до и после переворота в науке. осуществленного под моим чутким руководством» сравнивает статистические данные о смертности жителей Земли от разных причин в 1897 году и в 1997 году. Оказалось, что для ряда заболеваний процент умерших от них людей в 1997 году увеличился. «Всем известно, — пишет проф. Выбегалло, — что XX век характеризовался интенсивными химическими и радиоактивными загрязнениями. Под их действием организмы людей стали ослабленными, способность преодолевать развивающуюся болезнь понизилась. Это и вызвало возросшую смертность от данных болезней».

Предложите иные объяснения фактов, выявленных статистикой. Как вы думаете, для каких болезней (или групп болезней) справедливо каждое из ваших объяснений?

Решение

Можно привести следующие соображения, которые не были приняты во внимание проф. Выбегалло.

1. Более поздние статистические данные могли быть более точными — полученными на более репрезентативной выборке.

2. Если все-таки в обеих выборках адекватно представлено все население Земли, то нужно учитывать, что количество людей разных рас и народов за прошедшие сто лет увеличилось в разной степени. А в разных популяциях устойчивость к возбудителям разных заболеваний крайне неодинакова.

3. В XX веке существенно увеличилась доля городского населения. Поэтому логично ожидать возрастания вклада в картину смертности тех болезней, развитию которых способствуют стрессы и другие урбанистические факторы. Причем в XX веке возросли и размеры крупных городов.

4. С ростом средней продолжительности жизни увеличился вклад в общую картину смертности заболеваний, связанных со старшими возрастными (рассеянный склероз, астма, многие нарушения работы сердечно-сосудистой системы и другое).

5. Существенно могли отличаться в 1897 году и в 1997 году подходы к диагностике. В современных описаниях причин смертности ранее невнятные группы («умер от малокровия») разделены на ряд конкретных подгрупп.

6. На регистрируемую картину влияют успехи здравоохранения. Появление новых средств предупрежде-

ния и лечения болезней вызывает снижение смертности от ранее опасных заболеваний.

7. С другой стороны, за это время могли появиться новые вирулентные штаммы бактерий и вирусов, а устойчивость каких-то из старых штаммов — возрасти.

8. Широкое распространение новых медикаментов сопровождается проблемами, связанными с их побочным действием. Так, анальгин плохо влияет на сердечно-сосудистую систему и на желудок, многие антибиотики в больших дозах токсичны.

9. Возможна случайная флуктуация — в 1997 году была эпидемия какой-то болезни, а в 1897 году ее не было.

10. Изменение структуры профессиональной занятости людей, разумеется, скажется на частоте заболеваний, связанных с трудовой деятельностью (например, силикозы у шахтеров).

11. Упомянем также социальные и политические причины, приводящие к сознательной фальсификации статистических данных.

12. Можно достаточно уверенно утверждать, что к 1997 году увеличилась смертность от наркомании. И связано это отнюдь не с падением устойчивости организма (как нас уверяет проф. Выбегалло), а с широким распространением наркомании в определенных социумах.

Задача 6

Вы изучаете раздражимость амебы протей (Amoeba proteus), используя следующую схему эксперимента. В чашку с тонким слоем воды помещается амеба, на фиксированном расстоянии от нее пипеткой вносится капля взвеси бактерий определенного вида (во всех опытах объем капли и содержание в ней бактерий одинаковы) и измеряется скорость, с которой амеба приближается к добыче. Ваши опыты дают значительный разброс результатов: одни амебы движутся к бактериям быстрее, другие — медленнее. С какими причинами, по вашему мнению, это может быть связано? Как проверить выдвинутые вами предположения?

Решение

Могут быть высказаны следующие основные версии.

1. Разброс чисто случаен и обусловлен флуктуациями диффузии или неравномерным распределением бактерий во вносимой капле. (Может быть, неодинакова высота, с которой падает капля в разных опытах?) Версия проверяется изменением условий перемешивания. Ее опровержением послужит также повторяемость высо-



ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ

кой и низкой скорости перемещения при опытах с одними и теми же особями амеб.

2. Причина разброса — нестабильность условий выращивания бактерий, вследствие чего разные капли содержат разное количество веществ, привлекающих амебу. Версия проверяется тщательным перемешиванием бактериальной суспензии и использованием одного и того же препарата в разных опытах.

3. Быстрее к капле движутся более голодные амебы. Проверяется изучением корреляции между скоростью передвижения и временем, проведенным амебой без пищи.

4. Быстрее движутся к добыче амебы, имеющие для этого больше энергетических веществ. При достаточном везении версию можно проверить химическими анализами (проверять содержание гликогена). Приемлемое косвенное доказательство — наличие на каком-то участке графика «скорость движения — время голодания» корреляции, которая обратна описанию в пункте 3.

5. Скорость определяется количеством и эффективностью поверхностных рецепторов, которые связывают выделяемые бактериями вещества. В пользу этой версии будут говорить данные о передаче высокой и низкой скорости движения по наследству потомкам (хотя не исключены и другие объяснения — см. ниже). Можно попытаться также заблокировать эти рецепторы.

6. Скорость движения определяется развитостью внутриклеточных микроскопических образований, обеспечивающих формирование и устойчивость псевдоподий. О передаче этого признака по наследству (во всяком случае, тем клеткам-потомкам, которые получают сразу после деления) уже говорилось выше. Чтобы различить две последние гипотезы, имеет смысл также изучить скорость миграции данных амеб в ответ на иные сигналы и воздействия. Одинаковая «резвость» амебы в ответ на самые разные стимулы вряд ли будет связана с индивидуальными особенностями ее рецепторов.

Открытия и судьбы

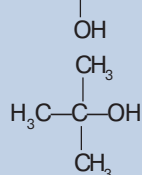
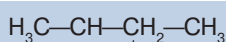
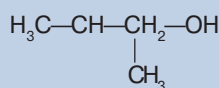
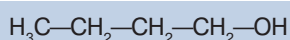
М.Левицкий



Участь новых гипотез

Судьбы многих смелых гипотез весьма схожи. На первом этапе научное сообщество объявляет гипотезу вздорной, потому, что она непривычна, или автор чересчур молод, или «такого вообще не может быть». Затем все признают, что она верна, но в ней нет ничего нового, это было известно задолго до работ автора. Иногда говорят, что все и так очевидно. Лишь спустя долгое время современники, а чаще — уже потомки, отдадут должное заслугам ученого.

В основе теории строения органических соединений, созданной Александром Михайловичем Бутлеровым в 1861 году, лежит простая, с точки зрения современного читателя, мысль: свойства соединения определяются не только его составом — набором химических элементов, но и тем, в каком порядке они связаны друг с другом. Бутанол, содержащий четыре атома углерода и одну гидроксильную группу, можно изобразить четырьмя структурными формулами:



Продолжение. Начало в № 10, 2001.

То есть, согласно теории, должны существовать четыре бутанола с разными свойствами. К моменту создания теории химики знали лишь один изомер: изобутанол, получаемый из растительного масла. После того как все изомеры бутанола были синтезированы и определены их свойства, теория получила убедительное подтверждение.

Тем не менее несколько лет Бутлерову приходилось отбивать нападки критиков. Долгие годы теорию не признавали Адольф Кольбе и Марселен Бертло, резко против нее выступили Николай Александрович Меншуткин и даже Дмитрий Иванович Менделеев, по предложению которого Бутлеров в свое время был избран профессором химии.

После того как новая теория была повсеместно принята, многие химики стали утверждать, что она очевидна. Более того, приоритет Бутлерова ставили под сомнение: в учебниках появилось утверждение, что теорию наряду с Бутлеровым создали Скотт Купер (ввел в практику символ валентной черты) и Август Кекуле (установил строение бензола).

Серьезные испытания выпали на долю крупнейшего немецкого химика Юстуса Либиха. Анализируя золу сожженных растений, он установил, что в ее состав входят калий, фосфор, кальций и другие элементы. Рассуждения Либиха были просты и логичны: единственный источник этих элементов для растения — почва. После многократных урожаев она постепенно обедняется. Следовательно, для увеличения плодородия почвы нужно добавлять унесен-

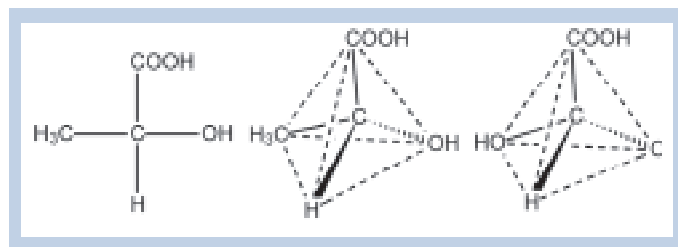


ПОРТРЕТЫ

Большинству казалось невероятным, что ионы возникают в растворе не под действием электрического тока, а в момент растворения. К этому надо добавить, что многие современники Аррениуса не понимали разницы между ионом и атомом и, услышав, что в водном растворе калиевой соли существует ион калия, сразу резко возражали: если бы такое происходило, то возникший калий бурно реагировал бы с водой. В результате защита диссертации Аррениусом прошла на грани провала. Однако постепенно его идеи завоевывали все большее признание, и в конце концов начали поговаривать, что еще до работ Аррениуса образование ионов в растворе вне зависимости от электрического тока допускали Рудольф Клаузиус, Франсуа Рауль, Герман Гельмгольц и другие ученые.

В период самых резких нападок дружескую поддержку Аррениусу оказал приехавший в Швецию Вильгельм Оствальд. Идеи Аррениуса исключительно точно согласовывались с его опытами по исследованию каталитического действия разбавленных кислот на гидролиз органических соединений (ацетамида и этилацетата). Двое ученых объединились, создав союз «ионистов» — сторонников существования ионов. Вскоре к ним присоединился третий «гонимый» — Якоб Вант-Гофф, который, исследуя явления осмоса, вплотную подошел к представлениям о диссоциации растворенного вещества на ионы.

Исключительно жесткую критику вызвали работы Вант-Гоффа, введшие в химию пространственные представления. Все началось с того, что его заинтересовала оптическая активность некоторых органических соединений — способность вращать плоскость поляризованного света, прошедшего через раствор такого соединения, вправо или влево. Структурные формулы не могли дать ответ, почему так происходит. После долгих размышлений Вант-Гофф решил изобразить молекулу молочной кислоты, обладавшей оптической активностью, не в плоскости, как это было принято, а в пространстве, расположив центральный атом углерода в центре воображаемого тетраэдра.



При таком изображении сразу стало понятно, что есть два изомера, которые зеркально отражают друг друга, но не совпадают.

Идея была неожиданно простой и результативной, оптическую активность удалось связать напрямую со строени-

ные элементы. Основные взгляды Либих изложил в книге «Органическая химия в приложении к земледелию и физиологии» (1840 год).

Выводы, которые нам кажутся совершенно очевидными, вызвали резкий протест и возмущение ученых. Книгу называли бесстыдной и бессмысленной. Ситуация осложнялась тем, что ожидаемой эффективности калийно-фосфатные удобрения, предложенные Либихом, во многих случаях не показали. Дело в том, что эти удобрения не содержали еще одного очень важного элемента — азота. Вначале Либих полагал, что азот растения усваивают из воздуха так же, как кислород и углерод. Лишь впоследствии он сумел обнаружить и исправить ошибку. Кстати, Либих был не так уж и не прав: многие растения (например, клевер и другие бобовые) могут усваивать атмосферный азот с помощью микроорганизмов, развивающихся на их корнях. Тем не менее история химии ко всем многочисленным заслугам Либиха причисляет также создание им новой науки — агрохимии.

Необычайная смелость потребовалась шведскому химику Сванте Аррениусу, чтобы выдвинуть гипотезу об электролитической диссоциации. Исследуя электропроводность растворов кислот, он, вопреки ожиданиям, обнаружил, что она увеличивается с разбавлением раствора. Аррениус решил, что в растворе часть молекул находится в неактивной (говоря современным языком, недиссоциированной) форме, а часть — в виде ионов, обеспечивающих проводимость. Идея была на редкость непривычной.

ем вещества. Однако взгляды Вант-Гоффа далеко выходили за рамки оптической активности, по существу, это был призыв к химикам рассматривать любую молекулу как объемное тело, имеющее определенную пространственную конфигурацию.

После того как Вант-Гофф выпустил в свет работу «Химия в пространстве» (1874 год), на него обрушился Кольбе, опубликовавший в авторитетном научном журнале статью, где назвал Вант-Гоффа фантазером, взобравшимся на Пегаса, взамен того, чтобы заниматься точными исследованиями. Резко критиковали новую теорию Бертло и многие другие крупные химики. Постепенно взгляды Вант-Гоффа завоевывали все больше сторонников, а затем некоторые стали отмечать, что в них нет особой новизны, поскольку похожие воззрения высказывали несколько раньше Луи Пастер, Август Кекуле и Жозеф Ле Бель.

В самый разгар яростной критики (1887 год) Вант-Гофф, Оствальд и Аррениус (все — будущие лауреаты Нобелевской премии) объединились для защиты своих взглядов и совместной борьбы за утверждение новой науки. Триада этих крупнейших ученых основала «Журнал физической химии», ставший символом целой эпохи в химии.

Трудную судьбу новых гипотез отлично знал также Макс Планк, горестно заметивший: «Новые идеи не одержат верх, пока не вымрут носители старых идей».

Не всем дано предугадать...

В тех случаях, когда сделанное открытие намного опережает существующий уровень знаний, почти никто не может предсказать его судьбу, в том числе и автор открытия.

Майкл Фарадей, открывший явление электромагнитной индукции, на вопрос своего учителя Гемфри Дэви, где удастся его применить, ответил, что, вероятно, можно будет делать какие-нибудь игрушки. Этими «игрушками» оказалась современная электроэнергетика.

Квантовая гипотеза Макса Планка легла в основу квантовой физики и химии. В то же время автор считал свою теорию лишь чисто математическим упражнением, лишенным какого-либо физического смысла.

Эрнст Резерфорд, впервые в 1919 году искусственно расщепивший атом с помощью α -частиц, считал чистым вздором надежды на то, что таким способом можно будет получать энергию. Свою уверенность Резерфорд передал ученику Отто Гану, который в 1934 году буквально высмеял известного химика Иду Ноддак, обратившуюся к нему с идеей расщеплять атомы с помощью нейтронов. Ган посоветовал Ноддак не выступать публично с такими мыслями, чтобы не потерять репутацию хорошего ученого. Но через пять лет он сам обнаружил одно из самых важных явлений XX столетия — деление ядер урана под действием нейтронов, заложившее основу ядерной энергетики.

Есть и другие примеры, когда исследователь, накапливая чисто научные факты, не в состоянии предвидеть их последующее использование. Фредерик Киппинг, изучавший в течение десятилетий химию кремнийорганических соединений, в итоге пришел к выводу, что бесполезно надеяться на их практическое применение. Однако именно его исследования заложили основы химии кремнийорганических соединений — силиконов. Современные промышленность и быт немыслимы без силиконовых каучуков, пластических масс или теплоносителей. Многие из читателей, вероятно, использовали силиконовый герметик для утепления окон.

Эдвард Франкланд получил первые металлоорганические соединения (содержащие связь металл-углерод) в 1849 году. Производство металлоорганических соединений в промышленном масштабе началось спустя почти сто лет.

Подобные исследования всегда сопровождается ироническое отношение современников, поскольку очевидное ожидание пользы не предвидится. Альберт Эйнштейн, понимавший, что путь от его теорий к реальным применениям весьма далек, как-то заметил: «Теперь я знаю, почему столько людей на свете охотно колют дрова. По крайней мере, сразу видишь результаты своей работы».

Сюда же можно добавить и сотрудников Сергея Павловича Королева, которых в тридцатые годы называли «группа инженеров, работающих даром» (ГИРД — группа изучения реактивного движения).

Сломанные судьбы

Истинные ученые, увлеченные научным поиском, может быть, более чем кто-либо оказываются незащищенными перед идеологическим натиском государственной машины. Поведение ученых разных стран, оказавшихся в жестких тисках режимов, удивительным образом совпадает. Буквально из последних сил они продолжали научную деятельность, невольно утверждая известную истину, что запретов для научной мысли не существует.

Два талантливых немецких химика Рихард Вильштеттер и Фриц Габер (см. «Химию и жизнь», № 10, 2000), подружившиеся в студенческие годы, не прерывали дружбы в течение многих лет. Вильштеттер был удостоен в 1915 году Нобелевской премии за исследования природных красящих веществ, в том числе хлорофилла. Позже он провел основополагающие исследования в химии ферментов. С приходом к власти в Германии нацистов еврея Вильштеттера отстранили от преподавания в университете и от научной деятельности. Некоторое время ему удавалось руководить работой сотрудников по телефону, но в 1938 году, спасаясь от преследований, он бежал в Швейцарию. Оттуда Вильштеттер еще некоторое время продолжал следить за прерванными работами, переписываясь с бывшими сотрудниками.

Габер несколько позже своего друга сумел заявить о себе. Он получил Нобелевскую премию в 1918 году за разработку промышленного синтеза аммиака. Горячо преданный Германии, он в начале Первой мировой войны возглавил военно-химический департамент. Именно Габер, желая обеспечить победу своей стране, был инициатором применения первых боевых отравляющих веществ. Он же вместе с Вильштеттером разрабатывал конструкцию противогаса. После проигранной войны ученый всеми силами старался помочь родной стране, оказавшейся в тяжелом положении из-за необходимости платить контрибуцию: он искал способы добычи золота из морской воды. Увы, поиски не дали результата. Позже он отдал много сил возрождению немецкой промышленности. Пришедшие в 1933 году к власти нацисты не оценили заслуг Габера (выходца из еврейской семьи): он был вынужден подать в отставку и выехать в Англию, а позже в Швейцарию.

Станным образом в судьбах друзей дважды проявляется сходство. Нобелевские премии они получили одновременно в 1920 году, так как процедура вручения была отложена из-за Первой мировой войны, и оба закончили свои дни в Швейцарии, вдали от родины.



Никакие научные заслуги не могут спасти ученого от преследований, если возникает подозрение, что он не согласен с идеологией правящего режима. Итальянский химик Микеле Джуа, автор более чем ста работ по органической и полимерной химии, написавший 13 учебников и монографий, в 1932 году отказался вступить в итальянскую фашистскую партию. В результате ему запретили преподавать, а в 1935 году арестовали и приговорили к 15 годам заключения за антифашистскую деятельность.

Участь российских ученых не менее драматична. Крупнейший отечественный химик Григорий Алексеевич Разуваев, ученик Николая Дмитриевича Зелинского и Алексея Евграфовича Фаворского, еще в юности увлекся химией свободных радикалов. В 1929 году тридцатичетырехлетнего Разуваева, к этому времени уже известного исследователя, приглашает к себе на стажировку в Германию нобелевский лауреат Генрих Виланд. Результат работы: опубликованные в немецком журнале «*Berichte*» первоклассные статьи о свободнорадикальных реакциях. Через год Разуваев вернулся в СССР и начал работать с новыми необычайно интересными объектами — хиноновыми комплексами непереходных металлов. В 1934 году, в самый разгар исследований, его арестовали и осудили за контрреволюционную деятельность, помощь западной буржуазии и вредительство. Согласно существовавшим в то время установкам, человека, который проработал год за границей, вполне могли завербовать иностранные спецслужбы, и он по прибытии на родину автоматически попадал под подозрение. Для ареста достаточно было малейшего повода. В данном случае поводом послужил донос бывшего аспиранта: Разуваев дал ему не очень лестную характеристику как научному работнику, из-за чего тот не смог занять место заместителя заведующего лабораторией.

Разуваева сослали в Воркутинские лагеря. Там он вначале работал в шахте, а затем в лаборатории, где проводили анализы угля. После перевода в Ухтинский лагерь ученый работал над обогащением радиевых руд и вместе с Тороповым написал монографию для внутреннего пользования «Методы получения радия кристаллизацией». В 1942 году Разуваева расконвоировали, то есть разрешили жить вне лагеря, но не выезжать за пределы края. А освободили ученого только в 1945 году, но без права жить в столице и крупных городах.

Благодаря тому что у некоторых знакомых случайно сохранились оттки прежних публикаций, в 1945 году ему удалось организовать защиту кандидатской диссертации. Этому очень помогла энергичная поддержка академика Александра Николаевича Несмеянова, который не побоялся оказать помощь бывшему «врагу народа», лишенному гражданских прав. Через год Разуваев защитил док-

торскую диссертацию и приступил к работе в Нижегородском университете. Судимость сняли только в 1955 году.

Г.А.Разуваев, переживший долгие трагические годы, не сломился и не утратил высокого стремления служить науке. Он сумел организовать в Нижнем Новгороде исследования металлорганических соединений и создал мощное направление, оформившееся со временем в новый институт. Его работы отмечены многими высокими наградами и получили широкое международное признание.

Столь же драматично сложилась судьба другого крупного российского химика Г.Л.Стадникова, ученика Н. Д. Зелинского, талантливого исследователя, получившего в 29 лет премию им. А.М.Бутлерова. В 1920 году его арестовали с условным приговором — расстрел. Директору московского Физико-химического института А.Н.Баху удалось договориться об отсрочке приговора с тем, чтобы предоставить Стадникову возможность работать — естественно, под строжайшим надзором.

В это время ученый разработал уникальный способ переработки торфа, фактически решивший проблему снабжения топливом Москвы и области. Его книги по химии угля и торфа становятся учебниками для вузовских студентов. Часть их перевели на немецкий язык. В 1937 году Г.Л.Стадникова снова арестовали и этапировали в Воркутинские лагеря. Вначале он содержался на общих работах, затем его направили в углехимическую лабораторию. Здесь он решил задачу, которую не могли решить углехимики разных стран в течение 100 лет, — нашел причину самовозгорания углей. Стадников был освобожден только через два года после смерти Сталина — в 1955 году, за плечами остались 18 лет Воркутинских лагерей. После выхода на свободу он издал монографию, посвященную проблеме самовозгорания углей.

В 1934 г., спасаясь от нацистского режима, из Германии в СССР приехал на постоянное жительство крупный немецкий физик Ганс Гельман (см. «Химию и жизнь» № 5, 2000). Он фактически создал новое направление в мировой науке — квантовую химию. Вместе с ним начинали работать в той же области крупнейшие в будущем ученые Яков Кивович Сыркин и Александр Наумович Фрумкин. В 1935 году Гельман опубликовал первую в мировой литературе монографию по этой теме: «Квантовая химия». А спустя два года ученого арестовали и он погиб в лагерях. Большинству современных российских ученых, специалистов по квантовой химии, это имя не знакомо.

Окончание следует



Честь воина

Пышущий молодой силой могучий охотник Ксенон, гордый и высокий, стоял перед тронном царя Филандера, сделанным из бивней мастодонта. Прошлой луной кронксы совершили набег на племя плунов, и теперь их, кронксов, ждало возмездие.

— Присоединишься ли ты к идущим в набег воинам? — спросил Филандер и поверзал на троне (бивни мастодонтов делали трон скорее внушительным, чем удобным).

— Да, — ответил Ксенон. Его обтянутый шкурой мастодонта лук был длиной с рослого воина, а толщиной почти равнялся крепкому запястью владельца. Никто другой не мог согнуть этот лук, а уж тем более пустить из него стрелу.

— Прекрасно, — сказал царь, чья широкая грудь все еще бугрилась мышцами, и лишь слегка обвисшая кожа выдавала его сорокалетний возраст. — Ты проявил себя отличным охотником. Посмотрим, каким ты станешь воином.

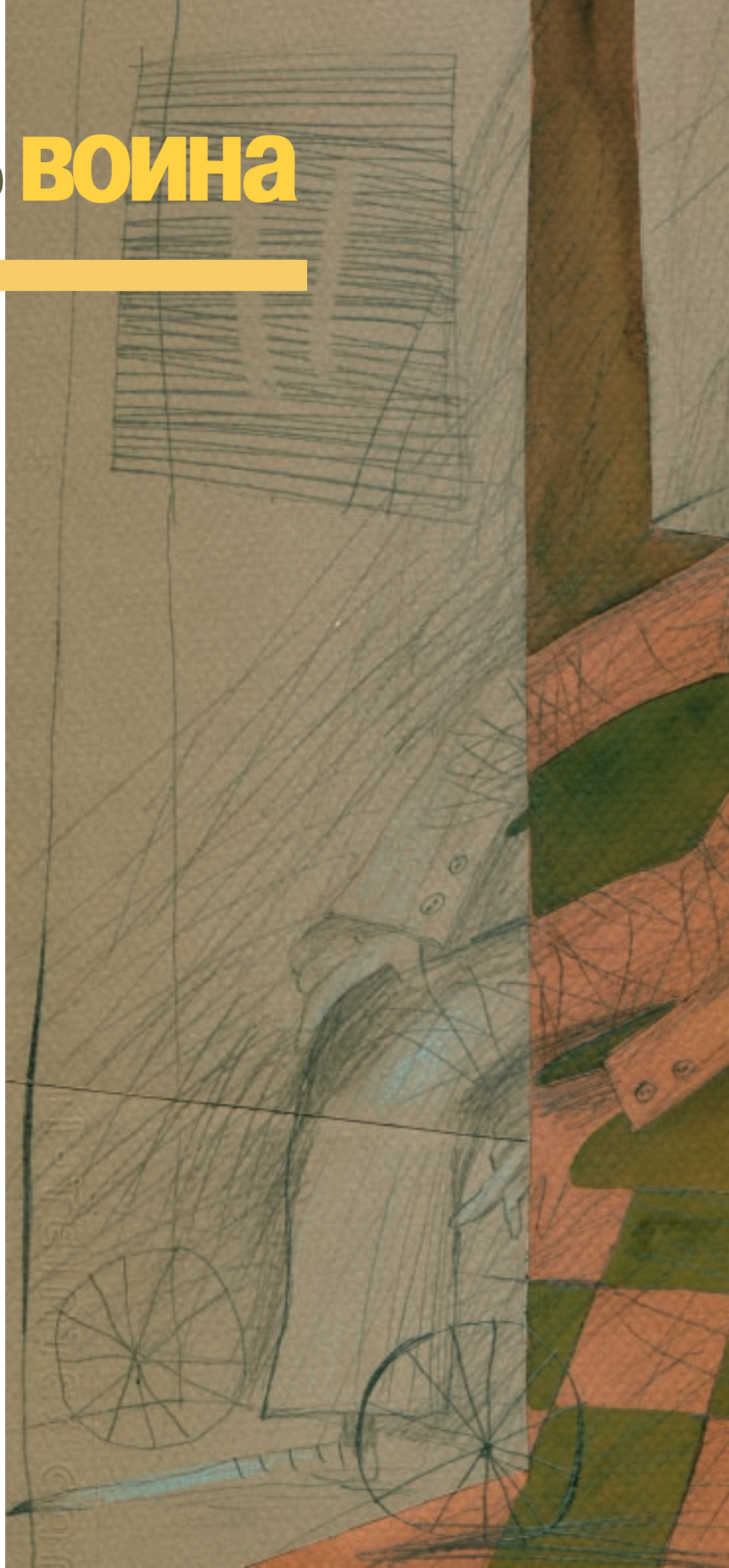
Ксенон почувствовал, что не все воины племени в нем уверены. Какой-то холодок сомнения. Но он знал, что сильнее любого из них. Почти все они ходили с ним на охоту, но именно Ксенон добыл огромного зверя — того самого, на чьих бивнях сейчас сидел Филандер. Поэтому ни у воинов, ни у царя нет повода сомневаться в мужестве Ксенона.

Отряд выступил к деревне кронксов. Ксенон ощущал на своих широких, бронзовых от загара плечах горячее доисторическое солнце, палящее с чистых небес. Поблескивали пурпурные и оранжевые скалы. Овражистые склоны холмов поросли колючим кустарником.

Жизнь плунов, кронксов и других племен в этом мире была суровой. Здесь ты или силен, или мертв — другие варианты практически исключались.

Царь Филандер шел рядом со своими воинами, большинство из которых, подобно Ксенону, было много моложе его — лишь двое седых, жилистых мужчин не уступали царю в возрасте. Отряд оказался

Оригинальная версия: Uncle River. Warrior's Honor. «Analog», 1997 (USA).





Художник Е. Силлина



ФАНТАСТИКА

велик: по холмам и низинам шагали тридцать воинов. Каркали вороны, кружили птеранодоны. Аромат разогретой солнцем сосновой хвои смешивался в ноздрях Ксенона с вонью скунсового медведя.

Через некоторое время отряд плунов поднялся на вершину хребта над деревней кронксов. Воины присели, прячась за бурыми валунами. Похоже, часовые кронксов их не заметили. Сверху было хорошо видно, как женщины кронксов перед своими хижинами обрабатывают шкуры и растирают волокнистые корни сендора, превращая их в сладкую питательную кашу. По деревне носились голые ребяташки. Полдюжины мужчин стояли на краю деревни, что-то обсуждая. Уж не упиваются ли они успехом своего набега? А может, готовятся к следующему? Что ж, плуны приготовили им сюрприз.

Ксенон бесшумно упер лук в землю. Теперь могучая рука охотника согнула его. На другой конец лука Ксенон надел петлю тетивы, а затем из длинного колчана, сделанного из шкуры выдры, вынул стрелу с ярко-оранжевыми перьями птицы флай, установил ее и натянул тетиву. Мышцы на груди напряглись — Ксенона переполняла жизненная сила. Прицеливаясь, он держал свое оружие совершенно неподвижно, зная, что никто из воинов-плунов не сможет удержать вот этот лук, когда он полностью натянут: у них от напряжения задрожат руки.

Ксенон тщательно прицелился и разжал пальцы. В яркосинем небе мелькнула стрела. Наконечник ударил воина-кронкса точно в сердце. Враг схватился за грудь. Стрела пронзила его насквозь. Она была длиной почти в рост воина, и потому задержала его падение, уперевшись в землю. Воин пошатнулся, медленно наклонился вбок и рухнул.

Ксенон поднял руки над головой — лук в левой руке, новая стрела в правой, — готовясь выстрелить опять. Рядом стояли его соплеменники. Ксенон не сомневался, что все они видели, как точно поразила врага его стрела. И тут — вместо чувства радости и возбуждения — он ощутил стыд.

Да, стыд, а затем его будто окатила волна — волна презрения к самому себе. Как мог он, будущий воин, поступить настолько трусливо: убить другого человека с расстояния? Ведь тот воин не знал, что Ксенон здесь, и не смог сразиться с ним, а он, Ксенон, не взглянул противнику в глаза!..

Получилось!
Джек Спрул вышел из игрового мира, преисполненный тем триумфом, который не довелось испытать его игровому суррогату.

Сложность игрового мира возрастала, разумеется, постепенно. Каменистые холмы, скалы, трон из бивней мастодонта, карканье стервятников — эти и другие образы и звуки первыми достигли убедительного уровня правдопо-

добия. А вот, скажем, ощущения в руках, натягивающих лук, или запах скунсового медведя, или знания о предметах игрового мира, не существующих в физической реальности игрока, появились позднее. Но теперь Джек добился нового уровня реальности игрового мира. Его Ксенон ощутил стыд, потому что культура этого игрового мира заставила бы его отреагировать именно так!

И все-таки психология игры пока еще оставалась грубоватой, упрощенной. Джек над ней поработает. Почему Ксенон не помнил, что так поступать нельзя? Почему Филандер не познакомил его с правилами военной морали? Джек не сомневался, что в общем контексте это логично. У него имелись ответы на эти «почему»: молодой мужчина опьянен своими физическими возможностями; в примитивном обществе людям и в голову не приходит навязывать кому-то стандарты поведения. Но игрой Джек займется потом. Главное — он добился прорыва: контекст передавал заложенные в него эмоции, которые даже смогли заставить игрока врасплох. Ксенон ощутил не ожидаемый триумф, а стыд из-за собственной трусости, потому что убил воина, не взглянув ему в глаза. А Джек, пребывая в игровом мире, почувствовал его эмоции — стыд, удивление, презрение к самому себе.

Механизм этой функции основывался на психологии правонарушений: люди, чье поведение общество считает преступным, склонны воспринимать эмоции окружающих как отвращение или любой другой вид неодобрения; а вот те, кто противопоставляет себя обществу в меньшей степени, воспринимают эти же эмоции как нейтральные или даже одобрительные. Что еще? Любой человек реагирует на невербальные подсказки. Поэтому дальнейшие исследования выявили и отношения между самооценкой и контекстом — надо не навязывать поведение, а подталкивать его в том или ином направлении.

Это, в свою очередь, привело его к исследованию архаичной концепции предзнаменований и символики. В критический момент облако заслоняет солнце. Внезапно начинают петь птицы... Индивидуальная чувствительность к обратной связи различна. И эмоционально-зависимая обратная связь, тонкая или навязчивая, может быть встроена в игру.

Ксенон не обязан сознавать, что, когда он выпустил стрелу, температура упала на несколько градусов, или что солнце стало чуть менее ярким, или что ребенок кронксов заплакал, едва стрела попала в цель. Он даже не обязан замечать напряженные позы или неодобрительное выражение стоящих рядом соплеменников. Еще лучше, если он будет видеть их периферийным зрением и его ноздрей достигнет лишь легкий запах гнили, а не вонь разлагающихся трупов.

Джек отправил по электронной почте короткое сообщение Шейле Гриджалве, своему агенту и верному другу: «У меня получилось! Давай это отметим». Он не стал пояснять, что именно у него получилось. Шейла знала, что Джек работает над эмоциями контекста, и понятно, никто из них не хотел, чтобы некий кибервор украл у Джека успех.

Час спустя Шейла прислала ответ: «Замечательно. Как насчет сегодня в семь в «Римроке»?»

Джек выслал подтверждение и позвонил в кафе «Римрок», чтобы заказать столик. Хотя «Римрок» и назывался кафе, на самом деле это был ресторан довольно высокого класса. Элегантный декор. Превосходная кухня. Не дешевый, но и не экстравагантный. Джек и Шейла знали, что

успех Джека может принести славу и богатство. Они это отметят — если это случится.

Но у них и сейчас есть что отметить, с удовольствием подумал Джек, переодеваясь к обеду (последнее означало лишь новые джинсы, отглаженную рубашку и начищенные ботинки). Да, за последние несколько лет реальность добралась и до мира Джека, но он и сейчас жил во все еще неформальном мире. Кстати, вот еще забавная реальность нынешнего игрового мира: некоторые игроки постоянно пребывали в киберпространстве и их тела начинали напоминать дохлых рыб. Другие же, и среди них Джек, отреагировали противоположным образом. Ощувив тугие мускулы натягивающего тетиву Ксенона, Джек уже не мог жить в своем слабеющем с годами теле. Именно проживание в таких, как у Ксенона, телах во время игры подталкивало Джека в его сорок три года оставаться в лучшей форме, чем когда-то он был в двадцать... В немалой степени это навело его на мысль включить игру воинов постарше и сделать царя Филандера еще крепким мужчиной с выраженной мускулатурой под слегка дряблой кожей. Пусть дети, которые купят эту игру, и не будут особо обращать внимания на более возрастных персонажей, но и возражать против них тоже не станут. Это добавляло атмосфере игры правдивости, и дети ее оценят не хуже любого игрока постарше.

В общем, сейчас Джек чувствовал себя в прекрасной форме — и физической, и эмоциональной. Он стоял перед зеркалом и причесывал свои все еще густые волосы с редкой сединой — редкой ровно настолько, чтобы придавать ему солидность. И тут мелькнула мысль: «Вознаграждение. Позитивная развязка. Точно!»

Джек снова нырнул в игровой мир, хотя меньше чем через час ему надо было идти на обед... Ну ладно, забудем на время про психологический фон: почему Ксенон не передумал и все-таки сделал выстрел и почему его никто не остановил. Да-да, это отложим на потом. А сейчас, именно сейчас Джек хотел продемонстрировать Шейле некий способ, при помощи которого персонаж игры мог превратить негативную эмоциональную ситуацию в позитивную...

Сценарий остался все еще недоделанным, когда Джек выключил компьютер и слегка всклокоченный и вспотевший бросился к своему старенькому «датсуну». Он даже задумался над тем, что заставило его вспотеть — умственные усилия или же физические действия игрового персонажа, каким-то образом передавшиеся ему. Что ж, пусть сценарий еще сыроват, зато уже есть нечто, что можно показать Шейле.

Теперь игра не заканчивалась в позорный для Ксенона момент — игрок, когда Ксенона охватывал стыд, слышал: «Поздравляю. Ты только что обнаружил один из ключей к этому игровому миру. Значит, ты готов подняться на следующую уровень». После этого сценарий мог развиваться по многим направлениям, но игрок — он же Ксенон — теперь уже понимал, что для победы в игре он должен побеждать других воинов только в честной схватке и глядя им в глаза.

Несомненно, в таком виде игра понравится Шейле намного больше. Честно говоря, Джек тоже был удовлетворен: игра содержала эмоциональный контекст и заодно предлагала игроку позитивное вознаграждение, к которому он должен стремиться.

Прохладным предзимним вечером Джек ехал по улицам Эйс-Хай, где движение лишь недавно стало таким плотным

и быстрым. В городке с десятью тысячами жителей уже зажглись огни, но звезды над головой сияли так ярко, что Джеку показалось, будто он видит небо своего игрового мира.

Шейла ждала Джека в вестибюле «Римрока». Ее густые черные волосы были тоже, как и у Джека, слегка тронуты сединой; они аккуратно спускались на зеленую блузку, которую Шейла надела для сегодняшнего вечера.

— Надеюсь, я не заставил тебя ждать? — спросил Джек.

— Я тут всего минуту. Что, снова охотился на мастодонта?

— Разве я так плохо выгляжу? — улыбнулся Джек и пригладил ладонью растрепавшиеся волосы.

— Как раз наоборот. Ты похож на человека, которого озарило вдохновение.

— Спасибо. А ты, как всегда, выглядишь замечательно. Что семья?

— Все хорошо.

Джек поймал взгляд Элис Мерриуэвер. Элис, умелый менеджер «Римрока», чуть младше Шейлы и Джека, знала их обоих.

— Ваш столик уже готов, — приветливо сказала она. — Релленос сегодня бесподобны.

— Спасибо.

Они прошли следом за Элис к столику, за которым Шейла предпочитала сидеть, когда встречалась с клиентами. Если она приходила сюда с мужем Сэмом и четырехлетней дочкой Аидой, то они занимали другой столик. Профессиональная память Элис произвела на Джека впечатление.

Официантка Фрэнсис тоже знала Джека и Шейлу. Она принесла им тортиллы и салсу, не забыв, что Шейла предпочитает воду безо льда. Шейла заказала чили-релленос, а Джек — сборное блюдо, включающее и релленос. Еще они заказали графинчик фирменного красного вина, даже не выясняя, какого оно сорта, поскольку знали, что Элис предложит им вино замечательного качества.

— Итак, что у тебя есть для меня? — спросила Шейла, когда Фрэнсис ушла на кухню с их заказом, и макнула кусочек теплой хрустящей тортиллы в салсу. В «Римроке» готовили свою салсу, каждый день свежую.

Джек стал рассказывать о своем прорыве:

— Эмоции контекста. Мне удалось добиться, чтобы игра передавала игроку чувства, которые персонаж испытывает в своем мире, независимо от того, ощутит или нет игрок эти эмоции сам.

И далее Джек поведал Шейле о Ксеноне, его луке и о том, как он почувствовал стыд, когда, невидимый для вражеского воина, убил его с расстояния. И далее: честь воина — это сразиться с другим храбрым воином лицом к лицу!

— Царь Филандер! — рассмеялась Шейла.

Джек кивнул и тут же покраснел:

— Я изменю и это. Там еще многое следует улучшить.

— Нет. Оставь как есть. Большинство игроков этого не поймет. А те, кто поймут, получают особое удовольствие.

Джек немного застенчиво улыбнулся и стал снова рассказывать об эмоциональной реальности игры.

Фрэнсис принесла им вино.

— Фрэнсис, а где сегодня Гэри? — обратилась к ней Шейла.

Джек знал, почему Шейла любила разговаривать с клиентами именно за этим столиком. Тут было спокойно, уединенно и в то же время отсюда открывался приятный вид на



ФАНТАСТИКА

зал ресторана: обшитые деревом стены, не темно, но и не слишком светло, вдоль стен — картины местных (до недавнего времени) художников; за столиками — преимущественно местные жители, чья внешность подкрепляла присущую ресторану атмосферу Юго-Запада. Другая причина, почему Шейла, как и Джек, любила этот столик, заключалась в том, что отсюда был хорошо виден Гэри Камминс, который здесь, в «Римроке», с октября по апрель, каждый вечер со среды до субботы, играл на классической гитаре. Расстояние тоже было в самый раз: вполне, чтобы и слышать музыку, и вести деловой разговор.

Вот Шейла и спросила теперь о Гэри.

— О, так вы не знаете? — удивилась Фрэнсис. — Ему пришлось уйти. Он ведь ходит пешком, сами знаете. И в прошлую пятницу его ограбили и избила банда подростков. Было уже темно, хотя всего лишь половина шестого. Они сломали ему гитару.

— Какая подлость! — воскликнула Шейла. — Мерзкие трусы! Джека тоже потрясла эта новость.

Еще десять лет назад Эйс-Хай был сонным шахтерским городком. Четыре года назад он стал раем для местных художников. А три года назад его «открыли». Вместо четырех галерей появилось сорок. Внезапно выросли шесть магазинов самообслуживания. Новые «тойоты» и «вольво» почти сравнялись по количеству со старенькими «фордами» и пикапчиками «шевроле», и на бамперах некоторых из последних уже красовались наклейки «Убей яппи для Иисуса».

Частные магазинчики, пять лет отчаянно пытавшиеся сохранить жизнь на Мэйн-стрит после того, как на шоссе появился универмаг (всего в полумиле от границы города, чтобы не платить городские налоги), в прошлом году разорились или лишились помещений, когда арендная плата подскочила в шесть раз.

Патриарх семьи испанских старожиллов — за избиение мастерком городского инспектора — сейчас сидит в тюрьме, ожидая суда. Старик возводил в нижней части своего покато дворики двухфуттовую каменную стеночку, чтобы ливни во время летних гроз не смывали землю. А инспектор явился к нему с постановлением, требующим снести стену, потому что на ее постройку не получено разрешение.

Четыре года назад в Эйс-Хай никому и в голову не приходило, что для обустройства своего дома или двора требуется особое разрешение. Зарплаты были низкими, стоимость жизни невысокая. Соседи дружелюбны. В редких уличных актах насилия участвовали люди, знавшие друг друга, да и то эти драки начинались по причине пьянок. Еще пару лет назад за год было всего два инцидента, связанных с бандами. А за последние полгода произошло столько случаев поножовщины, стрельбы, ограблений и нападений на людей и собственность, что их число уже никто не мог подсчитать. И это было страшно.

Когда пятнадцать лет назад Джек поселился в Эйс-Хай, городок казался идеальным убежищем от свихнувшейся цивилизации. Пока где-то вдалеке цивилизация продолжала еще больше сходиться с ума, Джек сумел более или менее устроиться здесь и стал зарабатывать на жизнь, а городок показался ему еще лучше. К тому же тут появились некоторые весьма интересные заведения культуры, а вместе с ними и интересные люди, не говоря уже о хороших ресторанах. И хотя подобные Джеку беглецы от цивилизации вместе со старожилами ворчали о «калифорникаторах», он стал одним из многих, кто нашел среди новичков друзей, а их приезд увеличил его профессиональные возможности. Шейла, которая и в самом деле переехала сюда из Калифорнии, стала для Джека лучшим шансом на пути к успеху. Но теперь!..

Джек ощущал ярость. И страх. Но Шейла была права! В чем проблема этих панков? Они — трусы!

Гэри Камминс был старше Джека и Шейлы и выглядел соответственно. Джек немного знал историю Гэри. Ему дал рекомендацию в Уэст-Пойнт тогда новоиспеченный сенатор, а ныне кандидат в президенты. Во Вьетнам Гэри попал армейским капитаном. Вернулся, утратив иллюзии и преисполнившись отвращением. «Военные лидеры нашей страны уважают принцип, заключающийся в том, что свобода Америки требует подчинения армии гражданскому правительству, — сказал как-то Гэри Джеку. — Я и сейчас уважаю этот принцип, но, когда политики после Вьетнама стали настолько коррумпированными, я не смог больше служить».

Подробностей Гэри не рассказывал, но Джек знал, что после Вьетнама он ушел в отставку так быстро, как только смог. Принимал ЛСД. Выращивал марихуану. В семидесятые годы некоторое время прожил в глуши, месяцами не видя других людей. Много играл на гитаре. Сейчас Гэри чуть больше пятидесяти, но выглядит он значительно старше.

В «Римроке» Гэри хорошо кормили в те вечера, когда он выступал. Для выступлений у него была хорошая, чистая одежда. И все-таки, как подозревал Джек, чаевые в «Римроке» были для Гэри единственным постоянным доходом. То есть жил он очень скромно.

«Как могли подростки напасть на такого, как Гэри?» — думал Джек. Если у них и были причины ненавидеть мир, а Джек верил, что таких причин имелось более чем достаточно, то в этом виноват явно не человек вроде Гэри Камминса. Он шел на работу, чтобы зарабатывать то небольшое, что мог. Напавшие на него подростки наверняка знали, кто он такой. Каждый раз он ходил на работу пешком, а гитара, которую ему сломали, наверняка была его единственной ценностью.

— Какой позор, — сказала Шейла, когда Фрэнсис отошла к другому столику.

— Такое может испортить хороший обед, — проговорил Джек, уловив ее гнев, и тут же покраснел: он подумал о себе, тогда как Гэри потерял намного больше, чем хороший обед.

Джек стал анализировать свою эмоциональную реакцию. Потом вспомнил о Ксеноне, о собственном опыте пребывания в облике Ксенона, полного физической агрессии, во многом благодаря которой созданный электроникой персонаж казался реальным — настолько реальным, что Джек ощущал его в игровом мире своим — именно своим, а не чужим! Изначально невежественный в отношении мораль-

ных последствий своей агрессивности, Ксенон — вот изюминка! — был уже восприимчив к нравственным императивам. Но может быть, это — лишь особенность игрового мира? Или это более присуще моральным устоям Джека, чем заложенному в Ксенона потенциалу? Так или иначе, но Джек верил, что причина, из-за которой слепая агрессивность Ксенона сменяется стыдом из-за осознания собственной трусости, кроется в том, как Ксенон проявит эту агрессию.

Разумеется, тут не обошлось и без того, что можно назвать подобием кровной связи: ведь Ксенон был Джеком в игровом мире. А Джек влиял на его мыслительные способности, равно как и Джек использовал опыт своего пребывания в личности Ксенона (например, появившаяся убежденность Джека в том, что надо поддерживать собственную физическую форму). Чем более реальным становился создаваемый Джеком игровой мир, тем более реальными становились отражаемые в обоих направлениях чувства.

Но ведь и подростки, превратившие еще не так давно сонные улицы Эйс-Хай в коридоры страха, тоже люди, и, значит, испытывают всевозможные людские эмоции. Поэтому Джек считал, что кричать об их агрессивности глупо и бессмысленно. Во многом именно эта их агрессивность, казалось бы, нетипичная для этих мест Юго-Запада, и вдохновила Джека создать личности воинов в его игровых мирах.

— Должен быть способ, — пробормотал он.

— Для чего? — спросила Шейла.

Кто-то другой, может быть, и удивился бы, но Шейла и прежде видела Джека, когда его охватывало вдохновение. Она переехала в Эйс-Хай всего три года назад во время большого наплыва яппи. Шейла и ее муж Сэм поступили так, решив, что городок в Нью-Мексико, напоминающий тот, откуда сорок лет назад уехали родители малыша Сэма, окажется более безопасным местом для их маленькой дочки, чем Южная Калифорния. Тогда они еще разделяли предубеждения горожан по отношению к жителям глубинки, но во многом благодаря Джеку вскоре сумели от них избавиться. В том числе и потому Шейла сделала Джека своим клиентом. Обе стороны оказались довольны результатом.

— Честь воина, — проговорил Джек. И опять: — Честь воина... Ведь они во что-то играют? Какую музыку они слушают? Ну, организуй рок-группу. Назови ее «Электрические луддиты». Пробейся на ТВ... Все так, но готов поспорить: они играют и в игры, во всяком случае, в некоторые из них. Они не станут думать иначе, поскольку они такие, какие есть. Но я уверен, что они перестанут совершать поступки, которые сочтут трусостью. И значит, должен быть способ — способ показать им, что такое честь воина! Ради Гэри...

Джек размышлял, и Шейла ему не мешала. Теперь он знал, где корни его игрового сценария. В древности, как известно, велись настоящие дебаты о том, морально ли использовать лучников на войне. Тогда многие считали трусостью и бесчестием убивать врага с безопасного расстояния, откуда лучнику не надо смотреть в лицо противнику. Но разумеется, все кончилось тем, что народы, лишенные подобной щепетильности, победили тех, кто воздерживался использовать лучников на поле битвы. И все-таки Джек решил, что современные люди могут что-то извлечь из уроков истории. Рыцарство. Круглый Стол. Кодекс самурая. Уверенность в том, что высшая честь — это достойное поведение, а не убийство врага.

Вот психологические предпосылки. Подростки из уличной банды избивают таких, как Гэри, потому что слишком отчуж-



дены от общества, но в равной мере и потому, что не знают, как реализовать достоинства, которые у них могут быть. Например, мужество. Это несомненное достоинство — его уважает любой, кто ощущает в себе энергию воина... Вот он — стартовый толчок! Стало быть, нужно встроить в игру связь между честью воина и миром, где живут подростки, которые могут играть в эту игру, а также фантастическим миром древности, заложенным в сценарий игры.

Что совпадает, а что отличается в древнем и современном контекстах? Джек прочертил на салфетке вертикальную линию. Совпадают: агрессия сама по себе, упоение силой, радость от успехов ее применения... и мужество как достоинство. Не видеть во враге такого же человека, как и ты, — что ж, наверное, и это совпадает. Но причины тут разные. Современная враждебность отличается от племенной, заквашенной на замкнутости, но конечный результат очень похож.

Джек подумал о позитивных принципах своей игры, о том, что придает игроку ощущение успеха и продвижения вперед. Почему для плунов важно сражаться, глядя противнику в глаза? Мужество? Да. Честь? Да. Но не сами по себе. Схватка с противником, которого ты можешь уважать, увеличивает у воина чувство чести и собственной значимости. Игрок, равно как и персонаж, за которого он играет, способен понять этот принцип. А это понимание сделает игру более захватывающей и, конечно, более трудной, тем самым повысив удовольствие от нее...

Подошла Фрэнсис с кувшином воды и наполнила бокалы Джека и Шейлы, причем сделала это так, чтобы в бокал Шейлы не попали кубики льда. Шейла улыбнулась. Джек этого даже не заметил.

Наброски Джека начали обретать форму. Что общего у отряда плунов с современной уличной бандой подростков? Физическая агрессия, разумеется. Но также и размер группы, где все друг друга знают. Персональность. Ксенон хочет, чтобы его воинские достоинства были признаны. Кем? Значит, нужно ввести в игру персонификацию для тех воинов его отряда, с чьим мнением Ксенон будет считаться. Например, царь Филандер.

Но — нет... Джек резко зачеркнул эту, только что записанную им, идею. Салфетка порвалась. Он перевернул ее и стал писать на обратной стороне. Итак, начнем с нескольких других молодых воинов. Придадим им качества, которые Ксенон уважает: упорство, выносливость, мастерство охотников. Таких, чье мнение о чести важно для него.

«Крутой парень — но невозмутимый», — написал Джек. Потом: «Еще более крутой — его секрет в самоуважении». Да, подростки на дух не выносят нравоучений. Тут очень важно понять различие между обучением и промывкой мозгов. Прекрасно, если игроки, пусть поначалу немногие, захотят победить в этой игре. Разве не захочет игрок, живя

в современном обществе, где все летит в тартарары, подхватить и развить историческую концепцию чести воина, на основе которой столь многие общества построили цивилизации? Джек должен попытаться — ради Гэри...

Фрэнсис принесла их заказы. Джек даже смог оценить, насколько вкусной оказалась еда.

Честь воина, второй уровень, — объявила игра...

Взлохмаченные волосы Джека напоминали воронье гнездо, но ему было все равно. Он знал, что делать дальше. На втором уровне электронная личность Ксенона должна получить дополнительную информацию, связанную как с его древним миром, так и с современным миром Джека.

— ...Ты проявил себя великим охотником, — сказал царь Филандер. — Посмотрим, какой из тебя получится воин.

Да, в нем были уверены, но вместе с тем Ксенон ощутил исходящий от других воинов племени некий холодок сомнений. Кортес — крупный, как Ксенон, и твердый, как кремень. Филон — худощавый, но настолько выносливый, что может измотать самого Кортеса. И все-таки Ксенон знал, что сильнее любого из них. Почти все они ходили с ним на охоту, но именно Ксенон добыл огромного зверя — того самого, на чьих бивнях сейчас сидел Филандер. Поэтому ни у воинов, ни у царя нет повода сомневаться в мужестве Ксенона.

Отряд выступил к деревне кронксов...

Физические и визуальные ощущения на втором уровне остались прежними: жаркое солнце, каменистые изрезанные склоны холмов, кружащие в небе птеранодоны, запахи сосны и скунсового медведя. Но когда Ксенон поставил стрелу на тетиву, он вдруг расслышал легкое покашливание Филона. Совсем негромкое, чтобы не вспугнуть часовых кронксов, но достаточное, чтобы сообщить Ксенону, пока не пущена стрела, что он что-то делает неправильно.

Ксенон уже знал, почему кашлянул именно Филон. Не из-за слабости. Кортес был сильнее его, почти столь же силен, как и Ксенон. Но на выжженной солнцем тропе под иссушающим ветром Филон продержится дольше любого из них, и Ксенон это знал тоже. Филон обладал воинским духом чести плунов. Это было известно всем. И когда Филон кашлянул, Ксенон, уже натянувший тетиву лука до предела, все понял.

Поздравляю! — объявила игра. — Ты отыскал ключ к третьему уровню «Чести воина».

Перевод с английского
А.Новикова

Все умел...

Из весьма серьезного документа, именуемого аттестационным листом, 1969-й год: имярек «обладает большим практическим опытом по пуску, наладке и внедрению различных типов электропечей, в том числе вакуумных, дуговых, водородных, печей сопротивления. Сам был конструктором, и под его руководством создан ряд хороших электротермических устройств. В работе его отличает добросовестность, знание дела, умение работать руками...».

О нем же — из книги «Фантастика века», вышедшей в 1995 году в известной подписной серии «Итоги века. Взгляд из России»: «Дебютировал повестью «Будет хороший день!» (1965). Известен повестями «Субмарина «Голубой кит», «У меня девять жизней», романом «Дом скитальцев». Последние годы выступает как литературный критик под псевдонимом Александр Зеркалов...»

Инженер-термист, писатель, рукодельщик, умевший справляться с любым закап-ризначившим «железом», литературный критик — это всё Саша, Александр Исаакович Мирер (1927—2001). Великое многообразие интересов и, если так можно сказать, умени-ый было, наверное, его самым удивитель-ным свойством. Еще он участвовал в фан-тастическом (литературном, разумеется) альманахе «Завтра», выходившем в 1990—1992 годах, был редактором в издательстве «Текст». Его книга «Евангелие Михаила Бул-гакова» вышла в США; наверное, в недале-ком будущем ее издадут и в Москве.

В память о Мирере здесь и напечатаны от-рывки из этой нетривиальной вещи.



Александр Зеркалов, из книги «Евангелие Михаила Булгакова»

«Мастер и Маргарита» поразителен тем, что он весь построен на притяжении-отталкивании, похож на лоскутное одеяло, сшитое крепчайшими нитками. Роман выглядит предельно дезорганизованным, эклектичным: трагедия, сказка, буффонада, откровенные до дерзости литературные реминисценции, мудрость, площадной цинизм — все перемешано и семантически, и по стилю. Булгаков махнул рукой на ремесленные правила — и победил. Ибо перед его читателем, пусть даже шокированным раеш-ным зубоскальством, возникает то, что более все-го необходимо человеку: объект сопереживания. И — что встречается много реже — объект для раз-мышлений...



А. Н. Стругацкий
и А. И. Мирер (справа)



ЛИТЕРАТУРНЫЕ СТРАНИЦЫ

... Римский наместник в Иудее Понтий Пилат, жестокий угнетатель народа, ведет себя как гуманный, сочувствующий Иисусу человек, а евреи, наоборот, с воплями требуют его смерти. Нам внушается, что Пилат, обязанный в первую очередь подавлять восстание, был готов, под нажимом евреев, освободить заключенного бунтовщика Варавву, чтобы заменить его Иисусом...

С одной стороны, из изложения явствует, что Михаил Булгаков, выбравший линией своей новеллы развитие Иоанновой (то есть евангельской. — *Ред.*) истории, отошел от исторической трактовки. С другой стороны, я считаю Булгакова чрезвычайно образованным историком, а его рассказ в основном правдоподобным. Двойственность эта не случайна. Дальше я попытаюсь показать, что Булгаков основал свою работу на иных христологических предположениях и на ином отношении к Евангелию.

Две односторонние идеологии столкнулись на тесном плацдарме Ближнего Востока, и обоюдная нетерпимость обернулась взаимной ненавистью. Справедливости ради надо заметить, что первоначально ненависть родительской церкви была сильней. Талмуд проклял и самих христиан, и их жертвы богу, и хлеб их, и вино, и книги (как «чародейские»), а их детей объявил незаконнорожденными... Уничжая своего Иешуа Га-Ноцри формально, но изображая его праведником, по существу, христианской веры, автор «Мастера и Маргариты» показал себя двусторонним еретиком. Его позиция неприемлема для обеих конфессиональных верований, она решительно шокирует ортодоксов и с той, и с другой стороны — а в особенности христиан. Попытаемся разобраться, зачем он это сделал — не только же для решения сюжетной задачи...

По-моему, он считал, что суть Христовой проповеди независима, во-первых, от идеологических распрей, во-вторых — от мистических одежд, в которые принято облекать Иисуса, в том числе от его мистического происхождения. Вместе с проповедью он как бы отделил от христианской церкви личность Иисуса Христа, превратив его в Га-Ноцри, отрубленную ветвь.

Есть и менее значимый аспект. Строя биографию своего героя на базе взаимоисключающих и к тому же религиозных источников, Булгаков показал, что не пытается воссоздать историческую фигуру Иисуса.

Пилат у Булгакова

... Иешуа объявил себя человеком самого низкого происхождения — иными словами, лицом, по иудейским условиям, политически неопасным.

Следующие его ответы окончательно отбрасывают и

Почему действие, начавшись в Москве, четырежды пребывает ершалаимскими сценами?

Почему Сатана, едва явившись в Москву, казнит незначительного литературного деятеля? И за что?

Можно ли считать Иешуа Богом-сыном? Если можно, то почему он так не похож на Христа?

Почему Сатана творит не зло, а некое зло-добро, более похожее на добро? Какое произведение перед нами? Религиозное или атеистическое?

Таких вопросов можно сформулировать еще десяток или два десятка, Самим фактом своего существования они отвечают на вопрос, единственно важный для литературоведения: в чем тайна очарования? Но все вместе они заставляют читателя конструировать робкую или отважную, наивную или мудрую этическую идею...

Тема противостояния Бога и дьявола привычна, традиционна и потому кажется раз и навсегда разрешенной: Бог есть добро, дьявол — зло. Несомненно, тема лишь выглядит такой. Но для читателя она служит мостками, по которым он может пройти над фарсовым глумливым хохотом. А ступив на эти мостки, кажущиеся прямыми, читатель попадает в настоящий лабиринт, о чем свидетельствуют сформулированные только что вопросы.

Если исследователь желает понять, в чем секрет невероятного, массового успеха «Мастера и Маргариты», он должен пройти по лабиринту и **найти** в нем порядок, организующий читательское сопереживание. Да, но есть ли такой порядок?..

евангельскую, и Флавию информацию о биографии Иисуса:

«— Где ты живешь постоянно?

— У меня нет постоянного жилища, — застенчиво ответил арестант, — я путешествую из города в город.

— ...Родные есть?

— Нет никого. Я один в мире».

Нет родни, упоминаемой в Евангелиях, и нет брата Иакова, о котором писал Флавий. «Один в мире» — следовательно, неопасен. Но прокуратор так не считает. Идет следующий вопрос: «Так ты собирався разрушить здание храма и призывал к этому народ?» — повторяется вопрос по смыслу обвинения, и теперь Иешуа на него отвечает: «Я, игемон, никогда в жизни не собирався разрушить здание храма и никого не подговаривал на это бессмысленное действие»...

В этой части допроса все время обыгрываются евангельские фрагменты — но судья и обвиняемый совсем не похожи на прототипы. Для первого, пожалуй, все решено. А второй отчаянно защищается — благо, больной судья не мешает ему говорить. «Эти добрые люди... ничему не учились и все перепутали, что я говорил», — отбивается Иешуа, а Пилат мягко и зловеще предупреждает: «Повторяю тебе, но в последний раз: перестань притворяться сумасшедшим, разбойник... за тобою записано немного, но записано достаточно, чтобы тебя повесить». Тогда Иешуа, не представляя себе, какой серьезный документ в руках прокуратора (поразительная наивность!), начинает говорить о записках своего ученика:

«— Нет, нет, игемон, — весь напрягаясь в желании убедить, говорил арестованный, — ходит, ходит один с козлиным пергаментом и непрерывно пишет. Но я однажды заглянул в этот пергамент и ужаснулся. Решительно ничего из того, что там записано, я не говорил...

— Кто такой? — брезгливо спросил Пилат и тронул висок рукой.

— Левий Матвей, — охотно объяснил арестант, — он был сборщиком податей... Первоначально он отнесся ко мне неприязненно и даже оскорблял меня, то есть думал, что оскорбляет, называя меня собакой...».

Это — характеры. Они зеркальны по отношению к Евангелию. Иешуа мягок, наивен, словоохотлив, искателен — это ли Иисус, бунтарь и дерзец? А Пилат ничему не верит: «О, город Ершалаим! Чего только не услышишь в нем. Сборщик податей, вы слышите, бросил деньги на дорогу!».

То, что христианину показалось бы правдивым, язычнику Пилату кажется доказательством лжи. И счастье еще, что Иешуа умеет обходиться с людьми и нашел верный тон — кротостью и обходительностью добился серьезного допроса и успел вернуть насчет собаки: «... Не вижу ничего дурного в этом звере, чтобы обижаться...» Но пока ничего не помогает. Адская боль торопит прокуратора «изгнать с балкона этого странного разбойника, произнеся только два слова: «Повесить его». Все против обвиняемого, даже болезнь! Только привычка к дисциплине и, возможно, крошечная искорка интереса — воистину удивительного при несчастном состоянии Пилата — побуждает его задавать «никому не нужные вопросы». С болезненным упорством, путаясь в мыслях, этот образцовый судья (что необходимо признать) спрашивает в третий раз о сути дела — что все-таки говорилось «про храм толпе на базаре?»...

Пилат получает, наконец, ответ по сути дела: «Рухнет храм старой веры, и создастся новый храм истины». Ответ составлен из трех высказываний Иисуса у Иоанна. Там Иисус объявляет себя провозвестником истины. Здесь Иешуа возвещает ее приход безотносительно к себе. Там истина разыскивается внутри старой, иудейской, веры.

Здесь — в отрицании ее.

Ответ Иешуа исторически парадоксален, ибо он продолжает линию развития идеи от Марка и Матфея к Иоанну и уходит дальше Иоанна, опережая историю событий минимум на столетие. Но психологически такой ответ исключить нельзя, а для булгаковской задачи он был наилучшим. Как удар меча, он разрубил последние связи проповедника с мятежным иудаизмом, одновременно провозгласив ультима рацию христианской церкви.

Казалось бы, теперь Иешуа оправдался. Других вин, сверх покушения на храм, ему не инкриминируют, а эта вина оказалась мнимой.

Э, нет! Прокуратору не важно, что подразумевал Иешуа, ведя крамольные речи. Важно, как они толковались слушателями... «Зачем же ты, бродяга, на базаре **смуцал народ**, рассказывая про истину, о которой ты не имеешь представления?» — спрашивает Пилат.

Выделенные мною слова, видимо, формулируют суть обвинения. «Смуцал народ» — следовательно, опасен. Этими словами игемон как бы утвердил приговор Синедриона. Но воспаленный его мозг вдруг рождает лишний, «ненужный на суде» вопрос: «...Что такое истина?» И, зацепившись за эту оплошность судьи, арестант творит свое единственное чудо — излечивает приступ гемикрании.

Пожалуй, и не чудо. С невероятной проницательностью Иешуа рассказывает Пилату о его состоянии, о его мыслях и переходит к уверенному внушению: «Но мучения твои сейчас кончатся, голова пройдет»... А убедившись, что внушение подействовало, закрепляет успех: «Ты производишь впечатление очень умного человека... Ведь нельзя же, согласишься, поместить всю свою привязанность в собаку. Твоя жизнь скудна, игемон, — и тут говорящий позволил себе улыбнуться». (Жены у булгаковского Пилата, очевидно, нет.) Молниеносный, безжалостный анализ — подсудимый судит судьбу! «Секретарь... постарался представить себе, в какую именно причудливую форму выльется гнев вспыльчивого прокуратора при этой неслыханной дерзости арестованного...»

Секретарь ошибся. Прокуратор говорит: «Развяжите ему руки».

«С этого времени Пилат искал отпустить Его» — по Иоанну.

...Булгаковская задача решена. Но теперь предстоит сверхзадача — заставить такого сильного человека, как игемон, расстаться с любовью, может быть, первой в его волчьей жизни.

Ловушка

В некотором роде Булгаков попал в ловушку. Пилат, минуту назад готовый казнить «разбойника» практически без вины, теперь готов его покрывать — всей властью императорского наместника... Чтобы заставить его отступить, обвинение должно быть убийственным и неотразимым. Но где взять такое обвинение? Материалы следствия, очевидно, исчерпаны.

И вот римский правитель, прежде чем продиктовать приговор, для порядка спрашивает: «Все о нем?» Секретарь говорит: «Нет, к сожалению» — и подает второй пергамент — с убийственным политическим обвинением.

Возникает несколько вопросов. Почему в деле содержится два документа? Почему приговор Синедриона основан на сравнительно легких религиозных обвинениях? Почему секретарь, отчетливый служака и внимательный подчиненный, заставил страдающего принцепала возиться с этими легкими обвинениями, а серьезное приберег напоследок?..



Появление второго, самостоятельного документа кажется вынужденным. Иначе нельзя было сделать так, чтобы Пилат сначала полюбил, а потом все-таки казнил. Сюжет конструировался ради первой части задачи: чтобы полюбил. Для чего и пришлось придержать второй пергамент. Имея всю информацию, человек в плаще с кровавым подбоем решил бы дело за считанные секунды.

Но вопросы, поставленные нами, требуют ответа. Иначе придется считать построение «Мастера» искусственным; объявить весь его сюжет психологически противоречивым...

Второй пергамент

Этот документ — ритмический аналог обвинения, предъявленного у Иоанна Христу и косвенно — Пилату. Смысл обоих обвинений также совпадает.

Дело происходит так. Секретарь подает пергамент, и Пилат смертно пугается. Ему мерещится кесарь Тиверий, слышатся грозные слова: «Закон об оскорблении величества». Прокуратор спрашивает: «Слушай, Га-Ноцири... ты когда-либо говорил что-нибудь о великом кесаре? Отвечай! Говорил?... Или... не... говорил? — Пилат протянул слово «не» несколько больше, чем это полагается на суде, и послал Иешуа в своем взгляде какую-то мысль, которую как бы хотел внушить арестанту». Иешуа, который минуту назад продемонстрировал величайшую наблюдательность, не принимает сигнала «солги!». Он простодушно замечает, что «правду говорить легко и приятно...» Тогда Пилат еще и еще раз пытается направить его на запирательство. (Обратите внимание, только так реализуется в новелле идея Троицы — как трехкратное повторение ключевых высказываний.) Но Иешуа упорно не желает лгать («не солги!») — хотя ему прямо было сказано о «мучительной и неизбежной смерти», его ожидающей... И он вываливает все подряд: «...Позавчера вечером я познакомился возле храма с одним молодым человеком, который назвал себя Иудой из города Кириафа. Он пригласил меня к себе в дом... и угостил...

— Добрый человек? — спросил Пилат, и дьявольский огонь сверкнул в его глазах.

— Очень добрый и любознательный человек, — подтвердил арестант, — он выказал величайший интерес к моим мыслям, принял меня весьма радушно...

— Светильники зажег... — сквозь зубы в тон арестанту проговорил Пилат, и глаза его при этом мерцали».

...Итак, состоялась тайная вечеря, на которой было не тринадцать человек, а всего двое — без статистов... Что там произошло?

«...Попросил меня высказать свой взгляд на государственную власть», — рассказывает Иешуа. «В числе прочего я говорил... что всякая власть является насилием

над людьми и что настанет время, когда не будет власти ни кесарей, ни какой-либо иной власти. Человек перейдет в царство истины и справедливости, где вообще не будет надобна никакая власть.

— Далее!

— Далее ничего не было, — сказал арестант, — тут вбежали люди, стали вязать меня и повели в тюрьму».

Вечеря была полицейской ловушкой. Этот сюжетный перевертень раскрывает технику ареста, по Евангелиям непонятную... Проницательный философ не замечает руки, протянутой ему Пилатом... Иешуа, как и евангельский его прототип, вроде бы сам, целенаправленно, идет к гибели, увлекая за собой Пилата и Иуду.

Но это — очередная мистификация, создающая ощущение предопределенности только у невнимательного человека. Очень скоро — в конце допроса — характер Иешуа окончательно проясняется: «А ты бы меня отпустил, игемон, — неожиданно попросил арестант, и голос его стал тревожен, — я вижу, что меня хотят убить».

И по смыслу, и по тону этой просьбы ясно, что Иешуа вплоть до последней секунды не замечал гибели, ибо он и вправду наивен до невменяемости. Что никакого — на мой взгляд, отвратительного и бесчеловечного — стремления к смерти у Иешуа не было. Наивное прямодушие арестанта было не только христианским «не лжесвидетельствуй», но и безумной слепотой.

Тем не менее — «горе тому человеку, которым Он предается». Горе Иуде и горе Пилату, но прежде всего — Иуде. И — без предопределения, о котором беспрерывно толкует Новый Завет. Если смерть Иешуа и предопределена, то он об этом не знает. До последней минуты Иешуа надеется, во время исполнения казни он растерянно улыбается и старается заглянуть в глаза палачам...

Булгаков отбросил не только предопределенность первого уровня — библейскую. Он отверг и последующую, новозаветную — в сущности, освобождающую и Иуду, и Пилата от ответственности перед совестью.

Несомненно, идея божественного предопределения противоречит идее личной ответственности. Бог, этот кукольных дел мастер, поставил к ширме дьявола, и на руку ему надел Иуду.

Булгаков это отверг. И ввел иное предопределение — социальное...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Июнь — опасный месяц?

Маниакальный отказ от еды, который медики называют анорексией, поражает в основном женщин. В навязчивом стремлении похудеть девушки доводят себя до нервного и физического истощения. Когда вся подкожная жировая клетчатка уже «стедена», начинается дистрофия внутренних органов, кости теряют необходимые минеральные элементы, нарушается работа сердца — пациентки нуждаются в медицинской помощи. По данным Американской ассоциации анорексии и булимии, каждый десятый случай анорексии заканчивается смертью. От этой болезни страдают миллионы женщин во всем мире. Врачи пытаются помочь им и найти причины заболевания. А еще лучше — выявить признаки предрасположенности к «умерщвлению плоти». Большинство считает, что анорексия возникает из-за нарушений психики, которые провоцирует образ стройной красотки, навязываемый СМИ. Но недавно американские медики предположили, что у болезни могут быть и биологические причины.

Джон Иглс из госпиталя в городе Абердине исследовал медицинские карты 446 шотландских женщин, которым был поставлен диагноз анорексия в 1965–1997 годах. Контрольную группу составили 5766 здоровых женщин, родившихся в тех же районах Шотландии. Сопоставляя даты рождения тех и других, доктор Иглс обнаружил, что большинство женщин, страдающих анорексией, появились на свет в первую половину года, и больше всего среди них родившихся в июне. В этом месяце количество заболевших женщин на треть больше, чем в среднем, а это уже статистически достоверный результат (по сообщению агентства «New Scientist» от 07.08.2001).

По мнению Д. Иглса, причина такой закономерности может быть в инфекционных болезнях, перенесенных матерями пациенток во время беременности. У женщин, родивших в июне, второй триместр беременности приходится на зиму. Именно в это время велика вероятность подхватить грипп или другую сезонную инфекцию. В течение же второго триместра беременности мозг плода особенно чувствителен к любым внешним факторам. Инфекция матери могла неблагоприятно отразиться на его развитии, что позднее привело к психическим расстройствам. Такую же закономерность медики выявили для больших шизофренией — пик их рождения приходится на июнь.

Специалисты с интересом отнеслись к результатам исследования, хотя очевидно, что анорексия связана с целым комплексом факторов: определенными генами, социальной средой и темпераментом человека. Правда, гены-виновники пока не найдены. А связь болезни с сезонными особенностями беременности, безусловно, заслуживает внимания.

Н.Маркина

Пишут, что...



...известные американские химики Карл Джерасси и Роальд Хофман написали пьесу «Кислород», посвященную истории открытия этого элемента («Chemical & Engineering News», 2001, № 18, с.34)...

...учрежденная Международным электрохимическим обществом медаль имени академика А.Н.Фрумкина вручена профессору Р.Парсонсу из Великобритании («Электрохимия», 2001, № 6, с.645)...

...по оценкам экспертов, в 2020 году не менее 25 государств будут иметь космические системы военного назначения («США и Канада: экономика, политика, культура», 2001, № 5, с.47)...

...результаты некоторых экспериментов, которые считаются подтверждениями общей теории относительности, противоречат друг другу («Доклады АН», 2001, т.378, с.617)...

...при обычных ежегодных эпидемиях гриппа заболевает до 10% населения, а во время гриппозных пандемий это число может возрастать в 4–6 раз («Вопросы вирусологии», 2001, № 3, с.5)...

...Всемирная организация здравоохранения считает фторирование воды наиболее эффективным средством для профилактики кариеса («Вестник РАМН», 2001, № 6, с.34)...

...среднюю норму прибыли от инвестиций в сферу НИОКР частных промышленных компаний США оценивают в 20–30% («Мировая экономика и международные отношения», 2001, № 5, с.41)...

...водные растворы этилового спирта — перспективные теплоносители в солнечных энергетических установках («Теплофизика высоких энергий», 2001, № 3, с.424)...

...американские ученые получили трансгенные мышей, у которых окраска шерсти меняется в зависимости от диеты («Genes and Development», 2001, т.15, с.1506)...

Пишут, что...



...нарушая токсинами нормальное развитие мозга у зародышей свиней, в Дании вывели животных с признаками шизофрении («Science», 2001, v.292, p.2247)...

...левозакрученная Z-ДНК служит промежуточной конформацией при транскрипции генов («Биоорганическая химия», 2001, № 3, с.231)...

...в США уже созданы более тысячи банков, предназначенных для хранения клеток и органов человека («Биополімери і клітина», 2001, № 3, с.203)...

...короткий сон на сеновале лучше восстанавливает силы, чем длительный сон в городской квартире на поролоновом матрасе («Теория и практика физической культуры», 2001, № 6, с.28)...

...открытый в 1984 году 108-й трансурановый элемент ганий — на сегодняшний день самый тяжелый из всех, у которых удалось исследовать химические свойства («Успехи физических наук», 2001, № 7, с.796)...

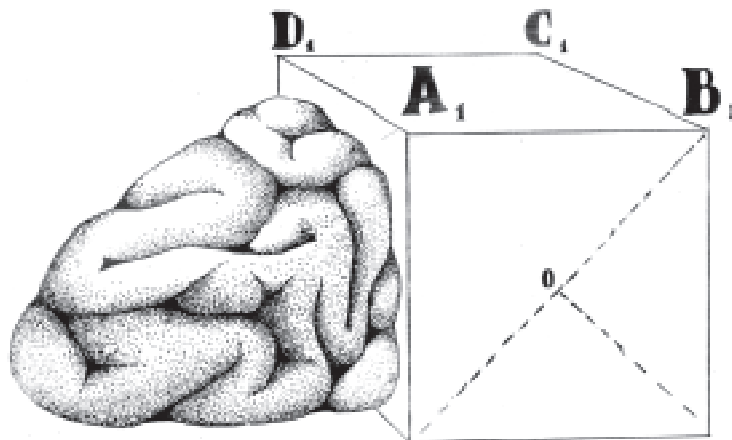
...концентрация углекислого газа в атмосфере с 1750-го по 2000 год увеличилась на 31% («Метеорология и гидрология», 2001, № 5, с.8)...

...в десяти странах Восточной и Центральной Европы (включая Россию) действуют 64 реактора АЭС различной конструкции («Атомная техника за рубежом», 2001, № 7, с.20)...

...за последние полвека добыча нефти в мире возросла в 6,4 раза, а газа в 12,2 раза («Нефть России», 2001, № 4, с.42)...

...средняя заработная плата в химической и нефтехимической отраслях в декабре 2000 года составляла у нас 3374 рубля, что ниже, чем в целом по промышленности («Химическая промышленность», 2001, № 6, с.10)...

...по наблюдениям учителей, мотивация к обучению нынешних российских школьников значительно выше, чем 15 лет назад, и в старших классах они даже не списывают («Ex libris-НГ», 9 августа 2001, с.4)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Лечение «ничем»

Эффект плацебо известен давно: очень часто, когда пациенту вместо настоящего лекарства по той или иной причине дают «пустые» таблетки (состоящие только из наполнителя, без активного вещества), они тем не менее действуют. Врачи считали, что все дело в самовнушении: больной верит, что таблетки обязательно помогут, и ему становится лучше. Но недавно медики из Ванкуверского университета (Канада) доказали, что эффект плацебо не только психологический, но и физиологический: в организме больного в ответ на «ничего» происходили именно те биохимические изменения, которые должно вызывать настоящее лекарство.

Ученые исследовали пациентов с болезнью Паркинсона. Это тяжелое заболевание, поражающее в основном пожилых людей. Они страдают от тремора (дрожания) конечностей и головы, судорожных подергиваний, скованности в мышцах тела. Причина этого в том, что в определенных отделах их мозга погибают нервные клетки, выделяющие и использующие для передачи информации нейромедиатор дофамин. Его недостаток и вызывает двигательные расстройства. Основа лечения таких больных — прием препаратов, которые увеличивают содержание дофамина в мозге.

В университетской клинике Ванкувера одной группе пациентов давали лекарство апоморфин, стимулирующее образование дофамина, а другой — плацебо. Кроме лекарства больные получали еще радиоизотоп, который связывается с рецепторами дофамина и метит их, показывая тем самым, сколько его образовалось. К удивлению исследователей, выяснилось, что в мозге больных, принимавших плацебо, образование дофамина тоже увеличивалось. «Интересно, что по содержанию дофамина в мозге они были близки к тем пациентам, которых действительно лечили», — сообщил Джон Стоссл, руководитель исследования.

Как же медики объясняют это удивительное явление? Они считают, что все дело в особенностях дофамина. Этот нейромедиатор отвечает еще и за получение удовольствия, обеспечивает физиологическое подкрепление каких-то действий. Само ожидание улучшения состояния (а для больного это, несомненно, высшее удовольствие) повышает содержание дофамина в его мозге. А именно это и требуется для облегчения его страданий (по сообщению агентства «New Scientist» от 07.08.2001).

Для паркинсонизма, где дофамин играет ключевую роль, это объяснение подходит. Но чем объяснить эффект плацебо при других болезнях? Выяснить это — задача будущих исследований.

Н.Маркина



Взрывчатка

Г.Н.ЕМЕЛЬЯНЕНКО, Нижний Новгород: *Химическим способом отличить ткань из ацетатного волокна от всех похожих искусственных и синтетических тканей очень легко: ацетатное волокно растворяется в ацетоне.*

Е.А.РОМАШОВУ, Москва: *Силикатный клей содержит силикат натрия, который постепенно разлагается с образованием оксида кремния, поэтому удалить мутное пятно от клея со стекла невозможно, ведь стекло — это тот же SiO_2 .*

А.Н.ПУЗАНОВОЙ, Москва: *Авантюрином называется не только камень, но и особый сорт стекла; вазы в музее керамики «Усадьба Кусково», о которых вы пишете, сделаны как раз из венецианского авантюринового стекла.*

М.А.МАНАЕВУ, Екатеринбург: *Шоколад седеет по разным причинам — иногда от кристалликов сахара, иногда — какао-масла, а иногда — от плесени; в любом случае это некрасиво, но опасен для здоровья только последний случай.*

Н.П.МАЧУЛЬСКОМУ, Санкт-Петербург: *Даже в телесериале козел никак не может быть потомком туров, на которых охотились в Древней Руси, поскольку те туры были быками (вид *Bos primigenius*, бык первобытный); очевидно, сценаристы все-таки имели в виду кубанских или дагестанских туров из рода горных козлов, здравствующих до сего дня.*

И.С.БОГОМОЛОВУ, Керчь: *Салеп, которым питались татаро-монголы в дальних переходах, — это особым образом обработанные и высушенные клубни орхидей рода ятрышников, а ятрышники числятся у нас в Красной книге, так что лучше пусть этот татаро-монгольский опыт остается в исторических романах.*

Ф.Г.СУЛЕЙМАНОВУ, Оренбург: *Большое спасибо за предложение, но денег на редакторские издержки с наших авторов мы никогда не брали и брать не собираемся; присылайте вашу статью, прочтем ее совершенно бесплатно.*

ВСЕМ ШКОЛЬНИКАМ, пишушим в «Химию и жизнь»: *Когда вы просите выслать схему электроприбора или путь синтеза вещества, не ленитесь уточнить, для чего вам они нужны, — это повысит вероятность получения ответа.*

ПИТЕРУ БРЕЙГЕЛЮ: *К сожалению, ваша картина на второй странице обложки сентябрьского номера оказалась вверх ногами; простите нас, пожалуйста...*



Профессор Чикагского университета Фил Итон (Phil Eaton) синтезировал вещество, которое может стать самой мощной из известных сегодня неядерных взрывчаток. Итон затратил двадцать лет первоклассной научной работы, чтобы получить молекулу кубической формы с безупречной симметрией и потенциально убийственной силой — октанитрокубан. Красота молекулы и головокружительные возможности применения нового вещества вызвали у химиков всего мира сложные чувства: смесь восхищения и озабоченности.

Работа Итона и его соавторов получила премию Американского химического общества, которое оценило синтез октанитрокубана как одно из самых значительных открытий 2000 года. Коллега Итона — Барт Кар, профессор химии Вашингтонского университета, сказал, что Итон возвысил поиск новых химических форм до уровня искусства и его достижение можно сравнить с работой скульптора, причем гениального. Барт Кар не пожалел красочных сравнений: «Итон для Чикаго то же самое, что Микеланджело для Флоренции».

Действительно, чтобы синтезировать такую сложную молекулу, требуется мастерство на уровне искусства. Итон колдует над новыми химическими соединениями в Чикагском университете с начала 60-х годов. Прославился он в 1964 году, когда первым (вместе с Т.Коуллом) смог синтезировать кубан — куб из восьми атомов углерода, к каждому углу которого присоединен водород. Кубан не встречается в природе, поскольку «естественный», неискаженный, угол между двумя углерод-углеродными связями (например, вокруг тетраэдрически связанного атома углерода) равен $109,4^\circ$. При уменьшении угла C–C–C до 90° , необходимых для создания куба, возрастает напряжение молекулы (см. «Химию и жизнь» № 3, 2001). Военные ученые, исследовавшие кубан в 80-х годах, пришли к выводу, что именно в этих напряженных связях хранится энергия, которая делает соединение мощной взрывчаткой, если его

СТОЛЕТИЯ



дополнительно модифицировать. Они смоделировали структуру такого взрывчатого вещества: это должен был быть кубан, в котором все атомы водорода заменены нитрогруппами. Но предсказание, сделанное «на кончике пера», надо еще было воплотить в реальность. За помощью обратились к Итону, который начал работать над новой взрывчаткой в начале 80-х годов со своим ассистентом Мао Хи Зангом. Собирали сложную молекулу

постепенно, каждая стадия занимала примерно год работы. Иногда требовалось несколько лет, чтобы найти способ присоединения одной нитрогруппы. Последняя стадия, над которой ученые бились год, оказалась самой трудной. «Это вам не кроссворд, в котором чем больше решил, тем легче», — сказал Итон. Но сейчас долгая борьба позади, и она увенчалась созданием новой молекулы.

Ученые, работающие на военную промышленность США, считают вполне возможным, что полученный Итоном и Зангом белый порошок окажется на 20% сильнее, чем октоген (разработан в 1942 году), и станет основоположником нового поколения боеприпасов. Не исключено, что на его основе удастся сделать более мощное и легкое оружие. Сам Итон сообщил корреспондентам, что молекулярный шедевр получил несколько миллионов долларов от американской армии и ВМФ и что он чувствует беспокойство из-за этой обязывающей поддержки. Тем не менее профессор вовсе не считает работу на армию сделкой с силами зла и признает, что

военные заслуживают уважения за то терпение, с которым они поддерживают долгие исследования. Для ученых, работающих на войну, успех Итона может стать поворотным, поскольку область взрывчатых веществ развивается медленно.

Споры о том, какова должна быть ответственность ученого за создание потенциально опасного оружия, делятся еще со времен Альфреда Нобеля, который истратил деньги, полученные от изобретения динамита, на фонд и премии, носящие его имя. Многие историки считают, что он совершил этот поступок, чтобы избавиться от чувства вины, поскольку оружейными технологиями Нобель занимался вплоть до своей смерти в 1896 году.

Автор нового смертоносного изобретения занимает философскую позицию: «Сама по себе взрывчатка ни в чем не виновата», все зависит от того, как ее будут использовать. Действительно, результаты работы Итона уже нашли мирное применение. Стюарт Витземэн — бывший ассистент Итона, а теперь сотрудник компании «Истмэн Кемикал», заявил, что техника, с помощью которой был получен октанитрокубан, помогла его коллегам сделать противовирусные препараты и химические соединения, используемые в сельском хозяйстве. Со своей стороны, военные эксперты утверждают, что одной взрывчатой силы, как бы она ни была велика, недостаточно для того, чтобы сделать разрушительное оружие. Пока, по их прогнозам, наиболее вероятное применение октанитрокубана — это заряды с маленьким весом.

Вероника Благутина,
по материалам газеты «Tribune»



ТЕХНОЛОГИИ ТРЕТЬЕГО ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ

Первая выставка-симпозиум идей и инвестиций

МИЛЛЕНИУМ

14-17 февраля 2002 года
Одесса Морской вокзал

www.sudohodstvo.com

Учредители: Министерство экономики
Одесский горисполком
Одесская облгосадминистрация

При поддержке:



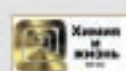
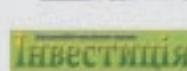
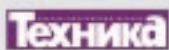
Патронат:

Генеральный информационный спонсор:



ОПУ + ПНИМФ
ЧерноморНИИпроект
Юридическая фирма

Информационные спонсоры:



Организатор:

Пер. Сабанский, 1, офис 2, Одесса, 65014, Украина
Тел.: +38 (0482) 22-63-19, 22-75-00, Факс: +38 (0482) 25-09-66
E-mail: abe@sudohodstvo.com