



**ХИМИЯ И ЖИЗНЬ**

**6** /2019







Зарегистрирован  
в Комитете РФ по печати  
19 ноября 2003 года, рег. Эл № 77-8479  
НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

**Главный редактор**  
Л.Н. Стрельникова  
**Заместитель главного редактора**

Е.В. Клещенко  
**Главный художник**  
А.В. Астрин

**Редакторы и обозреватели**

Л.А. Ашкинази,  
В.В. Благутина,  
Ю.И. Зварич,  
С.М. Комаров,  
В.В. Лебедев,  
Н.Л. Резник,  
О.В. Рындина

Подписано в печать 8.6.2019

Типография «Офсет Принт М», 123001,  
Москва, 1-й Красногвардейский пр-д, д. 1

**Адрес редакции**  
119991, Москва, Ленинский просп., 29, стр. 8

**Адрес для переписки**  
119071, Москва, а/я 57

**Телефон для справок:**

8 (495) 722-09-46  
e-mail: redaktor@hij.ru

<http://www.hij.ru>

**Соцсети:**  
<https://www.facebook.com/khimiyaizhizn>

[https://vk.com/khimiya\\_i\\_zhizn](https://vk.com/khimiya_i_zhizn)

<https://ok.ru/group/53459104891087>

[https://twitter.com/hij\\_redaktor](https://twitter.com/hij_redaktor)

[https://www.instagram.com/khimiya\\_i\\_zhizn/](https://www.instagram.com/khimiya_i_zhizn/)

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

На журнал можно подписаться в агентствах «Роспечать» —  
каталог «Роспечать», индексы 72231 и 72232  
«Арзи» — Объединенный каталог  
«Пресса России», индексы — 88763 и 88764 (рассылка —  
«Арзи», тел. 443-61-60)  
Каталог «Почта России», индексы П2021 и П2017.  
«Информсистема» — (495) 127-91-47  
«Урал-Пресс» — (495) 789-86-36

© АНО Центр «НаукаПресс»

**Генеральный спонсор журнала**  
Компания «Биоамид»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А. Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
картина художника Вермеера «Девушка с бокалом вина». Соблазны, соблазны... Как с ними жить? Подробности в статье «Красное вино — пить или не пить?»

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
плакат А. Кука, посвященный  
Международному году Периодической  
таблицы химических элементов

*Явления природы,  
в отличие от теорий,  
не могут быть ошибочными.*

*В.В. Матвеев*

# Содержание

<b>Хемофилия</b> САМИ ПРИДУМАЛИ – САМИ ДЕЛАЕМ. Л.Н. Стрельникова .....	2
<b>Мемуары Игнобеля</b> КАК ДОИТЬ КОРОВУ ПО-НАУЧНОМУ? С.М. Комаров.....	11
<b>Живые лаборатории</b> КОРОВЫ И МЕТАН. С. Анофелес.....	13
<b>Расследование</b> АГРЕССИВНАЯ ЗЕЛЕНАЯ МАССА. Н.В. Вехов .....	14
<b>Хемоскоп</b> СИНТЕЗИРОВАНЫ САМЫЕ МАЛЕНЬКИЕ ЦИКЛОДЕКСТРИНЫ. НАЙДЕНА ПЕРВАЯ МОЛЕКУЛА ВСЕЛЕННОЙ. ПЕРОВСКИТНЫЕ ПЛЕНКИ ПРЕТЕНДУЮТ НА РОЛЬ СЕТЧАТКИ. А.И. Курамшин.....	20
<b>Элемент №...</b> НЕПТУНИЙ: ФАКТЫ И ФАКТИКИ. А. Мотыляев.....	22
ПРОБЛЕМА МИНОРНЫХ АКТИНОИДОВ. С. Анофелес.....	24
<b>Размышления</b> ЭВОЛЮЦИЯ ТРУДНОСТЕЙ. А.Н. Поддьяков .....	26
<b>Сто химических мифов</b> КРАСНОЕ ВИНО: ПИТЬ ИЛИ НЕ ПИТЬ? И.А. Леенсон .....	30
<b>Проблемы и методы науки</b> ЗАРЯДКА, ХОЛОД, АЛКОГОЛЬ – ЧТО ОБЩЕГО? О.В. Космачевская, А.Ф. Топунов ...	32
<b>Научный комментатор</b> ДВОЕ СВОБОДНЫХ ОТ ВИЧ. Е. Клещенко.....	38
<b>Проблемы и методы науки</b> БРЕМЯ БОЛЬШОГО ГЕНОМА. Н.Л. Резник .....	42
<b>В море и на суше</b> ВИД ИЛИ НЕ ВИД? Т.Н. ВИНОГРАДОВА .....	46
<b>Панацейка</b> ЙОХИМБЕ — ДЕРЕВО НЕСБЫВШИХСЯ НАДЕЖД. Н. Ручкина.....	50
<b>Фантастика</b> НИГРЕДО. Анатолий Герасименко .....	52
<b>Цитата</b> ХОЛОДНАЯ ГОЛОВА, ГОРЯЧЕЕ СЕРДЦЕ И ЧИСТЫЕ РУКИ. Константин Душенко .....	57
<b>Мемуары</b> НЕ ВСЕ ЛЮДИ ВРАГИ... М.Б. Черненко .....	58
<b>Нанофантастика</b> ОТПУСК. Владимир Ржин .....	64

ИНФОРМАЦИЯ	41, 49	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
		ПИШУТ, ЧТО...	62

**Сами придумали – сами делаем**



Мы знаем, какой невосполнимый урон нанесли реформы 90-х годов науке и промышленности — почти все прикладные институты были уничтожены, и вместе с ними исчезла связь науки с производством. Были редчайшие исключения, когда директорам удалось спасти свои организации. Среди них — филиал ВНИИ генетики и селекции микроорганизмов в Саратове. Его директор Сергей Петрович Воронин не только сохранил институт, но в духе времени — сначала превратил его практически в частный НИИ, а затем — в акционерное общество «Биоамид», которое сегодня, по прошествии 30 лет, занимает пятую строчку в рейтинге самых успешных и быстроразвивающихся малых инновационных компаний в России. Компания разработала биотехнологии для химической промышленности, сельского хозяйства и медицины, мы не раз писали об этом. А сегодня **Сергей Петрович Воронин** и главный редактор журнала «Химия и жизнь» **Любовь Николаевна Стрельникова** беседуют о том, как рождается любовь к химии, как создаются новые технологии, кто прокладывает им дорогу в жизнь и откуда берутся деньги на благотворительность.

#### **К химии относятся по-разному, но в вашем случае это — любовь?**

Химию можно либо любить, либо ненавидеть. Третьего не дано. И зависит это от твоего первого учителя химии. Мне и моему классу в самой обычной средней школе № 72 в Саратове повезло с учителем — в химию мы влюбились с первого же урока. Пока в параллельных классах зубрили названия химических элементов и их атомные веса, мы первый месяц ходили на уроки химии как в театр — смотрели на красочные опыты, которые показывал нам Клариса Мироновна Сапунар. А потом мы сами стали участниками спектакля. Каждому из нас давали защитные очки, держатель пробирки и спиртовку. В пробирку мы насыпали смесь магния и серы, грели на пламени спиртовки и смотрели, не отрываясь, пока смесь в пробирке не вспыхивала и не получался сульфид магния. Иногда пробирки разлетались, но, если пробирка оставалась целой, мы капали туда воды, и запах сероводорода полз по всему этажу. Бутылку из-под шампанского, наполненную водородом и кислородом, учительница взрывала сама, обернув ее полотенцем. Фараонова змея, вулканы, пересыщенные растворы сульфата натрия, когда по нему палочкой ударяешь или горошину бросаешь, и раствор мгновенно кристаллизуется — все это незабываемо. По вечерам мы с ребятами собирались, делали какие-то растворы, сливали их, выпадали какие-то осадки разного цвета. Мы не понимали, что это такое, но завораживал сам процесс. Хулиганили, конечно. В нашем микрорайоне трамвай ходили с большой опаской, потому что могли наехать на спичечный коробок со смесью марганцовки и алюминия. Трамвай, конечно, с рельсов не сходил, дело ограничивалось хлопком и яркой вспышкой. Но пассажиры пугались, а мы, идиоты, сидя в засаде, чувствовали себя, наверное... партизанами. Вот так я полюбил химию. Да что я — весь класс, все, от самых прилежных до самых разгильдяев, любили и знали химию.

#### **Знали настолько хорошо, что могли успешно участвовать в олимпиадах по химии?**

Да, ученики Кларисы Мироновны были лучшими на олимпиадах по химии разных уровней. А на региональных олимпиа-

*Академик В.Г. Дебабов (слева) и С.П. Воронин — соратники, партнеры, друзья уже 33 года*



дах по физике и математике первенство всегда удерживала физико-математическая школа № 13, которую в свое время создали при Саратовском государственном университете. Руководство физматшколы очень ревниво относилось к химическим успехам моей школы и в конце концов предложило Кларисе Мироновне создать в тринадцатой школе девятый химический класс, причем разрешило привести с собой несколько учеников. Мы как раз закончили восьмой и вместе с учительницей, как цыплята с наседкой, перешли в первый химкласс физматшколы. Нас было человек семь, остальные поступили в школу, преодолев большой конкурс. Но пришли они ради физики и математики, а их определили в химкласс. Ребята ужасно расстроились — ведь химию в школах, как правило, не любили. Помню, Клариса Мироновна их успокаивала: «Ребята, я договорилась с руководством школы, что вы месяц поучитесь в этом классе, а потом, если вам не понравится, перейдете в другие классы». И через месяц из класса ушли всего двое.

#### **Из обычной средней школы вы перешли в университетскую. Почувствовали разницу?**

Учителя были интересные, порой экстравагантные. Физиком нам преподавал бывший декан физического факультета Саратовского университета. И понятно, что уровень преподавания был высокий. Но я запомнил первый урок по литературе в новой школе. Учитель заходит в класс и говорит: «Ну, что, вся сволочь собралась?» Мы онемели, а он: «А что здесь такого? Это же русский язык. Вас сволокли со всего города в эту школу. И кто вы после этого?» И тут же предложил нам написать короткий диктант — что-то про коллежского асессора. На следующем уроке литературы он говорит: «Знаете, двоек нет». Мы все выдохнули, плечи расправили. А он продолжает: «Тройка — одна, остальные — колы!» На уроках химии обстановка была очень демократичная — мы принимали зачеты друг у друга. И лаборатория в новой школе была хорошая, поэтому химия у нас была настоящая, экспериментальная.

#### **А что с химическими олимпиадами? Новая школа стала здесь лидером, как и рассчитывала?**

Конечно, ученики Кларисы Мироновны обязательно в них участвовали и занимали призовые места. Вообще, в нас все время поддерживали дух соревнования, настраивали на то, чтобы быть первыми, и мы действительно этого хотели. Я занимал первые места на районной олимпиаде, однако на региональной выше третьего не поднимался, поэтому на всесоюзную олимпиаду не ездил. А вот мой одноклассник Олег Кузьмин ездил и побеждал. Мы с ним на пару химичили. Помню, смешали в коробке из-под спичек бертолетову соль и фосфор, чтобы получилось сами знаете что. Взяли длинный гибкий пруттик и начали на расстоянии пытаться расшевелить содержимое коробка. Но ничего не получалось. «Да ладно, чего там, ничего не будет», — сказал Олег, схватил коробок в левую руку. И тут же произошла вспышка, сильный ожог. А парню ехать на всесоюзную олимпиаду в Вильнюс. Все же поехал — с перебинтованной рукой. Так что химию мы любили экстремальную.



*Природа — кладёзь биотехнологий, нужно только научиться черпать из нее*

### **Понятно, что вопрос «куда идти учиться после школы» не стоял. На химфак университета, конечно?**

Так школа была университетская, нас для университета и готовили. Мысль о том, что хорошо бы поехать учиться в Москву, даже не возникала — настолько нас приучили к саратовскому университету как к будущему дому, где нас ждут. Почти весь мой класс, человек двадцать точно, поступили на химфак Саратовского университета.

### **Учиться было легко?**

Сказать, что я хорошо учился в университете, не могу. У нас были ребята, пятерочники, вот они учились по-настоящему, не поднимая головы. А моя задача была — получать стипендию. Поэтому я зубрил перед экзаменами, доносил знания до экзаменатора, выплескивал и уходил с хорошей пустой головой, настроенной на что-то другое. А этого другого было много. Я выступал за университет в трех сборных — по фехтованию, легкой атлетике и волейболу, играл на бас-гитаре в ансамбле и ездил в стройотряды. Так что жил я полной, насыщенной студенческой жизнью и ни к чему себя не готовил.

Сказать, что я вынес из университета глубокие систематические знания, не могу, но это моя вина. Однако на дипломной работе случилось мое просветление: я почувствовал вкус науки и понял, что заниматься научными исследованиями — это мое. Глубины направления я тогда понять не мог. У меня была конкретная локальная задача синтезировать определенный пиролизидин и разделить два его стереоизомера, но даже она меня грела, да еще — интересные люди на кафедре органической химии.

### **Решили поступать в аспирантуру?**

Нет, аспирантура была позже. Пока мне надо было отработать по распределению. Ничего хорошего мне предложить не могли — я же не отличник. Поэтому надо было постараться просто остаться в Саратове. Мои родители всю жизнь проработали на заводе электронного машиностроения, который сегодня, к сожалению, превратился в мебельный магазин. Мне сделали вызов на завод, в центральную заводскую лабораторию. Но когда я пришел, оказалось, что место занято, и меня направили мастером участка. Это был цех, где занимались порошковой металлургией. Здесь получали порошки вольфрама и молибдена, смешивали их, прессовали, спекали, ковали, потом на волоочильных станах тянули, превращали в восьмимикронные нити и золотили их. Все это шло в электронику и в космос.

Днем на заводе еще было терпимо — какая-то суета, люди, совещание. А в вечернюю смену что делать, когда все задания раздал? Посидишь в своей будке, потом выйдешь и энергичным, деловым шагом пройдешь через участок в дальний конец завода. А потом назад вернешься, так же энергично... В общем, спустя полгода я понял, что так маяться больше невозможно. Хотя мой отец всю жизнь работал на заводе именно в таком режиме. Главным в его жизни было то, что он, танкист, вернулся с войны живым. Все остальное на этом фоне — такая мелочь. Тогда это было нормально — идти и зарабатывать деньги, чтобы содержать семью. Никто о творческой работе не рассуждал. А жизнь — она уже была потом, после работы: у кого рыбалка, у кого сад, у кого рукоделие. Да, зарплата у меня была по тем временам очень приличная, выходило 215 рублей. Ребята, которые пошли работать в НИИ и университет, получали вдвое меньше. И все же никакие деньги не нужны, когда понимаешь, что не на своем месте. И когда меня вдруг, через полгода, пригласили в университетский Институт химии на ставку старшего инженера в 135 рублей — я не раздумывал ни минуты, потому что все эти шесть месяцев я продолжал переживать радость, которую мне доставила научная работа на дипломе.

### **На решение какой научной задачи вас бросили?**

Я попал в лабораторию, в которой занимались гетероциклическими системами на основе фурана. К тому времени на кафедре открыли реакцию получения тиофена из фурана в одну стадию при комнатной температуре. И мне поручили по той же схеме сделать селенофен. Тогда, кстати, была мода на селен, им увлекались многие химики.

Селенофен я сделал, и меня пригласили в аспирантуру в группу к Валентине Григорьевне Харченко. Она была известным советским химиком-органиком, занималась сероорганикой. Тему диссертационного исследования я предложил сам — мне очень хотелось расколоть механизм образования тиофена и селенофена из фурана. Я чувствовал, что там не все так просто и очевидно, как кажется на первый взгляд.

### **Довольно любопытно, что вы сами придумали себе тему исследования. Сегодня аспиранты, как правило, ничего не придумывают, а только требуют от своего руководителя инструкции, что и как делать.**

Нет, это совсем не мой случай. Я сам планировал свой эксперимент и всю свою работу от начала и до конца. До меня кинетикой на кафедре никто не занимался, поэтому я обло-



*С.П. Воронин и академик Н.С. Зефирин в химическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова, 2015 год*

жился книгами и выбрал подход к исследованию кинетики реакций — мне надо было выяснить, как зависит скорость реакции превращения фурана в тиофен от кислотности среды. Это было счастье: просыпаться утром и думать — сейчас приеду на работу и поставлю такой-то эксперимент. На работу приходил к десяти, а уходил за полночь. Лучше всего работалось, когда все расходились и я оставался в лаборатории один.

#### **Механизм расколоты?**

Да, и это была почти скандальная история. Я доказал, что реакция идет по механизму двойного протонирования, что довольно необычно для такой системы. Надо предзащититься. Докладываю результаты Валентине Григорьевне, а она аж подскочила: «Такого не может быть, потому что такого не может быть никогда! Это что — протон идет на протон, плюс на плюс? Да ты что! Меня же распнут!» И пообещала, что на предзащите наши кафедральные доценты меня растерзают. У меня был оппонент на кафедре. Я дал ей книгу с моими закладками по кинетике органических реакций, из которой я подхватил подход к моему эксперименту. Докладываю свою концепцию. Оппонент встает и говорит — да, в литературе есть такие-то аналоги, все как будто чисто. Такие кинетические результаты действительно говорят о втором порядке реакции. Никто меня не растерзал. Но тут встала Валентина Григорьевна, мой научный руководитель, и начала хлестать меня и в хвост и в гриву в терминах хорошей научной дискуссии. А я уперся и стою на своем. В конце концов она махнула рукой, и меня допустили к защите. Защита прошла хорошо, без проблем, меня произвели в доценты кафедры органической химии, а я продолжил копаться в механизме, потому что у меня еще оставались вопросы, на которые надо было получить ответы.

**Но ведь открытие механизма реакции — это серьезный и очень важный фундаментальный результат. Его заметили в научном сообществе? Как-то обсуждали? Комментировали?**

Это еще один скандал. Моя коллега, сотрудница нашей лаборатории, которая в свое время наткнулась — кстати, ничего обидного в этом слове нет, открытия совершаются случайно — на реакцию превращения фурана в тиофен в одну стадию и механизм которой я впоследствии в своей кандидатской защищал, стала проявлять явные признаки ревности. Как же так — все внимание к механизму, который я открыл, он обсуждается, а ее реакция уже отошла на второй план. И вот ситуация. Меня отправляют со студентами на картошку, а она берет мои слайды, едет в Ригу на конференцию по гетероциклическим соединениям и рассказывает про реакцию и механизм так, как сама это понимает.

На конференции был Николай Серафимович Зефирин, теоретик номер один в органической химии тех лет. Послушал он все это и сказал: «Вы только в бане такого не скажите — шайками закидают». Она приезжает после конференции — довольная! «Моя реакция всем понравилась, а механизм твой — г..» Спрашиваю — а какие вопросы по механизму он тебе задавал? Вот такой-то, говорит. А я сам себе этот вопрос уже задавал и нашел на него экспериментальный ответ. Но она-то об этом не знала. Валентина Григорьевна в трансе. «Ты, — говорит, — позор моих седин. Я ж тебе говорила, да ты же упертый, настырный!» А я в ответ: «Давайте съезжу к Зефирову, у меня есть что возразить». — «Вот тебе телефон, сам звони, я даже близко не подойду. Ничего делать не буду. Ты меня на всю страну опозорил».

Звоню. «Николай Серафимович, вы покритиковали мой механизм. Можно, я к вам приеду — у меня есть доводы». — «А чего ко мне? Приезжайте к нам на семинар, выступите. Мы все вас и послушаем». У меня к тому времени уже меченые атомы в ход пошли, так что доказательная база была очень солидная. И все это я рассказываю на семинаре. Зефирин только спросил: «Это ваша докторская диссертация?» Я от неожиданности что-то промывал в ответ. А он резюмировал так: «С теоретической органической химией это не очень вяжется. Но ваши экспериментальные данные позволяют вам писать эти вещи. Будут завтра другие данные, будем пересматривать. А пока все логично. Я дам вам рекомендацию в “Журнал органической химии”, в “Журнал гетероциклических соединений”». Вот это мое высшее достижение в экспериментальной науке. Тогда мне было 30 лет, и было ясно, что года через два я стану доктором химических наук.

#### **Однако не стали. Что помешало?**

Меня позвали создавать новый институт в Саратове — Саратовский филиал московского ВНИИ генетики и селекции промышленных микроорганизмов, который возглавлял Владимир Георгиевич Дебабов. Наша кафедра сотрудничала с Анной Феодосьевной Олейник, женой Дебабова. Она работала в Научно-исследовательском химико-фармацевтическом институте в Москве, где занимались исследованиями и синтезом субстанций для лекарственных препаратов. И у меня с Анной Феодосьевной была совместная работа.

И вдруг она мне звонит и говорит: «Сережа, мой муж будет организовывать в Саратове филиал своего института. Я предложила ему тебя на роль директора». Я попросил три дня, чтобы подумать. С одной стороны — докторский диссер практически в руках, а с другой — сомнения, которые уже давно одолевали меня. Мне казалось, что все, что мы делаем — это деятельность клуба любознательных в количестве 20–30 человек, которым это интересно. И чем я отчитаюсь перед Всевышним? Статьями, которые читают вот эти двадцать человек и больше никто их не читает? Лекарствами, которых нет? За всю историю кафедры была только одна субстанция, нитрофуран, которую пытались довести до лекарственного препарата. Но решение принимали в Риге, где был завод, и там взяли рижский нитрофуран, а наш отодвинули. Его даже до ветеринарного препарата не довели, хотя нитрофуран



*С.П. Воронин не выпускает из рук телефон и ключи от машины: они обеспечивают ему полную мобильность*

был отличный. Получается, что отчитываться я буду тем, что всего лишь удовлетворял свой интерес? А для людей-то что сделал?

Через три дня я позвонил, потому что случилось нечто, что и решило вопрос. Та самая сотрудница лаборатории, которая открыла реакцию и выступала на конференции в Риге, вдруг устроила в лаборатории скандал. Видимо, ее достали мои амбиции. «Это моя реакция! Ты примазался! Тянешь одеяло на себя!» А я даже не обиделся, потому что понимал — ей тоже надо докторскую диссертацию защищать. «Да что я теряю?» — подумал я и полетел на выходные в Москву, к Дебобову. И у него на кухне я выслушал трехчасовую лекцию о биотехнологии. Помню, как он точно описал ситуацию в органической химии. Он тогда сказал, что в органической химии практически все фундаментальные вещи открыты. И теперь каждый сидит на своей кочке и смотрит, чтобы никто к этой кочке не подлез. А биотехнология — это огромное зеленое поле. Хочешь здесь травку щипай, а хочешь — там, никто локтями не толкается. И я решил — попробую. Зачем мне этот скандал на кафедре, да еще с женщинами? Если я чего-то стою, я себе еще чего-то сделаю. Валентина Григорьевна очень расстроилась, когда узнала, что я ухожу. Тем не менее я ушел, но не бросал ее до конца ее жизни и всегда помогал, считал ее своей второй матерью.

#### **Интересно, как Анна Феодосьевна разглядела в вас будущего успешного директора и руководителя собственной компании?**

Я долгое время наивно полагал, что Анна Феодосьевна порекомендовала меня из-за моих научных достижений. Но совсем недавно я выяснил, что вовсе не поэтому, а из-за истории с «Акрихином». История такая. Моим коллегам на кафедре нужен был фуран. Анна Феодосьевна дала мне телефон главного инженера «Акрихина», о крутости которого ходила молва. Звоню ему и говорю: «Нужен фуран для исследований». — «Сколько вам надо?» — «Хорошо бы десятилитровую канистру». — «Ну ладно, приезжайте».

И вот я уже собираюсь выехать в Москву, звоню, чтобы предупредить. А он мне: «Какой фуран? Мы его на пароме из Средней Азии доставляем! С какой стати я буду им разбрасываться?» Вот те раз. Но я-то настырный, и вопрос решать надо. Беру служебную машину, еду в Москву с канистрой,

звоню главному инженеру и ставлю перед фактом — так, мол, и так, приехал за фураном. «Но я же вам сказал, что не дам?! Это для нас самих трудно доставляемое сырье». — «Подождите, — говорю, — не путайте меня. Вы говорите “не дам” по четным, а по нечетным — “дам”. Сегодня нечетный звонок, звоню вам в третий раз». Он рассмеялся. «Ладно, — говорит, — приезжай. Скажи, чтоб налили, я разрешил».

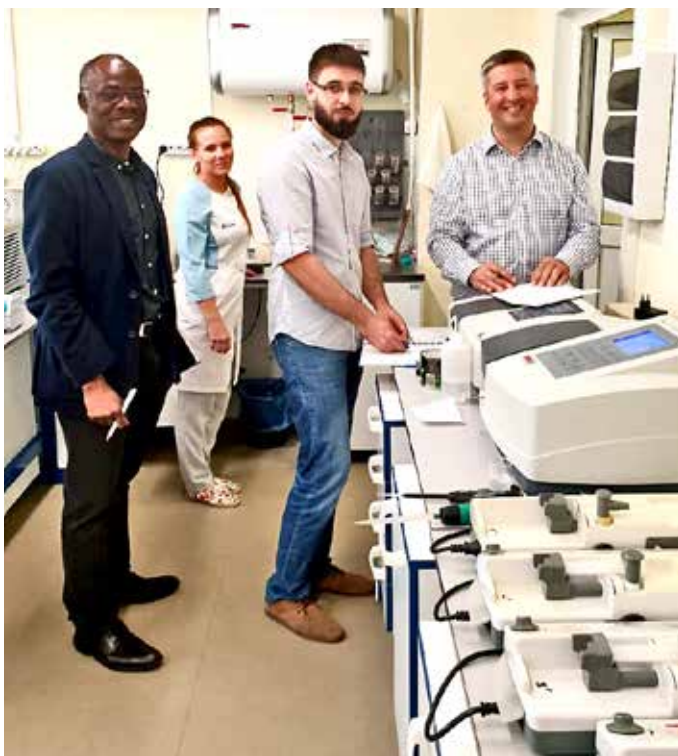
Недавно Анна Феодосьевна призналась, что порекомендовала меня потому, что я сумел выцарапать фуран у «Акрихина».

#### **История, конечно, показательная. Но тем не менее директорство требует навыков управления коллективом, умения работать с людьми.**

Никаких менеджерских или управленческих курсов я не кончал. Моя управленческая школа — это стройотряды. Когда был студентом, поработал в двух стройотрядах бригадиром. А потом дважды выезжал командиром, на Кольский полуостров и в Томск. На тебе вся ответственность — людей надо поселить, накормить, дать денег заработать, со всеми договориться, чего-то там налево, чего-то там направо... В общем — полноценная работа руководителя в концентрированном виде. Особенно тяжело было на Кольском полуострове. Мы работали на Ковдорском горно-обогатительном комбинате, где перерабатывали железную руду, магнетит, из уникального местного месторождения. Чтобы увеличить мощность ГОКа, нам надо было свалить 17 гектар леса и разделить его, освободить место под пульпохранилище. А еще надо было очистить пульпопровод, забитый черной как чернила пульпой, транспортерными лентами, досками и еще черт знает чем. Старый бетонный желоб надо было разбить и сделать новый, более широкий. В общем — страшно вспомнить, но это была очень денежная работа. Днем я работал как командир, бегал и решал вопросы. А в ночную смену выходил с ребятами на этот пульпопровод. Целый месяц я спал по два часа в сутки. В моем подчинении было сорок человек. Интересно, что и сейчас в нашей компании немногим больше — 64 человека.

#### **Институт в Саратове создавали не на пустом месте?**

Все было записано и обозначено в Постановлении ЦК КПСС и Совмина о развитии новых направлений биологии и биотехнологии 1985 года. Там была строчка — создать в Саратове филиал ВНИИ генетики на базе лаборатории микробной деструкции ксенобиотиков при Саратовском медицинском



Западные партнеры в лаборатории «Биомида»

институте. В этой лаборатории работала группа исследователей, человек шесть-семь, и все, кроме одной женщины, вскоре ушли, потому что им было неинтересно разрабатывать технологии.

**Уволить — дело нехитрое. А где новых сотрудников взять? Тут ведь нужны были специалисты, которые и в химии понимали, и в микробиологии, и в инженерном деле.**

Да, грамотные сотрудники нужны были позарез! Сейчас в это трудно поверить, но тогда в Министерстве высшего образования мне разрешили сделать два специальных выпуска химиков-органиков в Саратовском университете. Из учебной программы двух старших курсов мы выбросили все узкоспециальные дисциплины, а на их место поставили биохимию, генетику, микробиологию и т. п. Из каждого из двух выпусков я взял к себе в институт человек по десять. Это и стало костяком института.

**А кто формировал план исследований? Кто определял, чем будет заниматься институт?**

Во-первых, в Постановлении было записано, что институт должен разрабатывать технологии микробной деструкции ксенобиотиков. Скажем, если у тебя вода загрязнена поверхностно-активными веществами, нефтью, фенолом — чем угодно, то ты должен подобрать такие штаммы микроорганизмов, которые будут разделять эти вещества на безвредные части, и предложить технологическую схему. Тогда экологическая тема была в моде, все это звучало.

Но Дебабов как руководитель головной организации и мой начальник мог корректировать планы института. Помню, в марте 1987 года, спустя три месяца после начала моей работы директором, он приехал в Саратов, и не с пустыми руками. «Знаешь, — говорит, — можно зачищать за химическими производствами, а можно создать такое химическое производство, в котором не будет грязных стоков и отходов. Возьми, позанимайся этим. — И вручил мне описание двух японских патентов. — Поручаю тебе лично, а сотрудники пусть делают плановую работу. Даю два года. Не получится — поменяем тему».

В японских патентах были описаны штаммы микроорганизмов, которые могли быть использованы в роли биокатализаторов в промышленном процессе получения акриламида из акрилонитрила — производства грязного, ядовитого, опасного, с высокими температурами и крепкими кислотами. Биотехнологическая версия этого процесса была скорее похожа на кулинарный рецепт — помешиваем в кастрюле при комнатной температуре и получаем нужный нам раствор акриламида без отходов. Разительное отличие двух технологий, химической и био, меня потрясло. Неужели такое возможно? Но Дебабову этого было недостаточно, и, чтобы закрепить успех, он привел мне четыре аргумента, почему я должен этим обязательно заняться. И логика здесь была железная. Во-первых, акрилонитрил производят в Саратове. Во-вторых, акриламид для последующей полимеризации и производства полиакриламида тоже делают в Саратове, в Институте полимеров. В-третьих, ты сам — химик, тебе же интересно такой химический процесс сделать? А ведь в Японии сделали. Чем мы хуже? Это в-четвертых.

Надо ли говорить, что я вцепился в эту тему зубами. Мы довольно быстро нашли природный дикий штамм родококка, который мог выполнять работу биокатализатора в процессе получения акриламида. Видя такое дело, Дебабов решил усилить это направление и создал в своем институте лабораторию из матерых генетиков и микробиологов под руководством Александра Яненко. Вместе с ними мы и сделали несколько поколений штаммов с нарастающей эффективностью, приручили их и создали промышленную технологию получения акриламида.

Кстати, тридцать лет назад, 19 мая 1989 года, у себя в институте мы поставили первый лабораторный синтез акриламида с участием нашего биокатализатора, и все сработало. Это была победа. Мы с Дебабовым тут же поехали к министру медицинской и микробиологической промышленности СССР Валерию Алексеевичу Быкову и показали ему бюкс, в котором лежали кристаллы нашего акриламида, биотехнологического. Он повертел бюкс в руках и сказал: «Хорошо, но мало».

**В России кто-то еще занимался подобными вещами?**

В институтах в Пущино и в Институте биохимии имени Баха занимались подобными вещами, в том числе и акриламидом, но на уровне «показать — может быть или не может». Никто строить заводы не планировал. А мы планировали с самого начала. Это была наша цель — разработать первый в России биотехнологический процесс для большой химии и поставить его на производство.

**И за сколько лет вы достигли этой цели?**

Дебабов поставил перед нами задачу в марте 1987 года, технологию первого поколения мы запатентовали в 1991 году, а в декабре 1993-го в Березняках на заводе «Бератон» запустили первое производство — 20 тысяч тонн 7–8%-ного полиакриламидного геля в год.

**А сегодня, спустя двадцать пять лет, о каких объемах производства акриламида идет речь?**

Сегодня с помощью нашего биокатализатора производят седьмую часть всего акриламида в мире — больше ста тысяч тонн. А эффективность самого биокатализатора мы увеличили почти в четыре раза за счет генетической корректировки. Мы сотрудничаем с компаниями в Великобритании, Германии, Италии, США и Южной Кореи: кто-то покупает наш биокатализатор и работает по нашей технологии, кто-то работает с нашим штаммом, но по какой технологии — не знаем. Понятно, что свои разработки нам приходится патентовать за рубежом.

**Я знаю, что создание биотехнологии получения акриламида — это было лишь начало. Какие технологические прорывы за этим последовали?**



*Львиную долю своего времени С.П. Воронин тратит на то, чтобы убедить потенциальных партнеров и людей, принимающих решения*

Когда производство биокатализатора для акриламида было отлажено, мы переключились на новые технологические задачи. В 2006 году мы первыми в мире сделали биотехнологию получения акриловой кислоты, а в 2008-м биотехнологию получения L-аспарагиновой кислоты. Акриловая кислота в паре с акриламидом нужна для получения широкого спектра водонабухающих полимеров, на которые спрос в мире огромный. L-аспарагиновая кислота нужна, чтобы делать ее калиевые и магниевые соли — основу для сердечного препарата аспаркам. А еще — хелатные соединения аспарагиновой кислоты и металлов-микроэлементов, необходимых для жизни растений и животных. Из этих солей мы делаем уникальный микроэлементный комплекс для сельского хозяйства, который благодаря своей органической форме усваивается организмом полностью. Так что за эти годы мы сделали три биотехнологических процесса.

#### **Государство вас поддерживало? Или все сами?**

Для начала государство нас оценило. За первый биотехнологический процесс, акриламид, мы получили первую премию Правительства России в 1995 году. За аспарагиновую кислоту и аспаркам — вторую премию Правительства РФ в 2010-м. Мы разрабатываем биотехнологии по трем направлениям: для большой химии, для медицины и для сельского хозяйства. За первые два направления премии Правительства РФ мы получили. Так что логично было бы получить и третью — за микроэлементный комплекс...

Мы, конечно, действуем по принципу: сами придумали — сами делаем. Но шесть или семь наших проектов профинансировал Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (теперь Фонд содействия инновациям), который в то время возглавлял Иван Михайлович Бортник. Могу ответственно заявить — это очень

эффективная государственная поддержка. Судите сами, всего за 750 тысяч государственных рублей, которые нам выдал Фонд на разработку аспаркама в дополнение к нашим собственным деньгам, государство получило великолепный импортозамещающий лекарственный препарат, который не только не уступает западному панангину, но и превосходит его по эффективности. И, что важно, производится в России и в Белоруссии. Недавно мы подсчитали, что аспаркам, произведенный по нашей технологии, уже помог трем с половиной миллионам пациентов. С Фондом мы сотрудничали 13 лет, начиная с 2002 года, и он по-настоящему поддержал нас. Последний грант Фонда позволил нам радикально изменить технологию приготовления биокатализатора для акриламидного производства и выйти на лидирующие позиции в мире. Эту работу мы начинали с Фондом, возглавляемым Бортником, а заканчивали и внедряли на заводе «Сиббиофарм» в Бердске уже будучи резидентами Сколково. Ведь мы стали первыми резидентами в направлении «Биотехнологии в сельском хозяйстве и промышленности», которое открылось в 2015 году в Фонде Сколково. Сейчас оно объединяет уже более 100 компаний.

#### **А какая помощь от Сколково? Налоговые льготы?**

Прежде всего, резиденты могут участвовать в конкурсах на получение грантов Сколково. Три года назад наша компания, к примеру, выиграла конкурс и получила грант размером 22,8 миллионов рублей. Правда, по условиям гранта мы должны были предоставить софинансирование в том же объеме. Предоставили, не проблема. Но если бы мы не были резидентами, то грант не получили бы. Кстати, установку для получения органоминеральных комплексов, на которую выдали грант, мы уже доделали и теперь, в конце июля, будем отчитываться в Сколково.

И вы правы — налоговые льготы. Мы освобождены от налогов. Что сделало государство? Оно, в сущности, сказала (точнее, мы это читаем между строк): «Мы не будем брать с



тебя налоги, потому что видим, что ты умеешь этими деньгами распоряжаться. Мы надеемся, что ты их не положишь в карман, а как человек, имеющий опыт победы, потратишь эти деньги на добрые дела. Причем сам думай, куда их нужно тратить». И я решил, что вкладывать надо в завтрашний день. Биотехнологов нужно растить — не для меня, для своей компании я всегда найду одного, двух, трех человек, для этого систему создавать не надо, а для страны — да. Я вижу в этой системе три звена: химический класс в школе, химический факультет в университете и научно-популярный просветительский журнал, который может заинтересовать и вовлечь. Вот на это — на поддержку моей саратовской школы № 13, моего химического факультета Саратовского государственного университета и моего любимого журнала «Химия и жизнь», который не раз писал о разработках и успехах моей компании, чем, безусловно, нам помог, — я трачу свои налоговые льготы в том числе. Конечно, на эти деньги мы строим свои собственные производственные площадки под свои установки.

**Нет ощущения, что сегодня вы один в чистом поле? Прикладные институты уничтожены почти все, многие инфраструктуры в сельском хозяйстве и химической промышленности разрушены, конкурентов нет.**

Я, честно говоря, как-то об этом не задумывался. Да, пожалуй, конкурентов у нас в России нет, поскольку наши биотехнологии трудно, если вообще возможно, копировать и воспроизводить. Но мы, разумеется, не одни. Недавно в Белгороде запущено производство лизина, аминокислоты для корма животных. Оно обеспечит треть всего лизина, необходимого российскому животноводству. Эту биотехнологию нового поколения и мирового уровня сделали в Институте генетики и селекции промышленных организмов. Но я думаю о другом — о фантастических масштабах зависимости нашей экономики от импорта. Все биологически активные добавки в корма до последнего времени были исключительно

импортные — и витамины, и аминокислоты, и ферменты, и микроэлементы. Более того, вся генетика в нашем птицеводстве — западная. Галичская птицефабрика везет самолетом из Германии суточных цыплят для родительского стада. И семенной фонд в больших долях тоже западный. Про лекарства уже и не говорю. Ты можешь развивать свое животноводство и птицеводство, растениеводство и фармацевтику, но в любой момент поставки с Запада могут остановиться, и тогда грош цена твоему бизнесу. Так что зависимость очень серьезная. И зависимость эта — результат тех разрушений, о которых вы говорите. Импортозамещение — это жизненно важный для нашей страны процесс, и мы активно в нем участвуем.

**Импортозамещение просто делается только на бумаге. На деле надо объяснить каждому потребителю, что отечественное часто не только не хуже, но лучше импортного.**

Вот на эту работу у меня уходит львиная доля времени и сил. Если возьмем наш микроэлементный комплекс, то баланс такой: 30% времени — на разработки, технологии, оборудование и производство, а 70% — на убеждение. Мы предлагаем животноводству микроэлементы, которые необходимо добавлять в корма, в органической форме, в форме аспарагинатов. Они усваиваются организмом животного на сто процентов. Пока же в корм добавляют неорганические соли микроэлементов, например — медный купорос. В этом случае организм извлекает лишь 5–15% микроэлементов из солей, подсыпанных в корм. Так что нашего препарата надо в двенадцать раз меньше! Эффективность та же, но какая экономия металлов! Правда, наша добавка чуточку дороже, и это решает исход переговоров, потому что рубль всегда побеждает здравый смысл. А то, что все эти импортные неорганические соли металлов, которые добавляют в корма и которые плохо усваиваются, в конечном счете оказываются в курином помете, и за птицефабрикой тянется шлейф из тяжелых металлов, — до этого никому нет дела. В последнее время на бройлерном производстве и вовсе стало модно и

можно сыпать 400 г сульфата меди на тонну комбикорма. Это своего рода замена антибиотиков, чтобы уничтожать патогенную микрофлору, — ведь медь хороший антисептик. Ну и что? Где вся эта медь? Малая часть меди идет на физиологию, а подавляющая часть — в куриный помет. Меди в помете в пять раз больше, чем в помете у домашней птицы и у птицы, которая сидит на наших микроэлементах.

**Так вот кто, оказывается, разбазаривает медь на планете. Илону Маску меди не хватает на аккумуляторы для электромобилей, а птицеводы сыпят ее направо и налево.**

Конечно, круговорот элементов в природе существует. Все, что содержится в помете дикой птицы, то есть в естественном природном продукте, попадает в почву, включается в жизнь растений, которые поедают куры и коровы, в общем — движется по пищевым цепям. Но если металлов в помете в пять раз больше, чем в норме, то они просто лягут в почву мертвым грузом — ни растениям, ни животным, ни людям никакой пользы, ведь добывать медь, находящуюся в почве в небольших для этих целей концентрациях невозможно.

**Кстати, медь уже переходит в разряд дефицитных металлов, как литий и кобальт, поэтому цена на нее будет расти. Это вам на руку.**

Да, мы это уже видим. Я не про деньги, а про суть, про то, что наши органические микроэлементные комплексы действительно лучше, полезнее и экологичнее, чем неорганические импортные. Но дело движется. Первый эксперимент с птицей был в 2008 году, а сегодня уже несколько птицефабрик перешли на наши микроэлементные комплексы, — Галичская с ее миллионами поголовья уже пять лет кормит своих кур нашими микроэлементами, Михайловская птицефабрика больше половины своих кур кормит нашим комплексом, начали работать с компанией «Приосколье», одним из крупнейших производителей мяса птицы в России.

**Как это вам удается пробивать стену головой? Как вас вообще пустили на эти птицефабрики? Есть секрет?**

У «Биоамида» есть хорошее умение собирать научные команды, объединяющие разнопрофильных специалистов высокого класса, под разные технологические задачи. У каждого из направлений, по которым работает «Биоамид», есть такая команда. Аспаркам, например, мы создавали вместе с волгоградским медуниверситетом. Именно здесь было доказано его клиническое преимущество по сравнению с западным панангином. Поэтому Владимир Иванович Петров, ректор университета и главный клинический фармаколог Минздрава РФ, а также Александр Алексеевич Спасов, заведующий кафедрой фармакологии, тоже стали лауреатами премии правительства вместе с нами.

А что касается наших разработок для сельского хозяйства, то здесь мы тесно сотрудничали с Львом Константиновичем Эрнстом, вице-президентом РАСХН по животноводству. Мы с ним работали и дружили семнадцать лет, до конца его дней. Именно Лев Константинович привел меня за руку к Владимиру Ивановичу Феснину, первому вице-президенту Россельхозакадемии и директору Института птицеводства. Он послушал мои выкладки по нашему микроэлементному комплексу и дал добро на проведение эксперимента. Первый эксперимент прошел в Институте птицеводства с большим успехом, он подтвердил все, о чем я говорил. Эту тему последние десять лет мы успешно развиваем рука об руку с академиком Иваном Афанасьевичем Егоровым.

Но по прошествии почти двадцати лет сотрудничества я понял одну вещь: сельскохозяйственная наука у нас идет своим путем, а Минсельхоз — своим, и эти пути не пересекаются. Тем не менее сотрудничество с такими гигантами, как Лев Константинович Эрнст, очень важно. Потому что когда тебе такой человек, как Эрнст, говорит, что ты делаешь все правильно,

тогда можно идти вперед, несмотря ни на что. И эта уверенность помогает прошибать стену.

**Вы покорили уже несколько вершин. Какая на очереди? Что еще хочется сделать?**

Мне хочется, чтобы наш микроэлементный комплекс, который сегодня отлично показывает себя в животноводстве, послужил и человеку. В сущности, здесь та же самая проблема. Во всех витаминно-минеральных комплексах, которые изготавливают в России, да и не только в России, обязательно есть микроэлементы, но в виде неорганических солей, например — сульфатов. Эта неорганика плохо усваивается организмом, а наши микроэлементы в органической форме, в виде аспарагинатов, усваиваются на 100%. Чтобы и здесь дело пошло, мы для начала должны зарегистрировать наши аспарагинаты пяти микроэлементов, которые мы зарегистрировали в животноводстве, еще магния и кальция, как биологически активные добавки к пище человека. А когда все эти формальные, но необходимые процедуры пройдем, будем искать, кто возьмется производить наши комплексы. Сегодня не только лекарства, но и все биологически активные добавки, бады, надо производить в условиях надлежащей производственной практики, GMP. Мы будем делать чистый реактив и передавать его производителю, а он в условиях GMP будет изготавливать субстанцию и конечный продукт. Это задача, которой мы уже начали заниматься.

**Ваша компания сотрудничает с университетами, научными институтами, заводами и сельхозпредприятиями по всей России. И везде надо бывать лично. В собственном кабинете в Саратове посидеть удается?**

Удается, но редко. Большой частью я в пути — в Москву, Новосибирск, Пермь, Волгоград, Минск, Иркутск, Тюмень, Воронеж, Пензу, Краснодар, Белгород, Кострому, где находятся наши партнеры и экспериментальные площадки. Обычно езжу на машине, сам за рулем, и пока еду — мысленно разговариваю со своими оппонентами, партнерами или потенциальными клиентами, выстраиваю систему аргументов, обдумываю проблемы и нахожу решения. Очень удобно, никто не мешает. В прежние годы проезжал за год 80–90 тысяч километров, два экватора. Сейчас — полтора. Так что за время работы моей компании намотал два путешествия на Луну и обратно.

**«Химия и жизнь» не раз рассказывала о разработках компании «Биоамид»:**

А.Иорданский. Первый шаг в большую химию. «Химия и жизнь», 1992, № 8

А.Иорданский, Л.Стрельникова. Шаг второй. «Химия и жизнь», 1995, № 1

Л.Стрельникова. Живые технологии. «Химия и жизнь» 2006, № 10

Л.Стрельникова. Пять металлов и много мяса. «Химия и жизнь», 2013, № 10





Перуанская керамика



МЕМУАРЫ ИГНОБЕЛЯ

# Как доить корову по-научному?

Кандидат  
физико-математических наук  
**С.М.Комаров**

Городской житель зачастую смотрит на съедобные растения и животных потребительски: купить и съесть. Не такова точка зрения человека, связанного с сельским трудом; заботливый хозяин относится к ним с большим почтением. Многие даже наделяют не только животных, но и растения если не интеллектом, то способностью к эмпатии и делают выводы: разговаривают с помидорами и уверяют окружающих, что те в ответ растут быстрее и охотнее дают большой урожай. Оказывается, у такого подхода, когда обитателя фермы, подворья или огорода признают личностью, есть неплохая научная база, отмеченная сразу двумя Игнобелевскими премиями.

Любая личность обязательно имеет некий внутренний стандарт, измеритель, которым она оценивает объекты окружающего мира. Например, по шкале «красиво — некрасиво». Есть ли такая шкала у домашнего животного, в частности у курицы, считающейся символом безмозглости? Истинные ученые, призванные отгадывать загадки природы, не могли пройти мимо такого каверзного вопроса — это были Стефано Гирланда, Лизелотт Янсон и Магнус Энквист из Стокгольмского университета.

Чтобы выявить чувство прекрасного у цыплят, они провели остроумный опыт. Поначалу их научили распознавать фотографии женских лиц — символ безусловно прекрасного для человека. Для этого им показывали подборки фотографий; среди них были как усредненные лица представителей каждого пола в отдельности, так и изображения, сформированные из мужского и женского образов, взятых в разных пропорциях, — чтобы исказить или вообще убрать информацию о поле. Если цыпленок клевал женское изображение, ему полагалась награда. Добившись устойчивого опознавания, птицам стали показывать фотографии реальных людей и смотреть, кого же цыплята считают самыми женственными из красавиц. А параллельно эти фотографии показывали студентам, которых просили оценить — насколько вы хотите взять этого человека в любовницы. И удивительным образом оценки цыплят и студентов совпали! То есть у представителей даже не разных биологических видов, а разных классов живых существ, разошедшихся на эволюционном древе десятки, а то и всю сотню миллионов лет тому назад, оказались одинаковые представления о прекрасном.

Что именно прекрасного увидели цыплята в странном существе, лишенном перьев, клюва, с плоским лицом, обтянутым кожей, останется, видимо, тайной до тех пор, пока какой-то смелый исследователь не влезет в куриные мозги в прямом смысле этого слова. Но факт, что чувство прекрасного столь универсально, был признан и опубликован в рецензируемом журнале, за что участники творческого коллектива удостоились Игнобелевской премии по междисциплинарным исследованиям за 2003 год.

Неизвестно, эта ли работа стала побудительным мотивом, или же поиск ответа на общий вопрос — а правильно ли мы понимаем животных, но спустя шесть лет Кэтрин Бертеншоу и Питер Роулинсон из Ньюкаслского университета провели большое исследование взаимоотношений между людьми и коровами.

Вообще, специалисты по зоопсихологии практически отказывают этим домашним животным в наличии интеллекта и ставят их по уровню безмозглости ненамного выше куриц. Видимо, у них есть для этого какие-то причины. Однако, как выяснили Бертеншоу и Роулинсон, хозяева коров не согласны с этим мнением. Отнюдь не все, а те, которым нравится работать с животными и достигать с ними взаимопонимания. Согласно их наблюдениям, коровы весьма интеллектуальны; они проявляют немалую сообразительность, особенно когда им нужно как-то непроказить, обладают неплохой памятью, распознают голоса и даже умеют считать, например, чтобы подойти к кормушке с наибольшей раздачей корма.

Более того, чем выше интеллект коровы, тем больше она дает молока. Когда же речь заходит о чувствах, то выясняется, что корова способна проявлять по отношению к человеку весь спектр — вплоть до ревности к домашним собакам. Но если она расстроена или обижена, то дает меньше молока. Поэтому рачительный хозяин старается сделать так, чтобы у коровы всегда было хорошее настроение. Для этого ее гладят, а не пинают, с ней разговаривают и, самое главное, называют каждую по имени. Вот именно такой простой прием — дай корове имя и будешь с молоком — как раз и вызвал самое большое удивление экспертов Игнобелевского комитета: в том же 2009 году Бертеншоу с Роулинсоном получили заслуженную премию по ветеринарной медицине.

А сколько велик выход молока от поименования животного? Опрос более полутысячи животноводов, в среднем имевших 144

коровы, показал, что те, кто звал коров по имени, а таких было 46% от числа участников, получали в среднем на 258 литров молока больше, нежели те, кто относился к корове как к неодушевленному доильному аппарату, — а именно 7938 литров за лактацию против 7680. Казалось бы, это противоречит устойчивому мнению, что продуктивность коровы определяет генетика. Однако более подробные исследования показывают: раскрыть генетический потенциал удастся отнюдь не всегда. Например, если во время первых доек корову испугать или обидеть, она так расстроится, что долго будет давать молока меньше нормы. Интересно, что простая констатация хозяином факта присутствия у коров интеллекта и чувств — а в этом уверены 78% участников исследования, — отнюдь не ведет к увеличению надоев. Залог успеха — явная демонстрация этого понимания, выраженная в признании индивидуальности каждой коровы через обращение к ней по имени.

Не многим исследователям, занятым проблемами взаимоотношений между человеком и сельскохозяйственными животными, удается достичь столь высокого уровня научного обобщения и глубокого понимания проблемы. В типичных работах на эту тему делаются попытки связывать корреляциями достаточно формальные и очевидные параметры. Например, как влияют на экономический успех ферм чистые подстилки, отсутствие травм или частота срезания копыт. Ответы вполне очевидны — если за животным ухаживать, то его продуктивность будет выше. Но когда это делаешь без души, просто выполняешь нудные предписания регулирующего органа о гуманном отношении к домашним животным, эффект будет меньше, чем если подходишь к животному со всем уважением и видишь в нем личность.

Результат же хорошего отношения выливается в такое важное для современной экономики понятие, как экологическая эффективность. Суть проблемы состоит в том, что из-за одновременно развивающихся на планете экологического и демографического кризисов требуется производить все больше еды со все меньшими затратами ресурсов. Это требование весьма противоречиво, ведь чем интенсивнее сельское хозяйство (применительно к коровам — чем большее их число удается разместить на единице площади хоть поля, хоть стойла), тем выше у него затраты ресурсов (энергии, кормов) на единицу продукции.

Например, обследование ферм Франции, проведенное в 2016 году, выявило такую цепочку взаимосвязей. Если на молочной ферме ведут интенсивное хозяйство, коровам скармливают много кукурузного силоса — чуть ли не половину от всего рациона. Так делают потому, что кукуруза содержит много легко усваиваемого крахмала, то есть служит мощным источником энергии; в результате растут и качество, и надой молока: прибавка может составить 30–40% от того, что получают при кормлении травой. Однако с кукурузой есть такая проблема. Если бы фермер вырастил ее на своем поле, он бы замкнул цикл «отходы — доходы»: навоз от коров пошел на поле и стал удобрением (этот метод называется «создание агроэкосистемы»), а для ее устойчивости число коров должно быть таким, чтобы и навоза хватило на поле, и корма с него было собрано достаточно). Так бывает редко, и, скорее всего, кукурузу ему привезут из специализированного хозяйства, которое где-то купит удобрение, а фермерский навоз пойдет в отходы.

Чем больше кукурузы — тем больше белка фермеры должны добавлять в корм, чтобы сделать его сбалансированным, а это соя, которую везут во Францию из Бразилии. Чем больше сои нужно вырастить в Бразилии, тем больше лесов в ней надо свеести под распашку. Выходит, что французские буренки, сами того не подозревая, съедают амазонскую сельву. Так интенсивное хозяйство наносит серьезный вред окружающей среде. Если же ограничивать число коров и их рацион использованием местных ресурсов, например травянистого пастбища, то вреда для окружающей среды становится меньше, но и эффективность производства молока падает: без кукурузы рекордные надои никак не получишь. Редко кому удается создать устойчивую

агроэкосистему и добиться роста прибыли, во всяком случае, французская статистика приводит именно к такому выводу. Поэтому столь простой прием, как увеличение надоя молока вообще без затраты ресурсов, только за счет присвоения коровам имен, выглядит как неплохой резерв экологически совершенно чистой интенсификации производства молока.

Еще одну возможность увеличить выход молока без затрат ресурсов предоставляет отъем теленка от родившей его коровы. Сейчас принято это делать сразу же после рождения, теленка переводят на откорм либо коровьим молоком, либо его заменителем. Эта практика вызывает широкую дискуссию. Экологически сознательная городская публика упрекает фермеров в неоправданной жестокости, те же отмечают, что, во-первых, сосущий вымя теленок приносит убыток от того, что съеденное им молоко не было продано, а во-вторых, отнимать его от матери все равно придется, поскольку стойло не рассчитано на двух животных и чем позже это будет сделано, тем больше будет стресс для обоих.

Исследователи пытаются проверить эти данные, и получается у них изрядный разнобой. Так, в свежем обзоре научной литературы, опубликованном в «Journal of Dairy Science» в мае 2019 года, отмечено, что хотя в одной половине статей отмечено снижение надоев у кормящих коров, в другой — наоборот, прирост. В длительной же перспективе поздний отъем теленка ни к каким неприятным последствиям не привел: молока получалось столько, сколько положено. Зато счастливый теленок статистически достоверно рос гораздо быстрее. Но поскольку его так и так надо кормить, требуется провести точные измерения — что больше: затраты на его содержание или снижение надоя. Удивительно, что за полтора столетия научного животноводства никто не озаботился столь простым вопросом. Общие же соображения с учетом обидчивости коров подсказывают, что научное манипулирование с теленком позволит вскрыть немалые резервы повышения интенсивности молочной фермы и надоить материала для не одной выдающейся статьи, претендующей на престижную премию.



## Коровы и метан

ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

С коровами связана серьезная проблема, которую никак невозможно разрешить добрым словом. Это метан — парниковый газ, выделяемый жвачными животными. По своей парниковой способности он в 28 раз превосходит газ углекислый. В среднем одна корова выделяет 20 грамм метана на килограмм сухого вещества в корме. То есть, если пересчитать на эквивалентный парниковый эффект, — 560 граммов углекислого газа. За день корова, съедая 12–14 кг корма (в пересчете на сухое вещество), выделяет под 7 кг такого, эквивалентного, углекислого газа, или 2,5 тонны в год. То есть имеющиеся на Земле полтора миллиарда коров ежегодно поставляют в атмосферу количество метана, эквивалентное 3–4 Гт углекислого газа, или 10% от всей антропогенной эмиссии, связанной со сжиганием ископаемого топлива.

Это колоссальное количество метана вызывает все более ожесточенные нападки на животноводство со стороны борцов с глобальным потеплением. Некоторые экстремисты даже предлагают вовсе отказаться сначала от говядины, а потом, видимо, от коровьего молока вместе с творогом, сыром, маслом, сметаной, йогуртом и так положить конец разведению крупного рогатого скота. Во всяком случае, кампанию против поедания красного мяса трудно не заметить. Животноводы же, пребывая в глухой обороне, пытаются как-то найти способ уменьшить выбросы скотского метана. Путь два — селекция и изменение рациона, но оба пока не привели к успеху.

С первым ситуация понятна: процесс выведения новых пород весьма длителен, а парниковая беда заняла прочное место в общественном сознании недавно и весьма неожиданно для большинства людей. Селекционеры всегда работали над увеличением производительности, и задачу снижения выбросов метана; по сути — совершенствования системы пищеварения коровы, перед ними никто не

ставил. А кто может поставить? В рыночной экономике — только сам рынок при помощи регулятора. Им в данном случае служит плата за выбросы парниковых газов.

Экономические модели дают следующий результат. Если корма дешевые, и платы за выбросы нет, то метаногенность коров будет не снижаться, а расти на несколько процентов в каждом поколении. То есть каждая следующая корова станет есть все больше корма (что повышает ее продуктивность) и, соответственно, выделять все больше метана. Эту тенденцию может остановить лишь очень высокая плата за выбросы — более 80 долларов за тонну углекислого эквивалента. Когда корма станут дороги, то селекционерам придется выводить экономную корову. Плата же за выбросы резко ускорит их работу. Так, если тонна углекислого газа будет обходиться фермеру в 40 долларов, то сокращение коровьего метана пойдет со скоростью 2,6% в каждом поколении. Расплачиваться придется снижением веса животных. Впрочем, пока это чисто теоретические упражнения. Подготовительные работы генетики ведут, выясняя, какие коровы выделяют меньше всего метана, но до практического использования, видимо, дело еще далеко. А вот эксперименты с кормами ставят весьма широко.

Метан образуется в верхнем отделе коровьего желудка — рубце. Там живут микроорганизмы, которые разлагают траву и выделяют при этом, в частности, водород и углекислый газ. Среди них поселились паразиты — метаногенные бактерии; они пользуются чужими трудами и соединяют эти два газа в один. Казалось бы, прямой путь — изменить состав микрофлоры рубца, заселив его микроорганизмами, которые не дадут понапрасну расходовать водород на синтез метана. И такие работы ведутся с самыми разными культурами.

Например, одни исследователи попытались включить в рацион нитрат кальция-

аммония и добавили дрожжи, предполагая, что последние поспособствуют превращению нитрат-иона в аммиак, и тогда удастся избежать появления метана, но не потерять энергию корма. Задумка не сработала — метана действительно становилось меньше, но уменьшалось и количество молока. Прямая подсадка в рубец бактерий, синтезирующих пропионовую кислоту — на этот синтез идет много водорода, — привела к неожиданному результату: производство метана в коровьем желудке выросло. Видимо, полного понимания взаимосвязей между населяющими его микроорганизмами у биологов не сложилось.

Схожий эффект проявляется и с добавками к кормам. Как правило, это компоненты, богатые маслами, — ягоды можжевельника, водоросли, семена льна и подобные им побочные продукты сельского хозяйства. Результаты оказались примерно такими. Добавка двух с половиной килограмм семян хлопчатника в день привели на 12-й неделе опытов к снижению метана на 23%, зато надой сократился на 10%, жирность молока упала на 11%, а содержание белка в нем — на 14%. Если в корм прибавить 5 кг виноградных отжимков (косточек с кожурой), то выбросы метана сократятся на 20%, а надой упадет на 12%. С водорослями вообще вышел конфуз: несмотря на то что они насыщены докозагексаеновой кислотой, такая добавка не уменьшила выбросы метана, но и не сократила надой, молоко же оказалось обогащено этой, а также линолевой кислотами пропорционально объему водорослевой добавки; иными словами, качество молока выросло, а вот с метаном не справились.

В общем, пока на животноводческом фронте борьбы с глобальным потеплением особых успехов нет, зато есть настоятельная потребность в победе, что открывает широкие просторы для творчески мыслящих исследователей и биотехнологов.

С. Анофелес



РАССЛЕДОВАНИЕ

# Агрессивная зеленая масса

Кандидат биологических наук  
**Н.В. Вехов**

Мало какая экологическая проблема так наглядно — во весь двухметровый рост — поднимается перед нами каждое лето. Борщевик Сосновского бесчинствует на просторах страны, словно выпущенный из бутылки джинн. Широкое его распространение сравнивают с пандемией, и подобное сравнение не лишено смысла.

Сейчас борщевик Сосновского в европейской части России можно увидеть практически везде, буквально «с южных гор до северных морей» — от Кавказа до Заполярья. В регионах, затронутых хозяйственной деятельностью человека, он встречается повсеместно, даже в северных районах Республики Коми, Мурманской и Архангельской областях. Да, этот южный пришелец уже освоился в Мурманске, на самом берегу Северного Ледовитого океана. И везде он чувствует себя прекрасно, безнаказанно занимая сельскохозяйственные угодья, заброшенные участки ландшафтов, газоны, приусадебные участки... Власти на местах бьют тревогу и принимают меры по предотвращению распространения борщевика, вплоть до серьезных штрафов, но результаты пока не впечатляют.

Проблемой вселения борщевика Сосновского в природные экосистемы я заинтересовался с начала 1970-х годов. Работая во ВНИИ охраны природы и заповедного дела Министерства сельского хозяйства СССР, который располагался в домах старинной усадьбы Знаменское-Садки вблизи МКАД, я наблюдал, как наши сотрудники-охотоведы активно разбрасывали семена борщевика Сосновского на распаханном участке, мотивируя это тем, что крупное растение, имея огромную биомассу и образуя почти непроходимые заросли-джунгли, должно служить охотничье-промысловым животным кормовыми и защитными растениями. Разбросанные на участке семена давали обильные всходы, площадь зарослей постепенно увеличивалась. Но прошло десять с лишним лет, и борщевик

расселился на всех лугах усадеб, став злостным сорняком. Наши институтские ботаники начали бороться с ним, однако силы были неравны. Пытались выкашивать — тщетно. Решили выяснить, почему борщевик так живуч. Поняли, что все дело в его корневище: после скашивания в почве остается зачаток будущего растения. Обкопав корневище, установили, что корень уходит вглубь на два с лишним метра, и прекратили борьбу ввиду бесперспективности.

## Чудище с гор

Впервые с растениями-пришельцами человечество столкнулось в эпоху Великих географических открытий, когда во вновь открываемые заморские земли из Европы и в обратном направлении завозили полезные виды и заносили сорняки, как правило, не свойственные местным флорам. Это были настоящие конкистадоры растительного мира. Последствия их дальнейшей акклиматизации в новых условиях, где многие из вселенцев не встретили «сопротивления» со стороны растений аборигенной флоры, часто оказывались плачевными.

Приведу два примера, ныне мало известных читателю. На тропических островах Святой Елены и Робинзона Крузо сельскохозяйственные травянистые культуры, плодовые деревья и сопутствующие сорняки привели к деградации аборигенной наземной растительности. В первом случае ее почти полностью заменили вселенцы (аборигенные виды сохранились лишь в горах), во втором травянистый покров существенно трансформировался. Ботаники даже не могут установить, каким был первоначальный растительный мир этих островов, так сильно он изменился за несколько столетий со времени их открытия. А в 1990-х годах я сам наблюдал результат длящегося уже почти столетие непреднамеренного заноса растений с материка на высокоширотные острова, в частности на Южный остров Новой Земли. В единственном здесь селении, поселке Белушья Губа, заносные виды прекрасно освоились на участках вдоль теплотрасс и дорог, у хозяйственных и жилых построек. Такая же картина наблюдается и на соседнем архипелаге, Шпицбергене. Но чтобы понаблюдать за агрессивным вторжением пришельца в экосистему, необязательно ездить так далеко.

Борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) — крупное травянистое растение из семейства зонтичных. Борщевиков известно около 70 видов, и 40 из них встречаются в России. Этот вид выделила и описала во «Фрагментах монографии кавказских борщевиков» в 1944 году доктор биологических наук, систематик растений И.П. Манденова, дав ему название в честь исследователя флоры Кавказа Д.И. Сосновского. Естественные места обитания борщевика Сосновского — Центральный и Восточный Кавказ, Закавказье и Турция, где он растет в горных лесах и на субальпийских лугах.

Соцветие борщевика — это крупный (до 50–80 см в диаметре!) сложный зонтик. «Сложный» — потому что он состоит из 30–75 лучей, каждый из которых, в свою очередь, несет маленькие зонтики-соцветия. Цветки белые или розовые; в одном зонтике их от 30 до 150, так что на одном растении может быть более 80 тысяч цветков. В конце июня — начале июля наиболее развитые растения зацветают. На центральных зонтиках семена созревают через 40–45 дней, на боковых на 7–10 дней позже. В среднем одно растение дает около 20 тысяч семян (почти половину из них в центральном соцветии), но отдельные экземпляры могут производить более 100 тысяч. Зацветает борщевик на второй — седьмой год жизни, не

плодоносящие растения к осени формируют розетку из 9–15 листьев. Накопление массы в середине лета у них практически прекращается, они перезимовывают и на следующий год отрастают сразу же, как только сходит снег. Поскольку борщевик Сосновского относится к видам горной флоры, он хорошо переносит весенние и осенние заморозки и без труда осваивает регионы умеренного климата.

Борщевик знаменит стремительным ростом: через 40–45 дней после начала весеннего отрастания он достигает высоты 1,5–1,7 м. Максимальная высота растений в природе — 3–4 м, диаметр стебля у корневой шейки около 10 см. За большие размеры, высокие и крепкие стебли Карл Линней назвал род борщевик *Heracleum* — в честь Геракла. Знал бы отец ботанической номенклатуры, что натворит один из самых агрессивных представителей рода Гераклова в наши дни, возможно, предпочел бы имя какого-нибудь чудища из тех, с кем сражался герой.

## Званный гость хуже татарина

На волне модного в первой половине XX века «преобразования природы» борщевик Сосновского в 1947 году акклиматизировали в Полярно-альпийском ботаническом саду-институте АН СССР (ПАБСИ), на Кольском полуострове, близ города Кировска, где этот вид был введен в первичную культуру. Тамашние условия были не более суровыми, чем в его естественной среде произрастания, и он прекрасно прижился. «Вот представьте себе: скала метров триста высотой, впереди Ледовитый океан, ветер, холод... А между камней зеленеет борщевик!» — обычно рассказывает экскурсантам кандидат биологических наук, заместитель директора ПАБСИ Е.М. Ахтулова. Неприхотливое растение с большим приростом зеленой массы рекомендовали для разведения на корм скоту. К тому же посевы борщевика Сосновского не поражали насекомые-вредители, что увеличивало его перспективность.

В конце 40-х годов прошлого века, по аналогии с Северной Америкой, где борщевик, правда, без уточнения вида, активно выращивали на корм, и у нас вспомнили опыт северных ученых и решили всерьез заняться внедрением борщевика. Видимо, привлекали в нем такие важные для животноводства показатели, как высокое содержание сухого вещества (15%) и сырого белка в сухом веществе (15–17%), хотя по питательности килограмма зеленой массы (0,15 кормовых единиц) борщевик отставал от обычно заготавливаемого на

Фото: Николай Вехов



Начало вегетации борщевика Сосновского. Сложный зонтик на первых стадиях формирования



Основные способы борьбы с борщевиком: выкашивание и опрыскивание зарослей химикатами



зиму сена. Верившие в большое будущее борщевика Сосновского подчеркивали, что его семена содержат активные вещества, тормозящее развитие других семян в почве, а значит, снижают затраты на борьбу с сорняками. Привлекало и другое свойство растения: борщевик быстро восстанавливает надземную часть после скашивания, дает огромное количество зеленой массы уже на второй-третий годы жизни. Просто мечта агрария! На корм скоту борщевик шел как в переработанном виде (взрослые растения), так и в свежем (молодые побеги).

Использование борщевика Сосновского для нужд агрокомплекса уже в другом северном регионе, в Сыктывкаре (Коми АССР), продвигал ученый-селекционер П.П. Вавилов

(не родственник Николая Вавилова) из местного академического Института биологии. Упирая на необыкновенные количественные показатели растения, его полезность для скота и неприхотливость даже в суровых природно-климатических условиях, он убедил руководство ВАСХНИЛ в том, что борщевик Сосновского поможет восстановить разрушенное войной сельское хозяйство страны. В Коми АССР при его участии вывели районированный сорт борщевика Сосновского «Северянин». Затем появились и другие сорта. Селекционеры и не догадывались, каких монстров они создали, это выяснится через несколько десятилетий.

А пока специалисты радовались, что нашли-таки культуру, которая может давать до 2000 центнеров зеленой массы с гектара, содержащей витамины, микроэлементы и антибактериальные вещества. Все шло по плану, и борщевик Сосновского приносил пользу. Как кормовое растение его внедрили в начале 1950-х годов в Ленинградской области, затем и в других регионах. Как декоративное растение борщевик выращивали в ботанических садах! А до 1970-х годов его высаживали вдоль дорог, чтобы сельскохозяйственные и дикие животные не выходили на них. Чудо-растению была посвящена не одна диссертация.

Однако никто из ученых до 60-х годов XX века не упоминал о недостатках борщевика, хотя минусы выявились сразу же после начала массового внедрения. Оказалось, например, что борщевик Сосновского легко дичает и проникает в естественные экосистемы, практически полностью разрушая их. Его листья и плоды богаты эфирными маслами, содержащими фотосенсибилизирующие вещества — фуранокумарины, которые при попадании на кожу повышают ее чувствительность к ультрафиолету, и это за считанные минуты приводит к буллезному дерматиту, протекающему по типу ожога — кожа «сгорает» даже в пасмурный день. При попадании в глаза сок борщевика Сосновского может привести к слепоте. Бывали случаи, когда дети делали из его полых стеблей подзорные трубы и теряли зрение. Чтобы получить ожог, достаточно просто потрогать листья. Особенно часто страдали горожане, приехавшие отдыхать на природу и не знавшие, что это за диковинные гигантские зонтики.

Ко всему прочему, активные вещества сока борщевика вызывают хромосомные aberrации, в основном через повреждение веретена деления. Иными словами, сок борщевика мутагенен. Он также угнетает деление клеток (митоз). В животноводческих хозяйствах, где коров кормили борщевиком, нередко рождались телята-уроды, а коровы становились бесплодными. Вдобавок молоко и мясо коров приобретали неприятный запах. А если вместе с силосом из борщевика использовали другие корма, то скот, имея выбор, отказывался есть чудо-растение.

Постепенно от промышленного культивирования борщевика Сосновского начали отказываться. Но было поздно: еще в советское время он активно проникал с полей в природу.

## Борщевик и перестройка

На судьбу борщевика Сосновского и его широкое распространение в СССР, а затем и в России решающее влияние, как ни странно, оказала политика. Когда грянула перестройка, а потом развалилась страна, в колхозы пришла разруха, огромные, ранее бывшие сельхозугодьями территории оказались заброшенными. Сюда и устремился завоеватель, вырвавшийся на свободу, бесконтрольно, быстрыми темпами стал заселять всё новые площади. Из культурного растения он превратился в опасный сорняк, монстра, напоминающего гигантские движущиеся растения — трифиды из знаменитого в свое время фантастического романа.

В лесу у борщевика немного шансов «прорвать оборону» местной флоры, но в освоенных человеком ландшафтах — даже на совсем недавно распаханных полях, бывших в обработке участках земли, на заброшенных фермах, берегах водоемов в зонах отдыха, на пустырях, обочинах дорог, выпасах скота, в садово-парковых комплексах и т. п. — ему раздолье. Здесь у него нет конкурентов; двух-трехметровые растения доминируют над окружающими видами, не давая им возможности образовать более-менее стабильные сообщества. В таких местах формируются устойчивые популяции борщевика Сосновского, которые уничтожить уже нельзя.

Итак, ящик Пандоры был открыт. На Межрегиональной научно-практической конференции с международным участием «Борщевик Сосновского: экологическая проблема или сельскохозяйственная культура будущего?» (СПб, 13–14 июня 2017 года) в докладах доктора биологических наук К.Г. Ткаченко и кандидата биологических наук Н.Н. Лунёвой приводятся такие оценки масштабов бедствия. Борщевик Сосновского занял от 20 до 40% пашни и других сельскохозяйственных угодий северной Евразии, за исключением стран Западной Европы, где он не вводился в культуру, в России — примерно 30%, или



около 60 млн га, пашни при общей площади сельхозугодий в 196 млн га.

Согласно данным Российского сельскохозяйственного центра, общая площадь распространения борщевика ежегодно увеличивается на 10%. Но это лишь приблизительные подсчеты, результат выборочных наблюдений в России. При отсутствии государственной программы борьбы со злостным сорняком планомерных исследований не проводится.

Больше всего зарослей борщевика в Северо-Западном и Центральном регионах — в Ленинградской, Псковской, Тверской, Воронежской, Московской и других областях. Сейчас сорняк продолжает распространяться на север, в Вологодскую область, и на восток — в Поволжье (Татарстан, Нижегородскую область, Удмуртию, Мордовию). Он перешагнул Волгу и массово встречается в Саратовской и Кировской областях, достиг Урала и даже проник на его восточную сторону. Благополучно перебрался через границу в Норвегию из Мурманской области и в Прибалтику — из Калининградской.

Но самый удивительный факт в истории распространения борщевика Сосновского — его появление на Сахалине. Туда его завезли еще в 1962 году, для создания высокопродуктивной силосной культуры. А в Южно-Сахалинске он появился несколько десятилетий назад, как и везде, «сбежав» из культуры, и ныне разрастается зеленой стеной на окраинах и в центре города, во дворах, на улицах и в скверах.

## Агрессия и халатность

Как же так вышло, что перспективное кормовое растение превратилось в неистребимый сорняк?

Ботаники отмечают необычайную агрессивность борщевика Сосновского при проникновении в естественные растительные сообщества. Слово «агрессивность» тут не метафора, а констатация факта. У борщевика есть специфици-

## Куда девать борщевик?

Так неужели от этого растения «никакой пользы, кроме вреда»? К.Г. Ткаченко и А.А. Краснов из Ботанического института РАН (Санкт-Петербург), ведущие российские специалисты по борщевикам, намечают 10 возможных направлений применения этой обильной зеленой массы в обзоре 2018 года «Борщевик Сосновского: экологическая проблема или сельскохозяйственная культура будущего?».

Первый, и наиболее простой путь применения борщевика Сосновского (БС) — кормовая база для животноводства. Можно использовать жмых — то, что остается после отжима сока. (Не исключено, что отжим поможет решить проблему ядовитости и неприятного для коровы вкуса.)

Второе и третье направления — производство из БС сахара и биоэтанола.

Четвертое направление — получение древесного угля: уголь, как и биоэтанол, — ценный возобновляемый источник энергии.

Пятое направление — получение целлюлозы из жмыха БС для дальнейшего производства картона.

Шестое направление — получение пеллет и гранул (еще один возобновляемый источник энергии) для отопительного оборудования.

Седьмое направление — использование БС в качестве сырья для фармацевтической промышленности, как источник биологически активных соединений (кумаринов, флавоноидов, смол, эфирных масел).

Восьмое направление — получение из корней, листьев и плодов БС эфирных масел для нужд парфюмерной промышленности.

Девятое направление — производство технических эфирных масел для различных отраслей промышленности (например, нанесение росписи на декоративный фарфор, где используется летучесть эфирных масел).

Десятое — применение в ветеринарии для дегельминтизации животных.

ческие приспособления к захвату территорий и вытеснению конкурентов. Мы уже упоминали, что семена он производит в огромном количестве, и, хотя подавляющее их большинство (около 90%) осыпается возле материнского растения, стоит отдельным семенам оказаться далеко от него, начинается захват новых территорий. Интенсивно распространяются семена вдоль дорог (на колесах автомобилей), по берегам рек (вниз по течению, особенно во время весенних разливов), со скошенным сеном, а зимой разносятся ветром по замерзшей почве или насту. Семена устойчивы к внешним факторам: они прекрасно зимуют даже при  $-45^{\circ}\text{C}$ , да и засуха им не страшна — они могут пролежать в почве 5–7 лет, пока не наступит благоприятное время для прорастания. О том, как хорошо растения переносят заморозки, мы уже упоминали. Российские морозы этого узурпатора не останвят.

И расти весной борщевик начинает агрессивно: «будь первым и убей всех, кто придет потом». В своем развитии он на 7–10 дней опережает местные виды: когда они только прорастают, борщевик уже вымахал сантиметров на десять. Затеняя молодые и взрослые растения своими разлапистыми листьями, он подавляет их рост.

Среди других причин быстрого расширения ареала в антропогенно-преобразованных ландшафтах прежде всего можно назвать человеческую халатность. На ранних этапах его появления в той или иной местности с ним никто не боролся всерьез. Ну, выросло несколько «зонтиков», их бы удалить, выкосить, выкорчевать, но добровольцев не находилось... Да и сейчас с его зарослями борются не методично, а от случая к случаю. Между тем борщевик даже после скашивания в течение месяца восстанавливается и может образовывать семена. И там, где появился хотя бы один экземпляр растения, на следующий год вырастет целая колония. А тому, кто взялся за активную борьбу с борщевиком, нужно учитывать, что его корневая система уходит на глубину до двух метров.

## Борьба с гигантским злом

Как же можно победить борщевик на территории России? Судя по современному состоянию сельского хозяйства — скорее всего, никак. Да, борщевик распространяется только семенами, но его корень даже при систематическом уничтожении стебля живет до 12 лет. Так что регулярное скашивание до зацветания, которое предотвращает продукцию тысяч семян, — только полумера.

Проблема экспансии борщевика приобрела всероссийский масштаб, с чем согласны все ученые и чиновники от сельского хозяйства. Возможно, даже международный, поскольку с ним пытаются бороться практически во всех сопредельных с Россией государствах — в Белоруссии, Польше, прибалтийских странах, Норвегии. Изданная в 2010 году «Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России» (авторы — Ю.К. Виноградов, С.Р. Майоров, Л.В. Хорун) борщевика Сосновского уделяет особое внимание.

В России принимаются кое-какие меры на государственном уровне. Так, официальным бюллетенем Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений от 20 апреля 2012 г. № 6 (176) районированный сорт борщевика Сосновского «Северянин» исключен из Государственного реестра селекционных достижений, допущенных к использованию, как утративший хозяйственную полезность. В декабре 2014 года коды продукции борщевика Сосновского (зеленая масса и семена) исключены из Общероссийского классификатора продукции. Вплоть до 2015 года это национальное бедствие еще числилось в классификаторе сельскохозяйственных растений, и лишь с 1 января 2015 года борщевик утратил статус сельскохозяйственной культуры, а с декабря 2015 года он внесен



*Бабочка борщевиковой совки — одного из естественных врагов борщевика*

в Отраслевой классификатор сорных растений Российской Федерации под номером 5506.

На борьбу с сорняком в регионах выделяются миллионы рублей, однако это практически не помогает. Делать это нужно четко, систематически, тщательно уничтожать все растения, в том числе и самые маленькие. Иначе маленькие борщевики вырастут, зацветут, дадут семена, и можно будет начинать все сначала. А если в один год под программу борьбы с сорняком выделяли средства, а на другой год денег не хватило, миллионы рублей уйдут впустую.

По мнению исполнительного директора Союза Органического земледелия Я.М. Любоведского, сорняк «прогрессирует там, где много бесхозных земель. Можно даже сказать, что борщевик своего рода индикатор плачевного состояния сельского хозяйства. Сравним, скажем, Кировскую область, где этот сорняк является огромной проблемой, и Кубань. Кубань — развитый в аграрном смысле регион, там много и малых форм сельского хозяйства, и крупных агрохолдингов. Поэтому там вы борщевик почти не встретите, хотя ему там теплее. А севернее, выше средней полосы, куда не доходят холдинги и фермеры, борщевик растет повсеместно, и если никто им не займется, то и продолжит расти. В России более 10% сельхозугодий пустуют, не используются и не обрабатываются. И пока не сыщутся люди, заинтересованные в их развитии, единственным хозяином этих земель будет борщевик» («Коммерсантъ-Деньги», № 33 от 24.08.2015).

Одной из мер, которая позволила бы начать действенную борьбу с надоевшим сорняком, следует признать картирование его распространения в регионах и последующий мониторинг динамики площадей. «Больше миллиона гектаров» — прекрасно, но насколько больше? Здесь может помочь гражданская наука — наблюдения неспециалистов. Ученые из Института биологии Коми разработали программу РИВР — «Распространение инвазивных видов растений» (<https://ib.komisc.ru/add/rivr/>). Увидел полянку, заросшую борщевиком? Заметь местоположение, зайдй на сайт, зарегистрируйся и сделай отметку на карте.

Летом 2018 года Министерство сельского хозяйства предложило штрафовать юридические лица, которые владеют участками, поросшими сорняком. Согласно законопроекту, на юридических лиц должен налагаться штраф в размере от 150 тыс. руб. до 1 млн руб. Должностным лицам грозит взыскание 20–50 тыс. руб., а физических лиц будут штрафовать в пределах 3–5 тыс. руб. Поможет ли эта мера и кто должен накладывать штрафы, неизвестно.

Одними из первых на предложение отреагировали власти Подмосковья, решившие штрафовать нерадивых хозяев, на чьей земле размножается борщевик Сосновского. По сообщению официального телеканала Московской областной

администрации «360» в 2018 году на борьбу с сорняком в регионе выделили около 300 млн рублей. Первого ноября 2018 года руководство области приняло закон о борщевике: его официально признали ядовитым сорняком, с которым нужно бороться. А 13 ноября на сайте правительства Подмосковья уже был оглашен первый факт наложения штрафа в 400 тыс. рублей. Администрация области призывает жаловаться на заросли борщевика на портале «Добродел», в разделе «Природа, экология». О растущем вдоль дорог борщевике можно пожаловаться в Министерство транспорта и дорожной инфраструктуры области; на борщевик, выросший в лесу, нужно обратить внимание лесничеств или позвонить в лесоохрану.

В одном из главных районов массового распространения сорняка — Ленинградской области — в 2015 году на борьбу с борщевиком выделили 40 млн рублей. В соседней Псковской области до 2018 года действовала пятилетняя программа стоимостью 32 млн. Но инициаторы борьбы признают, что борщевик распространяется быстрее, чем уничтожается. Управление Федерального дорожного агентства (Росавтодор) по Северо-Западному федеральному округу в 2015 году уничтожило борщевик на 291,8 гектарах. Псковский муниципалитет на территории города за год очистил от сорняка всего 300 гектаров. Но это капля в море, ведь в Псковской области десятки тысяч гектаров остаются захваченными опасным сорняком.

## Наука на страже полей

Как можно использовать достижения современной науки для борьбы с борщевиком? М.Г. Кривошеина из Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН и Н.А. Озерова из Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН нашли подход к биологическому методу уничтожения злостного сорняка.

Проведя исследования в Шаховском районе Московской области, они установили, что гусеницы двух видов бабочек — борщевиковой совки *Dasyolia templi* и плоской моли пастернаковой *Depressaria radiella* — во время цветения борщевика активно поедают его цветки. Гусеницы этих бабочек очень активны, они тратят много энергии на передвижение, поэтому много едят. После съедания цветков они уходят внутрь стебля и продолжают выедать его изнутри. Вдобавок гусеницы строят паутинное гнездо на цветках и загрязняют их своими экскрементами, в результате борщевик дает намного меньше семян. На один «зонтик» борщевика достаточно двух-трех гусениц, чтобы съесть его. Как сообщает Марина Кривошеина в газете МК (31.07.2017): «Вся проблема в том, что на одном растении может появиться до 15 зонтиков. А значит, для их уничтожения требуется не менее 45 гусениц. Мы поняли, что в промышленных масштабах использовать «противоядие» в виде насекомых просто нецелесообразно. <...> Нашим способом можно уничтожить локальные популяции борщевика. Но сейчас масштаб распространения борщевика такой, что нужно комбинировать разные методы. Мы пробовали такой вариант: в мае скашиваем, чтобы он не рос до своих 2–5 м, а когда он только начинал цвести в 10-х числах июня, выпустили гусениц. Это было наиболее эффективным способом».

Первые попытки дали скромные результаты, но, возможно, это только начало. Окукливаясь в стебле, гусеницы нарушают его прочность, после чего стебель ломается и оставшаяся часть цветков увядает, то есть семена не развиваются. Это важно, ведь борщевик Сосновского цветет всего раз в жизни, сбросившее семена растение погибнет.

Воодушевленные результатами ученые мечтают создать ферму по разведению этих гусениц, а еще они хотят испытать других насекомых — возможных потребителей борщевика. Администрация Шаховского района, где проводили свои опыты биологи, даже готова была выделить необходимые



РАССЛЕДОВАНИЕ

средства, лишь бы затраченные усилия принесли пользу в борьбе с этим сорняком.

Позиция этих исследователей встретила обоснованную критику со стороны специалистов. Главный научный сотрудник ВНИИ фитопатологии, доктор биологических наук, академик РАН Ю.Я. Спиридонов в своем комментарии для газеты «Защита растений» (24 августа 2015 года) отмечает, что идея выглядит авантюрой, поскольку не проработаны методы контроля распространения гусениц на другие культуры. «Во-первых, борщевиковая совка ест не только борщевик, но и ближайшие виды по семейству, те же сельдерей и морковь. Поэтому довольно опасно это применять в фермерских хозяйствах или дачных участках». Ю.Я. Спиридонов полагает, что для борьбы с борщевиком Сосновского лучше подходит химический метод. Компании — производители гербицидов специально рекомендуют некоторые продукты как эффективные против борщевика. Но применение гербицидов имеет свои минусы: использовать «Раундап» на дачном участке захочет не каждый.

Стоит упомянуть о результатах еще одного научного поиска. В 2019 году И.Ф. Чадин и И.В. Далькэ из Института биологии Коми получили патент на «Способ уничтожения зарослей гигантского борщевика на землях несельскохозяйственного назначения». Цель его — не только уничтожить борщевик, но и помочь восстановиться разрушенному ландшафту.

Ранней весной после появления всходов выделяют зараженную территорию и укладывают на ней защитный ковер из сплошного гибкого водонепроницаемого материала, через который могут проникать корни трав, а борщевик прорасти не сможет. Этот ковер засыпают чистым грунтом толщиной не менее 5 см. На склонах перед засыпкой устанавливают георешетки для защиты грунта от размыва. Затем на участки высевают образующие дерн травы — доминанты данной местности с добавлением минеральных удобрений. На обработанных таким образом участках борщевик не растет и ускоренно восстанавливается растительность, близкая к зональной, а в плотный дерновый слой борщевик вторично не поселится.

По мнению авторов, этот способ оптимален для уничтожения борщевика в населенных пунктах, на обочинах возделываемых полей, полосах отвода автомобильных дорог, по склонам берегов рек и водоемов.

Учитывая, что до сих пор не появилось эффективных способов борьбы с борщевиком Сосновского, нужно применять самые разные меры его уничтожения, возможно, даже одновременно, в зависимости от ситуации. И традиционный (выкашивание взрослых, еще не зацветших экземпляров), и обработку химреактивами, и биологический, и рекультивацию земель. Но, как отмечают все знакомые с этой проблемой специалисты, нужна общенациональная программа уничтожения борщевика Сосновского.

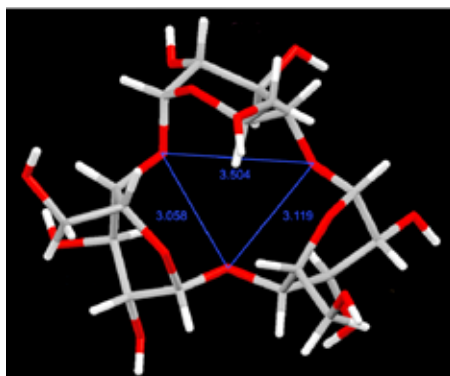


# Синтезированы самые маленькие циклодекстрины

ХЕМОСКОП



Хидетоси Ямада и его коллеги из японского Университета Кансэй Гакуин синтезировали самые маленькие циклодекстриновые циклы, содержащие три и четыре звена глюкозы. Классические циклодекстрины состоят из нескольких (чаще всего шести — восьми) циклических D-глюкопиранозидных звеньев. Это очень интересные соединения — их внутренняя полость гидрофобна и может образовывать в водных растворах комплексы с органическими и неорганическими молекулами (включенное вещество «гость», циклодекстрин «хозяин»). Благодаря своим свойствам циклодекстрины широко применяют в пищевых технологиях, фармацевтике, косметике, биотехнологии и многих других областях. Ранее считали, что из-за сильного пространственного напряжения циклические тример и тетрамер глюкозы не могут существовать. Но, оказалось, могут («Science», 2019, 4).



Структура трехзвенного циклодекстрина, полученная методом рентгеноструктурного анализа. Внутри макроцикла обозначены расстояния между гликозидными атомами кислорода (в ангстремах)

Химикам и раньше удавалось синтезировать циклические углеводы, состоящие из трех остатков моносахаридов, однако у этих соединений отсутствовала характерная для циклодекстринов внутренняя полость, которая может улавливать небольшие молекулы.

Судя по публикациям, синтез малых циклодекстринов впервые заинтересовал Ямаду еще в конце 1990-х, однако потом он оставил попытки синтезировать подобные соединения. Интерес вернулся, когда в его исследовательской группе получили вещества, которые назвали мягкими глюकोпиранозидными циклами. Это удалось сделать с помощью мостиковой

химической группы, связывающей два гидроксильных фрагмента глюкозы. Мостик способствовал тому, что глюкопиранозное кольцо деформировалось, благодаря чему его удалось объединить в циклодекстрины малого размера. После успешной циклизации таких искаженных молекул глюкозы мостик, позволявший получать трех- и четырехзвенные циклодекстрины, удаляли. Правда, в результате синтез новых молекул оказался многостадийным и не очень простым, тогда как классические, макроциклические циклодекстрины получают ферментативным гидролизом крахмала.

Ямада предполагает, что полученные в его лаборатории трех- и четырехзвенные циклодекстрины смогут найти практическое применение, — возможно, их полости можно будет использовать для изготовления химических сенсоров или систем разделения газа. Однако прежде надо оптимизировать методику синтеза этих соединений, чтобы можно было получать их хотя бы в граммовых количествах. Пока что исследователям удалось получить только около 15 мг циклодекстрина из трех звеньев глюкозы и менее 5 мг циклодекстрина из четырех звеньев.

# Найдена первая молекула Вселенной

ХЕМОСКОП



На заре жизни нашей Вселенной набор химических реакций, протекавших в ней, был довольно ограничен. Согласно самой убедительной на сегодня теории Большого взрыва, когда температура молодой расширяющейся Вселенной упала ниже 3700 °С, ядра легких элементов, образовавшиеся в процессе первичного нуклеосинтеза, связались с электронами. Сначала электронной оболочкой обзавелось ядро гелия, а затем водорода — образовались атомы гелия и водорода.

Атомы гелия, сталкиваясь с ядрами водорода — протонами, еще лишенными электронов, образовали первую химическую связь во Вселенной. В соответствии с гипотезами, описывающими процессы, протекавшие в самом начале, первой частицей с ковалентной связью стал гидрид гелия (ион HeH<sup>+</sup>). К этому иону мог присоединиться еще один электрон, в результате чего



Фото: Hubble/NASA/ESA

частица распадалась бы на атом гелия и атом водорода, а атомы водорода рекомбинировали бы с образованием

После долгих поисков исследователям удалось поймать HeH<sup>+</sup> в этой планетарной туманности

первого устойчивого соединения — молекулярного водорода  $H_2$ .

Ученые предполагают, что гидрид гелия сыграл важную роль в эволюции Вселенной. Однако обнаружить этот ион в космическом пространстве никак не удалось. В лабораторных условиях  $HeH^+$  получили еще в 1925 году, но лишь в 1970-е годы астрофизики предположили, что ион и сегодня существует в космосе. И вот астрономы его обнаружили («Nature» 2019, 568, 357–359). Раз его существование доказано, то теперь можно проверить модели возникновения и эволюции ранней Вселенной.

Спектральные линии гидрида гелия идентифицировал Рольф Гюштен из Института радиоастрономии имени Макса Планка, разместив телескоп со спектрометром на самолете. Он обнару-

жил его в планетарной туманности NGC 7027 — ученые считали, что это одно из мест, где ион находится с наибольшей вероятностью. Планетарные туманности образуются после коллапса звезд, подобных нашему Солнцу. После разрушения звезды высвобождается газовая оболочка, в центре которой остается ее остывающее ядро — белый карлик. Группа Гюштена нашла  $HeH^+$  внутри газовой оболочки.

Обнаружить  $HeH^+$  было действительно не так просто. Ученые рассчитали, что его характерный спектральный сигнал должен иметь длину волны 149,1 мкм, но совсем рядом с ним находится сигнал связи C–H (149.09 мкм), часто маскирующий сигнал  $HeH^+$ . Также поискам могут мешать сигналы воды и других веществ, содержащихся в земной атмосфере.

Исследователи решили исключить хотя бы часть факторов. В 2016 году они поместили сверхчувствительный телескоп-спектрометр на самолет, который поднял прибор на высоту 12 000 метров. Так удалось избежать помех, вызванных плотными слоями атмосферы, и наконец поймать спектральные сигналы  $HeH^+$ , частично перекрывшиеся с сигналами C–H.

Вместо того чтобы с облегчением вздохнуть, исследователи теперь решают следующую загадку. Дело в том, что по оценкам Гюштена, иона  $HeH^+$  в туманности NGC 7027 оказалось примерно в три раза больше, чем было просчитано теоретически. Неточно смоделированы? Ошиблись при интерпретации зарегистрированных спектров? Возможно, это станет ниточкой, потянув за которую можно будет уточнить и основную теорию.

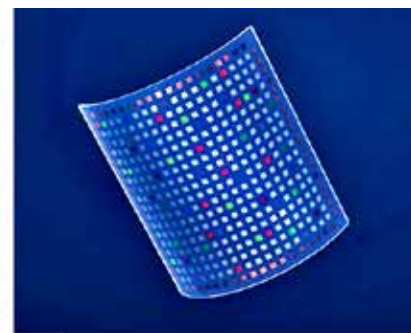
## Перовскитные пленки претендуют на роль сетчатки

*Искусственная сетчатка могла бы вернуть зрение многим людям, однако, создавая такие импланты, ученые сталкиваются с решением непростых задач, не последняя из которых — воссоздание цветного зрения.*

Исследователи из группы Хао-Ву Линя в Национальном университете Цин Хуа создали маленькое гибкое устройство, имитирующее работу рецепторов человеческого глаза («Adv. Mater.», 2019). Фактически это тонкий слой перовскитного материала, который, поглощая свет, генерирует электрический сигнал. Так же работают перовскитные солнечные батареи, находящиеся в двух шагах от коммерческого применения. Перовскиты — это природные или синтетические вещества, строение кристаллической решетки которых подобно структуре минерала перовскита (титаната кальция  $CaTiO_3$ ).

Конечно, новое устройство — еще не искусственная сетчатка, но исследователи верят, что из перовскитов со временем удастся сделать импланты. Сетчатка наша устроена довольно хитро. В ней находятся несколько типов клеток-фоторецепторов. Три вида клеток-колбочек различают красный, зеленый и синий цвета, а клетки-палочки реагируют на свет (причем достаточно даже двух-трех фотонов) и отвечают за черно-белое зрение — именно так мы видим при плохом освещении.

Чтобы имитировать работу сетчатки, Линь и его коллеги нанесли на гибкую полимерную основу три одинаковых фотодетектора и дифракционную ре-



Фотография и виртуальное изображение фоторецепторов на гибкой подложке

шетку — у них получилось небольшое устройство в несколько сантиметров. Фотодетекторы сделали из йодида метиламмония-свинца, то есть перовскита, поглощающего свет в видимой области спектра. Фотодетекторы освещали белым светом, но благодаря дифракционным решеткам из металлического серебра с разным периодом, размещенным поверх фотодетекторов, на поверхность каждого из них попадало электромагнитное колебание определенной частоты — фотозлемент освещали светом строго определенного цвета. Вообще, дифракционная решетка позволяет вычлнить свет определенной волны гораздо точнее, чем это делают цветные светофильтры, а поскольку она очень тонкая, это не повлияло на общую гибкость устройства. В результате на полимерном носителе оказались «приемники», благодаря дифракции чувствительные к строго определенной волне видимого света — красной, синей и зеленой.

С помощью нового устройства исследователи сканировали полноцветную фотографию подсолнуха, после чего по электрическим сигналам, записанным с каждого фотодетектора, реконструировали весь снимок. Получился вполне узнаваемый желтый подсолнух. Они сделали и другие тесты, которые показали, что устройство реагирует на цвета подобно колбочкам человеческого глаза, а также работает при ярком и тусклом освещении. Кроме того, многослойная пленка сгибается и разгибается, не теряя свои свойства.

Пока речь не идет о том, чтобы встроить устройство в глаз человека, — это задача отдаленного будущего. Чтобы передавать в мозг цветные образы, искусственную сетчатку нужно как-то подключить к глазным нервам, но как именно — сегодня никто не знает.

Выпуск подготовил кандидат химических наук  
**А.И. Курамшин**

ХЕМОСКОП



# Нептуний: факты и фактики

А. Мотыляев

**Какое отношение имеет нептуний к атомной бомбе?** Самое прямое. Уран-238, поймав нейтрон от деления урана-235, становится короткоживущим ураном-239. Тот, испустив бета-электрон, превращается в следующий элемент Периодической таблицы. А это и есть нептуний, изотоп 239. Он также нестабилен, и, избавившись еще от одного бета-электрона с периодом полураспада 2,33 дня, порождает плутоний-239. Вот этот плутоний и служит зарядом для атомной бомбы, которая взрывается гораздо лучше, чем сделанная из другого делящегося изотопа — урана-235. Из-за малого времени жизни нептуний-239 не выделяют, но он неизбежный участник наработки оружейного плутония.

**Можно ли из нептуния сделать бомбу?** Да — из долгоживущего изотопа нептуния-237; его период полураспада 2,2 млн лет, и он, подобно урану-235 и плутонию-239, способен делиться при попадании в ядро лишнего нейтрона. Однако у него есть недостатки. Во-первых, шар критической массы весит более 50 кг (диаметр — 18 см). Это примерно как у урана-235 и много больше, чем у плутония-239. Зато радиоактивность нептуния в тысячу раз больше, чем у плутония. Иными словами, работать с ним гораздо сложнее. В природе нептуний практически отсутствует — получают его в атомных реакторах. При этом в реакторе электростанции его вырабатывается раз в пятнадцать меньше, чем плутония-239. В общем, все эти обстоятельства привели к тому, что не стал нептуний зарядом атомной бомбы.

Однако специалисты по ядерной безопасности выражают некоторую тревогу в связи с тем, что оборот урана и плутония как известных материалов для изготовления бомбы, строго регулируется, а в отношении нептуния ситуация несколько сложнее. Так, исследователи из Лос-Алamosской национальной лаборатории Минэнерго США отмечают в статье, которую опубликовал журнал «Talanta» в октябре 2016 года, что сейчас в 130 странах имеется 704 предприятия и 563 базы хранения, откуда злоумышленники могут похитить ядерные материалы, в частности, не-

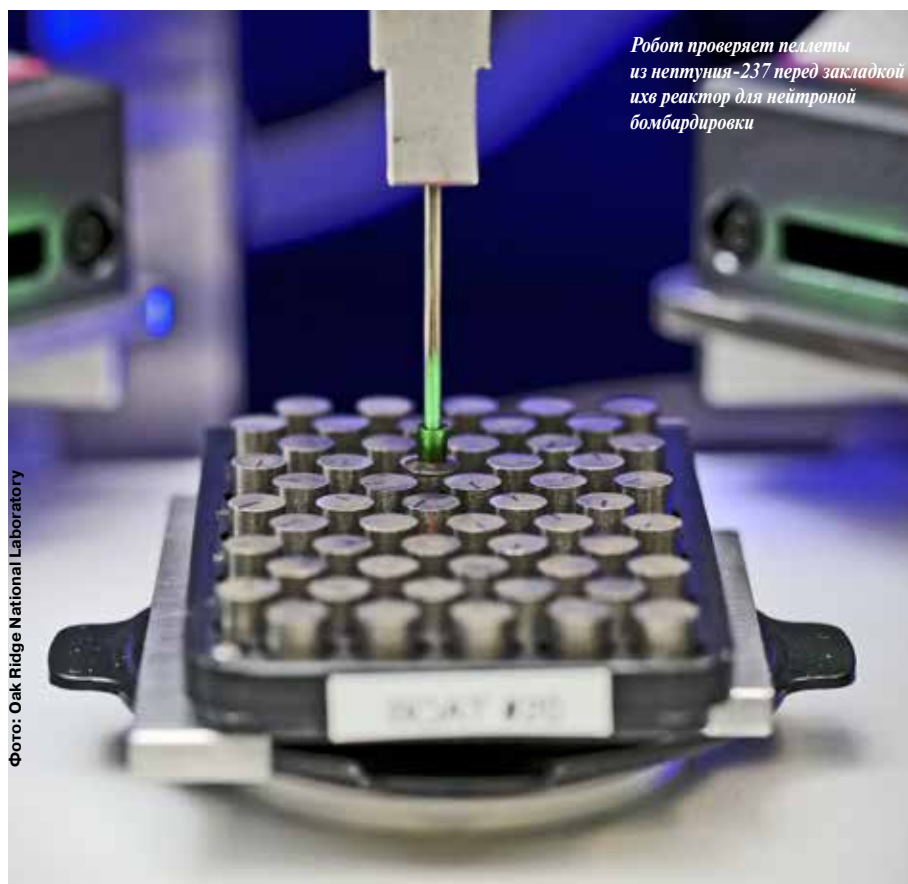
птуний. И если эксперты не готовы к идентификации этого элемента, ситуация не очень хороша. Для проверки такой готовности, в своей лаборатории они приготовили 4 грамма оксида нептуния, поместили его в стандартный контейнер, куда обычно криминалисты помещают подозрительные вещества и передали на экспертизу, чтобы выяснить, откуда этот нептуний мог взяться. При этом исследователи столкнулись с тем, что подходящих стандартов для калибровки аппаратуры под нептуний-237 нет; им пришлось всё изобретать с нуля, используя перекрестные исследования разными методами. Итог оказался неплохим. Так, было определено, что этот нептуний получен из несколько раз переработанного ядерного топлива и при этом его уже использовали для производства плутония-238, причем давно. В США есть всего два таких производства — Окриджская лаборатория и предприятие в Саванна-Ривер. Оттуда нептуний и был получен.

**Откуда берется нептуний-237?** Из того же урана-238, что и нептуний-239.

Дело в том, что этот изотоп урана способен на хитрости: поймав нейтрон, он может не сразу испытать распад, а выплюнуть два нейтрона, став ураном-237, который и превратится в нептуний-237. Вероятность этой реакции невелика, оттого и наработка нептуния в реакторе идет медленнее, чем плутония.

**Как открыли нептуний?** Это была почти детективная история, подробности которой можно прочитать в статье кандидата технических наук В.И. Кузнецова (см. «Химию и жизнь», 1973, 10). Начало положил Энрико Ферми в 30-е годы. Его заинтересовал вопрос — а что будет, если обстрелять нейтронами мишень из какого-то элемента? В отличие от альфа-частиц (второй снаряд, имевшийся тогда в руках исследователей), они лишены заряда и могут легко проникнуть в глубь ядра, вызвав ядерную реакцию. Какую — тогда было неизвестно. В своей римской лаборатории он и стал обстреливать все имевшиеся под рукой элементы. Какие-то на нейтроны никак не реагировали, какие-то давали остаточную радиацию.

<b>Np</b> <sup>93</sup> 237,0482 5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> НЕПТУНИЙ	2
	9
	22
	32
	18
	8
	2



Робот проверяет pellets из нептуния-237 перед закладкой их в реактор для нейтроной бомбардировки

Фото: Oak Ridge National Laboratory

Но вот дело дошло до урана. Ферми ожидал, что получится следующий элемент, с номером 93, а по своим химическим свойствам он будет подобен рению (тогда еще не знали, что существует семейство актиноидов, и ставили уран под вольфрамом, в седьмой ряд таблицы Менделеева, следующей же элемент окзывался под рением). Однако уран давал много радиоактивных продуктов. Среди них вроде выделили нечто похожее на радиоактивный рений, но оставались какие-то сомнения. Тем временем немцы Отто Хан и Фриц Штрассман, работая в Берлине, обнаружили, что ядро урана при бомбардировке делится и дает ядра доурановых элементов. То есть найденный радиоактивный рений вполне мог быть именно рением, а не элементом 93.

Открытие деления заинтересовало многих физиков. В частности, Эдвин Макмиллан в Калифорнийском университете в Беркли стал изучать спектр осколков деления урана. Опыт был поставлен остроумно. В качестве детектора взяли пачку папиросной бумаги, на первый лист нанесли оксид урана и поставили эту мишень под мощнейший, несравнимо более сильный, чем у Ферми, поток нейтронов: его получали с помощью синхротрона. Исследователи анализировали радиоактивность каждого листка бумаги: чем легче осколок, тем дальше он должен был отлететь.

И вот в первом листке была обнаружена радиоактивность с двумя периодами полураспада — 23 минуты и 2,3 дня. С первым было ясно — это уран-239: его тяжелое ядро не могло покинуть исходный лист бумаги. Логично было предположить, что второй период

*Вынутые из реактора нептуниевые pellets растворили, извлекли плутоний-238, а потом превратили его в оксид*



Фото: Oak Ridge National Laboratory

принадлежит его дочернему продукту — 239-му изотопу 93-го элемента. Тщательные опыты, проведенные вместе с коллегой Филиппом Эйбельсоном, который случайно в это время приехал в Беркли к другу на каникулы, доказали: да, это новый элемент; его назвали нептунием, исходя из того, что в Солнечной системе Нептун следует за Ураном.

**Что такое седьмая валентность нептуния?** Это важное открытие советских химиков. Нептуний входит в семейство актиноидов, и по своим химическим свойствам он должен быть близок к актинию и проявлять валентность два или три. Однако уже уран нарушает это правило. А нептуний и плутоний оказались рекордсменами — они способны отдать другим атомам все семь электронов, которые находятся на трех внешних оболочках. Теоретически плутоний мог бы отдать и восемь, но этого обнаружить не удалось.

История открытия была такова. Нептуний неизбежно получается при разделении продуктов ядерной реакции, в частности при очистке оружейного плутония. Отрабатывая технологию очистки, исследователи накопили некоторое количество нептуния. Н.Н. Крот, тогда молодой специалист, поинтересовался у руководителя, академика В.И. Спицына, что ему с этим элементом делать. «Как что? Исследовать свойства!» — ответил тот. Тогда-то и возникла идея окислить нептуний как можно сильнее. В конце концов дошли до раствора его шестивалентного соединения и пропустили сквозь него сильнейший окислитель — озон. Ничего не произошло. Может быть, нужно изменить кислотность среды? Добавили щелочь, и раствор позеленел. Так проявилось семивалентное соединение нептуния. Аналогично получили ис-



ЭЛЕМЕНТ №...

синя-черный раствор семивалентного соединения плутония.

После того как американцы узнали об открытии, они расстроились — зеленые соединения нептуния им тоже приходилось получать, но изменение окраски приписывали примесям. Крот впоследствии отмечал, что к успеху привели глубокие рассуждения о том, как должна быть устроена эта, транс-урановая, часть таблицы Менделеева (см. «Химию и жизнь», 1970, 5). Вообще же глубокое понимание химии нептуния необходимо потому, что его требуется извлекать из отработанного ядерного топлива вместе с другими актиноидами.

**Где используют нептуний?** Помимо прямого участия этого элемента в разработке оружейного плутония-239, его самый долгоживущий изотоп служит сырьем для изготовления плутония-238. Этот плутоний не способен к делению, зато он оказывается незаменимым элементом для изготовления долгодействующих источников энергии, которые применяют в космических аппаратах. Раньше его использовали для питания кардиостимуляторов и для оснащения арктических исследовательских станций. Именно плутоний-238 снабжает энергией автоматические космические станции «Вояджеры», которые летают в космосе уже 40 лет и продолжают ежедневно передавать сигналы с некоторых своих приборов. Например, получив в ноябре 2018 года сообщение с «Вояджера-2» — от прибора, измеряющего поток плазмы в окружающем пространстве, исследователи поняли, что этот аппарат вышел за пределы гелиосферы, то есть покинул Солнечную систему. На этом же корабле работают приборы для изучения космических лучей, частиц малых энергий и магнетометр. На «Вояджере-1», покинувшем Солнечную систему в 2012 году, работающих приборов сохранилось меньше.

Получают плутоний-238, бомбардируя нептуний-237 нейтронами. Поэтому ядерное разоружение сыграло злую шутку с исследователями космоса: соглашения между США и СССР, а потом РФ положили к 90-м годам конец плутониевому производству в обеих

странах. Стало быть, весь мировой запас плутония-238 был сделан до этих соглашений, тем более, что специально нарабатывать и хранить изотоп с периодом полураспада около 90 лет – не очень разумно. При этом накопленный в СССР плутоний-238 в количестве 40 кг было решено, согласно постановлению премьер-министра правительства РФ В.С. Черномырдина от 25 декабря 1992 года, продать США для проведения космических исследований.

В 2009 году поставки плутония-238 из РФ в США прекратились. И в США с их обширной космической программой к 2011 году наметился кризис: только запущенная в 1997 году к Сатурну станция «Кассини» увезла 33 кг плутония-238 в своих трех энергетических блоках. А были еще и марсоходы, и экспедиция «Нью Хорайзн» к Плутону, и другие полеты к дальним планетам, куда солнечный свет почти не попадает и энергию можно взять только от радиоактивного источника. В результате в 2016 году у НАСА оставалось лишь 34 кг плутония-238, причем в виде сырья: у этого изотопа период полураспада мал и сделанный 40–50 лет назад элемент уже на четверть распался. Специалисты предполагают, что из этого запаса можно извлечь лишь 16 кг плутония, пригодного для получения энергии. Поговаривают, что именно с дефицитом плутония было связано фиаско экспедиции ЕКА к комете Чурюмова–Герасименко: тогда спускаемый модуль «Филы» попал в тень от камня и не смог выполнить свою программу, поскольку энергию он получал от солнечных батарей, а солнечный свет из-за камня на них не попадал. Радиоактивный источник энергии так бы не подвел.

И вот в 2013 году в США стали восстанавливать производство плутония-238.

Для этого в Окриджской лаборатории организовали изготовление гранул из оксида нептуния-237. Эти гранулы загружают в высокопоточный исследовательский реактор, где они подвергаются интенсивному нейтронному обстрелу и из нептуния получается плутоний. Затем его очищают. В декабре 2015 года, впервые с 1985-го, в Окридже получили 50 граммов плутония-238, а к 2025 году планируют нарабатывать 1,5 кг в год. Не сказать, что это много — на марсоход «Кьюриосити» пошло 4,6 кг плутония. Нептуний же получают из хранилища атомных материалов, которое расположено в Айдахо, — там хранится, дожидаясь своего часа, нептуний, извлеченный из ядерного топлива.

**Как нептуний поможет поддерживать режим нераспространения ядерного оружия?** За счет разбавления плутония. Суть проблемы выглядит так. Оружейный плутоний во времена гонки ядерных вооружений получали в специальных реакторах, где образуется практически исключительно плутоний-239. Таких реакторов на Земле больше нет — их заглушили в рамках программы ядерного разоружения. В реакторе атомной электростанции образуется не только плутоний-239, но и другие его изотопы. Среди относительно долгоживущих это изотопы 238, 240, 241, 242. Разница между ними состоит в том, что нечетные изотопы участвуют в цепной реакции, ведущей к взрыву, а четные — ее гасят. Поэтому из реакторного плутония атомную бомбу сделать можно, но ее мощность будет гораздо меньше, чем у бомбы из оружейного плутония, в чем убедились, в частности, индусы. Разделять же изотопы плутония очень хлопотно, это требует хорошего развития высоких технологий, прежде всего точного машиностроения.

Такую деятельность невозможно скрыть от пристального ока ядерных

держав. А эти державы совсем не горят желанием терять монополию на обладание самым грозным оружием и поэтому всячески соблюдают договор о нераспространении ядерного оружия — один из немногих доживших до 20-х годов XXI века реликтов, обеспечивавших международную безопасность во время холодной войны. Страны-изготовители топлива для атомных электростанций обязательно забирают отработанное топливо и складывают его у себя: так плутоний не только не попадет в дурные руки, но даже и мысли об этом ни у кого не возникнет.

Однако развитие атомной энергетики как экологически чистого способа получения энергии (она не дает выбросов углекислого газа, но несравнимо более эффективна, чем солнечно-ветровая), а также требования эффективного бизнеса неизбежно приведут к строительству атомных станций и в странах с нестабильными режимами, верить которым на слово нельзя. Чтобы подвести надежную технологическую базу возникла идея испортить плутоний. Это можно сделать, добавив в урановое топливо нептуний-237. В реакторе он станет ловить нейтроны, что не очень хорошо, так как снижает эффективность реакции, и превращается в плутоний-238. Считается, что можно подобрать такой состав топлива с нептунием, когда эффективность его горения в реакторе не уменьшится, а плутоний окажется безнадежно загрязнен неделимым изотопом и непригодным для создания атомной бомбы. Эта идея противоречит желанию атомщиков многократно использовать плутоний как топливо, однако если сообразения безопасности возьмут верх, производство нептуния-237 ожидает блестящее будущее безотносительно к необходимости заправки космических аппаратов.

## Проблема минорных актиноидов

Топливные сборки в атомном реакторе работают несколько лет, вырабатывая примерно 50 ГВт энергии на тонну урана. А потом их извлекают и отправляют... Нет, не на переработку, а в хранилище. Казалось бы, такое решение нелогично — в них остаются довольно большие запасы делящихся изотопов, которые можно использовать для изготовления нового топлива.

Возьмем типичный российский реактор атомной электростанции — ВВЭР-1000. Если в него загружена тонна уранового топлива, то она содержит 44 кг делящегося урана-235, а остальное — не участвующий в ядерной реакции уран-238. Через три года уран-235 выгорит и в выгруженном топливе окажется 40 кг продуктов его деления, а так-

же около 11 кг долгоживущих актиноидов, а именно 10 кг плутония плюс 600 г нептуния, 200 г америция и 60 г кюрия. Последние три называют минорными актиноидами, потому что их содержание примерно в сто раз меньше, чем основного актиноида отработанного топлива — плутония.

И накопилось в мире этих актиноидов по состоянию на 2006 год ни много ни мало, а 110 тонн в отработанном топливе и еще 60 тонн в отстойниках, где хранятся отходы от переработки этого топлива. К 2020 году МАГАТЭ еще совсем недавно ожидало удвоения этого количества (правда, эти оценки были сделаны до Фукусимы и сворачивания ядерных программ в некоторых странах).

Вред от минорных актиноидов двойной. Во-первых, они бесцельно, не вырабатывая потом энергии, поглощают тепловые нейтроны, то есть служат так называемыми реакторными ядами: ведь именно эти нейтроны вызывают деление ядра урана-235 и обеспечивают прохождение цепной реакции. Минорные актиноиды делятся при нейтронной бомбардировке, но для этого нужны быстрые нейтроны, в подавляющем же большинстве энергетических реакторов их нет. А во-вторых, помимо живучести, они еще и сильно радиоактивны.

Ситуация с отработанным топливом по данным Международного агентства по ядерной энергии сегодня выглядит

так. Среди радиоактивных продуктов деления поначалу наиболее значимы иод, цезий и стронций. Имея период полураспада менее 31 года, спустя 80 лет их вклад в радиоактивность и тепловыделения из отработанного топлива уходят на уровень фона. А минорные актиноиды живут гораздо дольше — сотни тысяч и миллионы лет. Если учесть их содержание в отработанном топливе, то окажется, что его радиация сравняется с фоновой через 130 тысяч лет после того, как топливо выгрузят из реактора! При этом в результате радиоактивного распада происходит постоянное выделение тепла; его мощность — более ста ватт на каждую тонну отработанного топлива, и она находится на этом уровне первые 900 лет. Нельзя сказать, что это чрезмерно много, однако забывать про нагрев никак нельзя, ведь он сказывается на прочности защищающих топливо материалов: чем сильнее нагрета оболочка сборки, тем быстрее она разрушится, а разрушенный топливный элемент — это утечка радиоактивных веществ в окружающую среду. Если брать в расчет фантастические сроки — десятки тысяч лет, то получается, что система хранения отработанного топлива должна обладать колоссальным запасом прочности.

Это обстоятельство справедливо вызывает замечания со стороны противников атомной энергетики, которые говорят так. Сейчас цена киловатта электричества, полученного на атомной станции, оказывается гораздо ниже, чем из других источников электричества. Но туда совсем не в полном объеме включены затраты на хранение отработанного топлива и меры безопасности, а если все посчитать правильно, то эта энергия окажется столь дорогой, что никто в здравом уме и трезвой памяти не станет ее использовать.

Атомщики с этим тезисом не согласны, однако от проблемы не отмахиваются и намечают пути ее решения. Ведь если изъять из отработанного топлива хотя бы плутоний, то ситуация уже существенно улучшится. Изъять же все долгоживущие элементы, например 99,5% америция и 99% кюрия, можно добиться, что радиоактивность придет к фоновой уже за несколько сотен лет. Поэтому требуется экономически эффективная технология выделения минорных актиноидов из топлива с их последующей утилизацией.

В принципе, технологии выделения известны: их отработали при изготовлении плутония для ядерного оружия. Однако сейчас из отработанного топлива если что и извлекают, то невыгоревшие уран и плутоний, остальные же актиноиды оказываются в отходах. Это плохо. Например, если извлечь не 99% кюрия, а всего 90%, то радиоактивность сравняется с фоновой не через пять веков, а через полтора тысячелетия. Поэтому надо бы извлекать не только весь плутоний, но и весь нептуний, америций и кюрий. А что с ними делать дальше?

Тот, кто проделает работу по извлечению, получит дополнительную головную

боль. Плутоний, нептуний, да и америций, если его много, можно использовать для изготовления ядерного оружия. Значит, требуется, во-первых, обеспечить их безопасное складирование, а во-вторых, убедить всех, что не станешь использовать эти элементы не иначе, как топлива. Сейчас в мире находится 250—300 тонн оружейного плутония (запас на 40 тысяч хиросимских бомб) и еще 200 тонн реакторного — в основном в РФ, США, Франции, Великобритании, Японии, ФРГ, а также КНР, Аргентине, Индии и в Израиле. Куда же его девать?

Существует три способа. Первый — помешать плутоний и, возможно, минорные актиноиды в урановое топливо для обычных атомных электростанций на тепловых нейтронах. Это топливо называют МОКС, то есть топливо из смеси оксидов металлов. Его использование — дело непростое и рискованное, ведь проектировали реакторы под другое топливо, и надо точно просчитать все, чтобы нагрузка на материалы, тепловая и радиационная, после такой замены не изменилась. Эту задачу ядерщики решают — почти полсотни реакторов в Бельгии, Франции, Японии получили разрешение МАГАТЭ на использование МОКС-топлива, которое делают во Франции уж более четверти века. На заводе в Ла Аге переработано свыше 24 тыс тонн отработанного ядерного топлива, а эксплуатация реакторов, сжигающих МРКС-топливо, показала, что воздействие на окружающую среду очень мало.

А вот в США проект завода в Саванна-Ривер по производству этого топлива для тепловых реакторов в 2019 году окончательно закрыли. Не исключено, что тут важную роль играет экономика. Например, есть оценки, что топливо из вторичного плутония в пять-шесть раз дороже, нежели свежизготовленное из урана. Топливо из нептуния или америция выйдет еще дороже. Вот их по большей части и складировать в том виде, как есть, для будущего использования, хотя часть плутония все-таки извлекают.

Более совершенным считается сжигание МОКС-топлива в реакторах на быстрых нейтронах. Тогда в него можно положить гораздо больше и плутония, и минорных актиноидов: все они под действием быстрых нейтронов сгорят, то есть испытают деление, а его продукты, как было сказано, менее опасны. Дополнительно можно организовать наработку плутония-239, которого получат даже больше, чем сгорело. Считается, что благодаря этому чудесному феномену — получению топлива в результате его сгорания — атомная энергетика на быстрых нейтронах проработает тысячелетия, тогда как реакторы на тепловых нейтронах всё израсходуют к началу XXII века.

Несмотря на блестящие перспективы, практика показала, что построить реактор весьма сложно. За это дело принимались и американцы, и французы, и немцы, и японцы, однако успеха добились лишь в СССР и перенявшие эстафету ядерщи-



ЭЛЕМЕНТ №...

ки РФ. Если во всех остальных странах реакторы на быстрых нейтронах были закрыты, то в РФ продлен срок службы построенного еще в советское время реактора БН-600, а в 2016 году был запущен новый реактор БН-800; к 2030 году должны построить еще два БН-1200, стоимость которых будет сравнима с реакторами на тепловых нейтронах. БН-800 как раз и использует МОКС топливо для своей работы. В некоторых концепциях будущего ядерной энергетики предусматривается, что реакторы на тепловых нейтронах станут производить плутоний, который затем послужит топливом для реактора на быстрых нейтронах; выработанный на нем плутоний станут использовать как компонент топлива реактора на тепловых нейтронах. В идеале топливный цикл удастся замкнуть, нептуний, америций и кюрий — сжечь, а захоронивать станут лишь продукты деления.

Третий способ — сжечь нептуний, америций и кюрий с помощью ускорителя. В этой концепции имеются мощный нейтронный источник и подкритический реактор — в нем выработка нейтронов не хватает, чтобы запустить цепную реакцию. Нейтроны, сколотые ускоренными протонами с ядер свинца, попадают на мишень, состоящую исключительно из минорных актиноидов, без плутония. В результате идет трансмутация, а лишние нейтроны расходуются в ядерной реакции для выработки энергии. Ее получается немного, основная часть идет на работу ускорителя, однако при этом исключается необходимость добавлять нептуний, америций и кюрий в топливо атомного реактора. То есть снижается риск аварий из-за того, что с чем-то переборщили, а чего-то не доложили.

Сейчас еще неясно, какой способ выберут специалисты, поэтому опасные компоненты отработанного топлива лежат нетронутые, ожидая, когда техническая мысль человека достигнет необходимой высоты и будет найден надежный, а также экономически привлекательный способ вовлечения их в производство энергии.

Подготовлено по материалам доклада «Status of Minor Actinide Fuel Development», IAEA Nuclear Energy Series No. NF-T-4.6, 2009.

С. Анофелес



# Эволюция трудностей

Доктор психологических наук  
А.Н. Подьяков



РАЗМЫШЛЕНИЯ

Существенная часть нашей жизни — преодоление трудностей. Например, утром — проснуться, на ночь — не наесться, сдать ЕГЭ, написать статью для «Химии и жизни». Но не менее важная часть — которую мы по понятным причинам не замечаем — создание трудностей другим. Когда и как, почему и зачем?

## Какие бывают трудности

Отец решил проверить, как два его сына, 14 и 16 лет, выполняют запрет не пускать в дом чужих людей. Он попросил своего знакомого, которого дети не знали, постучаться в дом и попроситься войти. Младший впустил незнакомца. Войдя, тот в соответствии с договоренностью с отцом мальчиков представился как недавно освобожденный преступник, которому их отец должен деньги, и стал угрожать физической расправой. Подростки, перепугавшись, взбежали на второй этаж и забаррикадировались в спальне. Папин знакомый занервничал и уже хотел прекратить опыт, но папа по телефону настаивал на продолжении. Кончилось дело тем, что его сыновья спрыгнули из окна на крышу гаража и затем на землю, после чего вызвали полицию. Папина оценка — сыновья провалили испытание.

Этот случай, произошедший в одном из городов США три года назад, — один из примеров того, как люди намеренно создают трудности друг для друга. Зачем? Цели могут быть самыми разными: учебно-развивающими (например, развить мышление учащихся с помощью задачник повышенной трудности), диагностирующими (оценить другого с помощью разных проверок, тестов, экзаменов и прочего — чем и занимался этот папа), деструктивными (чтобы другой понес ущерб, пытаясь преодолеть созданную трудность, или просто не достиг своих целей), развлекательно-игровыми (например, в парке аттракционов). Из этого перечня можно увидеть, что создание трудностей, изобретение задач и проблем для других — важная часть творческой и интеллектуальной деятельности людей в самых разных областях практики, науки, досуга.

Для того, кто создает трудности, их разработка выступает зачастую как сложная творческая задача. Возможно, даже имеет смысл говорить о творческих способностях, одаренности и таланте в области изобретения проблем, предназначенных для других людей; здесь требуются высокий уровень интеллекта, хитрости и нередко провокационности. Например, в естественных науках есть признанные специалисты по придумыванию задач, а в шахматах даже есть термин «шахматный композитор».

Но с чего все началось и как развивалось в ходе биологической эволюции — до тех уровней, на которых проявляет свою творческую изощренность венец творения? Этому вопросу и посвящена данная статья.

## С чего началось

По отношению к начальному этапу эволюции живых существ нет особого смысла говорить об активном создании ими проблем друг для друга. Протоклетки на заре существования

жизни, конечно, создавали друг другу объективные трудности, например, конкурируя в борьбе за одни и те же ресурсы (так называемая пассивная конкуренция) и время от времени поглощая друг друга, но не за счет специально разработанных для жертвы преград. Для этого нужна более высокая организация живого существа. Поэтому на самом раннем этапе развития живого, видимо, не приходится говорить ни о целенаправленном, хоть и генетически заданном, поведении отдельных особей по созданию трудностей для своих соседей, ни о тактике одного вида по отношению к другому, которую можно было бы охарактеризовать как создание трудностей именно для этого другого вида с использованием его уязвимостей.

Впрочем, в парадигме активности (а не реактивности) можно и нужно обсуждать целенаправленность поведения даже отдельной клетки — например, нейрона. Но постепенно в ходе эволюции живые организмы пришли к чрезвычайно важному изобретению: можно и целесообразно создавать специфические трудности для других особей своего или чужого вида. Например, листья некоторых видов растений вырабатывают вещества, которые поступают в почву и подавляют прорастание и развитие соседних растений, а другие — вещества, отпугивающие паразитов. Подобных примеров много.

С психологической точки зрения нас, естественно, больше интересуют такие трудности, которые связаны с поведением животных и их функционированием как существ, обладающих психикой. Например, хищники — представители видов с высоким уровнем психической организации — способны целенаправленно оттеснять загоняемую жертву с участков местности, где ей передвигаться проще, на участки, где ей передвигаться сложнее, все больше изматывая ее. При этом учитывается вид, к которому принадлежит жертва, — того, кто может лазать по деревьям, и того, кто лазать не умеет, но развивает наибольшую скорость на открытой местности, надо загонять на разные участки. Учитываются физические кондиции и психологическое состояние жертвы, например, паника или готовность активно и жестко обороняться при сближении.

Другой пример: енот-крабед, найдя краба, начинает барабанить лапами по его панцирю. Он быстро отдергивает лапу, если краб переходит в атаку, но, когда тот опускает клешни, енот снова принимается барабанить — и так много раз. Через какое-то время краб не выдерживает давления: он поджимает конечности и перестает реагировать. Тогда енот быстро раскусывает панцирь.

Среди наиболее интересных примеров создания психологических трудностей для другой особи при конкуренции с ней отметим лишь несколько. Самцы австралийских шалашников (эти птицы — родственники ворон и соек) строят шалаши из веточек и украшают их яркими предметами как площадки для будущего ухода. Самка, оценив красоту строения, решает, прилетит ли она туда для брачных игр. В конкурентной борьбе самцы разрушают шалаши соперников. Следует подчеркнуть, что шалаш — именно место для брачных игр, а не гнездо для выведения птенцов, которое потом строит самка. Поэтому разрушение шалаша с его тщательно подобранными

украшениями, в отличие от разрушения гнезда, выполняет лишь деструктивную психологическую функцию — снизить привлекательность самца в глазах потенциальной партнерши.

Если речь идет об отъеме добычи у конкурента, высокоорганизованные животные также демонстрируют сложные стратегии, связанные с созданием трудностей и обманом того, у кого эту добычу надо отнять. В городе можно время от времени наблюдать забавную ситуацию. Собака лежа грызет что-то, и этой едой начинает интересоваться пара ворон. Одна из них подбирается к лежащей собаке сзади и демонстрирует готовность клюнуть ее в хвост, а если удастся, то и действительно клюет. Собака, придерживая кусок, поворачивается, огрызается, ворона отлетает недалеко, но на безопасное расстояние. Собака снова принимается за еду, ворона опять повторяет те же действия, мешая собаке есть и отвлекая ее. Иначе как целенаправленным дразнением это назвать трудно, причем непосредственно к еде эта ворона вроде и не стремится, ее интересуют лишь собачий хвост и возможность его клюнуть. В конце концов у собаки лопается терпение, и она, оставив без присмотра еду, бросается на ворону-дразнильщицу, та снова отлетает. Другая ворона без помех подбирает оставленное собакой без присмотра, после чего обе вороны вместе улетают, унося добычу. Интересно, в каком соотношении они ее делят?

## Низшие влияют на высших

Трудности, вызывающие изменение программы функционирования, способны создавать и живые существа, стоящие ниже на эволюционной лестнице, чем те, для кого трудности созданы и на чью психику тем или иным способом воздействуют. Особый интерес представляют паразиты, меняющие поведенческую программу более высокоорганизованного хозяина в свою пользу и в ущерб хозяину. Подобные случаи описывает в своих очерках известный ученый-энтомолог П.И. Мариковский. Вот один из них: «Личинки червя-волосатика (*Gordiacea*), паразитируя в жуке-чернотелке (*Tenebrionidae*), никак не связанном с водой, направляют свою жертву на дно ручья, в свою среду обитания, где и покидают хозяина. Жук после этого погибает». Аналогично стремятся в воду кузнечики, пораженные червем-паразитом *Spiniochordodes tellinii*, поскольку этот паразит размножается в воде, хотя кузнечик там гибнет. Плоские черви *Fasciola hepatica*, попав в тело муравья, изменяют его поведение на совершенно ему не свойственное: он залезает на вершину травинки и сидит там часами, значительно повышая вероятность того, что его съест рогатый скот вместе с травой. Это и нужно червю-паразиту: в печени скота он питается и размножается. Подробнее истории описаны доктором биологических наук Г.М. Длусским, известным специалистом в области мирмекологии — науки о поведении муравьев.

В целом манипулирование поведением хозяев, освоенное паразитами, — важная научная проблема. Читатель может насладиться ее обсуждением и многочисленными примерами, приведенными в книге Карла Циммера «Паразит — царь природы. Тайный мир самых опасных существ на Земле», выпущенной издательством «Альпина нон-фикшн» в 2017 году.

Один из наиболее поразительных примеров и, возможно, непосредственно практически важный для человека — изменение поведения мышей и крыс под влиянием проникшего в их организм паразита *Toxoplasma gondii*. Здоровые мыши и крысы боятся и бегут от кошачьего запаха, поскольку он означает близкое присутствие их смертельного врага. У зараженных паразитом грызунов эта реакция извращается, меняется на противоположную. Они начинают стремиться к местам, где пахнет кошачьей мочой, повышая вероятность встречи с кошкой и попадания в кошачий желудок, где паразит и размножается. Причем паразит действует на поведение грызуна,

видимо, весьма точно и избирательно, не ослабляя другие реакции страха и не снижая общую тревожность, — ведь мышь, ставшая бесстрашной во всем, рискует пропасть в других опасных ситуациях, так и не добравшись до кошки — конечной цели *T. gondii* (см. «Химию и жизнь», 2011, 10).

Инфицирование этим паразитом, возможно, изменяет и психологический статус человека, заражающегося от кошек. Как предполагается, эти психологические изменения — побочное следствие химических реакций, запускаемых *T. gondii* в нервной системе. Они не связаны с какими-либо полезными функциями для паразита и не приводят к описанным фатальным последствиям, характерным для зараженных грызунов. Но для человека заражение все равно неприятно — у инфицированных наблюдается некоторое снижение времени реакции, интеллекта и стремления к новизне; несколько более высока вероятность заболеть шизофренией (из-за измененного уровня дофамина). У зараженных мужчин по сравнению с незараженными относительно снижен уровень перфекционизма, они более склонны пренебрегать социальными нормами, более ревнивы и подозрительны. У зараженных женщин уровень перфекционизма, напротив, несколько повышен, они более склонны к морализаторству и демонстрации сердечности.

Поскольку прямые экспериментальные исследования здесь невозможны (по этическим соображениям нельзя заразить этой инфекцией группу добровольцев и наблюдать за происходящими психологическими изменениями), то направление причинной связи остается под вопросом — в принципе она может быть и противоположно направленной. Возможно, что люди, имеющие такие психологические особенности, более склонны к общению с кошками и пренебрежению гигиеническими нормами, что и приводит к заболеванию.

Описанные психологические особенности людей, зараженных *T. gondii*, бесполезны для этого паразита — человек в течение последних тысячелетий почти не входит в меню кошачьих и не может инфицировать их, будучи съеденным. Но замедление скорости психомоторных реакций и снижение уровня интеллекта может быть критично для обезьян, составляющих важную часть рациона крупных кошачьих в Африке и Азии. В этом случае изменения поведения, вызванные паразитом, полезны для него, и здесь причинная связь между инфицированием и поведением может быть прямой. Иначе говоря, в этом случае паразит действует «целенаправленно».

Кевин Лафферти из Калифорнийского университета, исследователь экологии паразитов, провел статистическое исследование различных человеческих популяций. Он хотел проверить, есть ли связь между инфицированием *T. gondii* и культурными особенностями больших человеческих групп. Лафферти сопоставил данные медицинских исследований о распространенности этой инфекции в различных регионах (она, кстати, может быть весьма высокой) с данными кросс-культурных исследований психологических особенностях людей, проживающих в этих регионах. Он считает, что связи — часто сложно опосредованные — здесь имеются и их важно учитывать и медикам, и психологам. Например, если исходить из того, что инфицирование *T. gondii* по-разному влияет на мужчин и женщин, причем в направлении усиления различий между ними (скажем, поляризуя их по перфекционизму и некоторым другим чертам), то большая степень инфицированности популяции может как-то (вопрос — сколь значительно?) влиять на культуру подчеркнутых гендерных ролей, формируемых в этой популяции.

Благодаря этим и другим аналогичным исследованиям роль паразитов в изменении «психического статуса» и поведения хозяев сегодня обсуждается более широко — применительно не только к человеку, но и к популяциям различных других высокоорганизованных биологических видов, в том числе и здоровых их представителей. Некоторые авторы допускают,

что в ходе естественного отбора, направленного на защиту от инфекции, могут изменяться паттерны поведенческих синдромов, «характеры» и «черты личности» представителей высокоорганизованного вида.

## Трудности спасают жизнь

Обратимся к диагностирующим трудностям — своеобразному тестированию другой особи, проверке ее реакций.

Если создавать деструктивные трудности для других способных даже растения, то диагностирующие пробы, предваряющие последующее нанесение ущерба, по силам только значительно более высокоорганизованным организмам. Например, молодые хищники проводят пробные атаки, отрабатывая приемы нападения и изучая возможности потенциальных жертв. Известны также пробные атаки акул после серии кругов вокруг намеченной жертвы: если та оказывает активное сопротивление, акула может прекратить преследование и уйти, в противном случае произойдет атака со смертельным для жертвы исходом. Пробные атаки используют многие хищные рыбы, пауки и некоторые другие виды.

Но бывает, что одни особи создают трудности для других ради спасения последних. Это — форма помощи. Волк-вожак, обладающий лучшим чутьем и большим опытом, чем другие члены стаи, может забросать нечистотами обнаруженный им искусно замаскированный капкан или выложенную охотником напоказ отравленную приманку, чтобы члены стаи ее не трогали. Вероятно, первоначально эти действия инстинктивны в своей основе и выполняют функцию непосредственной порчи подозрительной пищи. Но у животных с развитой психикой такие действия начинают выполнять не только эту функцию, но и более сложную и высокую по уровню сигнальную функцию обозначения объекта как плохого, негодного.

Есть и более сложные формы помогающего поведения. Многие (если не все) высшие животные обучают своих детенышей. В этом обучении могут специально создаваться «обучающие трудности». Хищники целенаправленно учат своих детенышей отыскивать добычу, ловить ее и дают возможность в той или иной мере «обжечься» на относительно опасных экземплярах. При этом родитель, как и полагается хорошему преподавателю в процессе обучения, может специально подготавливать «учебный материал», регулируя меру трудности задания. Родитель может специально приводить добычу, служащую для тренировки, в такое состояние, чтобы она не была слишком опасна. Тем самым детенышам предоставляются возможности исследовать способы самозащиты этой добычи и отрабатывать свои способы нападения.

В ответ жертва тоже использует свои стратегии и приемы создания трудностей для нападающего, в том числе создавая опасные для него ситуации (небольшая птица, сидящая на самом конце ветки, может дразнить сидящую на дереве кошку, чтобы та переместилась на более тонкие и ломкие ветки), а также снижая эффективность действий нападающего (кальмар выпускает чернильное облако, некоторые другие подводные животные — ослепляющую «люминесцентную бомбу», скунс — отвратительно пахнущую струю и т. п.).

## Что в итоге

Исходно, на относительно ранних этапах эволюции, в связи с объективной конкуренцией за ресурсы, живые организмы открывают для себя те или иные возможности подавления активности конкурентов, их конкурентоспособности. Эта задача решается с помощью деструктивных трудностей, создаваемых для соперника, — вначале весьма простых, например, выделение каких-то химических веществ примитивными организмами и растениями. Постепенно трудности становятся все более изощренными, возникают их новые типы — диагностирующие



РАЗМЫШЛЕНИЯ

и конструктивные. Первые необходимы, чтобы проверить возможности другого субъекта и подготовить последующее нанесение ущерба. Вторые, конструктивные, необходимы для расширения возможностей сородичей, это, по сути, помощь и обучение, на которые способны высшие млекопитающие.

У человека изобретение трудностей и проблем для других становится весьма сложной и дифференцированной деятельностью, направленной на самые разные цели и использующей разные специально изобретаемые методы. Например, в значительной мере именно из этой деятельности состоит работа спортивного тренера и вообще педагога. Вот еще один актуальный пример.

Как и когда возникла такая форма помощи другому, как нагрузочные медицинские пробы (стресс-тесты), скажем, проба ускоренной ходьбой на беговой дорожке для сердечника под внимательным присмотром врача? Это сложная, интеллектуально нагруженная форма тонко настраиваемой кооперации — здесь важно и получить необходимую для помощи информацию, и не навредить тому, кого исследуешь, трудностью, вынужденным стресс-тестом. Несмотря на обыденность и привычность для нас таких процедур, мало что известно об их происхождении. Ничего похожего у животных не наблюдается (у них нет самой идеи погонять большого с особой целью — чтобы понять, как именно ему помочь, или дать выпить чего-нибудь самого по себе бесполезного с той же целью и т. п.). Раз у животных этого нет, тогда вопрос в терминах эволюционной психологии: в какой, условно говоря, пещере или саванне возникли предпосылки и сама идея, четкую формулировку которой мы видим в фильмах про врачей, работающих с травмами: «Тебе плохо, попробуй подвигать рукой вот так. Если у тебя получится, значит... А если не получится, и ты даже заорешь, значит... и мы попробуем сделать вот что...» Датировку снадобий можно определить. Но как реконструировать предпосылки и развитие такой интеллектуально нагруженной формы помощи?

Однако для того, чтобы врач квалифицированно проводил нагрузочные пробы с пациентами, он сам должен пройти специально разработанный трудный практикум (желательно с имитацией трудных случаев) и сдать суровому экзаменатору соответствующий экзамен. Тут мы выходим на тему метатрудностей — трудностей, специально создаваемых другим создателям трудностей (в данном случае трудностей, создаваемых преподавателем врачебного дела для будущего врача, чтобы тот квалифицированно создавал диагностирующие трудности пациентам). А метатрудности тоже могут быть конструктивными, деструктивными и диагностирующими. Здесь мы привели пример конструктивной метатрудности. Над примерами создания деструктивных трудностей для создателей деструктивных трудностей и над другими вариантами читатель при желании может подумать самостоятельно — надеюсь, эта трудность будет конструктивной.



# Красное вино: пить или не пить?

Речь в этой статье пойдет только о сухом красном вине. По понятной причине не будем касаться очевидно вредных для здоровья низкокачественных крепленых вин, которые изготавливают из дешевого виноматериала, сахара, спирта, воды и красителей с единственной целью — дать возможность опьянеть быстро и за минимальную цену. Но и отношение к качественным и недорогим сухим винам в России менялось прямо противоположным образом (как, впрочем, и ко многим другим пищевым продуктам). Достаточно вспомнить антиалкогольную кампанию 1985–1987 годов, вырубку виноградников, массовое закрытие магазинов, торгующих спиртным, и прочее. Антиалкогольные кампании случались не только в СССР, но и в России — во времена Алексея Михайловича и Николая II; можно вспомнить также сухой закон в США, действовавший с 1919-го по 1933 год. Впрочем, привычно злобствующие насчет перегибов антиалкогольной кампании или не знают, или делают вид, что не знают, — именно с 1986 по 1990 год средняя продолжительность жизни в России была на два года больше, чем до и после этого периода. В среднем — то есть для всех жителей страны; а многим она просто спасла жизнь.

В более спокойные времена в газетах и журналах высказывалось взвешенное и здравое мнение о том, что следует постепенно снижать производство крепких спиртных напитков и повышать цены на них и одновременно увеличивать производство и снижать цену хороших виноградных сухих вин. Утверждалось, что умеренное потребление красного сухого вина полезно для здоровья, потому что в нем содержатся антиоксиданты, например, полифенолы — кверцетин, ресвератрол и другие. Однако виноград и виноградное вино содержат такую сложную смесь разных химических соединений, что нельзя исключить значительную роль других, пока не изученных и даже неизвестных веществ (подробнее о составе вина — в статье «Вино глазами химика»; см. «Химию и жизнь», 2017, 7). Что говорит наука — действительно ли сухие красные вина полезны или это всего лишь маркетинговый ход производителей?



Художник В. Богорад

С античных времен вино применяли в лечебных целях. С середины XX века появились многочисленные исследования так называемой средиземноморской диеты — с употреблением в больших количествах фруктов, овощей, оливкового масла и сухих вин. В результате Всемирная организация здравоохранения в 2003 году заявила, что умеренное потребление алкоголя снижает риск сердечно-сосудистых заболеваний. Первое крупномасштабное исследование, проведенное в 1980-х годах в 18 странах, показало: чем больше люди потребляли красного вина, тем реже умирали от ишемической болезни сердца. А спустя десятилетие появилось понятие «французский парадокс». Его придумал врач из Лиона Серж Рено (Serge Renaud), а распродандировал американский журналист Морли Сейфер, взявший у Рено интервью.

В чем же заключается этот парадокс? Лионский врач, который десятки лет занимался взаимосвязью диеты, алкоголя и здоровья, рассказал Сейферу, что уровень сердечно-сосудистых заболе-

ваний во Франции существенно ниже, чем в США и Великобритании. И это несмотря на то что французы едят много жирного; так, потребление насыщенных животных жиров во Франции втрое выше, чем в США. Рено предположил, что этот «парадокс» можно объяснить тем, что французы пьют много красного вина: в среднем 60–70 литров в год на человека по сравнению с 5–10 литрами в США и Британии. Хотя в некоторых странах потребление алкоголя не меньше, чем во Франции, но — не в виде красного вина. Рено рассказал, что во время своей учебы в Канаде и США он очень удивлялся тому, что в этих странах люди во время еды не пьют вино, а фруктов почти не едят. Зато пьют много крепких спиртных напитков. При этом частота сердечно-сосудистых заболеваний в этих странах выше, чем во Франции. Из этого можно было сделать вывод, что сам по себе алкоголь — фактор риска. После того как Сейфер, вернувшись в США, рассказал в телепередаче о своей беседе с французским врачом, потребление красного вина в США за месяц увеличилось почти на 45%.

Далее было проведено много исследований, проанализированы данные для сотен тысяч людей. К сожалению, при этом часто не различали источник алкоголя, а только фиксировали его общее количество. Результаты как будто показывают, что умеренное потребление красного вина (большинство авторов полагает, что это один неполный бокал в день, около 150 мл) снижает риск сердечных приступов вдвое по сравнению с абсолютными трезвенниками. Для любителей пива, причем потребляющих его в сопоставимых количествах, снижение составило четверть. Но как только потребление спиртного увеличивается, все его преимущества исчезают. Важно, что содержание спирта в красном вине не могло объяснить его действие: сопоставимое количество алкоголя в крепких спиртных напитках не снижало, а повышало риск.

Так в чем же секрет именно красных вин? По содержанию основных компонентов они очень похожи на белые вина. Однако в красном вине примерно в 20 раз больше полифенолов. Крепкие спиртные напитки — прооксиданты, они усиливают окислительные процессы в организме. А красное вино — антиоксидант, причем благодаря именно полифенолам, которым в последние десятилетия было посвящено множество исследований. Максимальная концентрация полифенолов — в виноградных косточках и в кожуре, которые при изготовлении красных вин не отделяют от сула. В процессе ферментации образующийся этанол эффективно экстрагирует полифенолы; отчасти они образуются и чисто химически. В результате их концентрация в красном вине достигает 2 мг/л. В виноградном соке полифенолов меньше, чем в красном вине.

Благоприятный эффект от употребления красного вина сводится в основном к предупреждению и торможению развития атеросклероза и нормализации пищеварения. Это объясняют снижением концентрации в крови липопротеидов низкой плотности (ЛПНП), «плохого холестерина», и увеличением концентрации липопротеидов высокой плотности (ЛПВП), «хорошего холестерина». Данный эффект невозможно свести к какому-либо одному веществу или даже к группе веществ: работает большой и сложный комплекс соединений. Например, в апельсинах и грейпфруте тоже много полифенолов, но эти фрукты не препятствуют образованию бляшек в сосудах. Еще одно наблюдение: обнаружен сильный синергизм действия виноградных косточек и кожуры: порознь они дают эффект, но более слабый. А вот антисклеротическое действие самого этанола не имеет практического значения.

Средиземноморская диета, предупреждающая образование тромбов в сосудах, включает не только употребление красного вина, но также оливкового масла в больших количествах. При этом полифенолы расслабляют артерии, в том числе коронарные, что понижает давление и улучшает кровоснабжение сердечной мышцы. По-видимому, именно этим объясняется, почему красное вино снижает риск ишемической болезни сердца. Примерно такое же действие имеет и безалкогольное красное вино, процесс изготовления которого методом вакуумной дистилляции был запатентован в начале XX века.

Однако у сторонников красного вина были и противники. Они ссылались на то, что постоянное употребление даже слабых спиртовых растворов, причем в любом виде, оказывает негативное воздействие на мозг. Им возражали, ссылаясь на семилетние наблюдения в США 1000 пожилых людей: потребляющие малые количества спиртного сохранили свои умственные способности лучше, чем трезвенники. Они также реже страдали от болезни Альцгеймера. Однако сами авторы исследования были осторожны и не рекомендовали регулярного потребления алкоголя, несмотря на полученные ими результаты. Они ссылались на то, что механизм эффекта неизвестен и не факт, что за него отвечает именно спирт: пьют же не просто водные растворы этанола.

Масла в огонь подлили исследования, показавшие, что при чрезмерном потреблении спиртного повышается риск онкологических заболеваний. Причина? По-видимому, возникновение повреждений в ДНК под воздействием этанола и продуктов его метаболизма. При этом даже умеренные дозы алкоголя, независимо от его источника, включая также красные вина, не вполне безвредны. Особенно подвержены этому действию женщины с низким индексом массы тела. То есть, несмотря на несомненное антиоксидантное действие красного вина, его нельзя рекомендовать в качестве противоракового средства.

А может быть, дело только в ресвератроле, содержащемся в красном вине? Ведь доказано его противоопухолевое действие — правда, только на мышах. К тому же, чтобы человек получал сопоставимую дозу этого вещества, он должен в день выпивать около тысячи литров красного вина. Помимо прочего, механизм действия ресвератрола неизвестен, о нем есть только предположения. Однако не подлежит сомнению, что польза от красного вина, в чем бы она ни заключалась, не связана с содержанием в нем спирта. Это доказано при использовании безалкогольных концентратов красных вин.



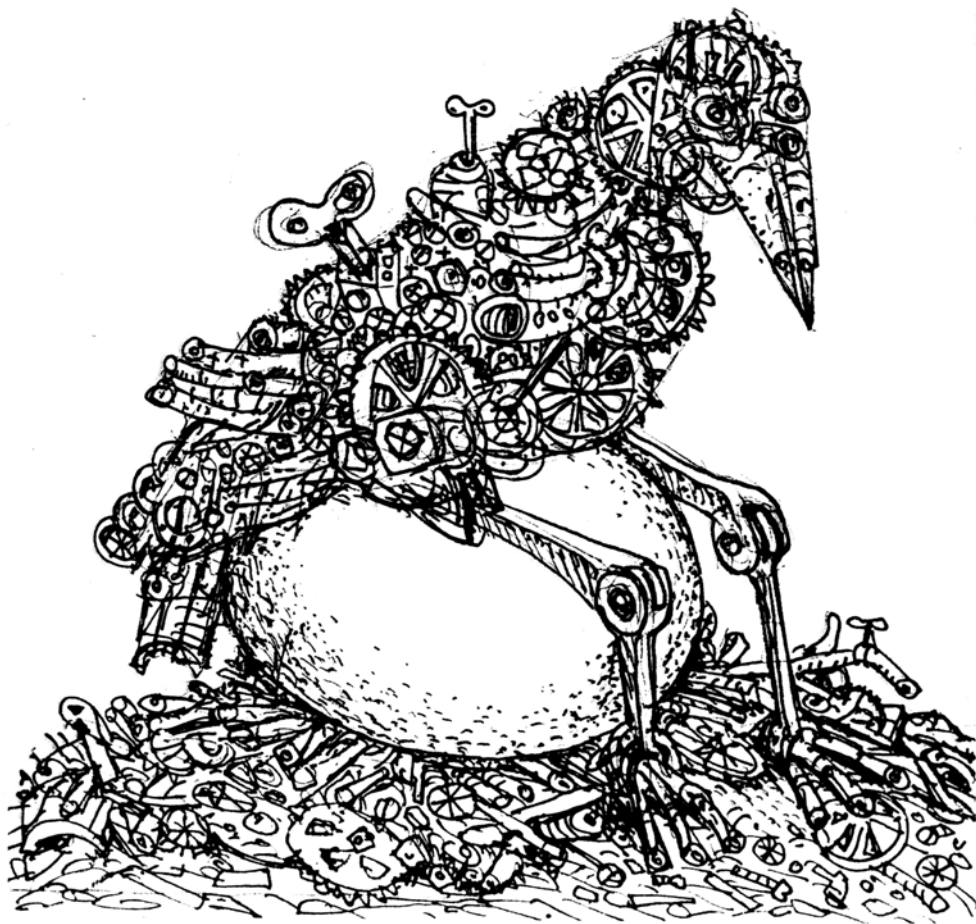
## СТО ХИМИЧЕСКИХ МИФОВ

И еще одно соображение. Марочные сухие вина пьют по большей части люди образованные и обеспеченные. Неудивительно, что они и лучше питаются, и живут в лучших условиях, и больше следят за своим здоровьем, и тратят больше средств для его поддержания. Вычленив влияние именно красного вина на состояние здоровья таких людей весьма трудно. А провести эксперименты среди бедных, предлагая им выпивать в течение длительного времени (десятки лет) определенные порции красного вина, вряд ли возможно. Известно, что люди, регулярно посещающие зубного врача, в среднем здоровее остальных. Но это не заслуга дантиста — следящие за своими зубами чаще следят и за своим здоровьем в целом.

Значит ли все сказанное, что вполне можно заменить сухое вино экстрактом из виноградных косточек и кожуры? Вполне возможно и такие исследования ведутся, однако обследовать множество любителей свежавыжатого виноградного сока довольно сложно хотя бы потому, что их несравнимо меньше, чем любителей красного вина. Полезно было бы также детально обследовать любителей некоторых фруктов с высоким содержанием полифенолов. Не исключено, что такие фрукты могут содержать весьма полезные для здоровья вещества, которых нет в красном вине. Но пока не изучено достаточно подробно даже влияние добавок ресвератрола в некоторые биологически активные добавки (БАДы).

Что же можно сказать в итоге? Употребление красного вина от случая к случаю может дать положительный эффект, потому что мы пьем его для удовольствия, это положительные эмоции, которые полезны для организма. Естественно, чрезмерное его потребление может только навредить. А вот что несомненно было бы полезно — это придерживаться средиземноморской диеты, много времени проводить на свежем воздухе и не избегать регулярных физических нагрузок.

**И.А. Леенсон**



**Если вы  
скачали этот  
номер  
журнала  
Химия и  
жизнь  
с бесплатного  
сайта,  
то**

**внести посильный взнос на оплату труда  
журналистов, редакторов, художников  
и корректоров вы можете, оплатив один  
номер или целую подписку  
в нашем киоске по адресу:**

**[http://www.hij.ru/buy\\_subscribe/](http://www.hij.ru/buy_subscribe/)**

**Если вам  
надоело  
скачивать  
случайные  
номера  
журнала  
Химия и  
жизнь  
с бесплатного  
сайта,  
то**



**с любого номера вы можете подписаться  
на бумажную или электронную версию  
журнала по адресу**

**[http://www.hij.ru/buy\\_subscribe/](http://www.hij.ru/buy_subscribe/)**



SOAMO

# Зарядка, холод, алкоголь – что общего?

Кандидат биологических наук

**О.В. Космачевская,**

доктор биологических наук

**А.Ф. Топунов**



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

*Молекулярные структуры живой клетки так сложны, что, кажется, невозможно говорить о них просто. Однако это только кажется. Настоящая наука состоит в отыскании простоты плана.*

Е.А. Либерман,  
биофизик и физиолог (1925–2011)

Люди давно заметили, что одно и то же вещество или воздействие может быть и ядом, и лекарством в зависимости от дозы. Например, ежедневная рюмка коньяка или бокал вина снижают риск развития инфаркта и инсульта. Это так называемая чазовская норма. В то же время регулярное употребление больших количеств алкоголя сильно вредит здоровью. От долгого пребывания на холоде можно заболеть и даже умереть, а вот непродолжительное воздействие холода, закалка, укрепляет здоровье. Чрезмерные физические нагрузки истощают организм, зато умеренные и регулярные, скажем утренняя зарядка, укрепляют.

Что общего между алкоголем, холодом и зарядкой? Почему одни и те же вещества и воздействия могут нас и вылечить, и убить? Ученым пришлось много потрудиться, чтобы ответить на эти вопросы. Оказалось, все дело в заложенных в нас природой механизмах адаптации, которые позволяют приспосабливаться и выживать в неблагоприятных условиях. Эти механизмы единые для всех живых существ и не зависят от природы действующего фактора. Иначе говоря, они общие и универсальные. Знание этих механизмов поможет нам быть здоровее и жить дольше.

## Парадоксальный ответ

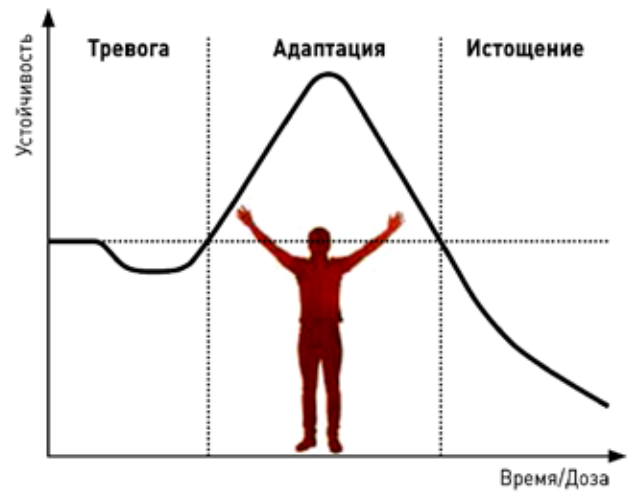
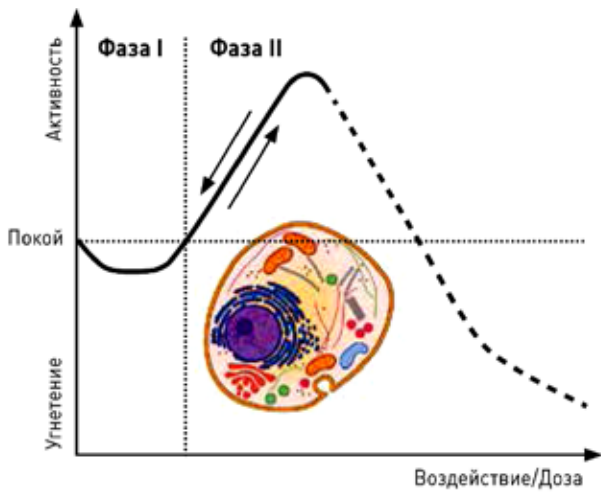
Прежде чем говорить об адаптации целого организма, нужно понять, что происходит с клеткой. Ведь она — элементарная единица живого. Реакции клеток на изменение свойств внешней среды разнообразны, как разнообразны сами клетки и действующие на них факторы. Однако в этих реакциях есть и общие черты. Способность живых организмов и их частей реагировать однотипно на действие внешних факторов обнаружили еще в начале XIX века. Эта идея настолько стара, что сейчас уже трудно сказать, кто был первым. Исследователи брали организм, орган, ткань или клетку, воздействовали на них каким-либо агентом и смотрели на реакцию. Излюбленным объектом исследования служила портяжная мышца лягушки. Немецкий физиолог Э. Пфлюгер воздействовал на мышцу постоянным электрическим током и наблюдал, как сначала мышца сокращалась сильнее, затем сокращения

замедлялись и в конце концов прекращались. Так был обнаружен парадоксальный ответ живых систем.

Парадоксальность заключается в том, что живые системы отвечают на постепенно возрастающую дозу не линейно, а проходя через фазы повышения активности и снижения активности. Позже, в конце XIX века, профессор психиатрии Р. Арндт и профессор фармакологии Г. Шульц, работавшие в одном Грейфсвальдском университете, обнаружили парадоксальный ответ для других клеток и других воздействий. На основе результатов их исследований был сформулирован закон Арндта — Шульца, согласно которому слабые воздействия пробуждают (или стимулируют) деятельность живых систем, средние ее усиливают, сильные — тормозят и очень сильные — убивают. Этот закон считается одним из основных биологических законов.

Парадоксальный ответ клеток в конце XIX и первой половине XX века изучали русские физиологи в Санкт-Петербургском университете Н.Е. Введенский (1852–1922) и Д.Н. Насонов (1895–1957). Введенский наблюдал парадоксальную реакцию на извлеченном седалищном нерве лягушки, который он нагревал, охлаждал, действовал электрическим током и разными веществами. В лаборатории Насонова на протяжении многих лет изучали изменения, которые возникают в самых разнообразных клетках при действии на них любых агентов. Работа была выполнена огромная. Судите сами. Объектом исследования служили эпителиальные, нервные, мышечные, соединительнотканые и половые клетки позвоночных животных, нервные и другие клеточные элементы червей, иглокожих, кишечнорастворимых, моллюсков, ракообразных, насекомых, а также некоторые клетки растительных организмов и простейших. Эти клетки нагревали, облучали, сжимали, лишали кислорода, действовали на них поверхностно-активными веществами, кислотами, щелочами, солями, алкалоидами, тяжелыми металлами и следили за происходящими в клетках изменениями. Оказалось, что во всех случаях у всех клеток наблюдается один и тот же комплекс изменений, которые носят двухфазный характер. Какие же это изменения?

Главным инструментом исследователей живого в начале прошлого века был микроскоп: темнопольный и в проходящем свете. И первое, что удалось увидеть в ответ на действие какого-либо агента, было бледно-голубое свечение внутреннего содержимого клетки в темном поле. В обычном же микроскопе было видно, как клетки мутнеют и в них возникают видимые структуры. К тому же раздраженные клетки становились более вязкими и окрашивались красителями. (Как правило, в нормальных условиях проникший в клетку краситель концентрируется в ней в виде гранул, а клетка остается бесцветной.) Однако этим реакция клеток на внешнее воздействие не ограничивалась: из клетки выходили ионы калия и фосфаты, входили натрий и хлор, а внутреннее содержимое закислялось. И угасали специализированные клеточные функции, такие как сокращение мышечной клетки, выделение секрета секреторными клетками, генерация электрических импульсов нейронами. Все это происходило



1  
Клетка должна постоянно реагировать на меняющиеся внешние факторы. Она и реагирует, используя универсальную программу, заложенную природой во всех клетках без исключения

2  
Организм тоже постоянно адаптируется к изменениям в окружающей среде. Кривая, описывающая общий адаптационный синдром человека (триада Селье), такая же, как и у клетки на рис. 1. Ничего удивительного здесь нет — природа не придумывает новое, если уже есть хорошо работающий алгоритм

при средних и высоких дозах. Если воздействие на клетку вовремя прекращали, то все показатели возвращались к исходному уровню. При более низких дозах наблюдали обратную картину: содержимое клетки просветлялось и становилось менее вязким.

Так в лаборатории Насонова была открыта *двухфазная реакция клетки* на возрастающую дозу агента (рис. 1). Эта реакция показывает, как происходит адаптация клетки. В сущности, это универсальная программа, которую используют все клетки. Поначалу, при низких дозах любого воздействия, клетка оценивает ситуацию — стоит ли вообще реагировать, при средних дозах мобилизует свои резервы, чтобы активно противостоять воздействию — пускает в ход обменные реакции, которые быстро восстанавливают повреждения, нанесенные внешним воздействием. Из этой схватки с малыми дозами клетка не только выходит победительницей, но еще и приобретает большую устойчивость — на будущее... Когда воздействие слишком сильное или слишком продолжительное, клетка пытается сохранить себя на пределе своих возможностей. Если ей это удастся, параметры метаболизма возвращаются к исходному состоянию, если нет, то она погибает.

Подобные изменения происходили и с растворами белков, когда на них воздействовали теми же агентами. «Раздраженные» белки теряли растворимость, слипались, их раствор мутнел, а его вязкость повышалась. Такие белки лучше связывали красители.

Сопоставив результаты, полученные на клетках и на белках, Насонов и его ученик В.Я. Александров пришли к мысли, что в основе универсальной реакции в клетке лежат обратимые изменения белков. В первой фазе, при малых дозах воздействия, структура белков изменяется, и эти изменения стимулируют, взбадривают все функции клетки. Если же воздействие продолжается или усиливается, структура белков меняется к худшему, они перестают работать, и клетка умирает.

Сегодня термин «двухфазная реакция» не используют, вместо него применяют понятие «гормезис». Под гормезисом понимают процесс, при котором воздействие низкой дозы химического агента или внешнего фактора защищает организм от более тяжелых стрессов. В то же время высокие дозы отравляют и губят клетку или организм.

Однако двухфазная реакция клетки не забыта. Идеи Насонова активно развивает в своих работах В.В. Матвеев, научный сотрудник той самой Лаборатории физиологии

клетки Института цитологии РАН Санкт-Петербурга, которую создал Насонов. Он ввел понятие — «*универсальная реакция клетки*». В одной из своих статей Матвеев охарактеризовал универсальную реакцию клетки следующими словами: «*Это фундаментальное природное явление, такое же, как клеточное деление или раковое перерождение. Внимание к нему оправданно потому, что явления природы, в отличие от теорий, не могут быть ошибочными*».

## Как клетка формирует ответ

Сейчас ученые объяснили многие молекулярные механизмы гормезиса. Стало понятно, что способность к двухфазной реакции действительно заложена в превращениях белков. Только превращения оказались гораздо сложнее, чем представляли ученые первой половины XX века. Как известно, белки — это «двигатели» жизни, одна из функций которых — восприятие сигнала о физическом или химическом воздействии. В клетке в восприятии сигнала задействованы целые системы различных белков, которые образуют сигнальные пути. Как и в технических устройствах, передача сигнала включает восприятие, перекодировку и усиление. Конечная цель всех этих действий — включение одних генов и выключение других. Сейчас расшифрованы несколько сигнальных путей, обеспечивающих двухфазный ответ: Keap1/Nrf2, AhR, PPAR $\gamma$ , NF $\kappa$ B, SIRT-FOXO. За такой заковыристой аббревиатурой скрываются названия белков — основных участников в цепи передачи сигнала и регуляции работы генов.

Сигналами в клетке служат молекулы или ионы. Особую группу сигнальных молекул образуют активные вещества с высоким окислительным и электрофильным потенциалом. Эти химически активные молекулы реагируют с тиоловыми группами (R-SH) белков, обратимо меняя их структуру и работоспособность. Среди белков с чувствительными тиогруппами есть белки-регуляторы активности генов. От состояния их SH-групп зависит способность регулятора проникать в ядро клетки и связываться с ДНК.

Вот как работает главная сигнальная система клетки, регулирующая адаптационные способности организма, — путь Keap1/Nrf2. В клетке постоянно образуется белок Nrf2, который сразу же связывается с белком Keap1. В связанном виде белок Nrf2 маркируется специальными системами клетки для утилизации. Получается, что, едва появившись, белок сразу сдается в утиль. Такое поведение клетки кажется



нелогичным. Но это только кажется. Непрерывный синтез и разборка Nrf2 позволяют клетке поддерживать защитные системы в боевой готовности даже тогда, когда ей ничего не угрожает. Как только появляются окислители и электрофилы, обязательные спутники стресса, они избирательно реагируют с SH-группами белка Keap1. В результате этих реакций Keap1 утрачивает способность связывать Nrf2. Освободившись, он в течение нескольких минут поступает в ядро, где связывается с генами, а их несколько сотен, которые кодируют белки устойчивости к стрессу. Эти белки (ферменты) утилизируют активные формы кислорода, электрофильные соединения и ксенобиотики и тем самым повышают сопротивляемость клеток к окислительному и другим видам стресса. Если бы в клетке не было уже готового белка Nrf2, то, чтобы оказать сопротивление, понадобилось бы часа два. А за это время можно и погибнуть.

Сигнал по пути Keap1/Nrf2 передается лишь в том случае, если концентрация окислителей и электрофилов в клетке низкая, но достаточная для реакции с тиогруппами белка Keap1. В умеренно высоких концентрациях электрофилы и окислители воздействуют не только на Keap1, но и на другие белки, регулирующие деление клетки, самопереваривание отслуживших свой срок белков и органелл, а также старение. В еще более высокой концентрации электрофилы и окислители реагируют с SH-группами нецелевых белков, из-за чего клетка гибнет. Благодаря пути Keap1/Nrf2 малые дозы свободных радикалов или мягкие экологические стрессоры (изменение температуры, шум, вибрация, промышленные отходы, УФ-излучение и др.) не только не причиняют вред организму, но даже помогают клетке повысить устойчивость.

Напомним, что окислители и электрофилы — это активные формы кислорода и активные карбонильные соединения. Они могут попасть в клетку из внешней среды с воздухом, едой, водой, а также образуются в самой клетке в результате метаболизма. Их содержание сильно увеличивается при различных воздействиях на организм или клетку. Поэтому можно сказать, что окислители и электрофилы выступают в роли посредников между факторами окружающей среды и адаптационными системами.

## Без двуликих молекул не обойтись

Когда в 30-х годах немецкий биохимик Л. Михаэлис (1875–1949) и в 50-х годах советский биофизик Б.Н. Тарусов (1900–1977) обнаружили в живых организмах активные формы кислорода, их посчитали «молекулярным мусором», вызывающим заболевания и старение. Однако со временем, по мере накопления экспериментальных данных, ученые поняли, что эти химически активные вещества необходимы для нормальной жизни клетки. В зависимости от концентрации активные формы кислорода ( $O_2^{\cdot-}$ ,  $OH^{\cdot}$ ,  $H_2O_2$ ,  $O_2^+$ ) толкают клетку на путь роста и деления или — старения и смерти. Такое разнонаправленное их действие получило название Янус-эффекта. Единый в двух лицах бог древнеримской мифологии Янус символизирует переходное движение от жизни к смерти. Позже сравнения с двуликим Янусом были удостоены активные формы азота ( $NO$ ,  $NO_2^{\cdot}$ ,  $NO^+$ ,  $NO^-$ ,  $ONOO^-$ ), а еще позже — активные карбонильные соединения (метилглиоксаль, глиоксаль, 4-гидрокси-2,3-ноненаль, акролеин, формальдегид).

Если активные формы кислорода на слуху, то об активных карбонильных соединениях (АКС) знают немногие, даже специалисты. Это вещества, содержащие альдегидную или кето-группу или обе группы сразу, как, например, метилглиоксаль. Карбонильный углерод обладает электрофильными свойствами и может атаковать нуклеофильные центры (азот амино- и имидазольных групп, а также серу тиоловых групп) в белках, нуклеиновых кислотах и липидах. В результате этих реакций биомолекулы изменяются — появляются новые хи-

мические группировки, внутри- и межмолекулярные сшивки. А измененные молекулы уже не могут правильно работать.

В организме активные карбонильные соединения образуются как побочные продукты естественного метаболизма глюкозы и некоторых аминокислот, а также перекисного окисления липидов. Их концентрация в клетке регулируется специальными системами, поэтому в норме они не причиняют вред. Однако при различных заболеваниях, например при сахарном диабете или хронической почечной недостаточности, активные карбонильные соединения накапливаются в клетках и тканях в больших количествах, где атакуют биомолекулы и повреждают их. Чаще всего страдают «долгоживущие» белки, склонные накапливать АКС: белки соединительной ткани — коллаген и эластин, белок эритроцитов — гемоглобин и белок глазного хрусталика —  $\alpha$ -кристаллин. В результате гемоглобин хуже отдает кислород, коллаген теряет эластичность, а кристаллин прозрачность.

Известный биохимик, нобелевский лауреат А. Сент-Дьердьи (1893–1986) еще в 1960-х годах предрекал, что клетки используют образующийся в них метилглиоксаль для регуляции роста, деления и смерти. Он изучал действие метилглиоксаля на бактерии, клетки тканей, прорастающие семена, водоросли, оплодотворенные яйца морских ежей. Во всех случаях высокие концентрации этого вещества свыше около 22 мкг/мл приостанавливали деление клеток. В дальнейшем эту двойственную роль метилглиоксаля подтвердили во многих других исследованиях. Например, в экспериментах на сенсорных нейронах мыши добавление метилглиоксаля к культуре клеток до концентрации 11 мкг/мл повышало жизнеспособность и возбудимость клеток, а при концентрациях от 18 до 54 мкг/мл повреждались компоненты клетки, и она погибала. Точно так же метилглиоксаль действует и на раковые клетки: в низких дозах он стимулирует рост опухолей, а в высоких — подавляет.

Сейчас уже известно, что активные формы кислорода и активные карбонильные соединения действуют на сигнальные пути, вызывающие гормезис, в том числе и на путь Keap1/Nrf2. Это значит, что «активные формы» необходимы для поддержания устойчивости организма на высоком уровне. Если снизить их концентрацию с помощью антиоксидантов, клетка может утратить свои внутренние настройки на борьбу со стрессом. С другой стороны, если окислителей и электрофилов будет слишком много, то они начнут действовать на все белки и клеточные структуры, а не только на белки, обеспечивающие защиту. Поэтому нужно с осторожностью относиться к регулярному приему антиоксидантов, высокие дозы которых могут вносить помехи в механизмы гормезиса.

Многие наслышаны о пользе для здоровья красного вина. Одно-двух бокалов в день. Долгое время благотворное действие этого напитка связывали с содержащимися в нем фенольными соединениями, которые работают как антиоксиданты — ловушки свободных радикалов. А сегодня полезные свойства растительных антиоксидантов, в том числе и фенолов, объясняют их способностью поддерживать систе-



3  
 Так выглядит триада адапционных реакций – тренировка, активация, стресс. Каждая из них развивается в три стадии, они указаны на схеме. Цель тренировки – оградить организм от несущественных слабых воздействий экономичным путем, немного снижая чувствительность. Цель активации – бороться с воздействиями средней силы, повышая активность защитных систем организма. Цель реакции «Стресс» – противостоять сильным воздействиям ценой повреждения

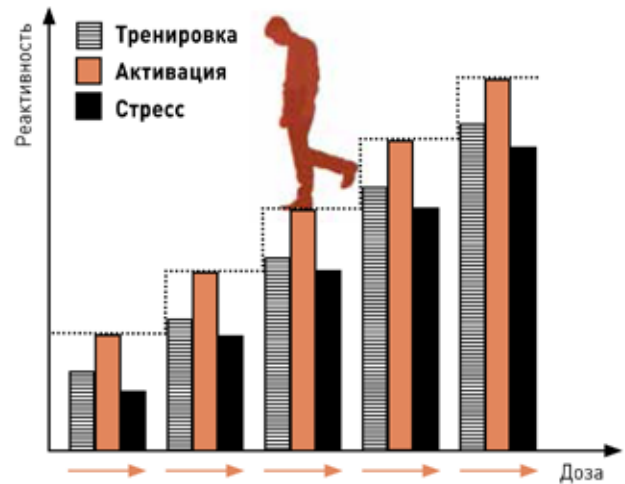
мы гормезиса на уровне, который соответствует хорошему здоровью.

Стимулировать механизмы гормезиса могут различные вещества растительного происхождения. Это фенольные соединения (куркумин, кверцетин, кемпферол, ресвератрол, гесперидин, гингерол, шогаол), тритерпеноиды, производные олеаноловой кислоты (урсоловая кислота), изотиоцианаты (сульфорафан). У всех этих разных по химическому составу веществ есть одно общее свойство – они электрофилы и потому могут действовать на сигнальные пути гормезиса. Эти вещества широко применяют в профилактической медицине – чтобы повысить общую устойчивость организма, в геронтологии – для защиты от связанных с возрастом заболеваний, в противораковой терапии – для подавления роста опухоли.

## Как отвечает организм

Общий ответ на внешние воздействия присущ не только клетке, но и всему многоклеточному организму. Первым, кто это обнаружил, был канадский биолог и врач Г. Селье (1907–1982). Еще будучи студентом медицинского института, он обратил внимание на однотипные симптомы при различных заболеваниях. Осматривая пациентов с инфекционными заболеваниями, он заметил, что «все пациенты чувствовали себя больными, имели обложенный язык, жаловались на более или менее рассеянные боли в суставах, нарушение пищеварения и потерю аппетита. У большинства пациентов отмечался жар (иногда сопровождаемый бредом), были увеличены печень или селезенка, воспалены миндалины и так далее». Селье понял, что помимо признаков конкретных заболеваний существует просто «синдром болезни». Много было сделано наблюдений и поставлено экспериментов, прежде чем появилась одна из самых популярных теорий в медицине – теория стресса, или общего адаптационного синдрома. Суть этой теории в том, что все воздействия, независимо от их природы, вызывают ряд общих изменений различных систем организма.

Селье показал, что, как и в случае с клеткой, процесс адаптации организма носит фазовый характер и включает три



4  
 Триады адапционных реакций повторяются на разных этапах реактивности организма, которых у человека более 10

стадии: тревогу, адаптацию и истощение (рис. 2). На стадии тревоги организм активно использует свои резервы, чтобы повысить устойчивость. На стадии адаптации устанавливается повышенная сопротивляемость организма к стрессору. Стадия истощения наступает в том случае, если стрессор очень сильный или длительный. В этом случае защитные возможности организма истощаются, устойчивость снижается и появляются болезни.

Реакция «стресс» формируется только в ответ на сильные воздействия, которые могут угрожать жизни. Защищая себя, организм вынужден идти на любые траты и жертвы. Поэтому при такой реакции наряду с элементами защиты имеются и элементы повреждения.

## Тренировка, активация, стресс

Сильные воздействия – не такой уж частый случай в жизни организма. Намного чаще, а точнее регулярно, приходится сталкиваться с воздействиями малой и средней силы. Это повседневные факторы окружающей среды, реагировать на которые, напрягая все силы, нецелесообразно, а не реагировать вовсе – небезопасно. Поэтому кажется логичным существование в организме общих адапционных реакций на малые и средние по силе воздействия. И такие реакции обнаружила Л.Х. Гаркави с соавторами из Ростовского научно-исследовательского онкологического института Минздрава РСФСР. Длительная экспериментальная работа этого исследовательского коллектива (1970–1980-е годы) воплотилась в создание периодической системы общих адапционных реакций организма.

В опытах на крысах, варьируя силу (дозу) воздействия от малой до большой, исследователи нашли еще две реакции: реакцию тренировки, развивающуюся в ответ на слабые воздействия, и реакцию активации – на воздействия средней силы (рис. 3). Для каждой реакции исследователи выявили изменения в метаболизме, отличающие их друг от друга. Так стало понятно, что существует триада адапционных реакций: тренировка, активация, стресс. Триады реакций повторяются на разных этапах реактивности организма, которых у человека более 10. Иначе говоря, одна и та же реакция может развиваться на разных этапах реактивности в ответ на разные по силе воздействия (рис. 4). Напомним, реактивность – это способность отвечать изменениями обмена веществ на различные факторы.

Все адапционные реакции развиваются в несколько стадий. Каждой стадии соответствует определенный уровень

общей устойчивости организма. Только энергетические затраты организма на поддержание этих реакций различны. Наименее энергозатратна реакция тренировки, наиболее — реакция стресса. Адаптационные реакции формируются в структурах центральной нервной системы (ЦНС), регулируя деятельность целого организма. При развитии реакций тренировки и стресса устойчивость организма возрастает за счет торможения и снижения чувствительности и возбудимости ЦНС, при развитии реакции активации — за счет умеренного возбуждения. Получается, что организм защищается от действия слабых и сильных раздражителей торможением. И в том, и в другом случае адаптация за счет повышения активности защитных систем нецелесообразна. Слабые раздражители несут незначительную нагрузку для организма, и на них не нужно напрасно тратить силы. Сильные вынуждают организм приспосабливаться на пределе своих возможностей, что приводит к истощению и гибели.

Периодическая система общих адаптационных реакций объясняет, как работают наши защитные системы. Это не просто интересная научная теория. Это инструмент, с помощью которого мы можем тренировать приспособляемость организма, не причиняя ему вреда. Вряд ли мы скажем лучше самих авторов работы: «Реакция активации и реакция тренировки — это варианты нормы обычной жизни организма. Мы лишь искусственно вызываем естественные явления в живом организме».

## Унция профилактики — фунт лечения

Периодическая система адаптационных реакций послужила теоретической основой для развития адаптационной медицины. Задача адаптационной медицины — использовать защитные силы организма для борьбы с болезнью. Этого можно добиться с помощью различных воздействий: низкочастотных магнитных полей, нейротропных веществ, биостимуляторов растительного и животного происхождения. Адаптационная медицина включает различные общеоздоровительные мероприятия: снижение калорийности питания, физические упражнения, закаливание и др.

Представим человека, у которого есть какое-то хроническое заболевание, и он, скорее всего, находится в состоянии стресса. Если подвергнуть нашего больного систематическим воздействиям низких доз какого-то биологически активного вещества (или физического фактора), то через определенный период времени реакция организма из реакции «стресс» перейдет в реакцию активации другого этажа реактивности. Желательно перевести на низкий этаж, хотя можно и на более высокий. Все зависит от дозы. Благодаря переключению с одной реакции на другую можно предотвратить повреждение.

Исследователи экспериментально нашли коэффициент, умножив на который дозу для одной реакции можно перевести организм в следующую реакцию, из тренировки — в активацию. Величина этого коэффициента зависит от возраста и самочувствия. У здоровых людей она колеблется от 1,2 до 1,5; у больных, ослабленных, старых — от 1,1 до 1,3. Мы уже знаем, что реакция тренировки эффективна при острых воспалительных процессах, для защиты от облучения и химиотерапии. А реакция активации вызывается при хронических воспалительных процессах, для защиты от действия различных токсических препаратов, чрезмерных нагрузок. Если необходимо из реакции тренировки перейти в реакцию активации, то тренировочную дозу нужно увеличить в 1,5 раза; а если перейти в реакцию активации следующего этажа, то увеличить в  $1,5 \times 1,5 \times 1,5 \times 1,5$ .

Не следует думать, что авторы призывают все болезни лечить таким способом. Вовсе нет, речь идет о сочетании адаптационной терапии со специальными методами лечения. Поддерживая реакции тренировки или активации у пациента



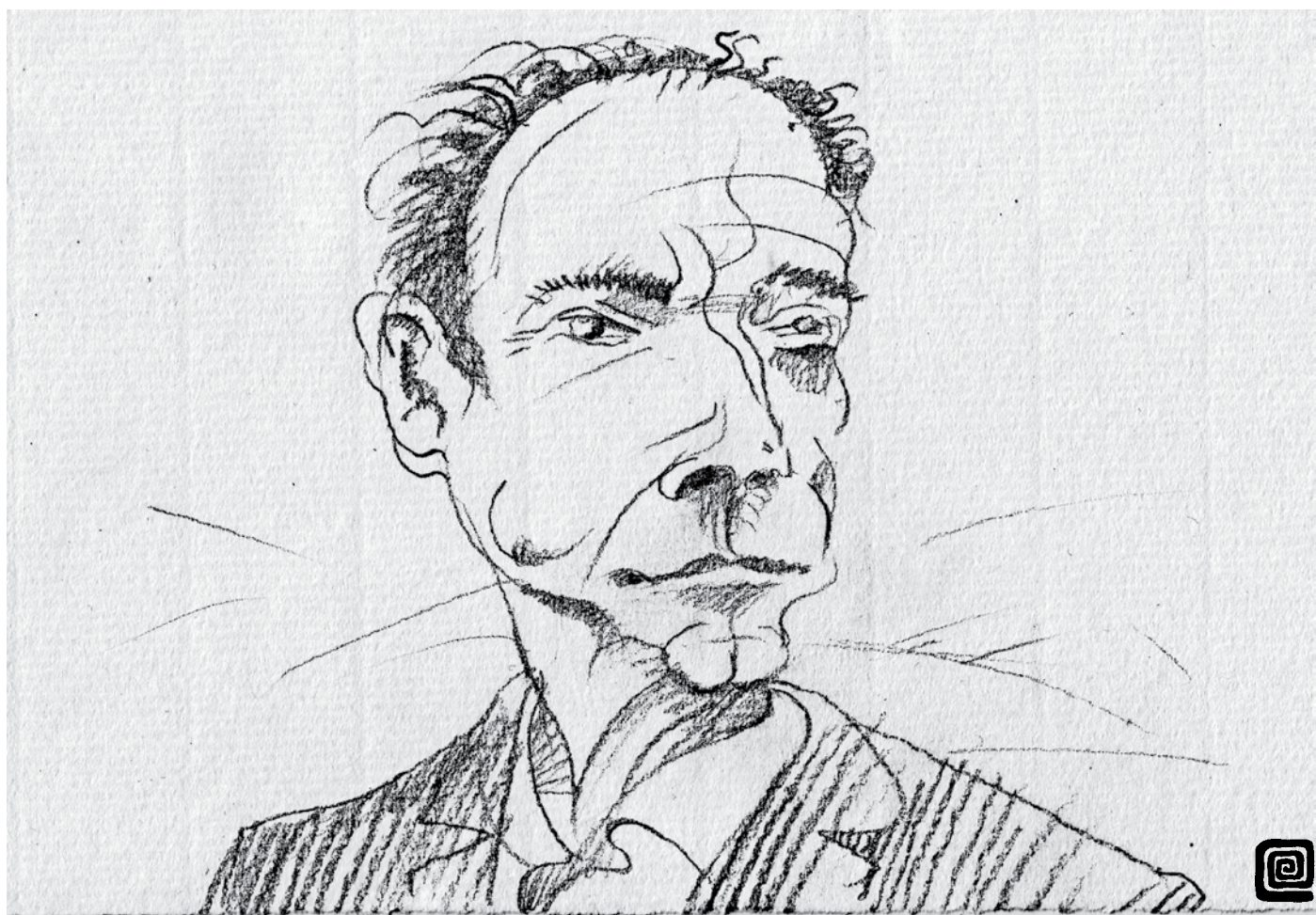
систематическим приемом биологически активных веществ или физическими воздействиями, можно ускорить исцеление и повысить сопротивляемость к другим заболеваниям. Особенно это может быть полезно при лечении онкологических заболеваний. Например, поддержание реакции активации усиливает сопротивляемость к побочному действию химио- и лучевой терапии. Адаптационную терапию можно применять для лечения хронических вялотекущих воспалительных процессов, сердечно-сосудистых патологий, в спортивной и космической медицине. С помощью этого способа лечения можно даже замедлить старение. Правда, это было показано только на крысах.

На первый взгляд, адаптационная терапия представляется безобидным мероприятием, наподобие лечебной физкультуры. Но и она может причинить вред, если выбранная доза окажется не целебной, а ядовитой. Применительно к организму доза — это понятие не абсолютное, а относительное, она определяется индивидуальной реакцией на нее человека. Низкая для одного человека доза может оказаться высокой для другого. Поэтому, прежде чем лечить, необходимо знать индивидуальную реакцию и этаж, на котором она изначально (без вмешательства) развивается. Тип реакции, как правило, определяют по лейкоцитарной формуле из биохимического анализа крови. Определить этаж реактивности, на котором работает организм, гораздо сложнее. К сожалению, пока нет надежного способа измерения индивидуальной реактивности. А знать это необходимо, чтобы правильно подобрать дозу, учитывающую и характер заболевания, и состояние больного.

Еще знаменитый врачеватель древности Гиппократ провозгласил, что «лечить нужно не болезнь, а больного». Сейчас медицина возвращается к этой идее. Персонализированный подход к лечению и профилактике должен учитывать не только биохимические и генетические особенности пациента, но и состояние его адаптационной системы.

Природой в нас заложены однотипные стандартные программы приспособления к изменяющимся условиям внешней среды. Возникли эти программы потому, что не может организм к каждому воздействию приспособляться особым способом, к холоду — одним, к веществам — другим. Прежде чем реагировать на качество, живое научилось реагировать на количество. Поэтому столь разные воздействия, как холод, голод и движение, приводят к одному результату: укрепляют здоровье и продлевают жизнь. Теперь, делая утреннюю зарядку или выпивая вечером рюмку коньяка, мы знаем, что тем самым поддерживаем защитные программы.





НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

# Двое свободных от ВИЧ

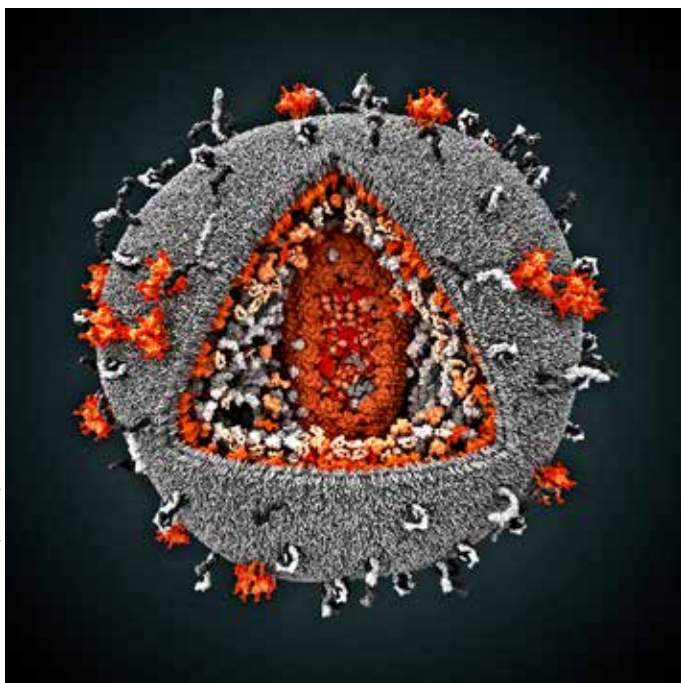
Елена Клещенко

В первых числах марта 2019 года ведущие научные журналы и СМИ всего мира опубликовали сообщения о том, что уже второй человек в мире излечился от вируса иммунодефицита. Первым был знаменитый «берлинский пациент», его история началась почти 12 лет назад, и он до сих пор здоров. Второго называют «лондонским пациентом»; авторы статьи в «Nature», где рассказывается об этом случае, пока говорят не о выздоровлении, а о «длительной ремиссии», но ремиссия продолжается уже полтора года.

С начала года исследовательская медицина принесла не одну хорошую новость. Война с «неизлечимыми» заболеваниями не закончится, вероятно, никогда, но мы отвоевываем у врагов жизнь за жизнью. В марте завершила вторую фазу клинических испытаний терапевтическая вакцина против папилломавирусов, вызывающих рак шейки матки, — три укола в бедро обращают вспять предраковые поражения у каждой третьей женщины. В апреле сообщили о хороших результатах генной терапии тяжелого комбинированного иммунодефицита, страшного наследственного заболевания, которое часто называют «болезнью мальчика в пузыре», по имени маленького американца Дэвида Веттера, который прожил 12 лет в стерильной среде. (Обычно дети с таким диагнозом умирают гораздо раньше.) И вот теперь поставлена под сомнение неизлечимость ВИЧ-инфекции.

Про то, как ВИЧ поражает клетку иммунной системы, написаны тысячи исследовательских и популярных статей и даже сделаны анимационные ролики. Мишени вируса — CD4-клетки, то есть клетки, несущие особый белок на мембране — рецептор CD4. Таких клеток много, и они важны для иммунитета, поэтому деятельность вируса — настоящая катастрофа. Поверхностный белок вируса связывается сначала с рецептором CD4, а затем еще с другим клеточным белком, который в этом случае называют корецептором — CCR5 или CXCR4. Только после этого мембраны клетки и вируса сливаются и вирусный геном проникает в клетку. Различают R5-тропные и R5X4-тропные варианты ВИЧ — распознающие или один, или другой корецептор.

*На скетче изображен Тимоти Рэй Браун.  
Художник — Петр Перевезенцев*



Вирус иммунодефицита человека, Visual Science

ВИЧ относится к ретровирусам: его генетический материал — РНК, и для дальнейшего развития вируса необходимо выполнить обратную транскрипцию — построить молекулы ДНК на матрице вирусной РНК. (Обычной, «прямой» транскрипцией называют синтез РНК на матрице ДНК.) Делает это вирусный фермент обратная транскриптаза. Затем молекула вирусной ДНК встраивается в геном хозяйской клетки, она начинает производить вирусные белки, собираются новые вирусные частицы, клетка-хозяин погибает, а инфекция распространяется на новые клетки.

В конце концов число CD4-клеток в организме снижается до критического уровня — начинается собственно иммунодефицит. Происходит это небыстро, процесс занимает годы, с длинным латентным периодом. (ВИЧ относится к роду лентивирусов, от латинского *lentus* — медленный.) В финальной стадии ВИЧ-инфекции для больного становятся опасными любые другие инфекции, в том числе те, что для здоровых практически безвредны; на фоне ослабленного иммунитета могут также развиваться онкологические заболевания.

Таким образом, не каждый ВИЧ-инфицированный болен СПИДом (синдромом приобретенного иммунодефицита), от диагноза до тяжелой болезни есть запас времени. Однако инфицированный пациент, не получающий антиретровирусной терапии, проживет в среднем 10 лет. Хорошая новость в том, что такая терапия существует и обычно позволяет пациенту дожить до старости. Высокоактивная антиретровирусная терапия (ВААРТ) — комбинация нескольких препаратов, каждый из которых подавляет определенную стадию развития вирусов (именно нескольких, чтобы вирус не смог мутировать и приспособиться). Препараты могут препятствовать взаимодействию вируса с рецепторами или его слиянию с клеткой, подавлять вирусную обратную транскриптазу или другой фермент — протеазу, которая особым образом разрезает вирусные белки, чтобы они стали функциональными, или интегразу, которая встраивает вирусную ДНК в геном хозяина. Качество жизни при лечении становится приемлемым, люди, получающие современную антиретровирусную терапию, даже безопасны для своих половых партнеров.

Есть и минусы: лекарства дорогие, а терапия пожизненная, причем действенность ее сильно зависит от того, насколько четко пациент соблюдает график приема. (Есть люди — их

очень немного, — у которых после прекращения терапии инфекция десятилетиями не развивается из-за особенностей их иммунной системы, — так называемые элитные контроллеры, или нонпрогрессоры, — но это отдельная история.) В России лечение ВИЧ-инфицированных финансируется государством и субъектами федераций, антиретровирусные препараты входят в список жизненно важных, инфицированные получают их бесплатно. Однако из-за финансовых и бюрократических сложностей получают не все, кому они нужны. Например, как стало известно в конце марта 2019 года, пять тендеров на закупку антиретровирусных препаратов, объявленных Минздравом России, не состоялись из-за того, что начальная максимальная цена на поставку препаратов оказалась значительно ниже предельных отпускных цен. Это были ингибиторы обратной транскриптазы, в том числе ламивудин, который входит в большинство применяемых в России протоколов лечения ВИЧ. Из-за этого пациенты могут не получить препараты вовремя, а прерывать лечение опасно. Как-то этот вопрос решается, но представьте, каково следить за этими торгами пациентам.

Если это кого-то утешит (хотя утешение в эпоху глобализации так себе), во многих странах третьего мира ситуация с ВИЧ-терапией существенно хуже, чем у нас, и ни одна страна пока не может заявить, что полностью контролирует болезнь. Специалисты оценили с долей скепсиса даже недавнее обещание Дональда Трампа в ближайшие 10 лет покончить с ВИЧ на территории США. Амбициозную цель «90-90-90» поставила ЮНЭЙДС — организация, которая координирует международные меры противодействия СПИДу: к 2020 году 90% всех людей, живущих с ВИЧ, должны знать о своем статусе; 90% всех людей с диагнозом должны стабильно получать антиретровирусную терапию, и у 90% получающих ее вирус должен быть подавлен. Пока что предполагается, что на Земле около 36,7 млн людей живут с ВИЧ и около 70% узнали свой диагноз, антиретровирусная терапия доступна примерно половине, и только у 44% тех, кто лечится, вирус не определяется при анализах. Российское здравоохранение обещает предоставить терапию 75% пациентов с ВИЧ уже в 2019 году.

Есть ли альтернатива пожизненной антиретровирусной терапии? Неужели «медленный» вирус нельзя удалить из организма?

История первого излечения от ВИЧ-инфекции началась в 90-х годах. Врачи редко используют слова вроде «полное излечение», предпочитая говорить о «ремиссии» или «исчезновении вирусной нагрузки». Но в данном случае, поскольку пациент жив до сих пор, а должен был умереть еще в нулевые, слово «излечение» уместно.

Американцу 1966 года рождения поставили диагноз «ВИЧ-инфекция» в 1995 году, во время его учебы в Берлине, поэтому его долгое время называли «берлинским пациентом». (Сейчас Тимоти Рэй Браун, проживающий в Калифорнии, отказался от анонимности и даже основал фонд своего имени для борьбы с ВИЧ/СПИДом.) К 2006 году у него развилась лейкемия, и в 2007 году ему сделали пересадку костного мозга в Берлинском университетском медицинском комплексе Шарите под руководством гематолога Геро Гюттера. Лейкемия, или лейкоз, — злокачественное заболевание клеток кроветворной системы, а кроветворные клетки находятся в костном мозгу, поэтому трансплантация здоровой ткани может помочь.

Интересно здесь и то, что трансплантанты были взяты от донора с мутацией в гене белка CCR5, того самого, с которым взаимодействует ВИЧ, чтобы проникнуть в клетку. Донора с такой мутацией выбрали сознательно — идея была в том, чтобы избавить человека и от лейкоза, и от ВИЧ.

В последние полгода о рецепторе CCR5 узнали даже далекие от биологии и медицины люди. Именно такой мутацией снабдил Хэ Цзянькуй двух генно-модифицированных китайских девочек (см. «Химию и жизнь», 2019, 4). Мутация Δ32

(удаление, или делеция 32 нуклеотидов) в гене *CCR5* ведет к продукции мутантного, нефункционального белка, с которым вирус не может связаться, таким образом, она действительно защищает от ВИЧ-инфекции. (Но — внимание! — только от R5-тропных вариантов ВИЧ! Вариантам R5X4-тропным, распознающим другой корецептор, эта мутация не помеха.) В Европе, особенно Северной Азии, мутация *CCR5-Δ32* встречается намного чаще, чем в Африке или Азии, эту «несправедливость природы» и хотел исправить доктор Хэ.

Важно понимать, что означает «намного чаще». Частота мутантного аллеля (варианта гена, содержащего эту мутацию) у европейцев в среднем около 10%; в одном из исследований, в котором участвовали более 1,3 млн потенциальных доноров костного мозга из 87 стран мира, приводятся такие цифры: максимум — 16,4% в Норвегии, минимум — 0% в Эфиопии. И кстати, частота аллеля — это не то же, что частота встречаемости людей с мутацией. Все гены у человека представлены двумя копиями, поэтому у большинства носителей лишь один аллель мутантный, а другой — обычный. Такие люди (генетики называют их гетерозиготными) не полностью защищены даже от R5-тропных вариантов, хотя болезнь у них прогрессирует медленнее и на терапию они отвечают лучше. Людям, у которых обе копии мутантные (гомозиготных), считанные проценты: на Фарерских островах их целых 2,3%, для Европы обычно приводят среднее значение около 1%. В том же исследовании среди 7069 россиян нашлось 1,4% гомозиготных по этой мутации и 18,8% гетерозиготных. Тем не менее испорченный телефон СМИ превратил скучное «более процента россиян невосприимчивы к одному из вариантов ВИЧ» в удалое «русские устойчивы к СПИДу» — было бы это правдой, не знали бы мы проблем с антиретровирусной терапией...

Кажется странным, что мутация, которая портит белок, могла получить такое относительно широкое распространение. Но есть версия, согласно которой *CCR5-Δ32* в свое время снижала смертность от чумы, благодаря чему и закрепилась в европейской популяции. Имеются также данные в пользу того, что мутантный рецептор *CCR5* может снизить реакцию «трансплантат против хозяина».

Однако у Тимоти Брауна реакция была тяжелейшая. Перед трансплантацией он прошел так называемое кондиционирование — уничтожение его собственных кровяных клеток, пораженных раком; для этого ему назначали токсичные препараты и подвергали облучению. И все же из-за рецидива лейкемии ему потребовалась повторная трансплантация. Он получал сильные иммунодепрессанты, перенес искусственную кому и был на грани смерти. Но в итоге он победил и лейкемию, и ВИЧ — вирусные ДНК и РНК в его организме больше не находят, и антивирусные препараты он не принимает. (Хотя принимает профилактические препараты против вариантов вируса, которые используют другой корецептор, *CXCR4*, — от них он, естественно, не защищен. Если «берлинский пациент» был инфицирован обеими формами вируса и второй все еще скрывается в организме, то в отсутствие конкуренции со стороны «родственника» он может начать размножаться.)

«Я человек, у которого когда-то был ВИЧ. Я не мог полностью поверить, что вылез из него, пока "New England Journal of Medicine" не опубликовал в феврале 2009 года отчет о моем случае. Уважаемый медицинский журнал говорил обо мне, убеждал в этом», — писал Браун в открытом письме, которое было зачитано на Конгрессе по стволовым клеткам пуповинной крови (Сан-Франциско, США) в июне 2012 года.

Путь «берлинского пациента» едва ли можно было назвать общедоступным. Из-за высокого риска опасных осложнений он подходил только людям, которым трансплантация костного мозга требуется в любом случае (то есть тем, у кого есть и ВИЧ-инфекция, и лейкемия или другое аналогичное по тяжести заболевание), а среди них — только тем, для которых удастся найти подходящего донора с мутацией и которые

готовы пройти через страшные испытания. Сам Браун, рассказывая о лечении, употреблял слово «ад».

И все же над этим работают. Распространение спасительной мутации среди доноров изучают не просто так: чем обширнее будут базы данных, тем больше шанс на удачу для каждого пациента. Исследованиями возможностей трансплантации для лечения ВИЧ занимается, в частности, европейский научный консорциум. В базе данных IciStem около 22 тысяч доноров с мутацией  $\Delta 32$  в гене *CCR5*. Консорциум отслеживает 38 ВИЧ-инфицированных человек, которым сделали пересадку костного мозга, в их числе шестеро получивших трансплантат от доноров без мутации.

Интересно, что у пяти из этих шестерых, по состоянию на ноябрь 2018 года, ВИЧ тоже не определяется. Предполагается, что вирус могла уничтожить мощная активация иммунной системы, которой сопровождалась трансплантация, — что, конечно, не отменяет защитного действия мутантных рецепторов. Но, может быть, именно крайне тяжелые подобные эффекты у Тимоти Брауна оказались для него спасительными?

Новый случай, о котором заговорили весной 2019 года, позволяет в этом усомниться. «Лондонский пациент», 36-й в списке IciStem, страдал от лимфомы Ходжкина, злокачественного заболевания лимфоидной ткани, и ему трансплантировали костный мозг от донора с мутацией *CCR5* в мае 2016 года. Как и Браун, он получал иммунодепрессанты, но лечение было намного менее тяжелым — со времен берлинского пациента медицина продвинулась вперед. В сентябре 2017 года «лондонский пациент» прекратил принимать антиретровирусные препараты, и с тех пор, как минимум 18 месяцев, он в ремиссии.

«Я думаю, это немного меняет правила игры, — сказал доктор Равиндра Гупта, вирусолог из Лондонского университета колледжа, первый автор статьи об этом успехе, опубликованной в *Nature* 5 марта 2019 года. — После «берлинского пациента» все верили, что нужно почти умереть, чтобы вылечиться от ВИЧ-инфекции, но теперь, возможно, это уже не так».

Ученые консорциума десятки раз анализировали кровь пациента. Один из тестов показал слабые признаки продолжающейся инфекции, но это могло быть результатом загрязнения в образце. Циркулирующего вируса не обнаружили и самые чувствительные тесты. Антитела к ВИЧ в крови присутствуют, но их уровни снижаются. «Я никогда не думал, что при моей жизни появится лечение», — сказал «лондонский пациент» в интервью газете «*New York Times*» 4 марта 2019 года.

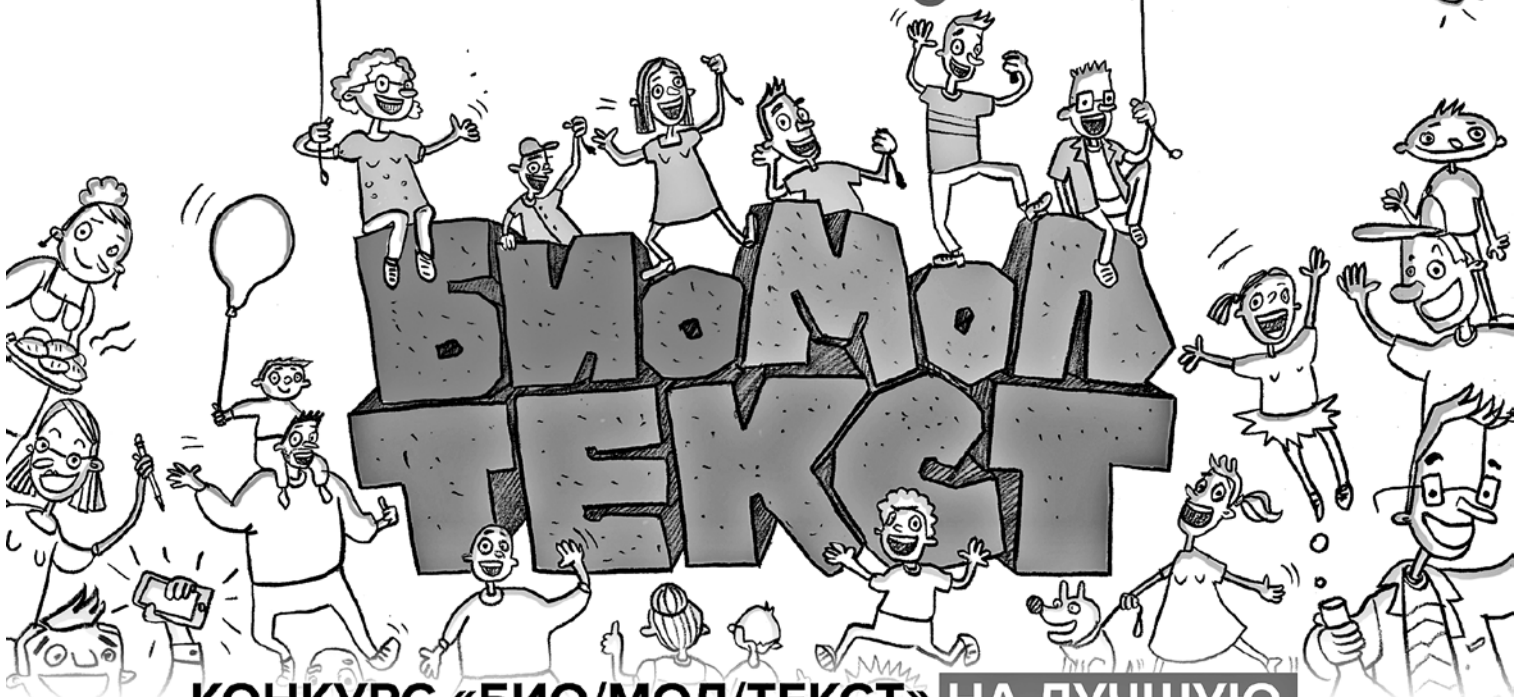
Авторы статьи подчеркивают, что пока не могут дать гарантии полного излечения, однако общая картина внушает надежду. Еще один больной, под номером 19, — «пациент из Дюссельдорфа» — не принимает антивирусные препараты уже четыре месяца.

Из-за тяжелых побочных эффектов трансплантация костного мозга вряд ли будет массовым вариантом, даже если каждому из десятков миллионов инфицированных найдут подходящего донора. Однако есть альтернатива — ввести аналогичную мутацию в клетки самого пациента методами генного редактирования. Над подобным методом ВИЧ-терапии сейчас работает множество научных групп, хотя сообщений о таких успешных случаях, как «берлинский» и «лондонский пациенты», пока не было. Но кто знает, что ждет нас в будущем?



Научно-популярный сайт  
о современной биологии

# Биомолекула



## КОНКУРС «БИО/МОЛ/ТЕКСТ» НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНУЮ РАБОТУ

Приглашаем участвовать исследователей, школьников, студентов, бакалавров, аспирантов, учителей, научных и медицинских журналистов и вообще всех-всех любителей науки!

### НОМИНАЦИИ

- Школьная: для учащихся до 10 класса включительно
- Наглядно о ненаглядном: нарисуй науку
- Приз Зрительских симпатий
- Свободная тема
- Своя работа
- «Сколтех»: для нынешних бакалавров



Номинацию «Сколтех» судят известные российские ученые **Михаил Гельфанд** и **Константин Северинов**

**ПРИЗЫ** (в зависимости от номинации):

**– 30 000 ₽**

- льготное поступление в некоммерческую школу Летово или магистратуру Сколтеха
- приз зрительских симпатий
- и другие приятные подарки!



ПРИЕМ РАБОТ  
**ДО 1 ОКТЯБРЯ 2019 ГОДА**

ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ:  
**21 ДЕКАБРЯ 2019 ГОДА**

[biomolecula.ru/biomoltext/bio-mol-tekst-2019](http://biomolecula.ru/biomoltext/bio-mol-tekst-2019)



# Время большого генома

Кандидат  
биологических наук  
**Н.Л. Резник**

Геном — это судьба. Причем участь организма — его внешний вид, физиологию и экологию — определяет не только качество ДНК, но и ее количество. Эту зависимость изучали, изучают и будут изучать. Интересно ведь измерить геном и сразу что-то узнать о его обладателе.

## Больших геномов мало

Сначала договоримся о терминах. Геном — это хромосомная ДНК. Однако в организме есть клетки с разным количеством хромосом: в гаплоидных клетках — одинарный набор, в диплоидных — двойной, в полиплоидных — наборов несколько. Половые клетки всегда гаплоидны, остальные клетки в организме животного обычно диплоидны, хотя бывают и редкие исключения: европейские съедобные лягушки, например, — триплоиды. Чаще всего полиплоидия встречается у растений. Когда речь заходит о размерах генома, то имеют в виду количество ДНК в гаплоидном клеточном ядре. ДНК у нас, как все помнят, — двухцепочечная молекула, двойная спираль, и снижена она из спаренных азотистых оснований нуклеотидов. Длину молекулы выражают в количестве этих пар, по-английски *base pair*. Отсюда пошли такие единицы измерения длины генома, как килобаза (Кб) — тысяча пар оснований, мегабаза (Мб) — миллион пар и гигабаза (Гб) — миллиард пар оснований. ДНК имеет вес, и размер генома можно также выразить в пикограммах (пг). Молекула длиной 978 Мб весит 1 пг ( $10^{-12}$  г).

*Уменьшается геном и у тропических мангровых деревьев, которые растут на границе между морем и сушей, в зоне приливов и отливов (фото сверху)*



У эукариот, то есть организмов, имеющих ядро (к ним относятся животные, растения, грибы и некоторые одноклеточные), размеры генома варьируют от 0,009 пг (около 9 Мб) у пекарских дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* до 700 пг (675, Гб) у амебы *Ameba dubia*. У человека всего 2,9 Гб (2,96 пг). Сейчас исследователи располагают данными о размерах геномов примерно 15 тысяч видов эукариот, из которых 12 тысяч приходится на наземные растения. Размеры растительных геномов различаются более чем в две с половиной тысячи раз. У других изученных групп — животных и простейших — различия в десятки и сотни раз меньше. Вот о геномах наземных растений (далее, для краткости, просто растений) у нас и пойдет речь.

Растения вышли на сушу 450–470 млн лет назад и образовали четыре большие группы, которые сохраняются по сей день. Это мхи; плауновидные — внешне они похожи на мхи, но у них уже есть настоящая сосудистая система; хвощи и папоротники; голосеменные (хвойные, гинго и саговники) и покрытосеменные (цветковые) растения.

Самый маленький из известных геномов наземных растений принадлежит плотоядному бразильскому эндемику *Genlisea tuberosa* (0,06 пг, 61 Мб). Самый крупный геном также достался цветковым растениям. Японский вороний глаз — обладатель 148,8 Гб (152,2 пг) ДНК (рис. 1).

Геномы наземных растений много лет исследуют специалист Королевских ботанических садов Кью (Великобритания) Илия Лейч и ее коллеги. Ученые подразделяют геномы на очень маленькие (менее 3–5 пг), средние (менее 14 пг), большие (более 14 пг) и гигантские (более 35 пг). Большие и гигантские геномы у наземных растений встречаются очень редко, хотя в ходе эволюции они возникали не раз. Геномы крупнее 100 Гб есть у покрытосеменных и у папоротников. Однако распределение геномов по величине в этих группах различается. У покрытосеменных преобладают маленькие и средние геномы, а у папоротников даже самый мелкий из известных геномов (748 Мб у плавающего папоротника *Azolla microphylla*) примерно в десять раз больше, чем самый маленький геном покрытосеменных. Крупнейший и мельчайший геномы у папоротников различаются в 94 раза, а у покрытосеменных — в 2400 раз.

У голосеменных геномы в среднем крупнее, чем у других групп наземных растений, и распределение размеров более равномерное, нет резкого перекоса в сторону мелких и очень мелких. Средний размер генома голосеменных около 18 пг, а разница между самым большим и самым маленьким кратна 16.

Геном растет двумя путями: в результате полиплоидии — удвоения всего хромосомного набора, которое может происходить неоднократно, и накопления периодических повторов ДНК. Чаще всего это — последовательности ДНК (транспозоны), которые умеют себя копировать и встраивать копии в разные места генома, отчего он и увеличивается. Наряду с умножением числа транспозонов происходит их вырезание из генома, так что его итоговый размер зависит от интенсивности обоих процессов. Ученые предполагают, что разрастанию геномов существует естественный предел, который составляет около 150 Гб.

Но в целом мелкие геномы преобладают, причем не только у растений, но и у всех эукариот. Есть несколько гипотез, которые объясняют такой перекокс. Двумя нас одарили американские исследователи, в команде которых выступает сотрудник Стэнфордского университета, молекулярный биолог и физик Дмитрий Александрович Петров. Он окончил Физтех, защитил диссертацию и уехал покорять Америку. Коллеги нередко критикуют его за категоричность суждений, не всегда подкрепленную фактами, однако Илия Лейч с ним сотрудничает.

Петров и его коллеги проанализировали геномы 126 видов, принадлежащих к 20 основным систематическим группам эукариот, и пришли к выводу, что скорость изменения размера генома пропорциональна его величине, значит, именно большие геномы должны меняться быстрее. Если так, то они часто уменьшаются, а мелкие геномы редко увеличиваются. Потому что мелких геномов гораздо больше, чем гигантских.

Помимо этой модели, исследователи предложили гипотезу «ограничений большого генома», которая основана на анализе геномов представителей 761 рода покрытосеменных растений. Чем больше геном, тем медленнее он удваивается, а пока вся ДНК не удвоится, клетка не поделится. Из-за этой неспешности крупногеномные растения растут и развиваются медленно. Большим геномам нужно много азота и фосфора, которые входят в состав нуклеиновых кислот, поэтому на бедных почвах виды с большим геномом не вырастут. И видообразование у них редко происходит. При этом ученые считают, что направленного отбора против больших геномов нет. Просто они сохраняются лишь в условиях, когда воды и питательных веществ достаточно и можно расти не торопясь.

Согласно гипотезе ограничений, крупных геномов мало, потому что избыток ДНК мешает растению расти, распространяться и специализироваться. Посмотрим, как эти положения реализуются на практике.

## Большой геном не любит экстрима

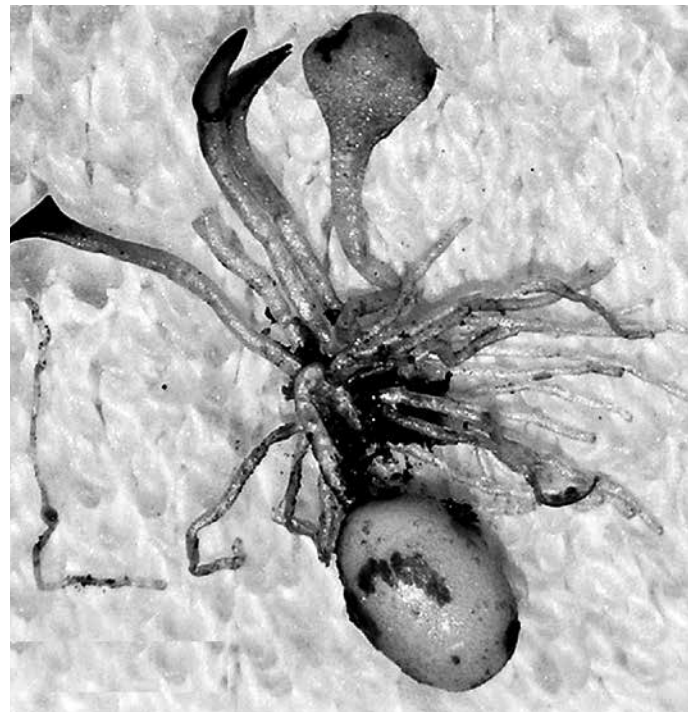
Поскольку большой геном замедляет клеточное деление и рост растения, его размер влияет на адаптацию. Примером тому служат кукуруза и ее близкий дикий родственник теосинте. Индейцы издавна возделывали кукурузу и в долинах, и на больших высотах, а теосинте росла в горах еще 60 тысяч лет назад. Американские и немецкие исследователи под руководством профессора Калифорнийского университета в Дэвисе Джеффри Росса-Ибарры обнаружили, что чем выше растет кукуруза, тем меньше у нее геном. Так, у местных сортов кукурузы, растущих на побережье Центральной и Южной Америки, размер генома составляет около 3200 Мб, а на высоте 3000 м — всего 2700 Мб. Для теосинте наблюдается та же закономерность. Различия в размерах возникли за счет повторяющихся элементов. Наблюдая за ростом листьев кукурузы в лаборатории, ученые выяснили, что у растений с более крупным геномом клетки делятся медленнее, а скорость деления клеток негативно коррелирует со временем цветения. То есть крупногеномная кукуруза зацветает раньше, чем мелкогеномная. Весна приходит в горы позже, чем в долины, и цветки там должны распускаться позже, иначе они погибнут. Геномы высокогорной кукурузы измельчали, утратив некоторое количество повторов, и время ее цветения изменилось.

Уменьшается геном и у тропических мангровых деревьев, которые растут на границе между морем и сушей, в зоне приливов и отливов. Во время прилива мангровые леса затопляются морской водой, и деревьям приходится выдерживать высокую соленость, постоянные колебания уровня моря, тропическую жару и сильное ультрафиолетовое излучение. Для деревьев это маргинальная среда. Китайские исследователи из Университета Сунь Ятсена сравнили геномы четырех видов мангровых деревьев и 29 видов их близких родственников, ведущих «нормальную» жизнь. У некоторых из этих видов доля транспозонов в геноме приближается к 50%, а у мангровых деревьев не превосходит 10%. Максимальный размер мангрового генома — 1149 Мб, в то время как у их родственников средний размер генома составляет 1830 Мб, а максимальный — более 6000 Мб.



1

*Paris japonica* — обладатель самого большого генома среди наземных растений, а *Genlisea tuberosa* (справа) — самого маленького. На фотографиях показаны цветок генлисеи и целое растение, выкопанное из земли. Хорошо видны клубенек, из-за которого вид получил название *tuberosa*, и пучок подземных листьев



Экстремальные условия мангровых зарослей — не для больших геномов. Они предпочитают тучные поля, богатые азотом и фосфором, что и подтверждают наблюдения на старейшей в мире экспериментальной станции Ротамстед в Великобритании. В 1843 году Джон Беннет Лоус (1814–1900), владелец поместья Ротамстед, построил там первую в мире фабрику по производству искусственных удобрений. Подвигли его на это труды немецкого химика Юстуса фон Либиха (1803–1873) о сельскохозяйственной химии и азотных удобрениях. Но ученый свои изобретения не патентовал, а Лоус читал его статьи, изготавливал нитратные смеси и получал на них патенты. Чтобы испытывать новые удобрения, он и его партнер Джон Генри Гилберт и основали в Ротамстеде экспериментальную станцию. На ней растут не только сельскохозяйственные культуры. С 1856 года на овечьем пастбище площадью 2,8 га выращивают травы. Почва на пастбище была бедная и кислая. Экспериментаторы разделили его на участки и каждый удобряли определенной комбинацией минеральных или органических удобрений. Эксперимент «Парковая трава» — самое длительное непрерывное полевое исследование (рис. 2).

Вот на это пастбище и пришла Илия Лейч со своими коллегами из ботанических садов Кью и Лондонского университета Королевы Марии. На поле растет много видов, которые в естественных условиях имеют два или более уровня пloidности. В их число входят тысячелистник обыкновенный, лютик едкий, одуванчик лекарственный, некоторые злаки и бобовые. Оказалось, что полиплоидов больше на участках, удобренных азотом и фосфором. Средний размер геномов, имеющих несколько вариантов пloidности, составил 5,4 пг, а на контрольных, неудобренных участках — только 4 пг.

Поскольку крупногеномные растения такие неспешные и прихотливые, неудивительно, что они никудашные захватчики. Нашествие по-латыни — инвазия; инвазивным называют чужеродное растение, которое освоилось на новом месте и активно расширяет занимаемую территорию. Не всякое растение на это способно. Захватчики в целом выше, быстрее растут, плодовиты и успешно распространяются. Как правило, это однолетники, чаще злаки. У них крупные листья, эффективный обмен веществ, долгое цветение, они устойчивы к поеданию. Возможно, инвазивности благоприятствуют и небольшие геномы. У некоторых мелкогеномных растений чересчур маленькие семена, которые

легко рассеиваются. У крупногеномных таких семян не бывает. Обладатели больших геномов — многолетники, они не так эффективно фотосинтезируют из-за меньшей плотности устьиц на листе и не растут на бедных почвах.

Если сравнить 128 наиболее известных инвазивных видов с неинвазивными представителями тех же родов, то окажется, что среди захватчиков чаще встречаются виды с геномами менее 1,4 пг, а геномов крупнее 14 пг нет совсем. Эта закономерность справедлива и для покрытосеменных растений, и для голосеменных (сосен), и даже для одноклеточных зеленых морских водорослей *Caulerpa* — благодаря сокращению размера генома три вида этого тропического рода прекрасно освоились в относительно прохладном Средиземном море.

В общем, обладатели мелких геномов могут быть сорными или инвазивными, хотя и не обязаны ими становиться, а для крупногеномных растений это поприще закрыто безоговорочно.

Если вид хочет освоить новые территории, он должен сократить геном. Европейский злак канареечник тростниковидный *Phalaris arundinacea* попал в Северную Америку и там прижился. У инвазивного канареечника геном меньше, чем у коренного европейского. Хотя разница невелика, всего 2,2%, ее оказалось



2

*Фрагмент экспериментального поля «Парковая трава», на котором исследовали влияние удобрений на плоидность геномов. Снимок сделан в мае, обратите внимание на четкие границы участков, которые вызваны различиями в скорости роста*

достаточно, чтобы «новые американцы» стали расти быстрее. Специалисты Вермонтского университета, которые исследовали американский канареечник, полагают, что сокращение генома произошло в результате естественного отбора в ходе вторжения.

Бывают, однако, ситуации, когда растение оказывается в новых условиях, не сходя с места. Например — меняется климат. Ученые пока не знают, как повлияет размер генома на адаптацию растений к этим переменам. Если справедлива гипотеза ограничения крупных геномов, крупногеномные виды специализируются с трудом и риск исчезновения для них выше. Однако не будем забывать, что размер генома — не единственный механизм, который обеспечивает эволюционный успех.

## Большому геному рот радуется

Выживание растения зависит не только от доступа к питательным веществам и благоприятного климата. Не будем забывать о травоядных. Влияет ли размер генома на пищевую привлекательность и поедаемость растений? Безусловно, да. С одной стороны, виды с геномами 25 пг — это медленно растущие многолетники. Такими растениями кролики, козули, коровы и другие травоядные интересуются меньше, чем быстрорастущими мелкогеномными видами. С другой стороны, в листьях крупногеномных видов больше азота, и они питательнее, что не может не привлекать животных. Британские исследователи предположили, что в местах интенсивного выпаса должны преобладать растения с мелкими геномами. Либо потому, что они быстрее восстанавливаются, либо потому, что травоядные выедают в основном крупногеномные питательные виды.

Местом проверки этой гипотезы стало поле Нэша в Силвуд-парке. На этом поле с 1950-х годов обитают кролики, поэтому деревьев там нет, а растут преимущественно многолетние травы. В 1992 году кроличья вольница закончилась. Поле разделили на экспериментальные площадки, на которые выпускали кроликов, растительоядных насекомых и моллюсков (улиток и слизней) в разных комбинациях. Были и контрольные участки без травоядных. От насекомых избавлялись синтетическими инсектицидами, от моллюсков защищали гранулы метальдегида, а от кроликов — проволочная сетка. Спустя пять и восемь лет ученые определили биомассу видов, растущих на разных участках, а в 2015 году измерили их геномы.

Кролики не подкачали и подтвердили гипотезу британских ученых. На лужайках, где пасутся эти зверьки, преобладают растения с меньшим размером генома, чем на лужайках без кроликов. Тому может быть несколько причин. Безусловно, кроликам нравятся сочные, питательные растения. Крупногеномные виды богаче азотом и фосфором, и у них крупнее клетки, поэтому такие растения сочнее. Увеличение генома на 1 пг повышает вероятность попасть на зуб к кролику на 8%.

Одно из важнейших условий устойчивости к травоядным — скорость роста. Быстрее растут мелкогеномные растения, поэтому они скорее восстанавливаются после кроличьей трапезы, и на «кроличьих» участках их больше. Кроме того, у растений с небольшим геномом выше скорость фотосинтеза, и потому им проще синтезировать защитные вещества.

В отличие от кроликов, моллюски выедают мелкогеномные растения, оставляя крупногеномные. Уменьшение генома на 1 пг увеличивает опасность быть съеденным улиткой на 6,6%. У моллюсков имеются и другие предпочтения. Им нравится, когда растения не содержат химикатов и проросли из семян. Увы, травы на лужайках чаще размножаются вегетативно. Исследователи предположили, что на поле Нэша слизи и улитки специализируются на тех растениях и их частях, которые не нравятся кроликам. Улитки, в отличие от млекопитающих, перерабатывают целлюлозу, из которой сложены клеточные стенки растений, а в мелкогеномных листьях целлюлозы существенно больше.

Эффект насекомых обнаружить не удалось. Скорее всего потому, что они менее разборчивы и едят все подряд.

Размер генома оказался важным признаком, влияющим на предпочтение животных, что, в свою очередь, сказывается на структуре растительного сообщества. Эти взаимоотношения сложны и требуют дальнейшего изучения. Но одно можно сказать точно: большой у растения геном или маленький — все равно съедят.

*А вот статьи, которые могут почитать желающие узнать побольше о размере растительных геномов («Genes», 2018, 9, 88; doi: 10.3390/genes9020088) и гипотезе его ограничения («Annals of Botany», 2005, 95, 177–190; doi: 10.1093/aob/mci011); о высокогорной кукурузе («PLOS Genetics», 2018, 14(5): e1007162; doi: 10.1371/journal.pgen.1007162) и растительной инвазии («New Phytologist», 2015, 205: 994–1007; doi: 10.1111/nph.13107); о тучных лужайках Ротамстеда («New Phytologist», 2016, 210, 1195–1206; doi: 10.1111/nph.13881) и кроликах на поле Нэша («Proceedings of the Royal Society B», 2019, 286: 20182619; doi: 0.1098/rspb.2018.2619).*





# Вид или не вид?

Кандидат биологических наук  
**Т.Н. Виноградова**

В основе биологической систематики лежит концепция вида. Виды различаются между собой по внешним признакам... хотя иногда их трудно различить, а представители одного вида могут выглядеть по-разному. Виды не скрещиваются... но иногда скрещиваются. Как современная биология решает такие головоломки?

Кажется, нет более простого понятия в биологии, чем «вид». В самом деле: большая синица отличается от лазоревки, травяной клоп от клопа-солдатика... Правда, совсем немного порывшись в Интернете, можно обнаружить, что «травяными клопами» в народе называют представителей не только разных видов, но и разных семейств, однако это не значит, что с самим понятием вида что-то не так. В конце концов, подотряд Клопы насчитывает сорок тысяч этих самых видов, и неудивительно, что человек, далекий от энтомологии, в них не разбирается.

Иными словами, вид интуитивно понимается как группа особей, объединенная общим обликом и внутренним строением. Ведь именно с внешними различиями мы сталкиваемся в первую очередь. Возможные трудности, как нам кажется, могут быть связаны лишь с тем, что различия эти не всегда бросаются в глаза.

Те, кто помнят школьный курс биологии, могут сказать немного больше:

виды различаются по географическому распространению, требованиям к условиям обитания, набору белков, кариотипу (числу и структуре хромосом), а если речь о животных — то по особенностям поведения, и это еще не полный перечень. Но это никак не усложняет понимания вида. Просто видов много, и чтобы их различать — лучше использовать как можно больше групп признаков.

И, конечно, главное: особи разных видов или не скрещиваются, или дают стерильное потомство. Об этом критерии — репродуктивном — писал великий систематик Карл Линней: «Гибриды бесплодны». Хотя это знали и до него, например, мулов — гибриды лошади и осла — люди использовали издавна.

И опять кажется, что в этом нет ничего сложного для понимания, хотя на практике не все критерии легко применимы.

---

*На фото сверху:  
Башмачок дальневосточный C. shanxiense*

У биолога, описывающего биоценоз, в котором обитает «его» объект, может не быть возможности изучить кариотип, состав белков или плодовитость каждой сомнительной травки, которую надо внести в список видов, а с уверенностью определить не получается...

Стоп! То есть как — не получается? Мы же не о тропических джунглях говорим, а о Евразии, изученной вдоль и поперек. *Opus magnum* Карла Линнея — «*Species plantarum*» (Виды растений), книга, от которой ведет начало современная ботаническая номенклатура, — вышел уже больше двухсот пятидесяти лет назад! И все это время ботаники дополняли, уточняли, описывали; неужели осталось место неуверенности? Вот именно.

Вы представляете, сколько экземпляров растений прошло через руки Линнея? Я — нет. Известно, что коллекция, оставшаяся после него, включала более девятнадцати тысяч гербарных листов, но ведь ботаник работает и с живыми растениями, и с гербариями коллег, пользуется сборами, хранящимися в гербариях университетов и научных центров, и сам их активно пополняет... Линней, как известно, вел обширную переписку.

Убеждения, в которых он был воспитан и которые излагал в своих трудах — «Видов столько, сколько различных форм создало изначально Бесконечное Существо; эти формы согласно заложенным [в них] законам зарождения произвели множество других, но всегда себе подобных. Следовательно, видов столько, сколько различных форм или структур встречается ныне» («Философия ботаники», глава VI, пункт 157). Говоря современным языком, виды дискретны и неизменны.

Но десятки тысяч гербарных листов, прошедших через его руки, буквально кричали об ином: внутри каждого вида существует разнообразие! И разнообразие это таково, что в ряде случаев границы между видами нащупать не просто.

А откуда взяться разнообразию, если формы производят только себе подобных потомков?

Вот почему в более поздних своих трудах Линней писал о возможности возникновения новых видов путем гибридизации в пределах рода и сам получил гибридный козлобородник *Tragopogon pratensis porrifolium*. А его ученики и последователи писали о том, что высшие таксономические категории (класс, отряд, род) созданы в их нынешнем виде Творцом, а низшие (вид и разновидности) могут иногда изменяться под влиянием среды и гибридизации.

Но ведь гибриды бесплодны! Вероятно, для человека, влюбленного в порядок, как Карл Линней, мысль о

том, что этот порядок нарушен где-то в самой его основе, мучительна. Надо отказываться либо от неизменности видов, либо от непреложности того, что гибриды стерильны.

Однако репродуктивный критерий — последнее прибежище, последний довод в любом споре о том, считать ли два вида единым целым или разделять их.

Гениальный француз Жан Батист Пьер Антуан де Моне, шевалье де Ламарк, убежденный в изменчивости природы настолько же, насколько Линней времен написания «*Species plantarum*» был убежден в ее неизменности, разрешил видимые им сложности с помощью другой крайности: «В природе нет ни родов, ни семейств, ни тем более порядков и классов. Среди живых существ реальны только особи и различные расы, которые имеют свои оттенки во всех степенях организации» («Философия зоологии», 1809). Иными словами, все изменчиво настолько, что видов не существует, а то, что мы выделяем и описываем, условно и призвано лишь облегчить нам познание.

А зачем я, спрашивается, закопалась в этих преданьях старины глубокой? Существует синтетическая теория эволюции, существует современное понимание вида, в конце концов! Наследственность, изменчивость и естественный отбор.

Закопалась я потому, что любой мало-мальски грамотный студент вырастает из мало-мальски грамотного школьника и при этом проходит путь от интуитивного понимания вида (близкого к линнеевскому) до современного, а иногда даже минует на этом пути некоторые сомнения: а реален ли вид? (Так и слышится голос диспетчера: «Станция Ламарк. Для открытия дверей нажмите красную кнопку!»). Да что там студенты! Шуточный афоризм «Хороший вид — это такой вид, который описал хороший систематик» родился не на пустом месте. Известно и высказывание одного из лучших систематиков современности, Роберта Льюиса Дресслера: «Систематика орхидных — не столько наука, сколько искусство». С видами «все понятно» лишь до первой практической сложности.

И все-таки современные методы позволяют решить даже очень запутанные задачи.

На территории России встречаются пять видов рода башмачок (*Cypripedium*). Все они достаточно редкие, чтобы с полным правом обосноваться в Красной книге России, что не мешает некоторым их популяциям быть довольно многочисленными. Нам интересны два из них: башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus*) и башмачок крупноцветковый (*Cypripedium macranthum*).



Посмотрите на их портреты. Хорошие виды — четко отличающиеся по морфологическому критерию (то есть по внешним признакам) с точки зрения любого, даже далекого от систематики, человека, не правда ли?

Между тем на территории совместного произрастания можно встретить природный гибрид этих видов, описанный в 1800 году из Северной Европы соотечественником Карла Линнея Петером Улафом Сварцем под названием *Cypripedium ventricosum* (башмачок вздутый). К слову сказать, башмачок крупноцветковый был описан им же, и тоже в 1800 году, а первого из наших героев — *C. calceolus* Линней описал как типовой вид рода в 1753-м. Сварц полагал, что башмачок вздутый — отнюдь не гибридная форма, а самостоятельный «хороший» вид, отличающийся от *C. macranthum* более короткой (относительно других листочков околоцветника) губой. Венгерский ботаник Режé Шоо позже перевел его в ранг подвида *C. macranthum* (*C. macranthum* ssp. *ventricosum* (Sw.) So). Вплоть до 80-х годов XX века башмачок вздутый включали в *C. macranthum*, но позже вновь возникла тенденция выделять его в самостоятельный вид.

Трудность разделения башмачка крупноцветкового и башмачка вздутого заключалась еще и в том, что при сборе гербариев цветки такой непростой формы сминаются, а их окраска не сохраняется.

Возможно, о гибридном происхождении *Cypripedium ventricosum* мало задумывались из-за того, что его численность в природных местообитаниях может быть довольно высока. Там, где родительские виды встречаются вместе, она сравнима с менее многочисленным из них *C. macranthum*. Более того, *C. ventricosum* дает плоды, в них можно найти семена, а гибриды, как мы помним, стерильны.

Между тем в 1891 году Вильям Барбей описал растение, которое счёл несомненным природным гибридом этих двух видов, а в 1896 году такой же гибрид был описан еще раз под именем *C. freynii*, и тогда же появилось предположение, что это и есть *C. ventricosum*.

Вопрос о идентичности *C. freynii* и *C. ventricosum* повис в воздухе на целых сто лет. Однако в 1996 году еще один гениальный систематик, Л.В. Аверьянов, вновь уверенно заявил о гибридном происхождении *C. ventricosum*, о его идентичности *C. freynii* и, в дополнение, о том, что в Приморье в гибридизации участвует ещё один вид, *C. shanxiense*.

Ситуация накалилась: как и во времена Линнея, систематики испытывают острый дискомфорт, если они чего-то не понимают. Вопрос заключался в следующем: является ли *C. ventricosum* гибридом *C. calceolus* и *C. macranthon*, и если да, идет ли речь о видообразовании путем скрещивания разных видов.

Группа сотрудников Ботанического сада Уральского отделения РАН и Института экологии растений и животных УрО РАН — М.С. Князев, П.В. Куликов, О.И. Князева и В.Л. Семериков — провели в 2000 году тщательное исследование. И обнаружили удивительные вещи!

Во-первых, по признакам цветка — соотношению размеров, скрученности внутренних листочков околоцветника, величине отверстия губы, ширине ее завернутого края — *C. ventricosum* занимает промежуточное положение между *C. calceolus* и *C. macranthon*. Окраска у цветков, в отличие от чисто розово-лиловой у *C. macranthon*, имеет коричневатый оттенок и гораздо сильнее изменчива.

Во-вторых, у *C. ventricosum* плоды завязывались лишь в 0,5–2% случаев, что само по себе еще ни о чем не говорило (у *C. calceolus* процент плодообразования также бывает очень низким). Важнее то, что в плодах *C. ventricosum* почти не было семян. Однако при искусственном опылении цветков этих трех таксонов пыльцой *C. calceolus* или *C. macranthon* образовывались плоды с нормально развитыми семенами, тогда как использование пыльцы *C. ventricosum* не приводило к образованию семян, какой бы вид ни опыляли.

Иными словами, *C. ventricosum* — действительно гибрид, и он стерилен, но частично: стерильна его пыльца. Без участия родительских видов *C. ventricosum* размножаться семенами не может или почти не может: ему необходима пыльца этих видов.

Для уточнения систематического положения растений в современной биологии применяется также изоферментный анализ. Изоферменты — это разновидности одного фермента, которые отличаются аминокислотной последовательностью: соответственно, различаются и нуклеотидные последовательности их генов. Результаты изоферментного анализа показали, что генетическое разнообразие (полимор-



Башмачок настоящий (*C. calceolus*)



Башмачок крупноцветковый (*C. macranthon*)



Башмачок вздутый (*C. ventricosum*) оказался гибридом башмачка настоящего (*C. calceolus*) и башмачка крупноцветкового (*C. macranthon*)

физм) *C. calceolus* выше, чем таковое *C. macranthon*, но полиморфизм *C. ventricosum* еще выше, как и положено гибриду. Кроме того, оценка уровня разнообразия подтвердила, что среди *C. ventricosum* преобладают гибриды первого поколения, хотя изредка встречаются возвратные гибриды, то есть полученные скрещиванием с родительскими видами. Гибридов второго

поколения — потомков *C. ventricosum* без участия родительских видов — не нашли. Поэтому авторы уверенно сообщили, что в случае *C. ventricosum* речь не идет о видообразовании: полноценным видом его нельзя назвать.

Изучение генетического полиморфизма и генетической структуры популяций этих трех таксонов, а также еще одного вида — дальневосточного *C. shanxiense* — продолжалось и после этого. В 2016 году сотрудники Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН и Ботанического сада Уральского отделения РАН представили результаты

нового масштабного исследования. Оно подтвердило выводы, сделанные в 2000 году: растения *C. ventricosum* — преимущественно гибриды первого поколения. Кроме того, оказалось, что они появляются как при опылении *C. calceolus* пыльцой *C. macranthon*, так и наоборот, а *C. calceolus* на территории России представлен двумя разными группами. Что касается взаимоотношений *C. calceolus* и *C. shanxiense*, то результаты, полученные разными методами, пока не позволяют однозначно ответить на вопрос: являются ли *C. calceolus* на востоке страны на самом деле гибридами *C. calceolus* x *C. shanxiense* или же нет.

Итак, запутанная история происхождения и таксономического статуса башмачка вздутого оказалась в конце концов прояснена, а вот что происходит на востоке Евразии с *C. calceolus* и *C. shanxiense* — нам еще предстоит узнать. Как мы видим, репродуктивная изоляция не всегда бывает полной. Но это и неудивительно, ведь эволюция — процесс небыстрый. Так или иначе, все оказалось гораздо сложнее, чем виделось Карлу Линнею и Жану Батисту Ламарку.

Автор благодарит Е.В. Андронову за консультации и фото

## !!! ПОДПИСКА !!!

Стоимость подписки на второе полугодие 2019 года

Бумажная версия с доставкой простым письмом по территории РФ: 1260 рублей

Электронная версия: 360 рублей.

Если вы хотите подарить наш журнал вашей любимой библиотеке, не отказывайте себе в удовольствии — это можно сделать на сайте [biblio.planeta.ru](http://biblio.planeta.ru)

Справки по телефону (495) 722-09-46 (с 11 до 18, вторник — четверг) или по электронной почте [redaktor@hij.ru](mailto:redaktor@hij.ru).

ВНИМАНИЕ! Агентство МАП прекратило работу. Это была подписка по индексам 99644 и 99645.

Пользуйтесь каталогами других агентств или нашим редакционным киоском на [www.hij.ru](http://www.hij.ru).

### Реквизиты для оплаты подписки:

Получатель платежа: АНО Центр «НаукаПресс»,

ИНН/КПП 7701325151/770101001 Банк: ПАО «Сбербанк», г.Москва,

Номер счета: № 40703810938000000848, к/с 30101810400000000225, БИК 044525225

Назначение платежа: подписка на журнал «Химия и жизнь—XXI век»

Не забудьте сообщить адрес доставки журнала



# Йохимбе — дерево несбывшихся надежд

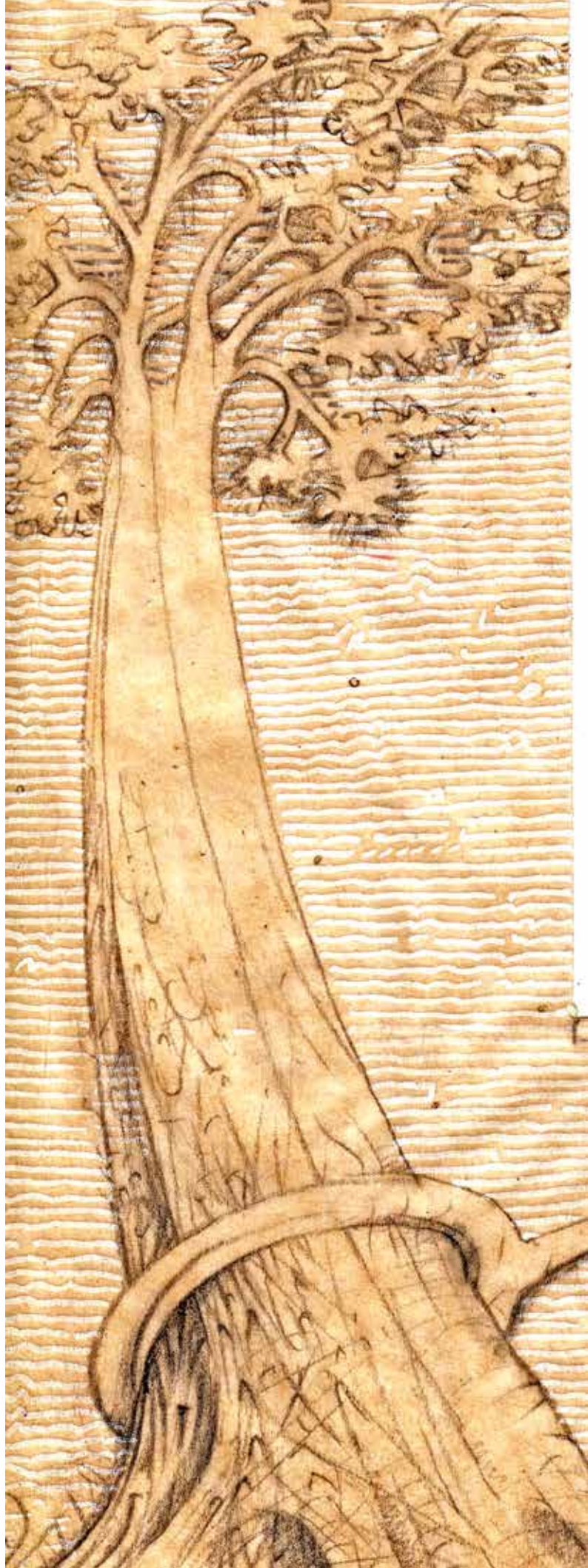
В тропических дождевых лесах Камеруна, Конго, Габона, Нигерии и Экваториальной Гвинеи растет высокое вечнозеленое дерево йохимбе с серовато-коричневой корой. Отвар и настой этой коры местные жители издавна использовали как лекарство от кашля, повышенного давления и проказы, а также как жаропонижающее, обезболивающее и стимулирующее средство. Стимулирует оно в том числе потенцию у мужчин и либидо у женщин. В конце XIX века немецкие миссионеры привезли чудесную кору из Западной Африки в Европу, где йохимбе сразу прославилось как «дерево любви». А научных названий у него два: *Pausinystalia yohimbe* и *Corynanthe yohimbi*.

Исследователи быстро выяснили, что любовным снадобьем йохимбе делают индольные алкалоиды, которых в коре содержится до 6%. Самый активный из них называется йохимбин, на его долю приходится 1–15% от общего количества алкалоидов. Остальные несколько десятков соединений представляют собой стереоизомеры йохимбина.

С 1930-х годов очищенный гидрохлорид йохимбина, а также кору йохимбе и экстракт из нее активно использовали для лечения эректильной дисфункции (оказалось, что на женское либидо эти средства влияют мало). Действие этих препаратов основано на способности йохимбина избирательно блокировать  $\alpha_2$ -адренорецепторы (одна из групп рецепторов, реагирующих на адреналин и норадреналин), из-за чего расширяются кровеносные сосуды некоторых органов. В том числе, кровью наполняется кавернозное тело пениса. Однако йохимбиновая блокада  $\alpha_2$ -адренорецепторов приводит и к другому эффекту: из нервных окончаний выделяется избыток норадреналина, который сужает сосуды. Из-за двойного действия йохимбина его стимулирующее действие длится недолго. Давление подскакивает, и кровь приливает к голове, отхлынув от места, куда ее желали бы направить. Сосуды дольше остаются расширенными, если заблокировать  $\alpha_1$ -адренорецепторы. С ними взаимодействует другой алкалоид коры, коринатин, так что экстракт йохимбе в достаточной дозе может усилить эрекцию лучше, чем чистый йохимбин. И все же алкалоид предпочтительнее экстракта, потому что его дозировку проще контролировать.

Безопасным количеством считают 100 мг йохимбина в сутки. Если принимать больше, у пациентов может развиваться трудноизлечимый приапизм. Кто не знает, что это такое, пусть посмотрит в словаре. Для лечения эректильной дисфункции назначают по 15–30 мг йохимбина. Но даже при этих дозах могут возникнуть неприятные побочные эффекты — сердцебиение, тошнота, усиленное слюноотделение, потливость, частое мочеиспускание, тревога и нарушение сна, повышенное давление, вздутие живота.

Гидрохлорид йохимбина выпускают в таблетках по 5 мг, которые положено принимать трижды в день, и человек хотя бы знает, сколько принял. Содержание алкалоида в коре варьирует, и ее безопасную дозу установить нельзя. Обычно 5–10 чайных ложек (25–50 мл) коры заваривают в 350–360 мл воды (примерно 12 унций). Если йохимбина в



коре много, возможна передозировка, а если мало, кора не действует. К тому же концентрация алкалоида в крови достигает максимума через час после приема. Не ощутив немедленного эффекта, люди глотают еще, и тут опять-таки велика вероятность передозировки.

Стоит ли рисковать, если эффективность экстракта клинически не доказана, хотя некоторые травники и утверждают, ссылаясь на свой опыт, что экстракт йохимбе помогает при эректильной дисфункции лучше, чем чистый алкалоид? Неудивительно, что многие специалисты сомневаются в безопасности йохимбе, в том числе американское Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA) — законодатель мнений в этой области. В Германии экспертный совет, оценивающий растительные медикаменты, не рекомендует использовать кору йохимбе. В Канаде, Австралии, Нидерландах и Великобритании добавки с йохимбином запрещены.

У очищенного гидрохлорида йохимбина другая судьба. Клинические испытания подтверждают, что он действительно может помочь при эректильной дисфункции, особенно если она имеет психогенные причины. Поэтому, хотя препарат действует далеко не на всех, а от нежелательных побочных эффектов не застрахован никто, гидрохлорид йохимбина оставался популярным средством увеличения потенции до 1990-х, когда его вытеснил более эффективный и безопасный синтетический алкалоид силденафил. Самое известное лекарство с силденафилом — виагра.

Помимо усиления либидо, у йохимбина есть и другие традиционные сферы применения. Его используют при тревоге и депрессии, болях в груди и осложнениях диабета, для нормализации кровяного давления. Однако клинические испытания, правда, немногочисленные, пока не подтвердили эффективность йохимбина в этих областях, и специалисты не советуют им пользоваться.

В результате йохимбин почти перестали назначать и выпускать. Кое-где его еще принимают для улучшения эректильной функции, и ветеринары его используют: племенным жеребцам тоже иногда приходится повышать потенцию.

Тем не менее йохимбин не утратил популярности. Даже в тех странах, где больше не производят таблетки и капсулы, алкалоид остается компонентом сотен пищевых добавок для улучшения потенции, повышения эффективности тренировок, снижения веса и сжигания жира. Теоретически мы вправе ожидать от этих добавок хороших результатов. Блокировка  $\alpha_2$ -адренорецепторов на жировых клетках должна ускорять расщепление жиров. Кроме того, йохимбин усиливает кровоток в периферических сосудах, то есть улучшает снабжение мышц



ПАНАЦЕЙКА

кислородом и питательными веществами. Тем не менее данные о влиянии йохимбина на потерю веса и жира противоречивы. Так, у женщин трехнедельное потребление алкалоида (20 мг/день), подкрепленное низкокалорийной диетой, существенно ускорило похудение. А мужчинам, принимавшим по 43 мг алкалоида в день, вообще не удалось похудеть. На расщепление жиров препарат не повлиял.

Согласно другим данным, йохимбин способствует расщеплению жиров, и этот эффект усиливается при физической активности. У профессиональных игроков в американский футбол трехнедельный курс йохимбина (20 мг/день) существенно снизил жировую массу, однако не повлиял на эффективность силовых тренировок и мышечный рельеф. Результаты, как видим, противоречивы, да и выборки малочисленны — в каждом эксперименте участвовало человек по 20, так что однозначные выводы делать рано.

На эффективность йохимбина могут влиять продолжительность приема добавок, гормональный статус и тренированность человека, а также чистота и качество препарата. Исследователи время от времени закупают через интернет добавки, содержащие йохимбин, и определяют его количество. Оно сильно варьирует, разовая доза алкалоида бывает крайне низкой, а иногда в несколько раз превышает рекомендуемую дозу 5 мг.

Увы, потребители в своем стремлении сбросить вес не знают меры и забывают об осторожности. Некоторые принимают по 200–250 мг в день и отделяются сердцебиением, скачками давления и другими неприятными симптомами, которые, к счастью, быстро проходят — йохимбин выводится из организма через 2–3 часа. Но встречаются и более тяжелые случаи, когда люди глотают по 1,8–5 г алкалоида. Тогда они ощущают сонливость и растерянность, перебои в работе сердца и теряют сознание. Если этим бедолагам повезет попасть в больницу, где их откачают, они потом не помнят, что с ними произошло.

Тяжелые отравления йохимбином не всегда заканчиваются благополучно, бывают и смертельные случаи. Несколько лет назад скончались 23-летний культурист и мужчина 37 лет, который пытался похудеть. Оба приняли более 5 граммов алкалоида.

Помимо тяжелых побочных эффектов, йохимбин имеет длинный перечень противопоказаний: болезни печени и почек, воспаление простаты, беременность и грудное вскармливание, склонность к кровотечениям, повышенное и пониженное давление. Препараты, содержащие этот алкалоид, усугубляют состояние больных шизофренией, посттравматическими расстройствами, тревогой и депрессией. Йохимбин, принятый натощак, может вызывать панические атаки. Алкалоид увеличивает содержание инсулина в крови. Если больные диабетом, которые принимают лекарства, будут пить еще и йохимбин, уровень сахара у них упадет до критического уровня.

Тем не менее препараты с йохимбином чрезвычайно популярны у атлетов. Хотя кора йохимбе — не единственный источник алкалоида, его содержат азиатский вечнозеленый кустарник раувольфия змеиная и южноамериканское дерево белое квебрахо, специалисты опасаются, что йохимбе — эндемичное растение Западной Африки — изведут ретивые сборщики урожая.

Н. Ручкина







правде сказать, была чудесная: звезды так и кружили, музыка с небес лилась особенно нежная, лягушки то и дело впархивали в открытые окна. Мы заказали ящик вина, десяток флаконов рубедо и корзину легких закусок. Все молчали, поскольку обсуждать было уже нечего. Кегран бы выиграл бой только в случае, если бы Дуво захворал или позабыл все борцовские приемы. Подобраться к Дуво — слабительного ему, скажем, в кашу подсыпать либо чесоточного порошка в трико — мы никак не могли. За ним, как и за любым чемпионом, денно и ночью следила целая свора охранников, даже в сортир он ходил по расписанию и под наблюдением тренера, так что о диверсии пришлось забыть. Про то, чтобы как-то усилить нашего Кеграна, тоже думали, но как добавить сил тому, кто и так сильнее всех в Цуге?

В общем, сидели, готовились помаленьку к безоговорочной капитуляции перед Логом, и Бальнер, министр питания, уже кому-то писал насчет поставки рыбных консервов. Вдруг дверь распахнулась, и в зал вошел Реджинальд Ден с таким выражением лица, будто только что сам выиграл чемпионский бой, а за ним, спотыкаясь, ввалился тощий тип, закутанный в длинный грязно-зеленый лабораторный халат. «Позвольте, господа, представить, — объявил Реджинальд. — Мастер Фосс из Регеборга, алхимик-новатор, наша, с позволения сказать, последняя надежда».

Мастер Фосс встал во главе стола. Ни поклона, ни кивка, только сверлил всех глазами и теребил краешек халата. Волосы длинные, нос прыщавый, пальцы все в разноцветных пятнах от химикалий, и ногти обкусаны. Реджинальд с размаху хлопнул его по плечу (отчего Фосс слегка присел) и сообщил: «Молодой человек изобрел машину, которая может перевернуть весь мир с ног на голову. Завтрашняя победа в состязании — вопрос решенный. Пускай Лог подавится своей пурпурной карточкой. Но состязание — это только начало, коллеги. Расскажите-ка им, мастер!»

У Фосса мгновенно побледнели губы, и он, заикаясь, начал: «Известно, господа, что наша Вселенная есть Мировая Книга, которую непрестанно пишет Творец. И мы все — действующие лица в этой книге. Каждому отведена своя Нить великого делания, предначертанная Творцом, и лишь от высшей воли зависит, сыграет ли кто-то из нас главную роль, верша людские судьбы, или канет в Безвестность, да будет она четырежды проклята. Ибо...»

«Ибо так написано, — нетерпеливо перебил Реджинальд, опершись кулачищами на стол. — Давайте по существу, мастер, здесь все ходили в церковную школу».

«Собственно, — торопливо сказал Фосс, — я почти закончил. Суть в том, что мой аппарат дает возможность увидеть, как пишется Книга. И позволяет, если надо, ее переписывать».

Мы все расшумелись, точно стая лягушек, потому что все это звучало как неуместная шутка. Богохульная, к тому же. А Фосс, повысив голос, стал выкрикивать: «Если позволите, я покажу! Если можно, сюда! Станет ясно! Пожалуйте!»

Тогда Реджинальд шагнул к двери, крикнул: «Вносите!» И охранники втащили в зал эту самую машину. Четырежды клятую.

Сейчас ее, наверное, уже разбили, сожгли и сбросили обломки в Вейлу, поэтому надо бы попытаться как-то описать детище Фосса для тех, кто не успел взглянуть.

Что скажу? Внушительного размера агрегат, с меня ростом. Везде блестят клапаны и бронзовые трубки, поршни и шестерни, все это скрежещет, хрипит и непрестанно

движется. Сбоку торчит здоровенный раструб. И выглядит в целом машина так, будто заводской станок скрестили с саксофоном. Но самое главное мы увидели, когда Фосс откинул квадратный люк справа от раструба. Там, в подсвеченной глубине, бежала, наматываясь на катушки, бумажная лента, а над ней, зажатое в пальцах механической руки, замерло наготове самопишущее перо.

Все примолкли, глядя на это чудо, а Фосс, воспользовавшись тишиной, сказал: «Если желаете, можно произвести эксперимент, демонстрацию работы».

«Смелей, коллеги, — подал голос Реджинальд. — Ну, кто хочет переписать свою судьбу?»

Не иначе как Безвестность дернула меня спросить: «А что нужно для опыта?»

«О, это просто, — оживился Фосс. — Требуется лишь образец ваших тканей. Образец помещается в приемную трубку, и аппарат настраивается на вашу Нить делания. В качестве образца годится что угодно: эпидермис, клочок волос, или пот, или, гм... экскременты. Или слюна...»

«Да плюнь ты в трубку, Кан!» — крикнул Хуго Валле, министр культуры. Раздались жидкие смешки, кто-то хлопнул в ладоши. Нервы, конечно, были у всех на пределе.

Я пожал плечами, встал и, ни на кого не глядя, сплюнул в раструб. Какая разница. Если Реджинальду угодно выставить себя дураком, отчего бы не помочь. Все равно проиграем...

Машина вздрогнула, застрекотала, перо стало выводить буквы. Фосс выждал минуту, ловко стянул с катушки ленту и прочел: «Я пожал плечами, встал и, ни на кого не глядя, сплюнул в раструб. Какая разница. Если Реджинальду угодно выставить себя дураком, отчего бы не помочь. Все равно проиграем».

«Это ничего не доказывает!» — воскликнул министр транспорта Йорн.

«Да?! — взревел Реджинальд. — А на это что скажете?»

Он шагнул к машине, выхватил перо из механических пальцев и принялся что-то яростно строчить на движущейся ленте. Я ощутил, как мои члены наполняет, словно газ, неведомая сила, подпрыгнул, ударил ногой по ноге и начал отбивать чечетку, будто заправский танцор. Противиться этому было все равно что пытаться двинуть занемевшей рукой, которую отлежал ночью: все конечности казались моими, но притом чувствовались как бы со стороны, принадлежащими кому-то другому... Нет, это трудно описать. Провожаемый взглядами министров, я отстучал каблуками звонкую дробь, крутанулся вокруг оси и картинно припал на колено, раскинув руки. Реджинальд выдернул ленту и прочел то, что написал минутой раньше: «Кан исполнил антраша, станцевал клог и сделал двойной пируэт».

Я поднялся и отряхнул брюки. Реджинальд питал страсть к танцам, ходил на балет, на фестивали народных плясок и частенько заводил интрижки с молоденькими балеринами. Вот откуда такие познания в терминологии. По-моему, с его стороны это было довольно подло. Между прочим, я вообще не танцую, в моем возрасте это серьезная нагрузка на сосуды. Нигредо — оно, знаете, никого не щадит.

«Подстроено!» — крикнул Хуго Валле. Реджинальд бросил ему через стол перо:

«Может, сами что-нибудь напишете, Хуго? Давайте, велите Кану пройтись колесом! Или пусть споет «Доброй ночи, мельник» или выпьет залпом графин вина! Валяйте, он в ваших руках!»



могучий торс противника, но тщетно. Дуво был шире, массивней. Потоптавшись, великан сделал подсечку и с размаху обрушил нашего бойца на арену. Вот и всё, первый раунд окончен, соперники разошлись по углам: Дуво — непобедимо раскачиваясь, уверенный в собственной мощи, Кегран — прихрамывая, опустив глаза. Обтерся полотенцем, кинул на песок. Подбежавший служитель подхватил брошенное полотенце и унес с арены.

Второй раунд. На этот раз Кегран был осторожней, долго кружил, примеривался для броска. Взошло красное солнце, как всегда, злое и яркое, слепило глаза, мешало бойцам выбрать миг для атаки. Ощувив на щеке дуновение воздуха, я обернулся и увидел, как Фосс бросает в раструб машины скоманную тряпку — полотенце, которым вытирался Кегран. Перо ожило в самописце, проворно застрочило: «...Был осторожней, долго кружил... Взошло красное солнце, слепило глаза...»

На трибунах закричали. Обратив взгляд на арену, я успел увидеть, как Дуво бросился вперед, заломил Кеграну руку, они завертелись, и наш чемпион упал на колени. Вот-вот согнется под бычьей тяжестью, ляжет на взрытый песок...

«Аппарат готов!» — глухо крикнул Фосс.

Реджинальд выдернул перо из самописца и стал набрасывать строки: «Он сильнее, он встает, — увидел я из-за Фоссова плеча, — бьет по голове, ломает челюсть, побеждает...»

Тысячи глоток заревели, я снова обернулся, чтобы увидеть поверженного Дуво. Из его рта тянулся кровавый жгут слюны, грудь ходила ходуном. Заскрипело перо: Реджинальд черкнул еще пару слов. Кегран, перекинув ногу через плечо Дуво, ударил того ступней в висок, еще, еще, и великан, дернувшись, раскинул руки, будто хотел обнять все небо от края до края. Люди на трибунах зароптали, кто-то пронзительно свистнул, взвизгнула женщина.

В этот момент в ложу, топя и сгибаясь под тяжестью груза, вломились охранники. Кажется, те самые, которые накануне притащили в зал совещаний аппарат Фосса. В руках у них были холщовые мешки с чем-то глухо звенящим, бугристым, очень тяжелым. Крякнув, первый из них поднял мешок и опрокинул над раструбом аппарата. Монетки хлынули, как мутная река, зашуршали, исчезая без остатка в широкой горловине. И откуда там оказалось столько места? Механическая рука на миг замерла и принялась страшно дергаться, расплываясь в бешеном движении, как спицы вертящегося колеса, — но без пера, пера не было, бумага оставалась чистой, где же оно, где перо? Ах да, вот оно, в руке Реджинальда, он ведь так и не вернул его в машину. И тут же пришел черед второго мешка, за ним третьего... Двадцать тысяч монеток, из них десять — те, что бросили логовчане. Двадцать тысяч Нитей, двадцать тысяч судеб.

«Реджинальд», — успел сказать я. Вернее, это сказали все мы, весь кабинет министров. А еще вернее, мы это прокричали. А если быть совсем точным, все слилось в один общий крик, что-то вроде «Не-е-е-ет!!!» Мы стали вскакивать с мест, а охранники удерживали нас, не давали встать. Бальнер получил по шее, Йорну дали под дых. Мы боролись, поднялась свалка, и только Фосс ничего не делал, лишь смотрел, как Реджинальд пишет размашистым почерком какие-то короткие слова. Потом началось то, о чем вы и сами знаете. Люди взбесились, бросились на арену, в один миг растоптали Кеграна и Дуво, и там, на арене, сошлись с такими же кричащими, взбешенными

людьми. Мелькали сжатые кулаки, оскаленные зубы, вытаращенные глаза, стоял нескончаемый вой — вой ярости и боли, — и, едва слышная сквозь этот гвалт, с небес лилась чудовищно неуместная, веселая мелодия. Тогда-то я перестал быть министром здоровья, а стал обычным трусом, которого заботила только собственная шкура. И побежал прочь.

*Творец, если ты читаешь эти строчки (наверное, ты единственный, кто их прочтет), то прошу, сделай так, чтобы все вернулось назад. Зачеркни то, что написал Реджинальд, соскобли бритвой, закрась мелом, а еще лучше — вырви последние несколько страниц Книги. Пусть мы опять станем играть свои никчемные роли, пусть исполнится Мировое делание, пусть Безвестность минует тех, кто послушен твоей воле, а тех, кто противится, Безвестность может забрать со всеми потрохами. Пусть не будет ни убийц, ни мародеров, ни дымящихся развалин, в которые превратилась наша земля, когда по ней прокатилась волна обезумевших от крови людей, забывших о том, как они жили, готовых только убивать и мстить, мстить и убивать.*

Многие верят, что Реджинальду Дену заплатили министры Регеборга, и они же подослали к нам Фосса. Хотели сравить Лог и Цуг, выждать, пока мы перебежим друг друга, а потом занять наши опустевшие города. Только вот на каждой монетке из тех, что были в мешках, оставили свои следы десятки людей — не только из Лога и Цуга, но из самого Регеборга и прочих окрестных городов; «образцы тканей», как говорил Фосс. Бойня разгорелась повсюду. Разум сохранили единицы — например, я. До дня состязаний я с месяц не брал в руки медной мелочи: по магазинам ходила моя экономка. Бедная женщина.

Говорят, для того что сейчас происходит, уже придумали специальное новое слово: «война». Странно, вроде бы слово новое — а чувство такое, будто всегда его знал. Может быть, Фосс прав, и тот, кто нас сотворил, попросту глупец и бездарность? Но мир, который он создал, был, по крайней мере, добрым. Согретье тремя солнцами, под поющим небом мы состязались в силе и ловкости и не знали другой жизни. Злой гений Фосса, зависть Регеборга, алчность Реджинальда Дена показали нам, что бывает иначе. Наверное, рано или поздно человечеству суждено было стать свободным, но очень уж паршиво это у нас получилось. Впрочем, может статься, прав тот убитый мародерами старик, и все случившееся было промыслом самого Творца: он надоумил Фосса на четырежды клятую машину, вложил в головы министрам Регеборга их замыслы. Свободны ли мы в таком случае хоть на йоту от его воли? И если свободны, то где кончается воля безрассудного Творца и начинается наша безрассудная свобода?

О таком страшно даже думать, не то что писать.

Вероятно, это всё нигредо в моих жилах — разрушает, дурманит и медленно убивает. Как ему и положено. Между прочим, вот уже минут десять, как смолкла небесная музыка. До этого я слышал ее отчетливо, хоть и слабо. Что это значит? Неужели Книга подошла к финалу? Или ее больше никто не пишет? Надо выйти наружу, посмотреть.



# Жизнь замечательных цитат



Художник Н. Колпакова

## Холодная голова, горячее сердце и чистые руки

Каждый знает слова Феликса Дзержинского: «У чекиста должна быть холодная голова, горячее сердце и чистые руки». Менее известно то, что Дзержинский этого не говорил. По-видимому, впервые это изречение появилось в книге Н.И. Зубова «Феликс Эдмундович Дзержинский: Краткая биография» (1941, гл. 6):

«Чекистом может быть лишь человек с холодной головой, горячим сердцем и чистыми руками.»

В первом очерке Зубова о создателе ВЧК («Феликс Дзержинский. Краткое описание жизни и деятельности», 1933) этих слов еще не было.

Николай Иванович Зубов служил в ОГПУ, затем в партийных органах, а его литературное творчество сводится к биографиям основателя ВЧК. Последняя из них вышла в 1963 году («Ф.Э. Дзержинский. Биография»).

Ближайшим предшественником знаменитого изречения был, вероятно, фрагмент биографии Ленина, написанной видным партийным пропагандистом Емельяном Ярославским. Уже при жизни вождя (1920) эта биография была переведена и опубликована в Париже («Lénine, sa vie, son oeuvre»). По-русски, в сильно расширенном виде, книга вышла в 1924 году: «Жизнь и работа В.И. Ленина. 22 апреля 1870 — 21 января 1924»). В обоих изданиях Ярославский писал:

«Ленин никогда не терял головы. Это о нем можно сказать больше, чем о ком бы то ни было, словами Огюста Бланки, великого французского революционера: «Пусть голова ваша будет холодна, как лед, а сердце горячее, как пламя». Холодная голова, никогда не впадающая в панику, и горячее сердце — это Ленин».

Бланки не говорил этих слов. Зато нечто весьма похожее писал о нем бланкист Мерме (наст. имя: Габриэль Террай):

«...Пламенное воображение и расчетливый ум; горячее сердце и холодная голова. (...) Он действовал быстро и решительно. Он был человек нервный, созданный для действия, мастер внезапного удара. Карл Маркс не был таким смельчаком; исследователь, философ, системоворец, он оставил Бланки далеко позади себя. (...) Карл Маркс сказал, что насилие — повивальная бабка истории. Вероятно, сам он не смог бы принять революционные роды, если бы предоставился случай, а Бланки смог бы».

(«Социалистическая Франция» (1886), гл. 17: «Бланки»)

Понятно, что последнее замечание в несравненно большей степени могло быть отнесено к Ленину.

В Англии и Франции оборот «холодная голова и горячее сердце» существовал уже в начале XVIII века. Таковы были качества образцового джентльмена и офицера.

«У него холодная голова и горячее сердце» (la tête froide et le coeur chaud) — говорит о герцоге Мальборо (1650–1722) Обри де ла Мотрэ в «Исторических и критических замечаниях» (1732) на книгу Вольтера «История Карла XII». Сам Вольтер писал: «Вы знаете, что военачальнику нужна (нужны) холодная голова и горячее сердце» (письмо к графу Моранжье от 3 октября 1772 г.).

В годы Великой французской революции те же требования предъявлялись к революционеру:

«Чтобы быть хорошим революционером, необходимо горячее сердце, а также холодная и здравая голова (la tête froide et modérée)».

(Из газеты «Feuille de la République», 1794)

Британский писатель-моралист Джон Леббок предъявлял эти требования к человеку вообще:

«Какие качества необходимы для совершенствования человеческого существа? Холодная голова, горячее сердце, здравое суждение и здоровое тело».

(«Как надо жить» (1894), пер. Д. Коропчевского; старая орфография сохранена)

Книга Леббока имела у нас немалый успех: до 1905 года вышло несколько ее изданий в разных переводах.

К общеизвестной формуле «холодная голова и горячее сердце» Н. И. Зубов добавил «чистые руки». Тут он имел предшественника в лице Плутарха. Его устами афинский стратег Аристид — воплощение справедливости и бескорыстия — замечает: «...Поистине подобает полководцу иметь чистые руки» («Аристид», 24; пер. С. Маркиша).

Константин Душенко



Фото Рейна Кёрнера

# Не все люди враги...

«По грузовому стволу — коза с травмированным.  
Подъем!»

1954–1955

М.Б. Черненко

Всего через год, летом 1955-го, я снова в Москве. Передвигаюсь пока на костылях. Так что сначала надо объяснить, как это все получилось — на шахте «Каменецкая № 2».

## Уже начальник

Сразу по приезду получили комнату в поселке рядом с шахтой. Назначен я был на должность тоже сразу — помощником начальника проходческого участка. И Лида поступила на работу без задержек — преподавателем химии и биологии в школе в Сталиногорске.

А через месяц, не успев еще толком освоиться, я оказался уже начальником своего участка. Потому что моего шефа, теперь уже бывшего, перевели на другой участок, добычной: там опытный командир гораздо нужнее начальству для выполнения главного плана — добычи угля.

Редкие сутки проходят теперь для меня без двух, а то и трех спусков под землю. Рабочих смен три, а очередной «наряд» — обязательный сбор всех идущих в шахту — начинается за полтора, а то и за два часа до начала работы в забоях. Почему? Да потому, что рабочее время считается (считалось тогда в СССР, во всяком случае) с момента прихода на рабочее место. А оно далеко под землей. И каждому надо сначала переодеться и переобуться, получить шахтерскую лампу и «самоспасатель» (примитивный противогаз на случай пожара или загазованности), спуститься в шахту (на спуск и на подъем смены всегда очередь) и дойти под землей до места своей работы. Для большинства это тоже не близко...

Неизвестная мне раньше местная особенность. Многие, в том числе на нашем участке, — так называемые «спецпоселенцы». Бывшие старосты или полицаи из районов, оккупированных германской армией в годы войны. Немало и русских немцев (из Поволжья?). И такая же, как в Сибири на шахте «Маганак», была комендатура, где все эти трудящиеся отмечались.

А они на 2-й Каменецкой везде — от лавы до администрации шахты. Отделом труда и нормирования заведует немец. У навалотбойщика-немца старший сын — крепильщик, а младший — помощник главного инженера, весьма настырный; по понятным причинам: старается изо всех сил. И так далее.

## Горнотехнические условия

Главные действующие лица на нашем участке, проходчики, — отец с сыном, таких пар две. С ними у меня трудностей не возникает, с обоими старшими мы друг друга хорошо понимаем. С проходчиками помоложе — сложнее. Там постоянные поводы для недовольства и претензий (чаще всего невыполнимых). Крепкая или мягкая порода сегодня в забое, не хлещет ли подземная вода — виновато «начальство», значит, прежде всего я.

А на самом деле причины для недовольства бывают у проходчиков нередко и ни от кого лично не зависят — это изменение горнотехнических условий. Например: вчера отбивали пневматическими молотками мягкую породу, а сегодня забой уткнулся в твердую. Чтобы отбивать ее, надо вызывать взрывника. Грузить в вагонетки глыбы камня гораздо труднее, чем суглинок. Так что по вчерашним нормам проходчики сегодня ничего не зарабатывают, а новую норму в конторе утвердят хорошо если дня через три. И проходчики, чертыхаясь, вызывают начальника, чтобы увидел картину своими глазами и начинал нужные хлопоты, а сами бросают работу: «Сидим в простое по производственным причинам!».

Продолжение. Начало — в № 1–5 2019 г.



Или в тот же день идут к врачу и «берут бюллетень». Хотя какая-нибудь хворь у шахтера всегда найдется, и местная поликлиника на освобождения от работы не скупится. А дни, учтенные «по бюллетеню» или простою, на месячный заработок сильно не влияют — их считают по каким-то другим правилам.

Так или иначе, а работа стоит, и получается — хуже для всех. Спрашивается, что с этим можно поделать? Не знаю. Наверное, изменить правила, по которым так выходит. Но отсюда, с шахты, туда вряд ли дотянешься...

На моем участке путевые рабочие укладывают «утюг» — стрелку на пересечении нашего штрека с главным. Прихожу проверить, что уже сделано. И путевой, пожилой рабочий из Белоруссии, бросается на меня с топором в руках и надрывно кричит: «Зарублю! Подписывай, начальник, увольнение! Домой надо! Хозяйство пропадает...»

Надо спокойно стоять, молча, не двигаясь. Те, кто рядом, сами урезонят сорвавшегося. А в чем же дело по существу?

Пояснение для читателя, которому 50-е годы XX века кажутся далекой стариной. Увольнения с любой работы по собственному желанию в нынешнем понимании этого непростого процесса — не существовали в принципе. Такого было законодательное подкрепление «кадровой политики», потому что после Отечественной войны в СССР всего не хватало, в том числе — рабочих рук...

## Первый ляп

Первый ляп, недоразумение на работе со мной лично, было по части техники безопасности и случилось очень скоро. Дневная смена, шагаю по штреку в сторону «своих» забоев, как вдруг — навстречу явно тянет горелым. Дальше — и дымок уже показался. Еще через минуту или две дыма прибавилось, и я решил, что пора надевать «противогаз». Сдернул крышку, сорвав пломбу, вытащил из коробки маску и напялил ее. Прошел еще немного вперед, дыма меньше не стало. Я развернулся и полным возможным под землей ходом — назад к стволу, где есть телефон, сообщить об опасности.

Оказалось, все очень просто. В «чужом» забое, о существовании которого я еще не знал, была «отпалка» (от слова «палить», взрывать). Забой проветривали после взрыва, только и всего.

А меня на следующий день позвали к начальнику шахты, и он, немного смущаясь, велел мне подписать акт об использовании самоспасателя номер такой-то в учебных целях, для инструктажа по технике безопасности. Объяснил — так спокойнее: не надо, чтобы были происшествия, требующие использования самоспасателя...

А дела с безопасностью на шахтах Мосбасса обстояли «в общем и целом» далеко не благополучно. «Небезопасно», если можно грустно каламбуричь по такому поводу.

Однажды нас, инженерно-технический «надзор» со всех здешних шахт, вызвали в Сталиногорск на совещание по

этому предмету. В зале — человек триста, если не больше. Кто-то из комбинатского начальства читает доклад о несчастных случаях и полученных травмах.

На столе перед начальником комбината — телефон, так полагается, какое-нибудь в зале действо. Вот докладчик дошел до самого худшего за отчетный период — *смертельных* несчастных случаев. Насколько помню, названо их было тринадцать.

На столе у председателя зазвонил телефон. Докладчик замолчал, ждет. Начальник комбината слушает, коротко что-то командует в телефонную трубку и громко обращается к залу: «К сожалению, уже четырнадцать! Директор и главный инженер (шахты такой-то) — срочно на шахту!»

А на нашей шахте главный инженер созывает начальников участков и служб по утрам раза три каждую неделю. Предмет разговора — та же безопасность, перечисление происшествий и «что не так». В общем — «накачка». И после втыков и угроз наказать, лишит «прогрессивки», главный добавляет: «Есть у нас, конечно, и хорошие товарищи. Но мы должны вести борьбу и с этими товарищами...»

## Дни повышенной добычи и «черный нал»

Твердую породу отбивают в шахте взрывами. Взрывчатка — аммонит, а он легко впитывает воду и теряет свои свойства. Нужна водонепроницаемая оболочка для каждого «патрона». А оболочек этих не хватает, или их вообще нет на складе. Соответствующей замены в аптеках в Сталиногорске не найти. И вот начальство придумало — послало меня в Москву (на выходной день и за мой счет) с важным заданием — раздобыть нужное количество этого важного «расходного материала».

Обратился я в Москве в ближайшую аптеку, к заведующей. Преодолевая неловкость, стал объяснять, по какой причине нужна такая массовая закупка. Заведующая нисколько не удивилась, и мне спокойно соорудили пакет с пятью сотнями презервативов. И в следующей аптеке — еще столько же.

Была и такая особенность производственной жизни на шахте — «дни повышенной добычи» (ударение в последнем слове *на «О»*), именуемые кратко ДПД. В обычный рабочий день «повышенной добыче» взяться неоткуда, дай-то бог чтоб выполнили плановую. Поэтому устраивают ДПД в воскресенье. Собирают нужное число желающих на добычном участке, его начальник проверяет, чтобы все были «как надо», и всю смену рубят в лаве и валят на конвейер уголь. Работает, разумеется, подземный транспорт и грузовой подъем по стволу. За все это исполнителям полагается заработок. Но ведь день выходной?

И вот после окончания такой добровольной рабочей смены начальник шахты с бухгалтером встречают выезжающих на поверхность прямо у ствола и вручают каждому по сторублевке. Это доплата наличными к будущей зарплате. Она примерно такая, как тогдашний хороший дневной заработок шахтера.

Сверхплановый источник этих наличных мне неизвестен.

## Несчастный случай

В первые дни нового года на нашем участке открылся «выгодный» забой, где проходчикам улыбалось изрядное перевыполнение норм, а всему участку — плана проходки и, соответственно, премии. Пятого января в ночную смену в бригаде не было машиниста лебедки, и я пошел помогать проходчикам, чтобы не теряли зря времени — не бегали из забоя за сотню метров, да еще на подъем, чтобы включать и выключать лебедку — тянуть вагонетку, груженую породой.

На какой-то очередной «протяжке» я, наверное, замешкался на долю секунды. И стальной трос, притащивший

груженую вагонетку весом тонны полторы, если не больше, прихватил мою левую ногу к стойке шахтной крепи. Я услышал, как хрустнули кости.

Обхватил руками стойку, чтобы меня не потащило. Стал звать на помощь. Прибывшие из забоя проходчики отцепили трос, уложили меня на доски. Пригнали «козу» — это как бы вагонетка, но без кузова, с четырьмя стойками («рогами») по углам. На ней довели до ствола. «По грузовому — коза с травмированным!» — сообщил в телефонную трубку ствольной, включая подъем клетки.

В медпункте оказалось уже и разное начальство. (Потому что несчастный случай с начальником участка — это хуже для отчетности, чем такое же происшествие с рабочим.) Разрезали на мне брюки, стянули сапог. Я увидел, что вылилось много крови. Дежурная медсестра что-то объясняла начальству, а меня вдруг стало знобить. Начальник шахты вынул из кармана бутылку, мне налили коньяку в чашку. Отпил, стало легче.

Вошли трое в зимних шапках и белых халатах, накинутых поверх одежды. Приехала «скорая».

Сталиногорская больница, в ней два этажа из пяти — травматология. Санитарки привычно освободили меня от всего, что на мне оставалось, отмыли угольную черноту и, уже на чистых простынях, — на каталку и в лифт. А наверху, на той же каталке на рентген и — в операционную.

О первых решительных намерениях хирурга, всего полгода как окончившей мединститут и дежурившей в ту ночь, я узнал от нее самой гораздо позже. А тогда важно было, что заведующий отделением, которому она была обязана в таких случаях позвонить домой, велел не спешить — утром разберемся, сам посмотрю.

И на операционном столе я пробыл недолго. Сделали уколы, потом слышно было, как звякают, падая куда-то, осколки. Видел и слышал, как сверлили мне пятку и продевали сквозь нее поперек стопы металлическую ось. После чего юная докторша одобрительно улыбнулась, сказала, что все будет хорошо, и пожелала спокойной ночи.

Отвезли в палату, переложили с каталки на койку. Повернута она так, что ноги будут выше подушек. И в ногах, перед спинкой кровати, неизвестное мне устройство. На него осторожно уложили покалеченную ногу всю в бинтах, прицепили что-то к вставленной в мою пятку оси и стали навешивать на нее толстые железные диски — гири, проще говоря.

А как же спать? «Спать будете хорошо, не волнуйтесь», — уверенно сообщила медсестра. Мне помогли приподнять плечи, сестра воткнула под лопатку очередной шприц и еще раз пожелала спокойной ночи.

И едва успев перемолвиться с товарищем по несчастью, подвешенным на соседней койке к такой же дыбе, я провалился в сон.

Проснусь и почувствую боль только утром, когда придут ставить градусники.

## Новое положение

Постепенно привыкаю к своему новому в прямом смысле слова *положению* — ноги выше головы. Средство, помогающее легко засыпать с дырками в ноге и подвешенными гирями, действует замечательно. Весят мои гири восемь или десять килограмм; сказали, что будут еще прибавлять...

А через день или два в нашей палате неожиданно произошла сцена, причиной которой оказался я, хоть ничего такого даже не предполагал.

Дело было после обеда, медицинское, можно сказать, «затишье». Открылась дверь, и в палату ввалилась целая компания. Трое или четверо, все в больничной одежде, кто забинтованный, а кто и в гипсе, на костылях. «Шахтеры, —

громко вопрошает первый вошедший, — это у вас тут, говорят, начальник участка попался?»

«Ну, у нас. Не видишь, что ли, — на вытяжке лежит», — отвел кто-то из ходячих. — Вам-то чего надо?»

«Ну, теперь понял? — Это уже в мою сторону машет кулаком посетитель. — Погоди, встанешь — мы тебе еще покажем, как рабочему классу в шахте приходится!»

Мой сосед плотник Максимыч пробует урезонить их со своей койки. На шум приходит медсестра, и «делегаты» рабочего класса, бранясь, удаляются...

А гости с нашей шахты что-то не очень меня жалуют. Приходил, правда, малозаметный невзрачный товарищ, под землей мне его видеть не приходилось. Проходчики говорили о нем — «политрук» (парторг, наверное). Расспрашивал, «как так получилось». Попытка записывать, без толку, по-моему.

Еще в первые же дни появилась в палате жена начальника шахты, она, оказывается, в этой же больнице работает (не в травматологии). Эта явно недовольным тоном стала нудить: «Как же это вы так неосторожно?»

Очень противно было, я закрыл глаза и замолчал. Она удалилась, а сосед разъяснил мне: «Ты же ИТР. — Это инженерно-технические работники на тогдашнем языке. — И ежели с тобой несчастный случай, стало быть, начальнику и главному инженеру — премии долой».

Очень, значит, простой интерес у супруги начальника шахты. Хотя, по-моему, он лично тут ни при чем, он меня в ночную смену не посылал...

Чего совершенно не ждал — в больнице этой на удивление вкусно и даже разнообразно кормили. В том числе в обязательный «рыбный день», раз в неделю, обед с жирной селедкой.

Никак не сравнить с привычным на шахте *тормозком* — практически одинаковым у всех «обедом», разве что разных размеров. Кус черного хлеба, а то и полбуханки, да домашнее сало в чистой, насколько возможно под землей, тряпочке. Ну, фляжка остывшего чая. Или воды.

А вот другое удовольствие — хороший сон ночью — закончилось уже через несколько дней. Я проснулся утром со странным ощущением — рот не открывается, больно. Оказалось — язык распух, посинел, и неприятность эта подбирается к горлу. После небольшой паники врачи объявили, что это у меня аллергия на обезболивающее средство, которое мне вкалывали перед сном. Называлось оно *пантопон*.

Так впервые узнал про содержащие опиум наркотики. И что таким вот образом я от их употребления как бы застрахован.

Побывал у нас консультант из Москвы, из Областного клинического института, Георгий Степанович Юмашев. Он всех осматривал, советовал что-то нашим врачам. Два дня сам оперировал больных со сложными травмами. И мне «поправил» покалеченную ногу — просто взял ее руками и чуть развернул кости голени, уже начавшие срастаться. Перед этим меня спешно завесили простыней, так что я ничего не увидел и сначала даже не знал, что произошло, потому что от боли потерял сознание.

Потом уже доктор объяснил, что теперь нога, когда заживет, будет лучше.

## На костылях

Пробыл я в этой больнице больше двух месяцев. Последнюю неделю — уже без дыбы и гирь, а в гипсе на всю ногу, под самое бедро. Начал постепенно пробовать выходить в коридор на костылях.

А пока был лежачим, книжки читал, больше из больничной библиотеки. Пушкина, Лескова, даже Александра Грина и неизвестного мне раньше Мельникова-Печерского. Одним словом — что приносили.



Лида поначалу паниковала, не останусь ли я без ноги. Но уже было понятно — обошлось. Мама приезжала из Харькова на два дня, хотела сама убедиться, что «ничего не угрожает». Здешняя медицина обошлась с ней очень даже почтительно. Коллега ведь, можно сказать, работает в журнале «Ортопедия, травматология и протезирование».

А в общем, лечение мое явно двигалось к концу.

Еще в больнице услышали мы по радио, что товарищ Маленков Георгий Максимилианович, который после смерти Сталина и ареста Берии был председателем Правительства СССР, первым, можно сказать, человеком в государстве, почему-то снят с этой должности и назначен министром электростанций.

Так начнется в Советском Союзе эра Никиты Сергеевича Хрущева. С его самыми разными новшествами, Карибским кризисом (советские ракеты на Кубе под носом у США), с кукурузой и рапортами в «Правде» чуть не каждый день о «выполнении и перевыполнении», с подхалимским кино бессмертного Михалкова «Наш Никита Сергеевич». Но — и с долгожданным, поистине массовым строительством жилых домов в городах.

А меня отвезли в Москву, в областной институт, к доктору Юмашеву. Там еще раз сменили гипс, что-то прочистили на заживающих ранах и отпустили на костылях домой. Уже начиналась весна. И через несколько дней я начал понемногу выходить на улицу, а там и «путешествовать» по городу. В кино побывал, посмотрел «Индийскую гробницу». Днем, конечно, потому что надо было, чтобы нашлось свободное крайнее слева место — уложить в сторону прохода ногу в гипсе и костыль.

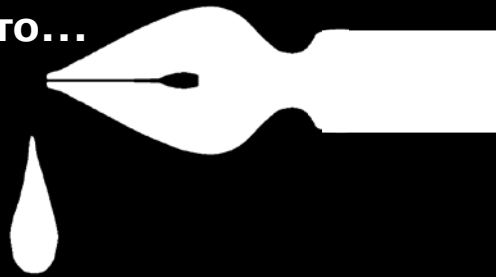
Еще узнал, что много чего мне предстоит улаживать. Во-первых, получить зарплату за время лечения в больнице. Это довольно просто. Но вот кончатся четыре месяца после несчастного случая, а дальше бюллетеней не полагается. Дальше надо оформлять инвалидность, а это долгая кутерьма со стоянием (точнее, все же — сидением) в очередях.

Это тоже еще не все. Дальше надо требовать от шахты доплаты к пенсии по инвалидности до моего среднего заработка на шахте. Для чего уже требуется решение суда...

Оно в конце концов и состоялось, да только (усилиями шахтного начальства) «наполовину». Суд решил, что в несчастном случае виноваты «обе стороны», пополам — и шахта, и я, как начальник участка, на котором несчастный случай произошел.

Ну, ладно. Может, так и полагается. Надо искать работу, но кому и зачем нужен горный инженер на костылях?





Художник: Мухаммед Шенгёз

## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Жизнь голодного студента

Много столетий назад немецкие бродячие музыканты, ваганты, пели от имени отправляющегося во Францию студента: «если насмерть не упыюсь на хмельной пирушке, обязательно вернусь к вам, друзья, подружки». С тех пор тяга к получению знаний, в том числе и на чужбине, не уменьшилась, однако, похоже, современного студента скорее подстерегает гибель от голода, чем от чрезмерной выпивки, то есть к нему более подходят строки другого древнего классика — танского поэта Бо Цзюйи. Он, рассказывая о быте бедного ученого, отмечал, что тот «в неделю лишь трижды встречается с пищей».

Масштаб голодания в северо-американских учебных заведениях оценила аспирантка Флоридского университета пищи и сельского хозяйства Асиль эль-Зайн (агентство «NewsWise», 5 июня 2019 года). Проведенный ею опрос во Флориде, Теннесси, Канзасе, Южной Дакоте и Мэне показал, что 19% студентов недоедает, а каждый четвертый постоянно с ужасом думает, где взять деньги на завтрашнюю еду. Это не удивительно — многим студентам приходится при распределении скудных финансовых средств в качестве приоритетов выбирать оплату обучения и аренды жилья, а что останется — на еду. При этом стипендий на всех не хватает, да и их размер постоянно уменьшается из-за сокращения финансирования учебных заведений. Плата же за обучение растет.

Каков выход для голодного студента? Эль-Зайн считает, что в крайнем случае надо преодолевать смущение и просить еду в университетской столовой. Сделать это трудно, поскольку такой поступок может привести к утрате уважения со стороны студенческого сообщества — недаром 60% студентов предпочитают голодать. Однако с этим предрассудком следует бороться. Например, студентка Флоридского университета Анжела Родригес родом из Колумбии, потратив к осени все деньги, заработанные в каникулы, долго стеснялась обратиться за помощью. Но когда товарищи ее привели, познакомили с работниками склада и те выдали фасоль, рис, кукурузу, чтобы продержаться до стипендии, Анжела осознала всю простоту метода. Затем она сама помогала друзьям преодолевать стеснительность и успешно стала дипломированным психологом.

Впрочем, ресурсы университетов не безграничны и их столовые не могут накормить всех голодных студентов, поэтому, как следует из работы эль-Зайн, системную помощь учащимся в их борьбе с рыночной стихией должно все-таки оказывать государство.

С.Анофелес

...исследователи, планирующие реставрацию собора Парижской Богоматери после пожара, надеются на новые открытия, например, изотопный анализ деревянного каркаса собора может дать представление о средневековом климате («Science», 2019, doi: 10.1126/science.aay1593)...

...необходимы новые оценки значимости научных журналов, более широкие и прозрачные, чем импакт-фактор («Nature», 2019, 569, 621–623, doi: 10.1038/d41586-019-01643-3)...

...деградацию полиэтиленового и полистиролового мусора в море ускоряет специализированное сообщество бактерий («Journal of Hazardous Materials», 2019, 375, 33–42, doi: 10.1016/j.jhazmat.2019.04.078)...

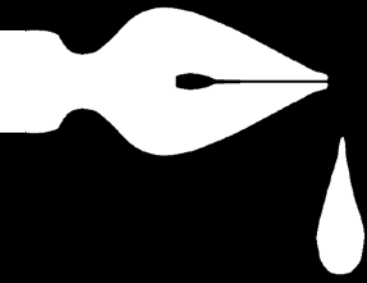
...отечественный аппарат ДОТ (диаграф объемный тепловой) регистрирует и анализирует пространственное распределение температуры кожи в области опухоли при раке молочной железы, что необходимо для ранней диагностики и выбора стратегии лечения на доклиническом этапе («Биофизика», 2019, 64, 3, 608–613)...

...исследования эпигенетических преобразований на плюрипотентных клетках планарий помогут в будущем разрешить самые интригующие загадки современной биологии — парадоксальность избыточности генома и непостижимость молекулярных основ обучения и памяти («Успехи физиологических наук», 2019, 50, 2, 63–81)...

...белок альфа-синуклеин, агрегация которого рассматривается как ключевое звено нейродегенерации при болезни Паркинсона, может распространяться между клетками по типу прионной трансмиссии; данных о том, что прионоподобная патология при этом недуге может передаваться от человека к человеку, нет («Молекулярная биология», 2019, 53, 3, 380–387)...

...в разных тканях плода человека работают различные мутационные механизмы («Science Advances», 2019, 5, 5, eaaw1271, doi: 10.1126/sciadv.aaw1271)...

...ветераны профессионального американского футбола в 2,4 раза чаще профессиональных бейсболистов умирают от сердечных заболеваний, в три раза чаще — от заболеваний мозга, и средняя продолжительность жизни у них на семь лет меньше («JAMA Network Open», 2019, 2, 5, e194223; doi: 10.1001/jamanetworkopen.2019.4223)...



...самки бонобо помогают спариваться своим сыновьям, а неродственным молодым самцам мешают; материнская поддержка втрое увеличивает появление потомства у самца («Current Biology», 2019, 29, 10, R354–R355, doi: 10.1016/j.cub.2019.03.040)...

...западные зеленые мартышки *Chlorocebus sabaeus* при виде дронов издают точно такие крики, какими восточные мартышки *Chlorocebus pygerythrus* предупреждают о появлении орла; таких криков у западных мартышек до встречи с дронами не наблюдали, хотя орлов они видели («Nature Ecology & Evolution», 2019, doi: 10.1038/s41559-019-0903-5)...

...смертность африканских слонов от браконьерства снизилась с 10% в 2011 году до менее 4% в 2017-м, вероятно, из-за запрета на торговлю слоновой костью в Китае («Nature Communications», 2019, 10, 2242, doi: 10.1038/s41467-019-09993-2)...

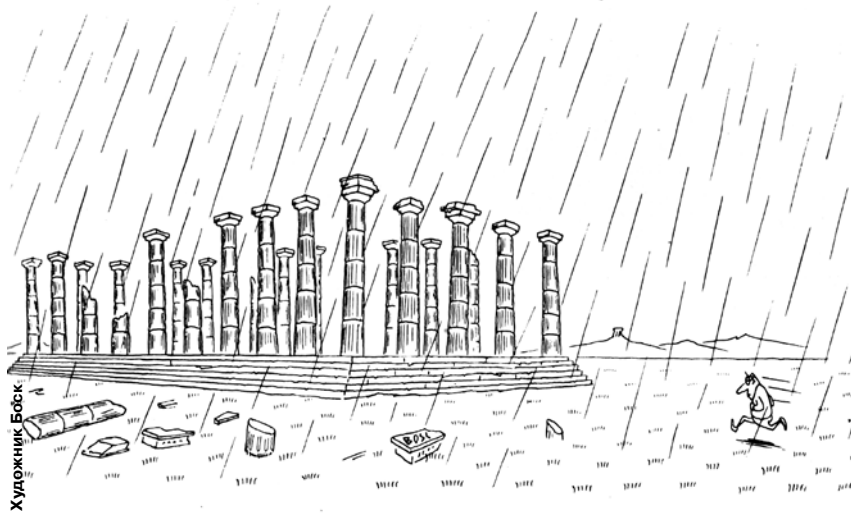
...электромагнитное излучение WiFi-роутера существенно снижает пищевую возбудимость и кратковременную память медоносной пчелы при непрерывном 24-часовом воздействии; долговременная память, напротив, незначительно возрастает («Энтомологическое обозрение», 2019, 98, 1, 35–43)...

...жук-вредитель фасолевая зерновка (*Acanthoscelides obtectus*) генерирует коммуникационные сигналы тремя способами: вибрирует брюшком или крыльями, а также ударяет брюшком и головой о субстрат («Зоологический журнал», 2019, 98, 4, с.387–392)...

...позвоночные из плейстоценовых отложений открытой в 2018 году карстовой пещеры Таврида в центральном Крыму демонстрируют сходство с поздневиллафранкскими фаунами Восточного Средиземноморья; их возраст — 1,8–1,5 млн лет («Доклады Академии наук», 2019, 485, 3, 381–385)...

...обнаружены достоверные изменения динамики дрожи в пальцах в интервале 300–750 мс при предъявлении зрительных стимулов, связанных с информацией, которую человек скрывает («Физиология человека», 2019, 45, 2, 51–57)...

...согласно математической модели научного открытия, созданной в университете штата Айдахо, воспроизводимые результаты не всегда верны, а верные результаты не всегда воспроизводимы (PLoS ONE, 2019, 14, 5, e0216125, doi: 10.1371/journal.pone.0216125)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## О буйстве стихий

Из-за повышения температуры на планете, естественно, больше испаряется воды с поверхности суши и Мирового океана. Соответственно, растет содержание водяного пара в атмосфере. Поздно или рано этот пар сконденсируется и превратится в дождь. Он может моросить неделями из беспросветно затянувшихся небосклон туч, а может и пролиться мощным ливнем. При этом количество выливающейся влаги оказывается одинаковым, поэтому для климатической теории особенной разницы быть не должно. А вот для практики различие существенное — катастрофический ливень в отличие от моросящего дождя ведет к стихийному бедствию, потому что система стоков не справляется с огромными потоками воды. В результате не только рушатся дороги, здания, но и приходят в упадок системы водоснабжения. Итог — каждое десятилетие ливни уносят примерно сто пятьдесят тысяч жизней.

Что же нас ожидает в будущем? Ответить на это вопрос позволяет статистическое исследование. Именно его и провели климатологи во главе с Симоном Папалекси из Саскачеванского университета (агентство «NewsWise», 3 июня 2019 года). Они проанализировали данные о почти девяти тысячах дождей, собранные с 1964 по 2013 год. Вывод оказался таким: чем сильнее развивается глобальное потепление, тем чаще случаются именно катастрофические ливни. Например, в Северной Америке их число за десятилетие 2004–2013 было на 7% больше, чем ожидалось на основании многолетних наблюдений, а в Евразии — на 8,6%. Данные для Южной Америки и Африки из расчета, к сожалению, пришлось исключить, поскольку они были недостаточно полны. А вот на большей части Западной Европы, севере Австралии, Среднем Западе и северо-востоке США, а также на западе России и части территории КНР ливней стало явно больше. «Весьма непохоже, что такое превышение связано с естественной изменчивостью климата, сравнение с моделью показывает — вероятность случайного роста числа ливней не превышает 0,3%», — отмечает Симон Папалекси.

То есть, этот рост — закономерное явление, скорее всего связанное с глобальным потеплением. Поскольку оно не собирается останавливаться, к найденной Папалекси закономерности следует отнестись со всей серьезностью. Так, соавтор работы Альберто Монтанари, профессор Болонского университета и президент Европейского союза наук о Земле, прямо говорит: человечество должно предпринять необходимые меры и быть готовым к тому, что число наводнений, вызванных катастрофическими ливнями, будет расти.

А. Мотыляев



# Отпуск

Владимир Ржин

— Всё! С завтрашнего дня ты числишься в отпуске! — отрезал начальник.

— А как же проект... — попытался я оттянуть неизбежное.

— Знаешь, ты на меня не обижайся. Я ни при чем. Тут к нам нагрязнула трудовая комиссия сверху, и они обнаружили, что ты уже восемь лет в отпуске не был. Так что я тут волей-неволей вынужден сплавить тебя на отдых. Ты уж на меня не обижайся, — и он выключил видеозвонок.

Вот черт! Знал бы заранее, хотя б зарядкой начал заниматься. Я постарался припомнить, когда в последний раз выходил из квартиры, но так и не сообразил. Наверно, именно в прошлый отпуск.

И зачем мне было выходить? Любая доставка — звякнешь — прямым к твоему порогу. Ну тебе и нечего где-то там шляться, испытывать атмосферные явления на собственной шкуре.

Утром по привычке я залез на сайт нашей компании, но он был для меня заблокирован. Отпуск — гуляй! Проглотив завтрак, я выглянул в окно. Солнечный июньский день с зелеными деревьями смотрелся очень неплохо. И я все-таки решил выйти на свою первую за много лет прогулку.

Куда-то идти конкретно, конечно, я не планировал. Ногам придется еще адаптироваться к пешеходным нагрузкам. Мои передвижения по квартире — маршрут «рабочий стол — туалет — кухня — ванная — спальня», ноги вряд ли сразу же потянут длительный уличный поход. Ну и ладно: что будет, то будет.

Предварительно, само собой, я просмотрел нашу местность через видеокamеры онлайн. Летнее солнце все доходчиво освещало. Ни одного человека я нигде не заметил. Наверное, мало у кого выдались непредвиденные выходные.

Ключи от квартиры я кое-как раскопал в своем сейфе. Они там далеко запрятались за прошлые годы. На закрытие дверей у меня ушло пять минут. Это ж не доставка чего курьером: шелкнул-открыл-забрал-закрыл. Медленно, не спеша, спустился по лестнице к выходу из дома.

На улице, чему я сразу удивился, дул какой-то ветер. Я уже и забыл, как он ощущается на коже лица. Немного постояв и собравшись с духом, я двинул вперед.

И тут же неподалеку заметил нашего дворника, как я сразу догадался. Он тоже увидел меня, широко улыбнулся, приветственно махнул рукой и зашел в соседний подъезд. Это у меня отпуск, у него — рабочий день.

Еще одного мужчину я близко увидел в окне первого этажа соседнего дома. Он удивленно пялился на меня и довольно улыбался. Подозреваю, что он далеко не каждый день замечает на тротуаре человека.

Где-то ближе к середине улицы на меня чуть не наскокил подросток. Он куда-то бодро мчался, но как заметил меня — резко тормознул. Похоже, и он пешеходов встречал достаточно редко. Оскалился, наверное, от радости, но здороваться не стал — резво побежал по своим каким-то делам.

Николаю КОНДРАТЬЕВУ, аул Нижний Архыз: *Большинство пищевых нержавеющей сталей немагнитны, так как они состоят из аустенита, например, самая распространенная Х18Н10, однако некоторые ферритные нержавеющей стали, применяемые для специфических целей, магнитны.*

С.К. КОРОТКИХ, Санкт-Петербург: *Столовые приборы фразе (от названия фирмы) — не серебряные, а посеребренные методом плакировки.*

А.Н. ЕРШОВОЙ, Москва: *Среди компонентов запаха томатной ботвы различные источники называют бета-фелландрен, лимонен, карифиллен, хумулен, (Z)-3-гексеналь, гексеналь, (E)-2-гексеналь, эвгенол, 1,8-цинеол, линалоол и другие; кстати, есть парфюмерные продукты с этим запахом.*

М.М. ИГНАТОВУ, Уфа: *На шесть сложных вопросов по реставрации изделий из камня мы можем дать только один ответ: М.К. Никитин, Е.П. Мельникова. Химия в реставрации. Справочное пособие. Л., 1990 (доступно в Интернете).*

С.И. ЛИПЕРОВСКОЙ, Казань: *Действительно, куриные яйца богаты мелатонином, а также его предшественником — триптофаном, и диетологи не отрицают, что их потребление во второй половине дня способствует нормализации сна.*

А.П., пос. Голицыно Московской области: *Чтобы сделать в домашних условиях оттеночный шампунь, убирающий желтизну с осветленных волос, некоторые предлагают добавить в обычный шампунь синий или фиолетовый пищевой краситель; за результат не ручаемся, но это самый безопасный вариант.*

Р.Г. МОРОЗОВУ, Томск: *Загорать могут не только люди: у собак, например, кожа имеет сходное строение и вполне способна вырабатывать пигмент для защиты от солнечной радиации; бесшерстные породы, такие как мексиканская голая, летом темнеют.*

ПИСАТЕЛЯМ-ФАНТАСТАМ: *Конкурс состоится осенью, как обычно; в номинации для больших рассказов (до 30 тысяч знаков) в этом году участвуют только те, кто ранее публиковался в журнале, в номинации для нанофантастики — все желающие.*



Художник Е. Станикова

НАНОФАНТАСТИКА

Одолев улицу до конца — целых пятьсот метров, — я повернул назад. Для начала более чем достаточно. На всем обратном пути мне попался еще один дворник. Он как раз обходил свою территорию. Услышав мои шаги, тормознул, глянул в мою сторону и широко улыбнулся.

В целом своей первой прогулкой я остался очень доволен. До чего же, оказывается, у нас веселый и доброже-

лательный народ. Все, кто попадался мне на глаза, были в хорошем и радостном настроении.

Завтра — пойду на соседнюю улицу. Только вот шапку-ушанку больше надевать не буду. В ней мне как-то не очень того...

**Руду –  
в печь!**

**М  
е  
т  
а  
л  
л  
а  
м  
–  
т  
е  
ч  
ь!**

**Железо,  
алюминий,  
никель,  
хром,**

**Цинк  
и медь –**

**всё  
берём!**



ISSN 1727-5903



9 771727 590006 >