

Путешествие

Г. ГРИГОРЬЕВ

Л. МАХАСЁВ

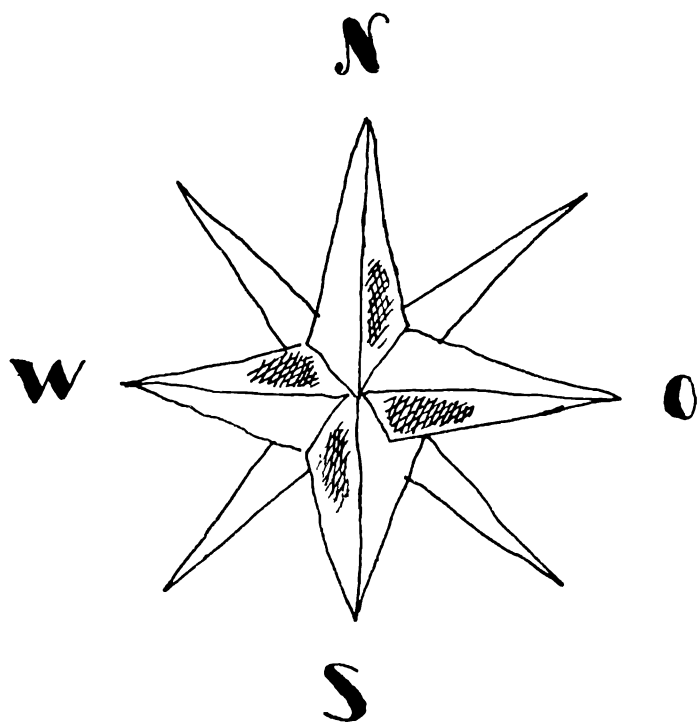
в

страну



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
„ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА“





ПУТЕШЕСТВИЕ  
в  
СТРАНУ МОБ

Г. ГРИГОРЬЕВ

Л. МАРХАСЕВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО „ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА“ ЛЕНИНГРАД 1987

## РИСУНКИ Г. КОВЕНЧУКА

МОБ — удивительная страна. Те, кто проникнут в ее тайны, приобретут власть над наследственностью, над развитием и ростом живых организмов, а значит — получают возможность управлять природой.

Именно здесь — в молекулярной биологии — проходит сегодня передний край науки о жизни. Уже первые победы обещают подлинную революцию в медицине, сельском хозяйстве, во многих других отраслях народного хозяйства.

Путешествуя по стране МОБ, вы узнаете о ее творцах и открывателях, о долгой и трудной дороге, по которой шли ученые, разгадывая генетический код, вторгаясь в живую клетку, штурмуя молекулы белков и нуклеиновых кислот. Вам приоткроются сегодняшние и пока еще далекие горизонты этой замечательной науки.

**Н**а земле, по-моему, наступила эра «сидячих» исследователей, которые уже докапываются до более глубоких горизонтов. Если раньше достаточно было открыть остров — и ты уже считался путешественником, то сегодня этот остров нужно «рассмотреть в микроскоп».

Конечно, я хотел бы быть соратником Кука. Но и место у микроскопа мне кажется не менее почетным.

*Бенгт Даниельссон  
(шведский ученый и писатель,  
участник путешествия на «Кон-Тики»).*

---

Мы будем «рассматривать в микроскоп» не остров, а огромную, таинственную, мало изученную еще страну.

Нас, авторов этой книги, двое. Один — ученый, другой — журналист. Один любит спрашивать (такова его профессия), другой — отвечать (таково его призвание). Вот почему вы прочтете в этой книге не только наши рассказы о том, что мы видели сами и что нашли в трудах, понятных одним лишь специалистам, или в последних номерах научных журналов. Вы услышите и наши разговоры. Ведь в любом путешествии такие разговоры — лучший способ сделать непонятное понятным, а иногда просто отдохнуть, услышав короткую занимательную историю или даже анекдот...

В путешествии, которое мы сейчас предпримем, будут «два капитана»: мы, авторы, позвав вас за собой в страну МОБ, должны точно проложить курс к ее берегам. Но «капитанов» может быть и гораздо больше, потому что в их число может попасть каждый из вас.

Но об этом — в самом конце путешествия.



# История одной марки







## *Автор спрашивает автора*

- *А карта у нас есть?*
- *Нет, окончательной карты страны МОБ пока нет.*
- *И все же вы верите в нашу удачу?*
- *Да, хотя это трудно. Она за семью морями, эта страна МОБ, за семью морями и семью замками. Но уж больно соблазнительны сокровища, которые она сулит. Велика и обильна жатва, которую она обещает.*
- *И вы уверены, что мы доберемся до цели?*
- *Мы будем пробиваться к ней. Контуры страны МОБ уже обозначились, первые маршруты нанесены, первые «белые пятна» стерты. Поэтому в путь. Корабль ждет нас...*
- *Стоп! Не пора ли нам сказать читателю всю суровую правду?*

Увы, дорогой читатель нашей книги, сколько бы ни крутил ты глобус, сколько бы ни рассматривал географические карты — страны МОБ не найдешь. Промелькнет перед твоими глазами Земля Королевы Мод в Антарктиде, голубыми лоскутьями прокрутятся на глобусе океаны, где плавал белый кит — Моби Дик, но страна МОБ, цель нашего путешествия, останется, как говорили древние, «терра инкогнита» — неизвестной землей. Тем не менее страна эта есть — и на всех материках, кроме разве все той же Антарктиды, можно найти ее жителей и первопроходцев. Словом, МОБ — просто сокращение. Первые буквы слов «молекулярная биология». Этими словами названа одна из самых

необычных и увлекательных наук нашего века. Перешагнув границы этой страны, вы переходите Великий порог — за ним начинается подлинная власть человека над всем живым и даже над самим собой.

Давайте представим себе счастливый мир людей, избавленных от самых страшных своих болезней. Эти люди могут управлять своей жизнью и смертью, ростом, физическим сложением, памятью, умственными способностями... В лабораториях они могут создавать невиданные ранее растения и животных, до которых природа не додумалась за миллионы лет. Они смогут в лаборатории создавать даже роботов, которые в каких-то отношениях превзойдут человека, если человеку это понадобится.

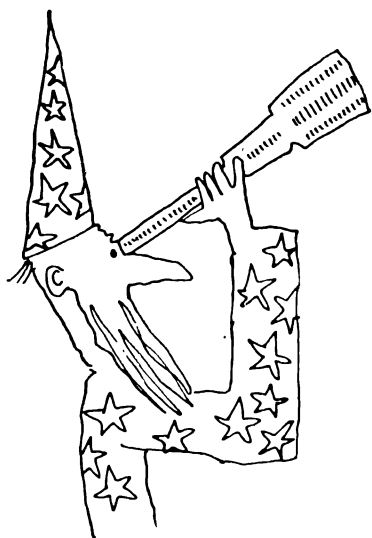
Фантазия, скажете вы. Да, фантазия. Пока фантазия, и, наверно, ограниченная, потому что мало кто может представить себе сейчас все последствия вмешательства молекулярной биологии в нашу жизнь.

В 1895 году французский ученый Беккерель обнаружил, что завернутые в черную бумагу фотографические пластинки оказались засвеченными, потому что лежали рядом с урановой рудой, — радиоактивные лучи прошли через бумагу... Думали ли современники Беккереля, что это открытие через полвека обернется взрывом атомной бомбы?

Наверно, не думали. И не только современники Беккереля. Даже наши отцы каких-нибудь двадцать пять лет назад не думали, да скорее всего и не знали, что физики всех великих держав мира день и ночь штурмовали атомное ядро.

Наука заявляет о себе во весь голос тогда, когда она врывается в практику человеческих дел. Раздался атомный взрыв — и атомное ядро стало символом нашего века.

Сейчас ученые мира день и ночь штурмуют клеточное



ядро. Скоро уже эти работы шагнут из лабораторий в нашу жизнь — и тогда «взорвется бомба» молекулярной биологии и клеточное ядро станет символом нашего века. Да пожалуй, оно им уже стало, только не все это замечают.

Наука, о которой мы хотим рассказать, развивается так стремительно, что у ученых часто нет времени писать научные книги, не говоря уже о популярных. Да и книги эти стареют прежде, чем увидят свет.

Когда-то давно люди верили астрологам. Астрологи в остроконечных колпаках смотрели на звезды и предсказывали судьбу. «Вы родились под знаком Большой Медведицы — и жизнь ваша будет полна превратностей», — говорили они.

Хотите, мы будем вашими астрологами — точными и безошибочными?

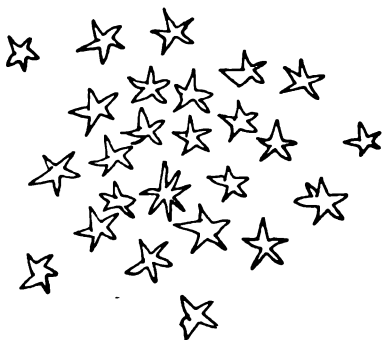
Вы родились под знаком клеточного ядра. Пройдет несколько лет — и последствия этого вы будете ощущать каждый день. Будьте готовы к этому!

Так отправимся же в новую для вас страну — в страну МОБ. В ней нет прерий и пампасов, всадников без головы и пятнадцатилетних капитанов... Но поверьте пока на слово: в ней нас тоже поведет вперед дух великих открытий и приключений.

Сюда спешат уже объединенные флотилии биологии, физики, химии, математики, техники. Они объединились, потому что ничто на свете не устроено так сложно, как живая клетка. Человек должен был достигнуть высот в самых разных областях науки и техники, чтобы заглянуть в ее глубины. От изучения целостного живого организма — к живой клетке — и дальше — к «биологическим» молекулам — вот «пирамида» науки о живом.

Наша книга — рассказы о молекулярной биологии. Мы выбирали в этой науке только то, что нам казалось самым интересным.

Поэтому мы не обещаем показать вам всю страну МОБ.



Наше путешествие короткое — даже не все главные достопримечательности страны успеете вы посмотреть. И курс наш будет не ровно проложен по карте штурманской линейкой, а замысловат и извилист. Впрочем, и научные открытия не всегда лежат на прямом пути.

Корабль уже ждет нас. Это странный корабль: в его паруса, сотканые из биологических тканей, будут дуть ветры прошлого, нынешнего и будущего веков; его орудия поблескивают окулярами световых и мерцают экранами электронных микроскопов; вместо котлов и машин в недрах его уже гудят ультрацентрифуги; его бомбардиры будут стрелять из радиоактивных пушек по бактериям и вирусам; на его мачтах развеваются флаги, и на них трепещут две расходящиеся спирали.

Итак, в путь!

В первый раз мы бросим якорь у ворот Брюннского монастыря, отправившись в прошлое, к истокам науки о наследственности, туда, откуда началась сама страна МОБ...

# КТО ВЫ, ГРЕГОР МЕНДЕЛЬ?

Январским днем 1884 года на желтых стенах старого Брюнна появилась черная афиша. Королевский монастырь имени святого Фомы сообщал о смерти своего прелата. Колющий снег заносил угрюмые готические буквы: «Грегор Иоганн Мендель, прелат, командор ордена его императорско-королевского величества Франца-Иосифа, эмеритальный директор Моравского ипотечного банка...» Снег залепил остальные титулы и не пощадил даже торжественных, благостных слов: «Да почиет с миром». Снег слепил глаза, когда монахи медленно и скорбно вышли вслед за гробом Грегора Иоганна Менделя.

Когда-то он сам не раз проходил здесь — невысокий, широкоплечий, с большой головой и высоким лбом.

Глаза его смотрели благожелательно и пристально из-под очков в золотой оправе.

Он шел не торопясь, в черном сюртуке, в высоких жестких сапогах. Священник, похожий на крестьянина, и крестьянин, ставший прелатом, которого принимал сам папа.

Теперь здесь двигалась молчаливая траурная процессия. Окна монастыря были черны, и черна была ограда, и чернел камень под ногами. В монастырском саду, под самыми окнами трапезной, обнажились вдруг из-под снега черные грядки, над которыми патер Грегор проводил дни и годы до того, как он стал прелатом. А сейчас сухие стебли трав и цветов зло сек ветер.

... Каждое утро он обходил эти грядки. Рослые стебли гороха упрямо ложились на землю. Мендель подставлял колья, бережно подтягивал к ним растения. Из материнских цветков он удалял тычинки, чтобы затем опылить их пылью отцовских цветов. Пальцы его работали, как пальцы скрипача, перебегая по стеблю растений, как по грифу скрипки. Новое поколение будет только через год. Надо ждать, ждать терпеливо...

Солнце поблескивало на оправе его очков. Сотни насекомых жужжали в воздухе и траве. Сейчас они раздражали Менделя: пыльца, переносимая ими, могла испортить все дело.

Он нагибался, вытаскивал из грядок горшки с растениями, стряхивал с них черную землю и медленно, стараясь не задеть растения, относил их в вегетационный домик. Потом можно будет сравнить их с теми, которые остались на грядке, и посмотреть, нарушен ли насекомыми ход опыта.

Восемь лет подряд изо дня в день ставил он опыты с горохом, долго выбирал подопытные растения, учился отмечать малейшие различия в длине и окраске стебля, в форме листьев, в величине бобов, семян, цветочных побегов. Пыльцу от одних растений Мендель бережно переносил к другим. От гороха с гладкими семенами к гороху с морщинистыми семенами, от растений с желтыми горошинками — к растениям с зелеными. Переносил и ждал — а каково будет потомство? Как соединит оно родительские признаки?

Почему вдруг решил он задать природе именно этот вопрос, он и сам бы не объяснил. Середина XIX века, так много неизвестного вокруг.

... Оплывала свеча, ночные бабочки бились о стекло

окна, а Мендель выводил буквы и цифры, аккуратно стряхивая чернила:

«Опыт 1. Форма семян. От 253 гибридов было получено во второй год опытов 7324 семени. Из них круглых или кругловидных было 5474, а морщинистых угловатых — 1850 семян. Отсюда получается отношение 2,96: 1... Опыт 2. 258 растений дали 8023 семени: 6022 желтых и 2001 — зеленое. Отсюда первые стоят в отношении к последним, как 3,01: 1...»

Опыт десятый... двадцатый... сто сорок первый... Росла груда карточек, в глазах рябило от десятков тысяч сочитанных семян.

У него появилась смешная привычка — подсчитывать все, что попадалось на глаза. Он считал деревья в монастырском саду, монахов во дворе, разнаряженных горожанок, спешащих в собор, и даже булыжники на улице. Этот счет мешал думать, но мысль пробивалась, как росток гороха из-под земли, обходя камни.

Восемь лет опытов, восемь лет терпеливых ожиданий. Можно было попытаться отдать дело рук своих на суд ученых коллег.

Как хорошо, что ровно три года назад создано было в Брюнне Научное общество естествоиспытателей. Да, большинство составляли в нем любители, но, видит бог, все это такие сведущие люди. Завадский — преподаватель Брюннского реального училища, между прочим, раньше он был профессором Львовского университета, оставлен за либеральные мысли. Маковский, тоже преподаватель, знаток геологии, минералогии, метеорологии. С Оборным Мендель учился в реальном, а с Наве славно проходили университетские дни в Вене... Но поймут ли они?

Внимательно перечитывал Мендель свой краткий конспект доклада. Еще раз думал о выводах. Что же он сделал за восемь лет?

Прежде всего — обнаружил преобладание одного из родительских признаков в первом поколении. Желтые семена у одного из родителей, зеленые у другого. Горошинки-дети в первом поколении — только желтые. Словно и не было у них зеленого предка. Это в тысячах опытов.

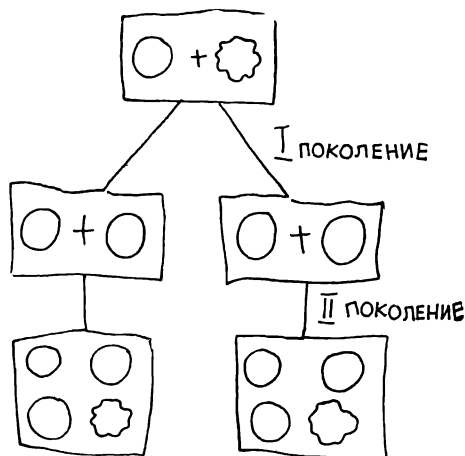
Один из признаков господствовал, преобладал над другим. «Доминантис» — это по-латыни «главный, господствующий». «Рецесус» — «отступающий». Исчезнувший на



время, отступивший зеленый — рецессивный признак. Торжествующий свою победу желтый цвет — доминантный.

Пройдут годы, и правило преобладания одного из признаков, доминантного, над другим, рецессивным, ученые назовут первым законом Менделя.

Отступление — еще не поражение. Зеленый цвет затаен — и еще через год, у горошинок-внучек, он проявился вновь: из каждых четырех семян три желтых, как долго лежавшая слоновая кость, и одно зеленое. В среднем, если про-



считать тысячи семян, тогда ясно: во втором поколении единообразные год назад гибриды расщепились в соотношении 3 : 1 — на три растения с желтыми горошинами и одно с зелеными. . .

Пройдут годы, и этот вывод назовут вторым правилом, или законом, Менделя.

Мендель перевернул листки конспекта.

... Слишком много формул и цифр. Математика начинает доминировать над ботаникой. Фразы тяжеловаты, особенно для тех, кто просто описывает цветы или новые гибриды, как делает это Таймер, который завтра будет слушать его. Вот эта фраза, она, ей-богу, тяжела и малопонятна. . .

«Если обозначать через А один из пары константных

признаков, например доминирующий, через  $a$  рецессивный и  $Aa$  — гибридную форму, в которой оба признака соединяются, то получается выражение  $A + 2Aa + a...$ , обозначающее ряд развития потомков гибридов для каждой пары различающихся признаков. . .»

Материнское растение имело желтые и гладкие семена, семена отцовского растения были зеленые и морщинистые. В первом поколении материнские признаки доминировали: гладкие и желтые семена выскакивали из стручков, как оловянные солдатики из коробки. . . Но в последующих поколениях признаки начинали чередоваться, словно затеяв с Менделем веселую игру: семена встречались и желтые, и зеленые, каждое из них, независимо от цвета, могло быть гладким или морщинистым. Разобраться в этой игре удавалось, только призвав на помощь арифметику: тогда опять оказывалось, что желтых было в три раза больше, чем зеленых, а гладких в три раза больше, чем морщинистых.

Пройдут годы, и закономерности комбинирования в потомстве признаков, заимствованных у родителей, назовут третьим правилом Менделя.

. . . Мендель дошел до раздела «Заключительные замечания» и вновь задумался. Сделал ли он что-нибудь полезное для науки? Во всяком случае, садоводы не будут в обиде. Его дед и отец были садовниками в небольшой деревушке Хейнцендорф в Австро-Венгрии. Каждый садовод всегда немного селекционер. Селекция — наука слепая. Впрочем, была слепая. Сейчас он, Мендель, дал ей глаза: по его данным отныне можно предсказывать, каково будет потомство от скрещивания двух различных родителей, можно сознательно комбинировать различные признаки.

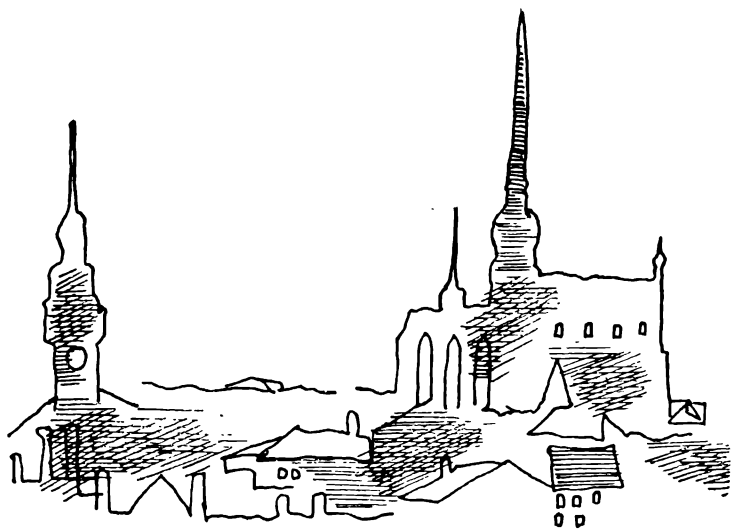
Если признаки цвета и формы независимо комбинируются в поколениях, значит, существуют какие-то элементы клеток растений, которые устойчиво передаются при опылении. Солнечные лучи — от солнца, благодатные ливни — от туч. А от чего зависит желтый или зеленый цвет? Что передается из поколения в поколение? Почему исчезающий в первом поколении зеленый цвет снова появляется во втором? В какой шкатулке был он спрятан до поры до времени?

Менделю пришло в голову сравнение с четками — маленькими костяными квадратиками на нитке. Пальцы мо-

нахов перебирали квадратики — каждый квадратик напоминал об одной из молитв. Пальцы задерживались на четках, губы беззвучно шептали молитвы. Может быть, и в живых клетках есть нечто вроде набора квадратиков на нитках. Зеленый цвет — один квадратик, желтый — другой, гладкая кожа — третий и т. д. Квадратики передаются из поколения в поколение, их сочетание на нитке может изменяться... Квадратики — какое-то наследственное вещество?

«Остановись, — сказал себе Мендель. — И без того доклад может показаться слишком смелым». Он наклонился к бумаге и аккуратнейшим, четким почерком написал: «Сделанная здесь попытка свести существенное различие в развитии гибридов на постоянное или преходящее соединение различающихся клеточных элементов имеет, само собой разумеется, значение только гипотезы, в которой многое еще остается открытым из-за недостатка достоверных данных...»

Теперь, кажется, все сказано достаточно осторожно. Он проглядел несколько последних страниц. В конце самой последней фразы не хватало точки. Он поставил и ее.



...Минул день заседания Брюннского общества естествоиспытателей. Никто не потрясен. Обычные комплименты. Ни одного вопроса. Они ничего не поняли!

Мендель удивлен и разочарован. Неужели он работал напрасно, или в самом деле мысль о наследственных затчатках нелепа и даже безбожна?

Садовым грядкам он снова отдает почти все свое время.

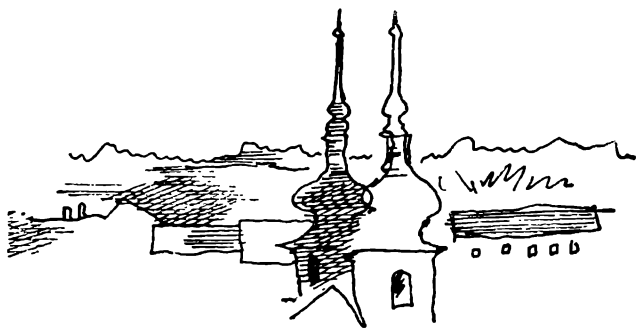
И оставляет их, только когда его делают прелатом, настоятелем монастыря. Он уже слишком стар и устал, и монастырские заботы занимают так много времени.

«Слава богу, — скажут братья-августинцы. — Наконец-то он расстанется с этой забавой, наконец-то отдаст себя целиком служению божественному промыслу».

Если б они знали... Если б они читали его письма! Тогда бы в письме к ботанику Негели прочли: «Я чувствую себя воистину несчастным из-за того, что мне пришлось совершенно отложить в сторону мои опыты с растениями и пчелами». Монах, которому оказана высшая честь, жалуется, что он несчастен! Служитель божий, к которому пришла мирская слава и уважение почтенных брюннских сограждан, терзается горем оттого, что забросил свой несчастный горох.

«Бюллетень» с его статьей «Опыты над растительными гибридами» давно похоронен где-то в монастырской библиотеке. Ночи проходят без сна, и Мендель шепчет: «Мое время еще придет». Он произносит эти слова холодно, без земного тщеславия и страсти, он верит, что о нем вспомнят, о нем и о его горохе.

А утром настоятель Грегор Мендель снова, как всегда,



внимателен, немногословен и только склоняет голову, слыша призывы братьев-августинцев снова отправиться в ландтаг и отстаивать нерушимые права монастыря.

По дороге он заходит на свою маленькую метеорологическую станцию, где ведет наблюдения за погодой. Сегодня такой солнечный день. . .

Вечером, когда он садится у лампы и начинает перебирать свой архив, к нему как будто возвращается прежнее волнение. Или предчувствие великого, ему самому неведомого открытия. Вот они, десятки тысяч карточек. Десять тысяч опытов. На каждый опыт — свои карточки. Восемь лет труда, так ничем и не увенчавшегося. Здесь все записано: какие цветы были у растения, какой пылью он производил опыление, какие получил цветы, какие бобы. Все учтено! Какой порядок! Какая божественная гармония! Только господом богом этой гармонии был он сам, сын крестьянина из Хейнцендорфа. А если его архив попадет в руки монахов? Быть может, лучше кому-нибудь передать эти бумаги? Но кому?

Он снова упрямо повторяет: «Мое время придет». А его время уходит. Его времени уже нет.

«... Да почиет с миром». Заупокойная служба на этот раз не будет долгой. Слишком холодный ветер и слишком злой снег. Покойный был благонравен, жил просто и безмятежно. После него почти ничего не осталось. Впрочем, нет, остались какие-то рукописи. Какие-то буквы, цифры, вычисления. Бумаги уже пожелтели. Пусть полежат.

И они будут лежать в забвении и пыли еще очень долго, дожидаясь своего часа.

«Мое время придет. . .»

Пройдут годы, и маленькая книжка Грегора Менделя станет краеугольным камнем генетики — учения о наследственности. Его назовут классиком науки, гением. Ему присвоят титул «отца генетики». Потом будут вновь забывать, и ниспровергать, и проклинять. И снова обратятся к нему, как к Колумбу, первым бросившему якорь в темных водах бухты страны МОБ. Это будет потом.

А пока неторопливо движется девятнадцатый век. Он не задает вопроса: «Кто вы, Грегор Мендель?» — его это не занимает.

Чудаковатый монах, садовник-любитель. . .

Как ошибочно ты ценишь порой своих героев, время!

## ПУТЕШЕСТВИЕ

### К ЦЕНТРУ

### КЛЕТКИ

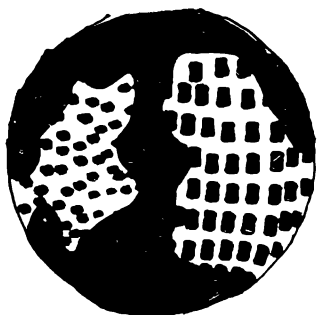
БЕГ СКВОЗЬ ДЖУНГЛИ ИМЕН,  
ДАТ И СОБЫТИЙ

Больше ста лет отделяют нас от тех дней, когда Грегор Иоганн Мендель впервые размеренным, негромким голосом прочел своим уважаемым ученым собратьям «Опыты над растительными гибридами»...

В сто лет уложилась история страны МОБ.

История неразлучна с хронологией. Наверно, любителей зазубривать даты и имена мало. Хронология суха, бесплодна и бескровна. Она лишь упоминает, когда начинались войны, разгорались восстания и были основаны парламенты. И за частоколом чисел, титулов и названий городов теряется грохот сражений, накал борьбы, ожесточение страстей и споров, речей и поединков...

Да, хронология лишена



красок, но что поделаешь, без нее не обойтись. Она как бы расставляет путевые столбы на дорогах времени. И в истории науки тоже. Она нужна не только тем, кто оглядывается. Знание прошлого помогает идущим в будущее.

Наберитесь терпения (его требуется не так уж много): эта глава — самая краткая хронология исторического движения от живой клетки к молекуле. Записи этого

календаря коротки, а многие имена и даты просто пропущены. Словом, это календарь-минимум, без которого нам будет трудно идти в глубь клетки.

А кто первым произнес слово «клетка»? Англичанин Роберт Гук в 1665 году. Он соорудил прибор, который считают одним из предков микроскопа, и однажды увидел под увеличительным стеклом тончайший срез пробки. Гук записывал свои наблюдения под номерами. Наблюдение № 18 гласило: «... вещество пробки, в общем, наполнено воздухом... этот воздух полностью заключен в небольших коробках, или клетках, отделенных друг от друга». Их можно сравнить с «пенной, медовыми сотами, пряжей, пемзой или другими подобными телами».

«Клетки» пробки далеки от живых клеток в нашем современном понимании. Они пусты, в них нет жизни.

Слово «клетка» могло сбить с толку... И все же оказалось, что это удивительно живучее слово.

В 1671 году итальянец М. Мальпиги и англичанин Н. Грю представили в Королевское общество в Лондоне свои доклады, в которых утверждали: растения состоят из «мешочков», из «пузырьков». Ну конечно же, эти «пузырьки» сродни гуковским «клеткам». Но ведь Гук называл «клетками» пустоты... А «мешочки» вовсе не полые.

Большинство все еще считает: клетки — это пустоты с продырявленными стенками.

В 1831 году англичанин Р. Броун открывает клеточное ядро.

Чех Я. Пуркинье видит в микроскоп клетки животных. Правда, он еще не решается именовать их клетками (дань

уважения Роберту Гуку!) — в 1837 году он публикует свою «теорию зернышек».

Итак, «клетки», «пузырьки», «мешочки», «зернышки»... Все живое состоит из каких-то мельчайших образований, будем говорить — клеток. Возьмем это небрежно брошенное Гуком слово и придадим ему точный смысл, сделаем научным термином. Клетки растений и животных очень различны. Что их объединяет? Вопрос носится в воздухе. Тот, кто первым ответит на него, станет великим, основателем клеточной теории.

М. Шлейден и Т. Шванн... Два этих имени обычно прочно связывают воедино. До недавнего времени школьные учебники увенчивали их одним лавровым венком и поровну делили между ними славу. А между тем это вековое заблуждение. Шлейден только высказал догадку об особой роли ядра в клетке, а теорию клетки Шванн создал один.

В 1837 году Шлейден выдвинул идею, как образуются новые клетки. Уже знали, что все растения состоят из клеток. Уже заметили, что в клетках есть ядра. Так вот, клетки, — говорил Шлейден, — образуются из мельчайших зерен, как капли воды — из пара; зерна укрупняются в ядрышки, потом в ядра. Ядро — образователь клетки. Сыграв свою роль, оно может исчезнуть...

М. Шлейден был ботаником, Т. Шванн — зоологом. Но он с интересом следил за исследованиями Шлейдена. Он подолгу всматривался в ядра растительных клеток: удивительно, как они похожи на ядра клеток животных. Значит, мир животных и мир растений един; их краеугольный камень — живая клетка. В 1838—1839 годах Теодор Шванн публикует свои «Микроскопические исследования о соответствии в строении и росте животных и растений», совершенно не задумываясь о том, что отныне ему суждено быть основоположником клеточной теории. Шванн свидетельствует свое уважение Шлейдену: ведь это именно Шлейден подсказал ему значение ядра, и, кроме того, он полностью разделяет теорию Шлейдена о самозарождении клеток из какого-то внеклеточного бесформенного вещества.

Но заблуждения Шлейдена уже не могут задержать шествие истины, открытой Шванном.

В 1855 году Рудольф Вирхов предсказывает значение клеточной теории для медицины: болезни он предлагает рассматривать как результат повреждения клеток.



Р. Вирхов высказывает и другую важную мысль. Ядро — утверждает Вирхов — центр клетки. Гибнет ядро — гибнет клетка.

«Каждая клетка — из другой клетки». Клетки умеют делиться. Они размножаются делением.

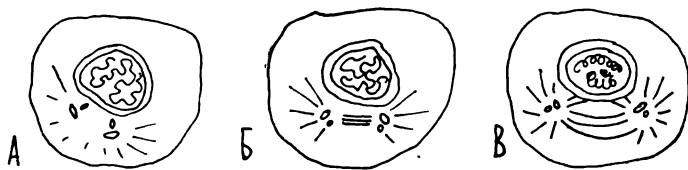
В ниспровержении ложных взглядов Шлейдена неутомим К. Негели, тот самый ботаник, которому посылал свой труд Мендель...

Но как происходит клеточное деление?

В 1874 году наш соотечественник И. Чистяков видит: сначала делится ядро, в нем образуются странные, удлинённые, легко окрашиваемые тельца, похожие на запятые, а иногда на тонкие нити или толстые гусеницы. Им дадут имя хромосом (от греческого «хрома» — «цвет» и «сома» — «тело»). Любопытно, что хромосомы появляются в поле зрения микроскопа только тогда, когда клетки делятся. Остальное время их не видно. И у каждого вида животных и растений в клетке всегда строго определенное число хромосом. Если повредить ядро или удалить хотя бы одну хромосому, деления не произойдет — клетка погибнет, оставшись бесплодной.

Да, теперь ясно: рост дерева, теленка, человека — это деление клеток. Это точное воспроизведение дочерними клетками всех свойств материнской. «Дочери» наследуют у «матери» главное, чем она обладает: ядро и хромосомы.

Деление клеток становится излюбленной темой занятий ученых. Больше всего их привлекает поведение хромосом. Замечено, что перед обычным делением «клетки-матери» хромосомы удваиваются, и, значит, в ядре «клетки-дочери» их будет не половина, а столько же, сколько было в ядре материнской клетки. Это при обычном делении клеток. Но когда у животных или растений происходит слияние «клетки-матери» и «клетки-отца» (их называют половыми клетками), каждая такая клетка приносит с собой половину



родительских хромосом, и в новой, оплодотворенной клетке из двух половин вновь образуется «полный комплект» хромосом.

Не в этих ли хромосомах и спрятаны «наследственные зачатки»?

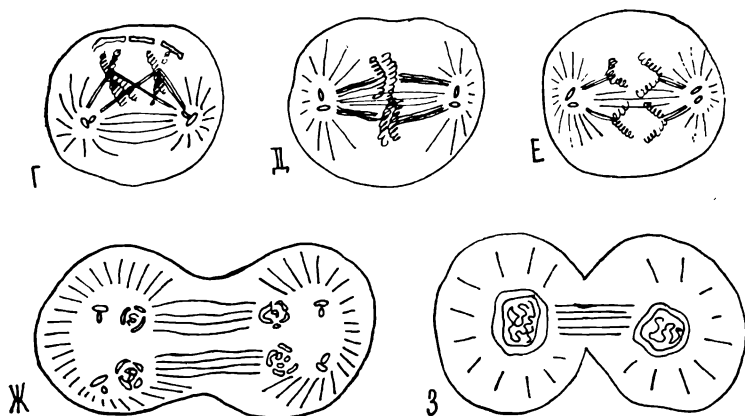
«Да», — отвечает в 1885 году немецкий биолог А. Вейсман.

Уже прошли не годы — десятилетия. И двадцатый век, словно предчувствуя, что ему суждено стать вехой в развитии биологии, решает покончить с неблагодарностью девятнадцатого.

1900 год... Г. де Фриз в Голландии, Э. Чермак в Австрии, К. Корренс в Германии открывают вновь законы Менделя. Не без горечи узнают они, что безвестный монах предвосхитил их триумф... «Наследственные факторы», которые, по Менделю, от рождения уже заложены в организме, В. Иогансен, датский ученый и член шведской Академии наук, называет генами (от греческого слова «генос» — «рождение»).

Англичанин У. Бетсон доказывает: законы Менделя приложимы не только к растениям, но и к животным. С его же «легкой руки» на одном из международных конгрессов в 1906 году наука о наследственности обрела имя генетики.

В боях утверждается место этой науки. Книга У. Бетсона «Основы наследственности Менделя» с приложением работ Менделя носит подзаголовок «В защиту», и тон этой



книги самый воинственный. Крупные ученые не поняли менделизма сразу, так же как позже крупные физики не восприняли сразу взглядов А. Эйнштейна.

Но снова и снова ученые убеждаются: законы, выведенные Менделем, соответствуют законам наследования хромосом. Значит, в хромосомах — ключ к разгадке наследственности?

Мендель всю жизнь был верен гороху. Томас Гент Морган из Колумбийского университета в Нью-Йорке столь же предан мухе дрозофиле. Он набрел на нее почти случайно, но зато теперь она его единственное пристрастие. Это не бескорыстная любовь: очень уж большие хромосомы в клетках слюнных желез мухи дрозофилы.

Они в десять раз длиннее человеческих. И потом муха — не горох: ее потомства не надо ждать целый год, дрозофила размножается очень быстро. Ее хромосомы хорошо различимы по форме и величине. За ними так удобно наблюдать в микроскоп. На них можно действовать рентгеновскими лучами или химическими веществами, вызывать искусственные изменения. И следить, приведет ли это к изменению наследственных свойств.

Вспоминая, что Иван Петрович Павлов поставил памятник собаке, сегодня часто говорят: Томас Гент Морган мог бы поставить памятник мухе дрозофиле (впрочем, эта терпеливая стойкая мушка удостоилась другой чести: стала одной из первых космических путешественниц на искусственных спутниках Земли. И в космосе она продолжала свою службу науке).

Дрозофила помогла Моргану предельно четко заявить: гены несут на себе отдельные наследственные свойства. Гены вытянуты в линию на хромосоме. Хромосома как лента магнитофона: на ней записаны все наследственные свойства — от цвета волос или глаз до группы крови. И даже некоторые болезни, передающиеся по наследству, связаны с хромосомой.

Но как сделана запись?

«Лента» хромосомы состоит из белков. Белки — основа жизни. Это известно давно. Еще в 1838 году Ж. Мульдер называл белки «протеинами» (от греческого слова «протейос» — «первый»). Белки — фундамент жизни. Никто не смеет посягнуть на их первенство, их царственную роль. Клетки «сложены» из белковых молекул, и клетки живут, лишь

пока сами делают белки. Правда, еще в 1869 году швейцарец Ф. Мишер нашел в клетке какие-то вещества, не похожие на белки. Мишеру казалось, что эти вещества есть только в ядрах клеток, — их назвали нуклеиновыми кислотами («нуклеус» по-латыни «ядро»). Но открытие Мишера, как и открытие Менделя, слишком опередило свое время. У Мишера почти нет последователей: нуклеиновые кислоты заброшены, они никого не интересуют. Если и есть что-то достойное серьезных умов, то это, конечно, только белок, белок и еще раз белок... Без белков немыслима жизнь. Кто же поверит, что передача наследственности осуществляется не белками?

В 1924 году немецкий биолог Фельген находит одну из нуклеиновых кислот — дезоксирибонуклеиновую кислоту в хромосомах. Значит, лента хромосом состоит не только из белков, но и нуклеиновых кислот. Но вера в белок непоколебима. Ученые по-прежнему могут доверять наследственность только белку.

И все же как она передается?

В 1927 году наш советский генетик Николай Константинович Кольцов выдвигает гипотезу: гены — звенья «гигант-



ских наследственных молекул». Каждая новая хромосома должна быть точной копией прежней, в точности воспроизводить ее строение, расположение в ней атомов и звеньев молекул. Иначе новая клетка не будет походить на старую. А как получить такую копию? Да так же, как в типографии размножается в сотнях, тысячах экземпляров страница книги с одной матрицы. У этой страницы, которая сейчас перед вашими глазами, тоже была своя матрица — металлическая отливка. Вот и в клетках есть молекулы-матрицы, хромосомы-матрицы, которые строят на себе свое подобие. . . Теперь понятно, почему удваивается число хромосом перед обычным делением клетки?

Смотрите, как неотступно нагоняют истину люди науки в разных странах, подчас даже не подозревая, что ищут одно и то же. Круг все время сжимается. . .

Да, наследственность где-то здесь — в генах, в хромосомах, в «наследственных молекулах»...

Но истина все ускользает и ускользает. Белок в хромосомах безмолвствует. Как зашифрована наследственность, как в одной-единственной клетке, в «капле жизни», из которой вырастает тополь, слон или человек, природе удалось скрыть целый мир? Белок молчит.

Быть может, надо задать вопрос нуклеиновым кислотам? Ведь они тоже зачем-то присутствуют в хромосомах? Нет, все вопросы пока обращены только к белкам.

Белками активно занимается биохимия — наука, изучающая химическое строение веществ, входящих в состав клеток, и реакции между этими веществами. Сотни работ в научных журналах посвящены белкам, и лишь маленькая горстка — нуклеиновым кислотам.

Вот и Н. К. Кольцов, подошедший к самому порогу страны МОБ, предсказавший «гигантские наследственные молекулы»... Каковы же они, эти молекулы? Конечно, белковые, утверждает Кольцов. Ведь белки — да, да, это никогда не устанут твердить! — основа всего-всего живого. Это незыблемо.

Не всегда доверяйте «незыблемым» истинам. В науке сомнения необходимы.

# ПИРАТЫ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МОРЕЙ

Извилисты пути, ведущие в страну МОБ. Запутаны ее дороги. Казалось бы, все уже готово для большого открытия, только иди прямой дорогой. Итак, носители наследственности — хромосомы. Хромосомы состоят из белков и нуклеиновых кислот. Значит, наследственность передается белком... Или нуклеиновой кислотой?

Ответ приходит с неожиданной стороны. На сцену, как это часто бывает в науке, вступает Случай.

В 1928 году английский ученый Ф. Гриффитс в кембриджском журнале «Гигиена», далеком и от генетики, и от изучения клеток, сообщил о своих «странных» наблюдениях над мышами, зараженными пневмококками (пневмококки вызывают воспаление легких). Дело в том, что пневмококки, которые вводил Гриффитс, были, как говорят микробиологи, неvirulentны-



ми — их ядовитость ослабили нагреванием настолько, что они не должны были, да и не могли заражать мышей. Вместе с невирулентными живыми формами мышам вводили и другую, вирулентную, ядовитую форму. Но эти смертоносные бактерии были предварительно убиты кипячением и поэтому опасны не более чем жареный волк для стада овец. Словом, ничто не должно было помешать мышам спокойно вести свою серую мышиную жизнь.

Однако мыши не вняли этим теоретическим соображениям и издохли. Когда их вскрыли, оказалось, что мыши поражены могучими, беспощадными смертельными пневмококками. Слово тех и не кипятили, слово их и не убивали.

Для микробиолога это было так же удивительно, как если бы, бросив в клетку зоосада живую кошку и дохлого льва, вдруг обнаружили, что беззаботно вошедший служитель съеден неведомо откуда взявшимся живым львом.

Ошибка опыта? Лев, замаскировавшийся в кошачью шкуру? Чудом уцелевшая хищная бактерия, спрятавшаяся между безвредными, безобидными живыми? Проверки... Проверки... Нет, ошибки быть не могло.

Гриффитс предположил, что живые миролюбивые пневмококки как бы съедают вещество агрессивных мертвых и

поэтому становятся хищными. Есть такое поверье у одного из народов Африки: съевший сердце убитого льва сам становится храбрым как лев.

Так и здесь. . .

Превратили хищные «бактерии» в кашицу. Отведав этой кашицы, мирные, слабые пневмококки забывали, как говорится, стыд и честь и принимались пиратствовать. Словом, они забывали предопределенное для них природой назначение — меняли свою наследственность. Почему?

Был 1928 год. . . Никто не подозревал тогда, что пневмококки сыграют главную роль в прологе научной драмы молекулярной биологии. Но Гриффитс заронил тревожное беспокойство в умы исследователей. Снова из ядовитых бактерий варили кашицу, выделяли из нее клейкое вещество — оно-то и превращало, трансформировало один вид пневмококков в другой: мыши, зараженные сначала безобидной, а потом трансформированной формой, поднимали лапки вверх. Вещество это назвали трансформирующим фактором, а само необъяснимое явление — трансформацией бактерий.

Объяснения пришлось ждать шестнадцать лет.

1944 год. . . Физики многих стран лихорадочно работают над созданием атомной бомбы. Правда, какие-то чудачки продолжают возиться с бактериями, охотятся за пневмококками, ломают голову, чтобы очистить свой пресловутый трансформирующий фактор. . . Ну чего им сдался этот самый «фактор»? Мало кто догадывается, что еще немного — и начнет действовать «молекулярная бомба» науки о живом. Она взорвет старую биологию и откроет дорогу новой. . .

Наконец-то трансформирующий фактор очищен, выделен и. . . Не может быть! Оказывается, это нуклеиновая кислота, точнее — одна из двух ее разновидностей — дезоксирибонуклеиновая кислота (сокращенно ДНК), которую давно уже находили в хромосомах. Но если трансформирующий фактор — ДНК. . . Значит, это ДНК меняла наследственность пневмококков: беззлобных и миролюбивых превращала в кровожадных и безжалостных. Значит, носитель наследственности — ДНК?

Ученые не любят сенсаций.

Проще всего сенсацию разрушить ядом недоверия. А может, это белок, примешанный к дезоксирибонуклеиновой кислоте, переносил наследственные свойства? Или осо-



бые соединения белка и ДНК — нуклеопротеиды — кусочки хромосомы?

Опять проверки... Проверки... В разных странах, разных лабораториях.

Да, в трансформирующем факторе есть примеси белка, но они ничтожны. Можно по-разному изменять белок, по-разному влиять на него, даже совсем избавляться от него, а трансформирующий фактор при этом ничуть не меняется. Но попробуйте изменить ДНК, уничтожьте ДНК — есть такой фермент дезоксирибонуклеаза, уничтожающий ДНК. Не стало ДНК — исчез трансформирующий фактор. И, напротив, достаточно самого малого кусочка ДНК, взятой из клетки пневмококка-пирата, как злобная машина трансформации начинает действовать быстро и неотвратно.

Что такое микроб? Это одна клетка. Выходит, ДНК, взятая из мертвой клетки, проникала в живую и навязывала ей свою наследственность. «Мертвый хватал живого», и для этого достаточно было одной или нескольких молекул ДНК.

Старые опыты Гриффитса вдруг получили новый смысл. Гриффитс убил опасные бактерии, но не разрушил их дезоксирибонуклеиновую кислоту. Пираты мертвы, но их опасные планы, записанные особым шифром, остались. Эти планы подхватили мирные мореплаватели. И, поддавшись на провокацию, сами стали пиратствовать...

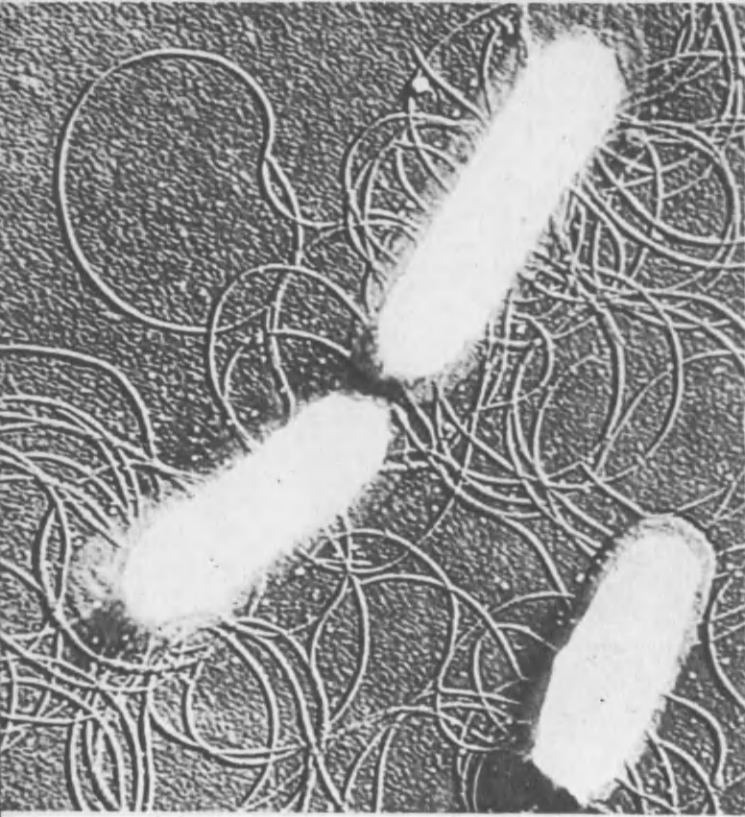
ДНК и наследственность связаны.

Это было одно из первых доказательств. Веское, но одно.

Нужны были другие.



*Г. Грегор Иоганн Мендель.*



*II. Бактериальные клетки на снимке, полученном с помощью электронного микроскопа. Внутрь клеток электронный микроскоп на этот раз не заглянул.*

# ОДИН

## В ПОЛЕ

### ВОИН

Вас не удивляет странный курс корабля, на котором мы совершаем плавание в страну МОБ? Сначала мы бросили якорь у стен Брюннского монастыря; потом, сойдя на берег, продирались сквозь джунгли дат, имен и событий; затем стали очевидцами пиратских набегов в молекулярных морях; а теперь все та же загадка наследственности заставила нас причалить у Никитского ботанического сада в Крыму.

Вы бывали в этом великолепном саду, который штурмом взял горный склон? Если даже бывали, и карабкались по крутым ступенькам, и ходили, удивленно разглядывая бамбук, секвойи или гигантские пальмы, никто из вас, конечно, не знал, что здесь шестьдесят лет назад тоже было «прорублено окно» в страну МОБ...

Представим себе: такое же голубое небо, такое же жар-

кое солнце, такое же синее море, грохочущее где-то внизу. И сад почти такой же, — правда, тогда он был беднее, чем сейчас.

Человека, которого мы могли бы встретить здесь шесть десятков лет тому назад, не занимали диковинные растения. Единственным его пристрастием был табак. Нет, он не был завзятым курильщиком. Его занимал даже не сам табак, а болезнь табака.

Эта неизвестная болезнь губила плантации, как саранча посевы или как пожары — леса. Сначала на табачных листьях проступали мелкие жилки, потом на их месте появлялись пятна; они покрывали листья зелено-желтой мозаикой. И вот уже опадала на землю мертвая ветошь недавно еще пышных листьев.

Дмитрий Иосифович Ивановский, несколько лет назад окончивший Петербургский университет, решил найти причину этой опустошительной «мозаики».

В те годы мир жил еще открытиями Пастера, Коха и Ру. «Охотники за микробами» поражали воображение своими подвигами и своими трофеями. «Микроб правит миром». Значит, если есть болезнь, ищи возбудителя ее среди микробов... Но никаких микробов «мозаики» микроскоп не обнаруживал. Может, тогда болезнь вызывается не самим микробом, а ядом, который он выделяет, токсином?

Каждое утро Ивановский спешил в оранжерею. Он сам «разрисовывал» теперь зловещей «мозаикой» табачные листья. Его «краской» был сок больных растений, а «кистью» — тонкие стеклянные трубочки — капилляры. Эти трубочки, наполненные «мозаичным соком», вонзались туда, где сходились сосудики зеленых листьев. Проходило всего несколько дней — и пятна расплзались по листу. Еще немного времени, и мертвый куст встречал Ивановского.

Значит, все-таки заразен сок. Если так, должен же быть микроб, который вырабатывает этот сок. . .

Увы, микроб был неуловим. Ивановский процеживал сок через фарфоровые фильтры с мельчайшими отверстиями: они пропускают жидкость, но задерживают бактерии. Но и процеженный сок был ядовит, и этот сок вызывал гибельную мозаику, мало того, он заражал и соседние растения. Значит, микроб мозаики существует, он очень мал, сверхмал. . .

Да, но «сверхмикроба» никто не видел. А если причина «табачной мозаики» — жидкость, сам сок? Или же «сверхмикроб», как и все микробы, «телесен», имеет форму, объем, вес?

Микробиологи работают с агаром, веществом из морских водорослей, похожим на студень. Когда агар засыхает, сверху донизу его прорезают мельчайшие канальцы — капилляры. Через незасохший агар (в нем нет еще канальцев) хорошо проходят растворы, но не проходят «телесные» предметы, даже если они очень малы. Ивановский «окропил» соком больных кустов свежий и засохший агар. Потом осторожно снял верхние слои агара, а из нижних сделал растворы и вновь заразил здоровые листья. И что же? Свежий агар оказался незаразным, а засохший — заразным. В свежем «сверхмикроб» не мог пройти в нижние слои — туда не было еще путей-канальцев, а в засохшем они были, и только поэтому «сверхмикроб» оказался внизу. Значит, он «телесен»!

Вы представляете, как хотелось Ивановскому увидеть этот мельчайший микроб!

Но в то время его нельзя было увидеть. Только электронный микроскоп покажет его всем.

Но мы забегаем вперед.

Через шесть лет опыта Ивановского повторил датский ботаник Мартинус Виллем Бееринк. Непойманного возбудителя он назвал вирусом — «вирус» по-латыни означает «яд». Бееринк не знал всех опытов Ивановского и утверждал, что вирус, конечно, жидкость. «Живая инфекционная, заразная жидкость...»

Ивановский предположил: есть мир «особых микробов»: они проходят через фильтры, не пропускающие обычных бактерий; они проявляют себя только в растении — проявляют болезнь; они не размножаются в агаре, как другие микробы. Но после Бееринка «особые микробы», открытые Ивановским, окрестили «вирусом».

Позднее один ученый скажет: «Термин этот сомнительного происхождения... но, поскольку никто не смог придумать лучшего, он прочно вошел теперь в употребление».

Итак, судьба вируса сначала была подобна судьбе атома: нет сомнения, что атом существует, но никто его не видел.

## *Авторы перебивают течение рассказа*

— По-моему, наш корабль слишком отошел в сторону. Мы взяли курс на страну МОБ, но вот уже добрых три страницы прокладываем себе дорогу среди вирусов. Вы не боитесь, что пассажиры — наши читатели — вот-вот побегут с корабля, потому что им надоели вирусы? Пора подтвердить, что мы не сбились с курса!

— Разумеется, нет! Еще немного — и впередсмотрящий крикнет: «Вижу вирус!» — и только тогда мы действительно ступим ногой на твердую почву страны МОБ. Вирус будет нашим первым «гидом» в этой стране; он поведет нас в самые заповедные, «медвежьи» ее углы. Но — терпение! Нам плыть еще сквозь годы, гипотезы и эксперименты.

Конец XIX века. Пока открыт лишь «дедушка вирусного мира» — ВТМ — вирус табачной мозаики. Потом начнут открывать другие вирусы, докажут, что оспа, корь, свинка, желтая лихорадка, грипп, полиомиелит, обычная простуда и сотни других болезней вызываются вирусами. Виновником любой болезни, причина которой неясна, врачи будут объявлять неизвестный вирус. Кто не ужаснется, узнав, что именно вирусы вызвали в 1918 году всемирную эпидемию гриппа, свалили с ног пятьсот миллионов человек и двадцать миллионов убили! И кто не осознает всю опасность нашествия вирусов, оставшихся неуловимыми?

Пять ученых пытались поймать вирус желтой лихорадки — и все пять погибли от желтой лихорадки! А сколько лет ведутся поиски вируса (или вирусов?) рака!

Но все это будет потом. А пока...

Фредерик Туорт из Лондона не верил в вирусы. «Вирус — это просто очень мелкие бактерии», — думал Туорт. Бактерии можно выращивать прямо в плоских стеклянных чашках (их называют чашки Петри) с питательной средой на агаре. Если вирус есть, он тоже должен вырасти. Вакцину, прививку от оспы, в которой была «живая инфекционная жидкость» Бееринка, только ослабленная, Туорт посеял в чашке Петри, как прежде высевал бактерии. Правда, убийственные вирусы еще никому не удалось получить

в чашках Петри, но, может быть, ослабленный вирус оспы (если вообще вирус не досужая выдумка) будет менее капризен и прихотлив. «Вы утверждаете, — спорил Туорт с другими, — что вирусы невидимы, но когда их будет очень много в чашке Петри, всякие оправдания, что в микроскоп их просто нельзя увидеть, станут жалкими и неосновательными».

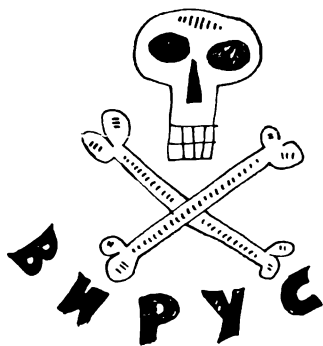
На среде в чашках Петри оставались мутные пятна — поселения микробов, уже давно известных и не раз наблюдавшихся. Конечно, лучше было бы, если б этих пятен не было. Но Туорт никак не мог от них избавиться, и в конце концов махнул рукой. Его ведь занимали «мифические», как он думал, вирусы, а не надоевшие уже всем микробы. Вот если вирусы проявятся в форме таких же пятен. . .

Туорт настойчиво разливал по чашкам «живую инфекционную жидкость», но новых пятен не было. А старые. . . Со старыми происходило что-то непонятное: они стекленили, становились водянистыми и прозрачными. Стекловидные бляшки, они уже не были больше гнездами миллионов и миллиардов микробов. . . Туорт хотел вырастить новые колонии, а добился лишь того, что в чашках исчезли старые и после них остались стекловидные кладбища. Стоило добавить ничтожное количество этого стекловидного вещества к новым пятнам, как те тоже светлели. Микробы после этого уже не развивались. Они были мертвы. Или убиты?

Туорт был растерян. Он не увидел того, что предполагал увидеть. Но зато он подсмотрел нечто совершенно ошеломляющее. Пытаясь понять, что же случилось, Туорт принялся за краткую статью. Он путался в самых разных объяснениях. Одно из них заключалось в том, что вирус — это, наверно, «бактерия микробов». Он убивает микробы.

Статья Туорта появилась в 1915 году. Шла первая мировая война, Фредерик Туорт ушел на фронт, и статью его почти никто не заметил.

Пока Туорт воевал, канадец





Феликс д'Эррель обнаружил, что вирусы просветляют колонии дизентерийных микробов, как бы растворяют микробы. Жидкость, еще вчера кишевшая бациллами, становилась после нашествия вирусов совершенно прозрачной. Стоило капнуть ею в новое скопление дизентерийных бацилл, и снова микробы гибли. Или растворялись, взорванные какой-то неведомой силой изнутри?

Д'Эррель знал о вирусах. Значит, есть вирусы, пожирающие бактерии? В 1917 году д'Эррель произнес эти слова: «пожирающие бактерии» по-гречески — «бактериофаги». Еще через несколько лет он написал о них книгу.

Вирусы, пожирающие бактерии! Но большинство болезней вызывается бактериями. Так нельзя ли вирусы превратить в оружие против бактерий, а значит, и против болезней?

Ряды «охотников за микробами» стали редеть. Охотники изменяли микробам ради вирусов. Стали открывать фаги, способные убивать возбудителей холеры, сибирской язвы, чумы.

Мир лихорадило. Казалось, еще одно усилие — и человечество избавится почти от всех болезней. Это было так заманчиво: приручить вирусы и бросить их в битву против микробов. Но одно дело — чашки Петри, а другое — больной организм. Кончились 20-е годы, начались 30-е, но ни одну болезнь, вызванную микробами, не удалось искоренить с помощью вирусов. И пылкий интерес к бактериофагам стал исчезать.

*Науку часто изображают как дерево; от могучего ствола во все стороны расходятся ветви: биология — ствол, микробиология — ветвь, вирусология — новый побег, биохимия — ветвь, химия белков — новый побег... Но это сравнение вряд ли верно. Потому что ветви, раз уж они появились, так и растут каждая в свою сторону.*

*Быть может, сравнение с дорогами вернее? Дороги сходятся, и тогда на стыке их может возникнуть новая дорога, еще более широкая, более далекая. И снова будут разбегаться от нее дорожки-тропинки, и снова будут они сплетаться в узел — и так будет без конца, пока существует наука.*

*«Все дороги ведут в Рим», — говорили древние. Далеко*

*друг от друга пролегали пока дороги, по которым шли Мендель, Ивановский или д'Эррель... Но дороги эти еще сойдутся. Пусть пока они петляют, уходят в сторону, иной раз думаешь: уж не блуждаем ли мы? Нет, потому что все наши дороги ведут в страну МОБ.*

Американец Уэндем Стэнли вновь обратился к табачной мозаике: он собрал тонну листьев табака, пораженных вирусом, выжал из них сок, очистил его и получил одну столовую ложку микроскопических игольчатых кристаллов. Эти кристаллы — так показалось Стэнли — почти целиком состоят из белка. И в каждом кристалле — десятки тысяч вирусов.

Вирус-белок — и вдруг «кристалл»? Опять сенсация! До сих пор вирус считали «живым», а «живой кристалл» — это невероятно! Вспыхнул спор: что же такое вирус — «самый мелкий живой организм» или «самая большая молекула»? (До недавних дней длился этот спор, и один ученый остроумно предложил покончить с ним, назвав вирус или «органулой», или «молекизмом».)

Не будем ввязываться в этот спор. Для нас важно другое. Впервые был выделен вирус в чистом виде. Его кристаллы оказались столь же заразны, как и сок больных растений. Значит, вирус — это белок, значит, все же белок — носитель наследственности вируса?

Да, вирус — белок, но почти белок — уточнили в 1937 году англичане Ф. Боуден и Н. Пири. Вирус состоит на 95 % из белка и только на 5 — заметьте, всего на 5 %! — из нуклеиновой кислоты.

Стали выделять другие вирусы. И всегда в них были белок и нуклеиновая кислота. Иногда это была ДНК (как у вируса осповакцины), иногда РНК — рибонуклеиновая кислота (как у ВТМ — вируса табачной мозаики). (Потом найдут, что у вируса гриппа нуклеиновая кислота по весу составляет всего 1 %, у вируса полиомиелита — 25 %, у бактериофагов — 50 %.)

Итак, вирус оказался не белком, а нуклеопротеидом — химически стойким соединением белка и нуклеиновой кислоты.

И вот тут-то исследователи вновь вернулись к бактериофагам. Да, бактериофаги не удалось превратить в панацею от всех болезней. Но годы, потраченные на «пожирателей

бактерий», не пропали даром. Прерванная эстафета открытий возобновилась. Ее подхватил немец Макс Дельбрюк. Дельбрюк был физиком и готовился стать ассистентом Лизы Мейтнер и Отто Гана, которые в 1937 году открыли деление урана. Дельбрюк предчувствовал, что физика станет trampлином для биологической науки.

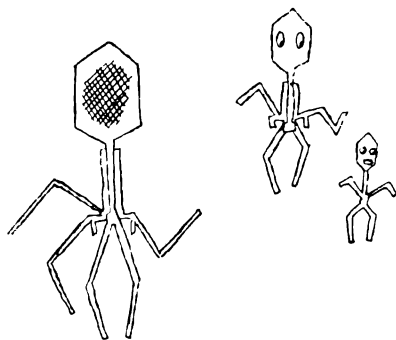
Вместе с другим ученым, Е. Эллисом, Дельбрюк установил поразительную вещь: фаг убивает только изнутри. Чтобы уничтожить бактерию, он обязательно должен попасть внутрь ее. Проходит совсем немного времени, и бактериальная клетка разваливается, как карточный домик, и новенькие, свежие бактериофаги вываливаются из клетки. Попавший в клетку фаг размножился: попал один, вывалилось целое полчище, и каждый так же смертоубийственен, как первый.

Бактериальная клетка была вскрыта через пять минут после того, как в нее забрался фаг: клетка была пуста — и никакого фага там не нашли. Его как не бывало! Исчез! Или замаскировался? Ведь если вскрыть клетку немного позже, например через тридцать минут, она уже нафарширована новыми фагами.

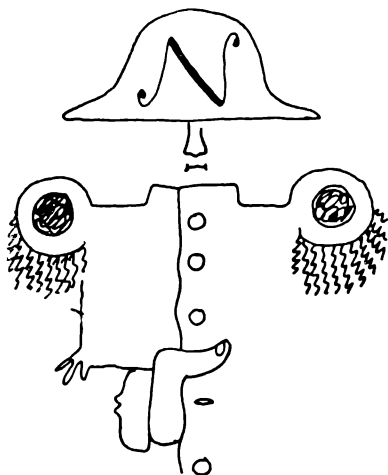
Что за драма происходит в клетке за полчаса? Как удастся одному-единственному вирусу, пробравшемуся в клетку, сделать триста себе подобных? И куда он девается в первые минуты?

40-е и 50-е годы... Фаг нагоняют со всех сторон. Уже брошены в погоню за ним электронные микроскопы и радиоактивные изотопы. Уже он прощупан со всех сторон потоками электронов и взрезан ультратонкими ножами. Уже «портреты» его валяются на столах в лабораториях, и целые фильмы об опустошительных набегах фагов на бактерии можно было бы составить из электронных микрофотографий. Фаг сфотографирован в профиль и анфас, взвешен и измерен.

Вот «портрет» бактериофага Т-2 (он нападает на безобидную кишечную па-



лочку — микроба, живущего в кишечнике человека и участвующего в пищеварении). Похож на головастика или на бутылочку. Длина — примерно четверть микрона (микрон — одна тысячная миллиметра). В одну клетку может набиться тысяча таких вирусов. Головка напоминает шестигранную призму, головка и маленький хвост — вот и весь вирус. В головке — нити ДНК — они защищены «головным убором» — белковым чехлом. Хвост фага — это полая трубка, тоже из белка.



Хвост — как пружина. Он присоединяется к стенке клетки бактерии и потом, сокращаясь, протыкает стенку, как игла шприца. По трубке хвоста вирус впрыскивает в бактерии свою ДНК. Только ДНК — и ничего больше. Это было подтверждено опытами.

Белок — и «головной убор», и «хвост» — остаются снаружи.

В драме, которая разыгрывается в клетке, единственный актер — молекула ДНК вируса. Она останавливает всю прежнюю работу клетки, меняет все ее производство, приказывает начать производить ферменты (белки-ускорители), которые помогут сделать из веществ, запасенных клеткой, то, что нужно вирусу, — новые нити ДНК вируса и новые белковые частицы «одежды». Клетка перестала принадлежать сама себе. Она покорно служит своему убийце.

По его приказам она штампует и собирает вирусы, вирусы, вирусы... Вместо сопротивления убийце она — его рабыня.

Но вот вирус разграбил и убил клетку — и она лопается, выпустив на волю несколько сот новых убийц. Они устремляются к другим клеткам.

Чингисхан и Наполеон никогда не брали города так быстро и такими малыми силами, как вирус клетку. Вирус в сотни и тысячи раз меньше клетки. Он — как диверсант-

одиночка перед хорошо укрепленной крепостью. Но, видимо, этот диверсант бьет по самым важным центрам. Через десять минут собственная ДНК клетки парализована... А ДНК вируса действует.

Обождите, обождите... Теперь понятно, почему, вскрыв клетку через пять минут после того, как туда пробрался фаг, его в клетке не нашли. Ведь, собственно, в клетку проник не сам вирус, а его ДНК. И одной только молекулы ДНК оказалось достаточно, чтобы воспроизвести сотни целехоньких новых вирусов. Значит, план этих вирусов был «напечатан» на молекуле вирусной ДНК. Значит, все их наследственные свойства «помнила» именно ДНК, а не белок — белок-то ведь остался снаружи, — и головка, и хвост больше уж ни на что не годились. Мало того, проникнув внутрь бактерии, ДНК вируса как бы подменила клетке «план» ее жизни своим «планом», смертельным для клетки, превратила клетку в свое «подсобное предприятие».

Итак, вывод стал окончательным: ДНК — носитель наследственности.

### *Автор спрашивает автора*

— *Нить ДНК — «нить жизни». У вируса это даже «нить бессмертия». Стоит ей очутиться в клетке, как возникают тысячи новых вирусов.*

— *Но ведь и мы с вами обладаем такой «нитью бессмертия». Ведь и в наших клетках нити ДНК хранят все наши наследственные признаки, всю программу нашего развития?*

— *Да, это бесспорно.*

— *Значит, в нас «пропадают» наши собственные бесчисленные двойники, которые могли бы быть воссозданы в белково-нуклеиновых колыбелях, если бы такие колыбели появились, по «чертежам», оставленным на молекулах нашей ДНК? Почему бы не представить себе, что пройдет сравнительно немного лет, вы вернетесь из очередной заграничной научной командировки, и я услышу такой ваш рассказ...*

## СЕЙФ БЕССМЕРТИЯ

...Симпозиум в Гааге подходил к концу. В последний раз я зашел в пресс-центр и вдруг увидел там Купера. Если это действительно знаменитый Купер, почему его нет в списках участников симпозиума, почему он не зарегистрировался хотя бы как «научный турист»?

И все же это был Купер. Я узнал его сразу, хотя видел раньше только однажды, мельком, на конгрессе в Москве. Он даже не постарел.

Он стоял у дверей, словно забрел сюда случайно и вот-вот уйдет.

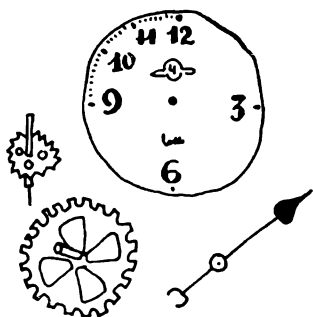
Журналисты не обращали на него никакого внимания. Навряд ли они даже помнили теперь, кто такой этот Купер...

А для ученых Купер остался «чемпионом» выделения очень чистых и в то же время неповрежденных, «нативных», на языке биохимии, образцов ДНК. Чистые образцы — страшно трудное дело. Можно быть семи пядей во лбу и знать столько же, сколько знают все химики, физики и биологи мира, вместе взятые. Можно пустить в ход новейшие ультрацентрифуги, электронные и оптические устройства. И все равно чистые образцы будут недостижимы, если нет у вас особой интуиции, той самой, которая дается талантом и опытом.

Нуклеиновым кислотам всегда сопутствуют небольшие примеси белков и солей. Избавиться от них очень трудно. Ничтожный след примесей может изменить всю картину. А если чистить ДНК до бесконечности — только обломки этого нежного сверхполимера окажутся у вас в пробирке. Есть в этом деле такая грань, дойти до которой нужно, но перейти ее страшно: вся долгая работа пойдет насмарку. Биохимики это знают, ну, а не биохимики пусть поверят мне на слово.

Если же «нуклеинка» не очищена, если рядом белок, всплывает все тот же вопрос: а может, белок — носитель наследственных признаков? Бесспорные доказательства могла дать только абсолютно чистая ДНК.

Теперь мы умеем выделять сверхчистую ДНК. Умеем, в частности, благодаря Куперу... Но сколько потребовало это терпения и бесплодных усилий! Ведь в клетке человека



сотни тысяч больших молекул. Попробуйте «вынуть» оттуда молекулы именно нуклеиновых кислот. Конечно, если бы клетка разбиралась на составные части, как приемник или часы! Единственное, чему мы научились — «взламывать» клетку, разрушать ее или ударом с помощью сжатого воздуха в особых прессах, или «стиркой» — клетка не любит стирального порошка, точнее детергента, как сказали бы ученые, и лопается.

Можно и другими способами разрушить оболочку клетки — специальными ферментами, например. И потом в хаосе этого разрушения, на «развалинах» клетки, мы ищем и подбираем молекулы нуклеиновых кислот.

Купер первым научился это делать очень чисто: самые разные анализы показывали, что в полученных им препаратах нуклеиновых кислот не было и следа белка. И в то же время сами нуклеиновые кислоты были целехоньки и биологически активны.

Но «вынуть» нуклеиновые кислоты — это полдела. А вот сохранить... Дело в том, что молекула ДНК боится всего на свете: лишнего тепла, лишнего холода, лишнего давления; она пугается кислот, щелочей, металлов. Она как «принцесса на горошине», ей подавай не только перины, но и балдахины, и занавеси, и спальню без окон и дверей.

И вдруг в «Медикал Дженетик» появилось сообщение о том, что Купер нашел способ консервировать ДНК — сохранять ее как угодно долго. Кажется, это была его последняя статья; потом его имя исчезло из печати.

И вот теперь он стоял в пресс-центре и слушал ученого секретаря симпозиума, который снисходительно излагал журналистам азбучные истины.

Потом он покинул свой наблюдательный пост, лениво двинулся к выходу. И тут я его окликнул. Напомнил, что мы познакомились в Москве. Сказал, что читал его сообщение о консервации ДНК.

... Через час мы сидели в кафе и разговаривали, как если были бы знакомы годы. Бывает, что проникаешься доверием к совершенно незнакомому человеку. Не знаю, чем

я расположил к себе Купера, быть может, искренним интересом и вниманием.

— Собственно, я химик, — начал Купер. — Химик, которого наняли аптекари. Научный отдел фармацевтической компании «Хелз энд Саундз»...

Поневоле я стал просматривать биологические журналы. Сначала меня раздражало, что все только и бредят молекулярной биологией. Какое-то всеобщее помешательство!

Однажды вечером, когда я остался в лаборатории и вошел у испортившейся центрифуги, кто-то вошел...

Обернувшись, я увидел, что это мистер Джи. Эс Саундз, президент компании «Хелз энд Саундз», король патентованных средств и бальзамов.

— Добрый вечер, — сказал я.

— Добрый вечер, Купер. Чем вы занимаетесь сейчас?

— Биогенными стимуляторами. Могу пояснить: это вещества, стимулирующие заживление тканевых ран.

— Знаю, — перебил Саундз. — Дело, с которым справится любой. А вас фирма пригласила не для этого. Мне сказали: вы дорого стоите как специалист по полимерам. И поэтому я хочу поручить вам другую работу...

— Какую?

— Сверхчистые образцы ДНК, Купер. Сверхчистые, биологически неповрежденные и долго сохраняемые...

Я не смог скрыть улыбки. «Готов, — подумал я. — И этот готов. Эпидемия становится всеобщей».

Саундз словно не заметил моей улыбки.

— Вы — человек новый, Купер. Это хорошо. У вас должен быть новый подход. Желаю удачи.

Так, без любви и вдохновения, я принялся за ДНК.

Шли месяцы. Наконец я позвонил Саундзу и сказал, что есть первые результаты.

Он незамедлительно пришел. Я дал ему пробирку с мутноватой бесцветной жидкостью.

— Это и есть ДНК? Настоящая ДНК?

— Что значит «настоящая»?

— Та самая, в которой зашифрована вся наследственность?

— Да!

— Значит, в каждой капле моей ДНК, — Саундз пристально смотрел на меня, — многократно повторяюсь я, я,



с моими глазами, руками, способностями, нравом, желаниями и страстями? Так? Или не так? Что же вы молчите, Купер? Да или нет?

— Мне трудно ответить: «да». Я химик. Но в известном смысле вы, наверно, правы. В том смысле... — я стал путаться, и это меня злило, — в том смысле, что из любой капли вашей ДНК вы могли бы многократно возродиться вновь, если бы вам не помешали обстоятельства. Пока на это способен только вирус. Он впрыскивает в клетку свою ДНК и многократно возрождается вновь. Можно выделить эту штуку из вируса и держать ее где-нибудь в пробирке на холоде, а потом, если запустить ее в бактерию, вирус воскреснет из мертвых. Но для человека... это чепуха, практически...

— Не ищите практического смысла, — перебил меня Саундз. — Продолжайте работу. Используйте этот шанс заниматься чистой наукой.

В ту ночь я долго не мог заснуть. Конечно, его разговоры о чистой науке были блефом для дураков. Он не истратил бы даже цента на отвлеченную науку. Нет, здесь было что-то другое. Наверно, он просто решил наладить производство биохимических препаратов для институтов в разных странах, но хотел сделать это тайно, в обход своих конкурентов.

Впрочем, вопрос «зачем?» вскоре перестал меня тревожить. Я увлекся. Я познал ту удивительную «сладость науки», которая сопутствует только настоящим открытиям. Я добывал чистую ДНК с ликованием и азартом. О, это были удивительные дни и ночи, и лучшие свои статьи я написал именно тогда.

Любое мое желание мгновенно исполнялось. Конечно, я не слишком роскошествовал — и все же я основательно порасстрял Саундза, пока, наконец, не заявил ему, что отныне консервировать ДНК так же просто, как персики или сливы. Я научился выделять сверхчистую и в то же время абсолютно неповрежденную ДНК из бактерий и вирусов, из рыбьей икры и зубной железы телят. Я сказал Саундзу, что мог бы выделить ДНК даже из самого дьявола, если бы дьявол по неосторожности забрел ко мне в лабораторию.

Он выслушал все это нетерпеливо, но снисходительно, как слушают расшалившихся детей.

— Скажите, Купер, а вы могли бы получить ДНК из капли человеческой крови?

— Да, но зачем? Это невыгодно. В клетках крови мало ДНК. Это будет дорогое удовольствие, а если получать большие количества...

— Купер, ведь плачу я. Научитесь добывать эту штуковину из крови.

Это была адова работа. Но я раздобыл и эту ДНК в чистейшем ее виде. Я вновь позвонил в контору Саундза и попросил секретаря соединить меня с ним.

— Дело сделано, — сказал я.

— Зайдите ко мне завтра в восемь утра.

В восемь утра я был в его огромном кабинете. Саундз протянул мне какую-то пробирку с кровью:

— А теперь получите ДНК из этой крови...

— Чья это кровь?

— Это неважно, Купер. Но выделение должно быть идеальным.

Я изрядно помучился, прежде чем выделил из этой, уже начавшей свертываться крови чистую и неповрежденную ДНК. Вопрос «зачем это нужно?» меня особенно не мучил. Я думал, это какая-то проверка. Иногда фирма устраивала такие проверки: одни сотрудники выясняли, много ли стоят другие... Но чтобы этим занялся сам шеф?! И все же он проявил ко мне слишком большой интерес. Уже через день он снова вызвал меня к себе. Я пошел, захватив препарат ДНК.

...Саундз взял у меня пробирку. Беловатая, вязкая жидкость переливалась в ней. Несколько мгновений он смотрел на жидкость, потом повернулся и откинул массивную крышку какого-то металлического ящика, стоявшего у стола.

— Это сейф?

Саундз усмехнулся:

— Да, сейф...

Он вложил туда пробирку с ДНК и опустил крышку ящика. Потом нажал красную кнопку. Тотчас же послышалось низкое приглушенное гудение. Словно моторы работали в холодильнике.

— Сейф-холодильник?

— Вы угадали, Купер. Я заказал этот холодильник специально лучшей фирме в Чикаго. В нем — оптимальные ре-

жимы консервации ДНК, предложенные вами. И ДНК, которую вы вчера выделили из крови, будет храниться столько, сколько я пожелаю.

Саундз встал и погладил рукой ящик.

— Я дал вам свою кровь, Купер. И вы получили мою ДНК. По вашей идиотской привычке вы снова спросите: «Зачем?» Затем, что я хочу бессмертия. Я не верю в бессмертие в загробной жизни. Я, президент фирмы, выпускающей самые модные лекарства, знаю, что человек смертен. Я не верю в бессмертие в детях. У меня нет детей, и я не жалею об этом. Дети только «разменяли» бы мой ум, мою волю, мое упрямство и энергию. Нет, я хочу возродиться самим собой, только самим собой. Я знаю, вы считаете меня циником, скептиком, вы думаете, я верю в деньги. Не только, Купер, не только! Я верю в науку, как в религию. Единственное божество, которое всемогуще, — наука. Пройдет десять, двадцать, ну пусть пятьдесят лет — я верю, должен верить! — ученые придумают такую систему, которая будет производить живой организм по плану, заключенному в ДНК. Я завещаю моим наследникам: они воспользуются наследством, если только вернут меня в этот мир. Мои юристы позаботятся об этом! Я вернусь! А теперь я закрываю эту работу. Если хотите, возвращайтесь к биогенным стимуляторам...

Купер замолчал.

— И что было дальше?

— Я не вернулся к старой теме. Я просто ушел из фирмы. И сейчас преподаю в технологическом колледже.

— А Саундз? Жив? И даже бессмертен?

— Жив. Но не бессмертен, — Купер усмехнулся. — Я был виновником величайшей ошибки. Дело в том, что, когда он вызвал меня, ДНК, добытая мной из его крови, почему-то испортилась и выпала серыми хлопьями в осадок. Я не был настолько наивен, чтобы демонстрировать эти хлопья. К тому же я не подозревал о его намерениях. Шеф — это не научный журнал. Шефу надо показывать товар лицом! И я решил захватить с собой свежую ДНК из крови кролика. Он хочет взглянуть на ДНК из крови? Что ж, пусть посмотрит, для демонстрации сойдет и эта... В общем, все то же. Та же вязкость, та же мутность...

Но, после того как он торжественно обессмертил кролика, я подумал: зачем его разочаровывать...

## „ГАДКИЙ УТЕНОК“

### МОЛЕКУЛЯРНОЙ

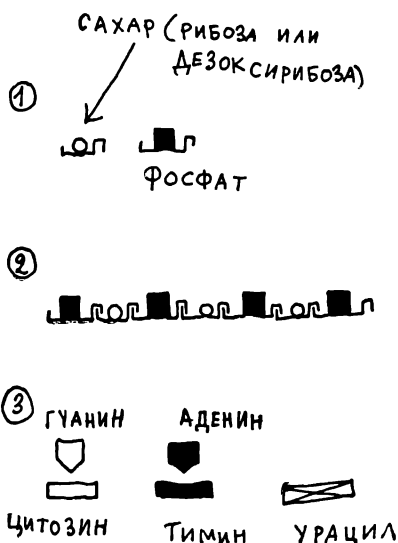
### БИОЛОГИИ

История о гадком утенке, рассказанная Андерсеном, повторилась в науке.

Несколько десятилетий назад никто не интересовался нуклеиновыми кислотами. Химики-одиночки колдовали над ними — они добросовестно изучали все, что есть в живом организме. Почему бы не изучить заодно и нуклеиновые кислоты?

И вдруг оказалось, что дезоксирибонуклеиновая кислота отвечает за наследственность. И тогда ДНК из «гадкого утенка» биохимии превратилась в лебедя: ученые стали пристально вглядываться в нити — молекулы ДНК.

Химики, биологи и физики, которые раньше пренебрегали ДНК, обратились к учебникам. В учебниках биохимии о ДНК говорилось мало. Было известно, что ДНК есть в каждой из 1 000 000 000 000 000 клеток человека, в клетках всех животных и растений,



у бактерий и вирусов. У каждого вида организмов своя ДНК.

Но по весу количество ДНК в клетке ничтожно, в клетке печени, например, 0,00000000913 грамма. Впрочем в мире атомов молекула ДНК — гигант. Она в сто миллионов раз тяжелее атома водорода. Так относятся друг к другу по весу океанский лайнер и бильярдный шар.

Было известно также, что нуклеиновые кислоты — это полимеры, которые построены из трех типов химических соединений: особых сахаров (ДНК — из сахара-дезоксирибозы; РНК — из сахара-рибозы), фосфорной кислоты и разных азотистых оснований. У ДНК таких оснований четыре: аденин (А), гуанин (Г), цитозин (Ц), тимин (Т). У РНК — тоже четыре, только без основания тимина, но зато с урацилом (У).

Тройной «блок» сахара, фосфата и азотистого основания называли нуклеотидом. «Здание» ДНК было воздвигнуто из этих тройных «блоков»: непрерывно чередуясь, они образовывали длинную нить полимера. Позже эти нити удалось увидеть под электронным микроскопом.

Нить молекулы ДНК очень тонка — ее поперечное сечение равно примерно двенадцати атомным диаметрам. Но полностью растянутая нить может быть очень велика: у вирусов она достигает 0,1 миллиметра, у некоторых бактерий — до 1 сантиметра.

Если вытянуть ДНК из всех хромосом одной клетки человека и соединить их, то получится нить длиной 180 сантиметров.

В человеческом теле содержится число клеток, изображаемое единицей с пятнадцатью нулями. Таким образом, в каждом из нас скрыто 1 800 000 000 000 километров ДНК. Но тончайшая нить ее так жестко «упакована» в каждой

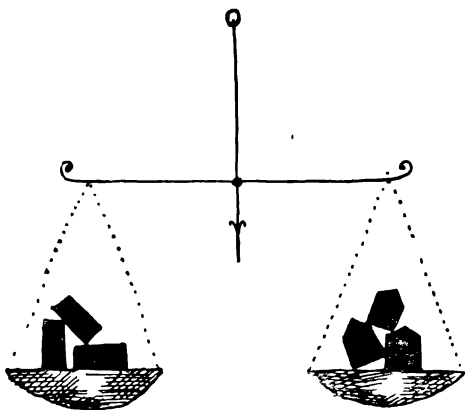
клетке, что все эти космические миллионы миллиардов километров нити преспокойно умещаются в нашем вполне земном теле.

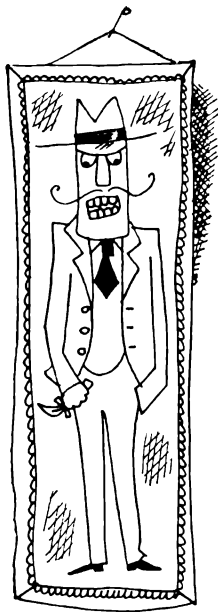
Внутри этих гигантских нитей есть определенный порядок; первым его заметил в конце сороковых годов американец Э. Чаргафф из Колумбийского университета.

Количество оснований аденина в молекуле ДНК всегда равно количеству оснований тимина, а гуанина — количеству оснований цитозина. Кроме того, сумма аденина и гуанина равняется сумме цитозина и тимина. Что означало это внезапно открывшееся равновесие? Пока ничего определенного. Несколько лет должно пройти, прежде чем будет понят смысл правил Чаргаффа. Пока это еще один вклад в общую копилку знаний о ДНК. Время разбить ее еще не пришло.

Свой вклад в копилку вносят не только биохимики, но и физики. Поток рентгеновских лучей устремился к молекуле, но не для того, чтобы «просветить» ее, а для того, чтобы отразиться от «скелета» молекулы. Луна сияет отраженным светом. Но именно в этом свете на фотографиях всех сторон Луны видим мы лунные горы и долины, моря и кратеры. Отраженный поток рентгеновских лучей, запечатленный на фотопластинке, нарисовал картину, внешне загадочную, как «летающая тарелка». Посмотрите фотографию VII на вклейке — она похожа на вращающийся диск. Немного пространственного воображения, и вы увидите уходящую вдаль трубу — подозрную трубу, через которую ученые увидели материки и острова тогда еще непонятной страны МОБ.

Впрочем, физики не довольствовались общими сравнениями. Сотни листов заполнялись расчетами: каждое пятнышко на рентгенограмме, каждый блик порождал длинные колонки цифр. В цифрах читался ответ, правда, только пример-





ный. ДНК похожа или на сложенную гармошку, ее «мехи» — это азотистые основания, или на спираль, подобную дверной пружине.

Известно было о ДНК уже немало, а воссоздать ее облик все не удавалось.

Есть в криминалистике метод словесного портрета. «Каким был преступник?» — вопрошает следователь у свидетелей. «Он был высок», — говорит один. «У него был свирепый взгляд», — говорит другой. Третьему запомнились «усики, как у таракана». Четвертому — золотой зуб. Пятому... Проходит десяток свидетелей — и картина ясна. И вот уже на улицах, площадях и вокзалах усиленно ищут преступника.

Свидетелей, запомнивших разные стороны устройства ДНК, скопилось много. Дело было за общим портретом.

Творцами этого портрета выступили англичанин Френсис Крик и работавший в его группе в Кембриджском университете американец Джеймс Уотсон.

В 1951 году, когда началась их совместная работа, оба они были молоды: Ф. Крику — тридцать пять лет, Д. Уотсону — всего двадцать три. В эти годы многие молодые люди еще только кончают институт, мучительно выбирая — чем бы заняться дальше.

Для Уотсона очевидно, что нужно заниматься молекулярной генетикой. Молекула, которая в это время претендует на главную роль в генетике, — ДНК. Поэтому Уотсон без сомнения бросает свою специальность — зоологию — и меняет чикагский адрес на кембриджский. Бывший зоолог вступает в союз с физиком.

Френсис Крик сменил уже много направлений в физике, а во время войны ему приходилось разрабатывать способы обнаружения немецких подводных лодок. Теперь ему предстоит обнаружить замаскированное неизмеримо тщательнее, чем подводная лодка, расположение нуклеотидов ДНК в пространстве. Метод обнаружения — структурный анализ рентгеновскими лучами. Рентгеноструктурный анализ — гордость английских физиков, и Кембридж — столи-

ца рентгеноструктурщиков. Именно здесь еще в самом начале тридцатых годов под руководством известного физика, выдающегося борца за мир, друга нашей страны Джона Бернала зародилось это направление. Школа Джона Бернала — лучшая в этой области школа в мире. Сегодня рентгеноструктурщики всех стран, и советские ученые тоже, приезжают в Кембридж работать и учиться...

Маршалл Уилкинз — воспитанник этой школы — становится «третьим мушкетером» структуры ДНК.

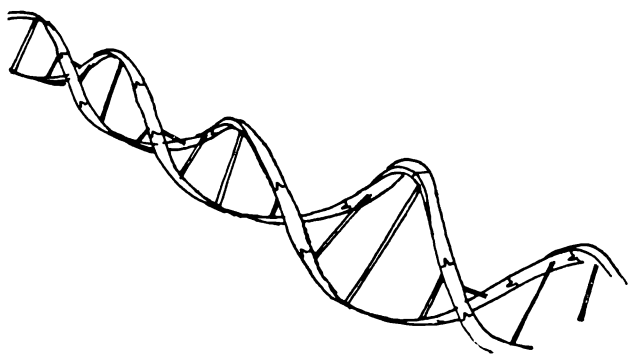
Его «шпага» — острый рентгеновский луч. Его «жертвы» — кристаллы ДНК, вернее — образования из молекул ДНК, напоминающие кристалл. Луч вонзается в кристалл и... результат этого поединка запечатлен на фотопленке. Впрочем, поединок этот долог. Больше суток длится получение одного-единственного снимка. За этим следуют еще более долгие расчеты: в 1951 году электронная вычислительная техника еще не очень развита.

Уотсон и Крик внимательно разглядывают эти снимки, ломают голову над расчетами. Снимки блестящие, на каждом из них почти сотня пятен-отражений, но информации мало: ДНК не дает хороших кристаллов, поэтому изображения размазаны, расчеты не дают точного положения атомов. Многое остается непонятным. ДНК, выделенная из самых различных источников — от железа тельца до бактериофага, — дает одинаковое расположение пятен. Даже рентгенографическое исследование ДНК в живых половых клетках — сперматозоидах — привело к той же самой картине.

Тогда Крик и Уотсон решаются, с мушкетерской дерзостью, на целый ряд предположений, совершенно не подтвержденных опытом, даже не вытекающих прямо и непосредственно из какой-то теории, словом, они изобретают — не открывают, а именно изобретают — гипотетическую модель ДНК. При этом они пользуются не только рентгеновскими снимками Уилкинза: вся копилка сведений о ДНК, наполнявшаяся со времен первооткрывателя ДНК Мишера, разбита, и ее содержимое выкинута на стол.

Итак, надо придумать такую модель строения ДНК, которая бы не противоречила всем известным химическим и физическим данным и соответствовала бы своим изображениям на рентгеноструктурных снимках. Сам Крик





потом писал, что решалась эта головоломка два года подряд.

ДНК свернута спиралью — таково начало решения. Спираль состоит из равномерно чередующихся сахара и фосфатов. Перпендикулярно к оси этой спирали, как стопка монет, сложены основания. Такая молекула способна дать именно такие отражения рентгеновских лучей, которые видны на рентгенограммах. Но размеры азотистых оснований различны: аденина и гуанина — 12 ангстрем, а тимина и цитозина — 8. (Напомним, что ангстрем — это десятиmillionная миллиметра). В стопке «монет»-оснований как бы чередуются «пятаки» и «трехкопеечные монеты», и, уж конечно, диаметр такой стопки не может быть больше диаметра «пятака». Но рентгенограммы показывали, что диаметр ДНК составляет 20 ангстрем и одинаков по всей длине молекулы.

20 ангстрем... Но  $12 + 8 = 20$ ... Аденин + тимин = гуанин + цитозин... Расчеты Чаргаффа! Они оказались теперь совершенно необходимыми, нужно только предположить, что спираль двойная, что-то вроде винтовой лестницы с перилами из фосфатов и сахаров и плоскими ступеньками из оснований. Каждая ступенька из двух оснований.

Аденин должен всегда соединяться с тимином, а гуанин с цитозином, чтобы молекула ДНК была гармоничным, а не уродливым сооружением. («Эти пары, — запишет Ф. Крик, — играют, по-видимому, очень важную роль в биологии, и я не удивлюсь, если в один прекрасный день какой-нибудь

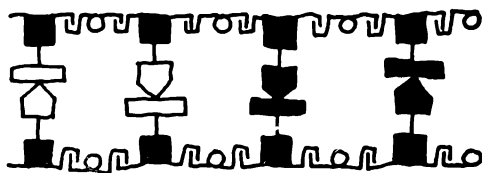
энтузиаст-ученый назовет своих новорожденных близнецов Аденином и Тимином!») )

Итак, «портрет» молекулы ДНК был готов.

Ф. Крик дал, наконец, чеканное определение архитектуры ДНК: «Молекула ДНК состоит из двух спиральных цепей, обвитых вокруг одной общей оси и соединенных между собой водородными связями, которые скрепляют определенные пары оснований». Структура эта одинакова для всех молекул ДНК на свете, вот почему препараты ДНК из клеток разных животных давали схожие рентгенограммы. (До сих пор найдено единственное исключение: у одного из видов спираль одинарная, а не двойная. В чем смысл этого, пока неизвестно).

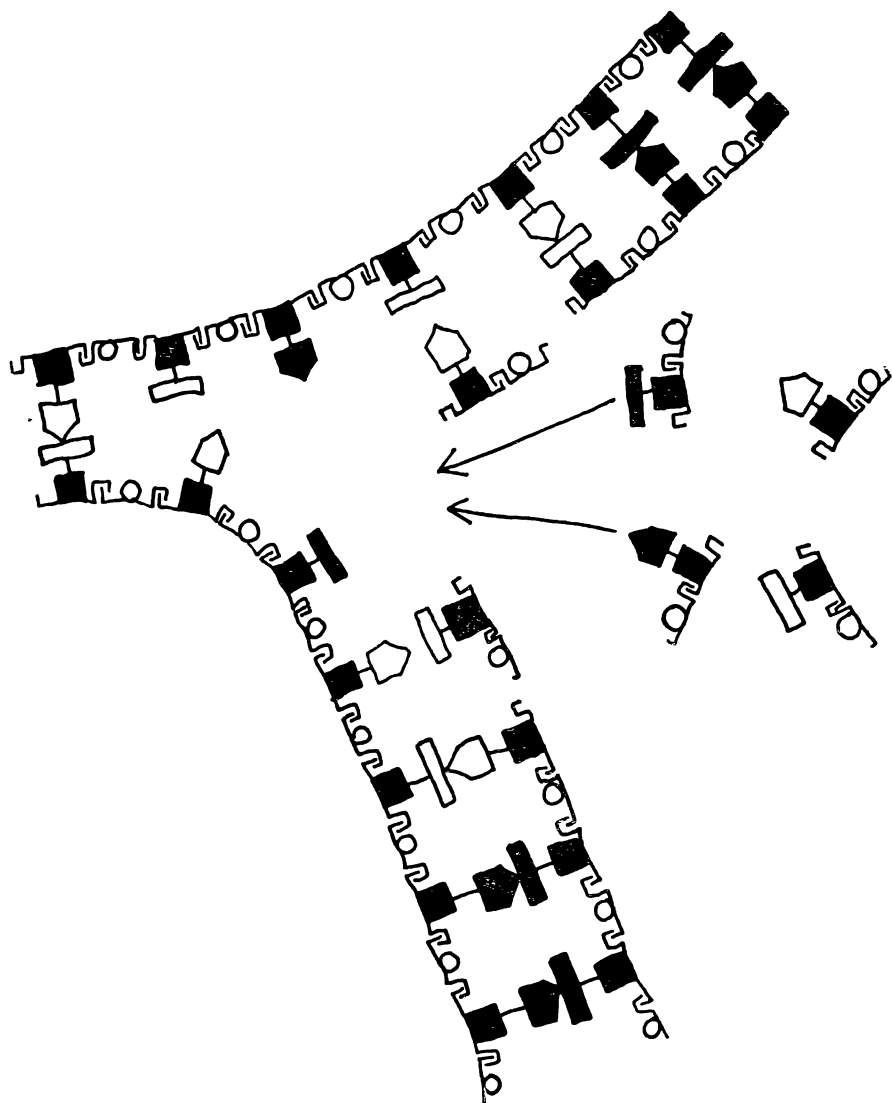
Казалось бы, что особенного. Ну, предположили, что молекула похожа на лестницу. Но, поднявшись по лестнице, можно увидеть, как на ладони, все окрестности — близкие и дальние, переплетения дорог. Так и с высот, на которые поднялись ученые по спиралам ДНК, стало видно многое, что было скрыто за далью непонятности.

Спирали одинаковы. Одна как бы зеркальное отражение другой. По одной половинке можно достроить другую — она будет моделью, штампом, матрицей (помните гипотезу Н. К. Кольцова?). Аденин свяжется с тиминном, а гуанин — с цитозином... Они всегда есть в цитоплазме клетки.



Итак, если двойная спираль молекулы ДНК разойдется, каждая из двух половинок сама снова достроится в целую молекулу. Две новые молекулы, одинаковые во всем! Так не в этом ли удвоении молекул ДНК секрет удвоения хромосом? Секрет деления клетки?

Американский биохимик А. Корнберг решил проверить эту догадку. «Развить» спираль ДНК просто: надо подогреть раствор ДНК. Проще, чем распустить девичью косу! Ну, а как свить эту «косу»? Всеми реакциями в клетке за-



ведут белки-ускорители — ферменты. Значит, должен быть фермент-строитель ДНК. Корнберг сперва придумал этому ферменту название: он назвал его ДНК-полимеразой, а потом выделил этот фермент. В пробирке Корнберг повторил то, что до сих пор природа тщательно оберегала от чужих глаз: ДНК-полимераза работала как застежка-«молния»: она вытягивала вдоль цепи ДНК-затравки вторую цепь, вылавливая приготовленные Корнбергом нуклеотиды. Сахар и фосфаты ложились в «перила», тимин устремлялся к аденину, цитозин к гуанину. Матрица исправно печатала точную копию. Она работала безукоризненно, на столе, в пробирке, сшивала молекулы ДНК...

Так вот как воспроизводятся наследственные свойства: при делении клеток двойная спираль ДНК расходится на две части, и каждая часть достраивается снова в целую молекулу. Проходит немного времени — и две двойных спирали разбегаются по новым клеткам. Программа развития клетки, записанная на ленте ДНК, размножена — новые клетки могут читать программу и жить по этой программе. ДНК копируется в миллиардных тиражах; ни одна газета, ни одна книга не знают таких тиражей. Число экземпляров всех газет и журналов, вышедших за всю историю человечества, много меньше «тиража», в котором «напечатаны» копии с одной молекулы ДНК в человеческом организме.

Гипотеза Крика и Уотсона, созданная при участии Уилкинза, стала реальностью. И в реальности этой открылись перспективы, кажущиеся фантастическими.

В 1958 году Френсис Крик, Джеймс Уотсон и Маршалл Уилкинз стали лауреатами Нобелевской премии.

Страна МОБ обрела новых классиков.

## СПРАВКА

ДЛЯ ТЕХ, КТО ЗАБЫЛ, ЧТО ТАКОЕ БЕЛКИ

*Дана настоящая читателю этой книги в том, что он, вступая в следующую главу, вспомнил все о белках, чему его научили в школе, а именно:*

1. „Жизнь есть форма существования белковых тел“ (Ф. Энгельс).



## НА ПОРОГЕ ЗРЕЛОСТИ

Белки — основа жизни. И эта истина ничуть не устарела после того, как наше внимание переключилось на нуклеиновые кислоты. Белки — это своего рода трудовой класс клетки: они строители, рабочие и химики в клеточном государстве. Даже хваленая ДНК не способна сама себя удваивать: только участие белка — ДНК — полимеразы способно привести к тому, что на месте одной молекулы ДНК оказываются две молекулы.

Но белкам без ДНК тоже пришлось бы плохо.

Картина художника на полотне создается умом художника, его воображением и руками. Мы, приходя в музей, видим уже результат — в сочетании красок и линий, света и тени.

Сочетания разных белков, их состав, реакции между ними в конечном итоге составляют «картину» клетки, и тогда выясняется, чья это клетка — слона или амебы.

А как же нуклеиновые кислоты, спросите вы, как же

ДНК? ДНК — «мозг» клетки, ее «художник». Она определяет, направляет создание клетки.

Теперь давайте сведем концы с концами. Своеобразие клеток и организмов, передаваемое по наследству, определяется ДНК, но заключается в своеобразии белков клетки.

Так, может быть, это своеобразие белков и зашифровано каким-то образом в ДНК?

Может быть. Ничего большего пока мы сказать не можем. Но эти, казалось бы, простые рассуждения наводят нас на ценную мысль. Если действительно все «лицо» белка определяется ДНК, то это значит, что, повредив ДНК, мы каким-то образом повредим белок.

Можно продолжить наш пример с художником и его картиной. Один из самых интересных и своеобразных русских художников Михаил Врубель психически заболел. Мозг стал подводить его. В Киевской психиатрической клинике, куда поместили Врубеля, он тем не менее продолжал рисовать, быстро заполняя один альбом за другим. Но странные это были рисунки... Тревожный излом линий, искаженные лица, непонятные узоры; нарушилась работа мозга — изменились картины художника.

Теперь вернемся к живой клетке.

Если повреждение ДНК («мозга художника») приведет к изменению белка («рисунка на картине»), — значит, ДНК и белок связаны между собой отношениями, в какой-то мере подобными отношениям между художником и его картиной.

В своих рассуждениях мы как бы повторяем тот путь, по которому часто ощупью бредут ученые. Сперва слабо намечающаяся идея. Ее оглядывают со всех сторон, пока идея не принимает форму рабочей гипотезы. Наша рабочая гипотеза: ДНК содержит все сведения о белках клетки и управляет их производством.

Идея бывает очень заманчивой, но как подобраться к ней с приборами, с измерениями, как перевести ее из красивой мысли, изложенной на бумаге, в отклонения стрелок на приборных шкалах, в изображение на экранах электронных микроскопов, в щелчки счетчиков радиоактивных импульсов? Часто самые блестящие идеи покрываются пылью только потому, что их нельзя проверить на опыте. Многие из гениальных идей великого физика Альберта Эйнштейна, рожденные еще полстолетия назад, были проверены только

недавно: современная Эйнштейну техника опытов отстала в своем развитии от идей Эйнштейна.

Давайте еще раз запишем нашу идею, нашу рабочую гипотезу, к которой мы пришли в своих рассуждениях: ДНК — молекулярный носитель наследственности — содержит все сведения о белках клетки и управляет их производством.

Каким опытом это можно проверить?

Один из возможных опытов выглядит так: мы повреждаем ДНК в клетке и смотрим, приведет ли это к повреждению белка. Такой опыт можно поставить... стоп, а нужно ли его ставить, может быть, кто-нибудь ставил подобные опыты?

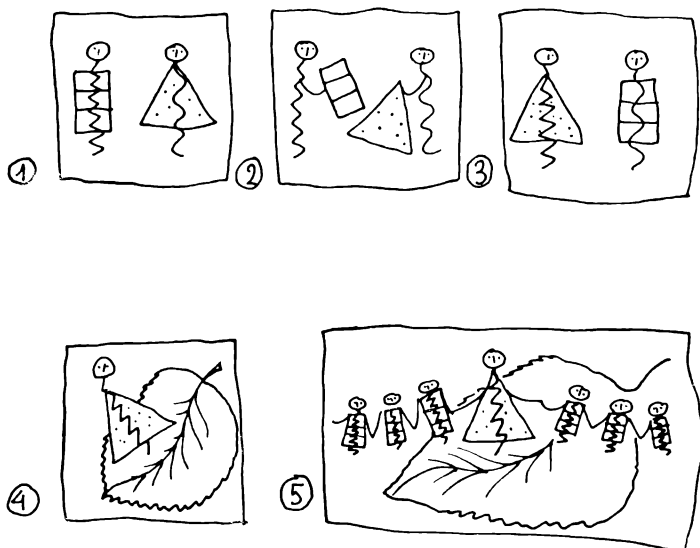
Да, именно так идет дальше работа ученого. С головой нырнуть в литературу, потому что сотни ученых в разных странах тоже думают, ставят опыты. Если не совершать экспедиции по книгам, по журналам, можно второй раз открыть уже известное, убить дорогое время на опыт уже выполненный...

Итак, в путь по книгам и журналам. В сотнях журналов мира можно найти статьи, посвященные молекулярной биологии. Грудами ложатся эти журналы на столы редакции «Реферативного журнала»... «Реферативный журнал» — это как бы журнал журналов. В его создании участвуют тысячи людей. Они просматривают журналы, переводят статьи, излагают их содержание в нескольких десятках строк и по разделам помещают эти короткие выжимки — рефераты — в «Реферативный журнал». Страницы такого журнала — как оперативные сводки с переднего края боев: по ним видно, где проходит линия фронта знаний, отвоеванных у природы, по всем странам и континентам.

Но продолжим свой поиск. Вот короткая заметка в «Реферативном журнале» 1956 года: Н. Горовиц и М. Флинг обнаружили, что, если повредить участок на ДНК у бактерии «кишечная палочка», то один из белков бактерии — тирозиназа — окажется поврежденным. Выходит, этот участок ДНК «отвечает» за синтез этого белка?

Другой опыт произвела известная исследовательница вирусов Г. Френкель-Конрат. Она и ее коллеги взяли два типа вирусов табачной мозаики, о них уже шла речь в главе четвертой. Назовем эти типы штамм А и штамм Б. Вы помните, что вирус — это как бы стержень из нуклеиновой





кислоты, на который надета белковая рубашка. Ученым удалось снять с обоих вирусов «рубашки» и переодеть их: каждый вирус оказался в чужой «рубашке». Так появился переряженный вирус: на стержень нуклеиновой кислоты вируса А была надета «рубашка» — белок вируса Б. Далее этим вирусом заразили здоровый лист табачной мозаики. На кого будет похоже потомство: на вирус А или на вирус Б? Кто из них окажется истинным «папой» новых вирусов? Взгляните на рисунки.

Новые вирусы оказались детьми вируса А — того самого, чья нуклеиновая кислота содержалась под «рубашкой» вируса-гибрида. У «детей» и нуклеиновая кислота, и белок полностью соответствовали вирусу А. Во-первых, это было еще одним подтверждением, что именно нуклеиновая кислота, а не белок переносит наследственные свойства, а, во-вторых — и это для нас сейчас главное, — нуклеиновая кислота «папы» одела «сыновей» в рубашки из своего, а не чужого белка, хотя сам «папа» был в «чужой» рубашке. Значит, технология производства рубашки (формулы белка) были в «памяти» нуклеиновой кислоты, и передача наследственных свойств не что иное, как изготовление «своего» белка по этим формулам.

Эти два примера, сознаемся честно, случайно вырваны из тех реферативных журналов, которыми мы с вами запаслись в дорогу. Смотреть журналы по порядку мы не стали, а если бы вдруг захотели сделать это, то обнаружили бы, что подобных работ к концу пятидесятих годов накопилось довольно много. Мы не будем все их перечислять. Мы не летописцы, а путешественники. Наш корабль не заходит во все порты, а делает остановки в удобных гаванях. Поэтому мы, пропустив многое, сразу подведем вас к выводам.

Уже давно было ясно, что определенный участок на хромосоме — ген, который соответствует короткому отрезку в нити ДНК, отвечает за один белок. Появилась крылатая формула: «один ген — один белок». Так как многие из белков — ферменты, отвечающие за реакцию, то эту формулу часто стали произносить так: «один ген — один белок — одна реакция». А чем отличается один белок от другого? В первую очередь — количеством входящих в него разных аминокислот и их последовательностью.

Из одних и тех же кирпичей можно построить и светлое здание Эрмитажа, и угрюмые стены тюрьмы. Из одних и тех же букв можно сложить совсем разные по смыслу слова, например «лето» и «тело». В одном гене записан рецепт одного белка. Это означает, что там указано число аминокислот в этом белке и их порядок. Но как записано и как указано? На каком языке?

Вопросы, которые не давали спать молекулярным биологам лет десять тому назад.

В октябре 1956 года в Тенесси, в США, состоялся симпозиум «Теория информации в биологии». С одним из докладов выступали два физика — Г. Гамов и М. Ичас. В докладе, который слушали молекулярные биологи разных стран мира, они нарисовали образную, но во многом еще смутную картину работы клетки:

«...Хочется сравнить клетку с большим заводом. Ядро клетки играет роль конторы управляющего, откуда осуществляется руководство, а хромосомы — роль тех помещений, где хранятся все чертежи, кальки и производственные планы.

Тогда цитоплазма — не что иное, как цеха с рабочими и машинами, выпускающие продукцию; этой продукцией являются, конечно, ферменты, катализирующие различные

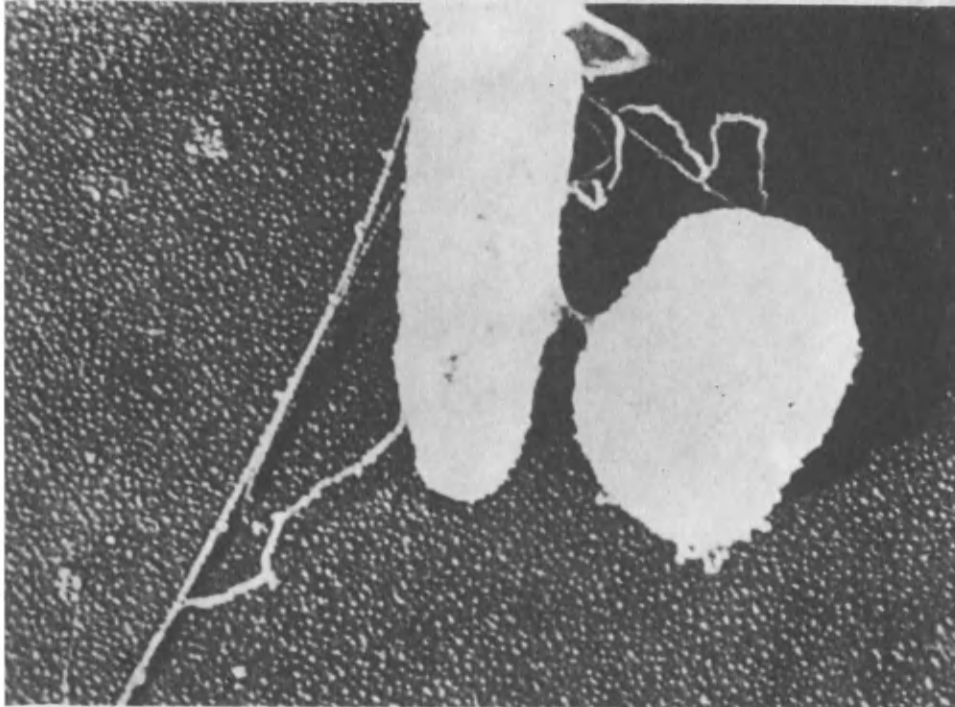
биохимические реакции. Если с информацией, заключенной в хромосоме, что-либо произойдет, то при этом нарушится также деятельность соответствующего фермента...

...Рабочие завода не станут ходить в контору управляющего с вопросом, что им делать, так же как и управляющий сам не пойдет в цеха, чтобы инструктировать каждого рабочего в отдельности. Для этого существуют мастера или десятники, получающие информацию из конторы управляющего и передающие ее рабочим. В клетке роль мастеров играют молекулы РНК (рибонуклеиновой кислоты), которые, по всей вероятности, очень похожи на молекулы ДНК...

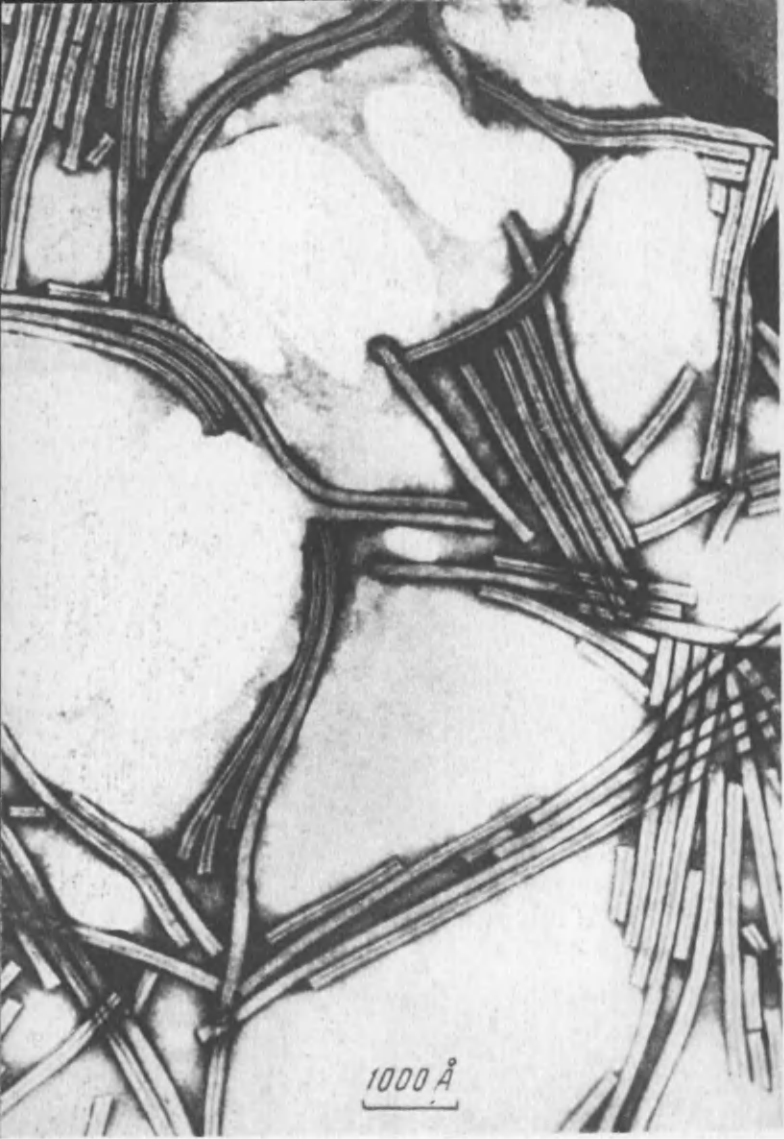
...Предполагается, что РНК синтезируется в ядре с помощью ДНК и получает ряд инструкций от ДНК. Затем молекулы РНК переходят в цитоплазму и включаются в так называемые микросомы (комнаты мастеров цеха), где и происходит синтез белков. Пока еще модель РНК не создана...»

Картина, изображенная Гамовым и Ичасом, внешне наглядна, так же как представления древних о том, что земля стоит на трех китах. Наглядность представлений — часто признак молодости науки и ее несовершенства, ее неполного знания.

Впрочем, Гамов и Ичас не скрывали этого. Они ничего не утверждали: «может быть», «по всей вероятности», «предполагается»... Но пора мечтаний и предположений проходила. Молекулярной биологии пора было взрослеть. Она вышла на порог зрелости. В первой строке аттестата зрелости страны МОБ значились слова: «Биосинтез белка».



*III. Одна бактерия передает часть своего наследственного материала другой. Так осуществляет «трансформацию» бактерий природа.*



***IV. Электронномикроскопический портрет «семейства»  
вирусов табачной мозаики.***

## **„ВОЛГА“ ВПАДАЕТ В РИБОСОМУ**

Рибосома — комочек внутри клетки, заметный только в электронный микроскоп. Это — своеобразная машина, изготавливающая молекулы белков.

Почти все рибосомы находятся не в ядре, рядом с ДНК, а в цитоплазме. Рибосомы получают инструкцию о том, какие белки должны они делать. Эта инструкция записана на молекулах другой нуклеиновой кислоты — рибонуклеиновой, вдоль ее ленты движутся рибосомы.

С другой стороны, в рибосому поступает сырье. Это аминокислоты — «кирпичи», из которых строятся замысловатые молекулы белков. Из ворот «цеха» — рибосомы — выходит «готовая продукция» — белки.

Такой спустя несколько лет стала схема, о которой говорили Гамов и Ичас.

Но понять, что такое рибосома, — значит проникнуть

в ее устройство, разгадать химические реакции, которые в ней происходят.

Стало уже традицией говорить, что три потока сливаются в рибосоме — поток информации от ДНК, поток сырья и поток энергии. . .

Три потока сливаются в великую реку — «Волгу жизни». Молекулы белков плывут по течению этой реки.

Над тем, как устроена рибосома, бились десятки лабораторий в разных странах. А увидел это коллектив, которым руководит советский ученый Александр Спирин.

Сперва рибосомы выделили из клеток. Внешне они были очень невзрачны; одну рибосому, конечно, глазом не увидишь, но когда их много, то после того как пробирка с раствором долго крутится на сверхскоростной центрифуге, на дне пробирки можно увидеть осадок, словно кто-то уронил в нее капельку белого меда: рибосомы можно легко размазать стеклянной палочкой по стенкам пробирки.

Потом рибосомы поместили под электронный микроскоп.

На экране возникло изображение, плоское, как на обычном экране телевизора.

Если рибосома похожа на шарик, на экране будет кружок, если на кубик — на экране будет квадрат.

Существовали тысячи снимков, на которых рибосома выглядела кружком.

Спирин вместе с сотрудником Института кристаллографии Николаем Киселевым получил на снимках пятиугольники.

Такого изображения рибосом не получал никто. Это было результатом работы с «идеальными» препаратами на хорошо отлаженной технике при великолепном мастерстве экспериментатора.

От шарика — кружок, от кубика — прямоугольник, а от чего могло возникнуть изображение пятиугольника?

Спирин изображал одно за другим разные геометрические тела, которые могли бы давать пятиугольник, получившийся на снимках. Наконец подбор удался. Но из чего состоят стенки этого тела? И вообще нельзя ли развернуть его и целиком уложить на плоскость? Ведь картонную коробку можно так разрезать и разложить, что она вся ляжет на стол. . .

Вы помните, рибосома состоит из белка и рибонуклеино-

вой кислоты. Если к белку добавить мочевины, то хитро закрученная белковая молекула распрямится.

Стали добавлять к рибосомам мочевины и каждый раз получали лишь осколки молекул. Рибосома как бы взрывалась при малейшем прикосновении. Она была похожа на мину с секретным взрывателем. При попытке вскрыть мину коварный механизм уничтожал все сооружение.

Таким «взрывателем» в растворе рибосом оказалось особое химическое вещество — белок рибонуклеаза (РНК-аза). Куски истерзанных молекул. По ним так же трудно было установить устройство рибосомы, как трудно угадать конструкцию мины по искореженным осколкам.

Спирин подобрал растворитель, который удалял РНК-азу и не трогал остального в рибосоме.

Это была большая работа. Она завершилась удачей. Когда прополаскивали рибосомы в растворе хлористого аммония, РНК-аза вся уходила в раствор, а рибосомы после бешеного вращения на ультрацентрифуге оседали на дно. (Центрифуга, на которой тренируют космонавтов, показалась бы сонной черепахой по сравнению с той феерической, сверхскоростной каруселью, на которой «катаются» рибосомы.)

Теперь, с помощью несложных биохимических манипуляций, рибосомы удалось развернуть. На экране электронного микроскопа оказалось изображение ленты. Осталось понять, как устроена лента.

К «лентам» стали добавлять особые вещества, которые как бы съедали рибонуклеиновую кислоту, оставляя белковый «огрызок». Его тоже удалось увидеть в электронный микроскоп.

Остаток ленты стал похож на кусок шахматной доски, из которого удалили все белые клетки.

Вывод прост: лента состоит из чередующихся белка и РНК: в рибосоме эта лента закручена так, что получается фигура, которая на экране дает пятиугольник.

Из пластмассовых стерженьков Спирин соорудил модель рибосомы, которую показывал с трибуны. Модель казалась простой, как игрушка, сделанная из детского конструктора.

Спирин решил: доказательства будут полными, когда из ленты удастся вновь «синтезировать» рибосому. И он добился этого. Изменяя раствор, вводя туда ионы магния,



Спирин наблюдал, как лента вновь закручивается в рибосому. И такая реконструированная рибосома, снабженная инструкциями и сырьем, прямо в пробирке изготавливала белок.

Около двух лет назад очерк об открытии Александра Спирина передавался по Ленинградскому радио. Очерк кончался торжественными словами: «Тайны строения рибосомы больше не существует».

Увы, слова эти оказались несколько преждевременными. Кажется, что тайны нет, а тайна только начинается...

Зачем нужна рибосомальная РНК — до сих пор неизвестно.

Зачем нужен рибосомальный белок — тоже неизвестно.

Между прочим, белок этот неоднороден — он состоит по крайней мере из десятка разных белков, и что делает каждый — тем более непонятно. Часть соединена прямо с РНК — это основа рибосомы, другая часть, как бы добавочная, соединена с основой. Как связаны эти белки между собой и с РНК, зачем нужен добавочный белок — неведомо.

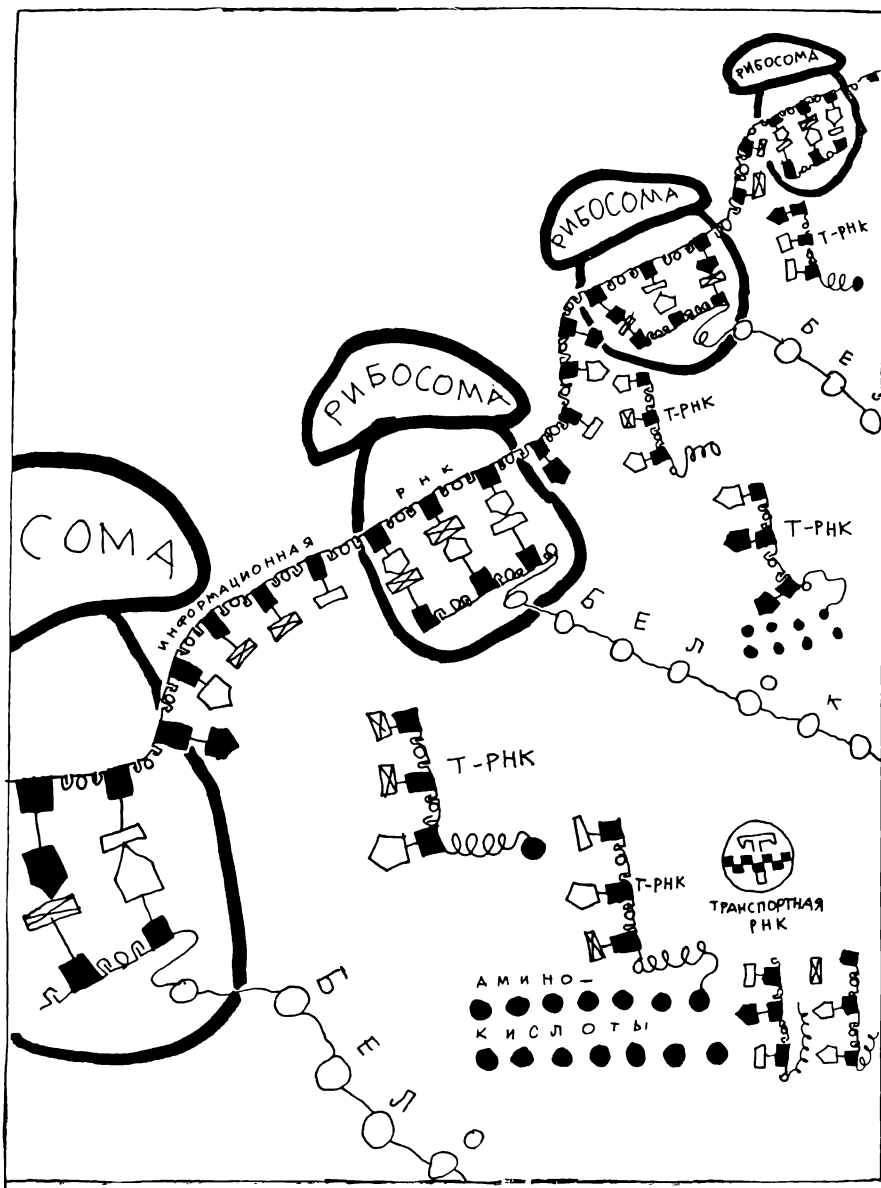
Взрыватель рибосомы РНК-аза находится не внутри рибосомы, а рядом с ней.

Ученым удалось получить бактерии, в которых рибонуклеазы нет рядом с рибосомами. Новые опыты могут продолжаться на «безопасных» рибосомах.

Кстати, надо говорить не об одной рибосоме. Она — только один «автомат» из целой линии рибосом.

Представьте, что магнитофонную пленку пропустили сразу через пять магнитофонов. Лента ползет, и из всех пяти магнитофонов доносится одна и та же песенка. Правда, слов ее не разобрать: первый магнитофон уже отпел заключительный куплет, а до последнего лента еще только дошла.

Именно так работает бригада рибосом; только не лента движется мимо них, а они мимо ленты, держась за нее, как зимовщики за веревку во время пурги. А лента эта — информационная РНК. «Линия» рибосом получила название полирибосомы (или полисомы). Как пишет один из первооткрывателей полисом А. Рич: «Рибосомы продвигаются по цепи РНК, очевидно, с помощью какого-то механизма, работающего по принципу храпового устройства, не пускающего их обратно».



Продвинулись рибосомы по ленте так, чтобы прочитать на ней, какую аминокислоту им нужно присоединить. Пропустили внутрь, подобрали транспортную РНК с нужной аминокислотой, фермент «пристегнул» аминокислоту к строящейся цепи белка, и вот уже выезжает из недр рибосомы белок. И так же, как песенка в магнитофонах, прочитывающих одну ленту, — у первой рибосомы белковая молекула почти готова, а у последней — еще не совсем. Но вот белковая молекула построена и рибосома «слезает» с одного конца ленты информационной РНК, а на другой уже «забирается» новая рибосома. Цепь белка гемоглобина рибосома монтирует в минуту — за это время рибосома проходит всю ленту РНК. А если гемоглобин достаточно, молекулярная машина, получив иные инструкции, изготавливает новые белки.

Словом, рибосома — это универсальная молекулярная машина, способная производить любой белок по заданной программе.

Теперь, после длинного рассказа, признаемся честно: как рибосома работает, до сих пор во всех подробностях неясно. Но работает она с удивительной точностью, скоростью и изяществом. Один пример для сравнения. Белок инсулин — гормон, который регулирует содержание сахара в крови. Это белок-лилипут в мире белковых гулливеров. В нем всего 51 аминокислота — 21 в одной цепи, а остальные в другой. Их порядок точно известен.

Десять лет английский биохимик Фредерик Сенджер выяснял этот порядок. И только сравнительно недавно в двух лабораториях мира удалось синтезировать инсулин — воспроизвести его искусственно, чередуя аминокислоты в том порядке, который установлен Сенджером. Ученым пришлось пройти 228 отдельных этапов синтеза. Пожалуй, это была самая многоступенчатая реакция в мире — одна из самых трудных. Итог — молекула инсулина! И все же неполноценная: способность регулировать количество сахара у этого искусственного гормона в сто раз хуже, чем у того, который делает природа.

228 этапов! Годы работы многих людей! А в живой клетке «бригада» рибосом выпускает молекулу инсулина через несколько секунд. Можно просто лопнуть от зависти, глядя на эту четкую и уверенную работу молекулярных машин. Клетке удастся это, потому что технология реакции

у нее гораздо более совершенная, чем у нас в лабораториях.

Что такое реакция? Встретились две одинаковые молекулы и разошлись, а вот сблизились две разные, но способные реагировать — и...

Небольшое лирическое отступление.

...Шумит на Невском праздничная толпа. Густой поток залил тротуары, выплеснулся на проезжую часть, заполнил кафе, рестораны и магазины... И в этой веселой, волнующейся толпе он ищет ее, Ромео ищет Джульетту. Сотни встреч, столкновений, мелькают шляпки и шляпы, кепки и береты... Платки, бескозырки, фуражки и даже один цилиндр.

Неутомимо пересекает Ромео Невский по прямой, кривой и диагонали. И вот долгожданное столкновение. «Ах, — говорит расцветающий Ромео, вцепившись в руку Джульетты. — Я так искал тебя. В следующий раз мы встретимся вот под этим вздыбленным конем на мосту. Я не сдвинулся с места. Я буду ждать...»

Не удивляйтесь, наше лирическое отступление имеет непосредственное отношение к молекулам.

Встречи (молекул) без определенного адреса — случайные столкновения — это принцип обычного химического синтеза.

Свидание у закрепленного места — «под вздыбленным конем» — принцип синтеза биологического, матричного — одна из молекул направленно следует к другой, закрепленной на матрице. Молекулы при этом как бы «узнают» друг друга. В миллиарды раз повышается скорость синтеза.

Есть над чем призадуматься физикам и химикам. И они задумываются. Ленинградский ученый, доктор физико-математических наук С. Я. Френкель пишет в своей статье, что одна из первоочередных, «вполне осуществимых» задач, стоящих перед химией, — «синтез катализаторов, подобных ферментам, что позволит в миллионы раз ускорить многие химические процессы», и синтез «молекулярных автоматов».

Может быть, вскоре появится на обложках технических журналов броская реклама: «Приобретайте новые искусственные молекулярные автоматы — рибосомы. Автоматы снабжены программами для синтеза белков шелка, шерсти,

«вкусных» пищевых белков — тысячи одного белка, перечень которых прилагается».

Рибосомы делают белки. А кто делает сами рибосомы, кто собирает эти сложные и точные машины? И снова ответ был дан в работах Александра Спирина.

Для этого он неуклонно уменьшал количество ионов магния в растворе рибосом, крутил их на центрифуге в специальных растворах, «творил, выдумывал, пробовал»...

Ему удалось «разобрать» рибосому. Рибосома сперва распалась на половинки, потом каждая из них несколько раз изменила свою форму и даже отщепила часть белка. Но стоило только снова добавить ионы магния, как в растворе сами по себе стали вновь собираться рибосомы. Не совсем исправные, но все же способные синтезировать белок. Произошла автоматическая сборка рибосом, их реконструкция. Можно было увеличить количество белка в растворе — лишний белок в нем и оставался. При сборке потреблялось ровно столько белка, сколько его требовалось для создания рибосомы.

Физика и химия этого процесса пока полностью не изучены. Происходит такая сборка прямо в пробирке.

Но проходит ли этот «фокус» в клетке?

И есть ли вообще в клетке рибосомы?

Этот странный вопрос после долгого путешествия по рибосомам тем не менее тоже основан на экспериментальном факте. Совсем недавно один из крупнейших специалистов мира в области электронной микроскопии опубликовал сенсационную статью. «Рибосом нет в клетке, — заявил он. — Электронный микроскоп их не обнаруживает. Синтез белка идет на специальных мембранах. Рибосомы — лишь обломки этих мембран».

Подавляющее большинство крупных современных биохимиков не приняло идею об отсутствии рибосом: короткая история электронной микроскопии знает много лжеоткрытий. Но даже если рибосомы действительно осколки более сложного мира, как метеориты — осколки погибших миров?

Ну и что? Изучаем же мы метеориты, пока человек еще не в силах исследовать космические миры.

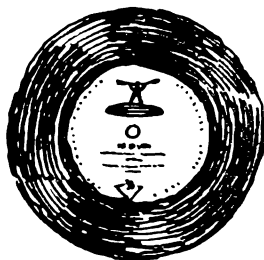
Кто ответит на все загадки рибосомы?

## „ПОП ПАС ПСА“

«Молекула нуклеиновой кислоты, — сказал Уэнделл Стэнли, — это самый изящный и самый изысканный образец полимера».

В спирали ДНК совершенно равномерно чередуются сахар (дезоксирибоза) и остатки фосфорной кислоты. Ритм их чередования монотонен и строг.

«Ступеньки» внутри этой спирали — азотистые основания: аденин, гуанин, тимин и цитозин. Мы обозначили их сокращенно: А, Г, Т и Ц. Как чередуются основания внутри спирали? Может быть, они тоже без устали равномерно повторяются в цепи ДНК: АГЦТ АГЦТ АГЦТ АГЦТ, как повторяется отрезок мелодии в стершейся пластинке,



когда иголка обреченно скользит по одному и тому же кругу?

А может, основания в цепи ДНК в беспорядке перемешаны? Так в 30-х годах считал американский биохимик Левин.

А может, в чехарде оснований есть определенный смысл?

Белок — цепь из аминокислот. Буквы в разных сочетаниях образуют разные слова. Аминокислоты в различном числе и сочетаниях образуют различные белки. Логика проста и понятна. Сделаем следующий шаг.

Если в одном гене зашифрован белок, значит, в одном гене зашифрованы число и последовательность аминокислот в этом белке.

Монотонная последовательность сахаров и остатков фосфорной кислоты шифра нести не может: две бесконечно повторяемые ноты не составят музыкального произведения.

Значит, азотистые основания ДНК должны передавать аминокислотный состав белка.

Азотистые основания ДНК со своими отрезками спирали — нуклеотиды — вот буквы, которыми написана книга жизни. Но на каком языке она написана?

Нуклеотидов всего четыре. Аминокислот — двадцать. Можно ли записать двадцать слов, если в алфавите всего четыре буквы? Да, можно.

В азбуке Морзе всего два знака: точка (.) и тире (—). Но их сочетаниями можно выразить любую букву алфавита. В азбуке Морзе одну букву может изображать группа из трех и четырех знаков: буква «р»: . — .; мягкий знак: — .. —

В 1954 году физик Г. Гамов предположил, что кодовые «слова» должны состоять из трех «букв» — азотистых оснований.

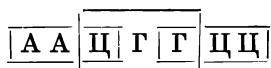
Чтобы прийти к этому предположению, не обязательно проникнуть в дебри теоретической физики, достаточно знать арифметику. Если бы в алфавите было четыре буквы — А, Г, Т, Ц — и каждое слово состояло из одной буквы, то алфавита хватило бы всего на четыре слова.

Если бы каждое слово состояло из двух букв, то могло бы образоваться гораздо больше сочетаний:

АГ; ГА; АТ; ТА; ГЦ и т. д.

Легко подсчитать, что всего образовалось бы шестнадцать слов.

Наконец, если бы каждое слово состояло из трех букв, то образовалось бы  $4 \times 4 \times 4$  — всего 64 кодовых слова, этого более чем достаточно для аминокислотного словаря из двадцати слов. Каждой аминокислоте могут тогда соответствовать две тройки или даже больше. Предположение Гамова о том, что одна аминокислота кодируется тройкой оснований — такую тройку называют триплетом, — породило много новых вопросов. Перекрывается ли код? Можно представить тройки оснований так:



Последняя буква здесь завершает одну тройку и начинает другую. Тройки, как звенья цепи, заходят друг за друга.

Может быть и другой вариант — тройки независимы друг от друга:

А А Ц      Ц Г Г      Г Ц Ц

Наконец, может быть и третий вариант: между тройками стоят различительные знаки — своего рода запятые, составленные из тех же оснований; так в азбуке Морзе одни и те же символы составляют и буквы и знаки препинания, например: запись на телеграфной ленте

. — . — . —      . — . — . —      — .. — .. — ..

означает:

А   А   А                      ,                      Г   Г   Г

Перекрывается ли код? Есть ли в нем «запятые», разделяющие триплет от триплета? Какие сочетания соответствуют разным аминокислотам?

Казалось, что задача эта труднее, чем любая другая, стоявшая перед дешифровальщиком, которому предстояло расшифровать хитроумный код вражеской контрразведки.

«Однако, — продолжает Гамов, — как это часто случается в проблемах расшифровки, иногда достаточно понять лишь отдельные части сообщения, что значительно сокращает количество необходимой работы. Так, весьма вероятно, что зашифрованные послания немецких шпионов во





время войны содержали комбинации букв, соответствующих названиям различных возможных портов высадки американских экспедиционных войск...»

Достаточно выяснить, что определенная комбинация букв соответствует названию порта, как можно расшифровать все сообщение.

Гамов предлагал самые разные варианты кода, например перекрывающийся код, при котором три следующие друг за другом в двойной спирали пары оснований образуют комбинации, в которые входят одно основание первой пары, вторая пара целиком и одно основание третьей пары. Такой код получил название ромбического:

	Ц	
А		Т,
	А	

напоминая по расположению оснований ромб или бубновую карту.

Но «бубновый туз» Гамова оказался бит.

Если бы код, как это предполагал Гамов, перекрывался, то аминокислоты не могли бы встречаться в белках независимо друг от друга. Появление триплета ГГГ неминуемо предопределяло бы, что следующий триплет также должен начинаться с этой же буквы. Однако никаких ограничений в чередовании аминокислот никто заметить не мог: как облака в небе, аминокислоты в белке могли образовывать самые причудливые сочетания. Может быть, просто мы не умеем замечать связь аминокислот в белке, при которой, скажем, за аминокислотой валином всегда встречается аланин?

Но опыты на фагах и бактериях показали: можно создать такие изменения в структуре ДНК, что в результате будет изменена всего-навсего одна аминокислота, остальные не затронуты. Значит, перекрывающихся звеньев в цепи ДНК нет.

Триплеты независимы друг от друга. ААА, ГГГ, АГУ — как три семьи в коммунальной квартире, связанные общей площадью и внутренне независимые друг от друга.

Хорошо, пусть это так, но почему тогда повреждение

одного триплета часто приводит к тому, что из строя выходит целый ген? Ведь если одна семья выедет из квартиры, остальные останутся на месте и будут продолжать свою жизнь.

На этот вопрос ответил Френсис Крик, тот самый Крик, который предложил модель двойной спирали ДНК. Так происходит, предположил Крик, потому, что рецепт построения белка прочитывается клеткой с одного конца и запятых нет.

Вот фраза:

### ПОППАСПСА.

На первый взгляд — бессмыслица, на второй — тоже. Но разделим эту фразу на триплеты:

### ПОП ПАС ПСА.

Ну конечно, это тот самый поп, у которого была собака, и он ее любил, до того любил своего пса, что пас его, как корову.

Впрочем, шутки в сторону, потому что фраза наша составлена по всем правилам молекулярной биологии: она составлена из четырех букв, как из четырех оснований: А, О, П, С. В каждом слове — три буквы, три основания: ПОП ПАС ПСА; образно говоря: триплетный поп триплетно пас триплетного пса.

Вместе эти слова образуют осмысленную фразу («смысл» был изложен в истории о попе и собаке), подобно тому, как триплеты образуют осмысленный рецепт белка.

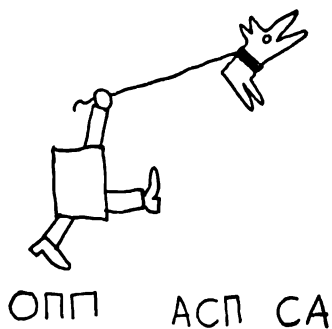
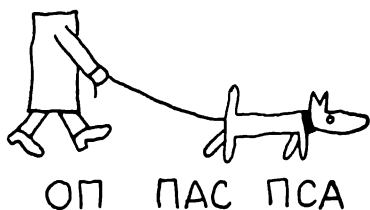
Наша фраза — своего рода лингвистический «ген». И смысл этого гена ясен, если его правильно разбить на триплеты. Но стоит выкинуть одну букву, скажем первую, и затем разбить на триплеты, выйдет бессмыслица:

полный «ген»:	ПОП	ПАС	ПСА,
«ген» без первой буквы:	ОП	ПАС	ПСА,
«ген» без первой буквы, снова			
поделенный на триплеты:	ОПП	АСП	СА.

В итоге возникли бессодержательные слова, наш «ген» безнадежно испорчен — смысл всей фразы погиб.

Если бы слова разделить запятой, ошибки могло бы не произойти: ПОП, ПАС, ПСА; отдельные слова четко бы выделялись между запятыми.

Ф. Крику и его сотрудникам удалось на бактериофаге



Т-2 экспериментально показать, что если одна «буква» — основание — выпадает или прибавляется, целый ген выходит из строя. Это подтверждало теорию неперекрывающегося кода без запятых: триплеты нуклеотидов в ДНК, по крайней мере на протяжении одного гена, следуют друг за другом так же непрерывно, как слова в слитной фразе **ПОППАСПСА.**

AAA...УУУ...АГУ — так выглядят названия отдельных аминокислот на языке ДНК. Но что скрывается за сочетаниями AAA, УУУ, АГУ и другими? Каким аминокислотам они соответствуют? Что хотела сказать природа этими триплетами? Казалось, исследование зашло в тупик.

В 1961 году на трибуну Международного биохимического конгресса в Москве поднялся молодой американский ученый Маршалл Ниренберг, чтобы рассказать о работе, сделанной им вместе с другим молодым биохимиком Д. Маттеи. Поднялся он на трибуну мало кому известным исследователем, а спустился прославленным ученым, тем самым Ниренбергом, который за десять минут доклада потряс мир. В кулуарах сразу после доклада взволнованные

ПАСПАСПОЛПАСПАСПОЛПАСПАСПОЛПАСПАСПОЛПАСПАСПОЛ

ученые сравнивали сообщение Ниренберга с открытием теории относительности, радиоактивности, квантовой механики. А нужно сказать, что ученые обычно скупы на подобные сравнения.

Как и все по-настоящему значительные работы, труд Ниренберга и Маттеи, да и сама идея, в нем заложенная, сейчас кажутся очень простыми.

Ниренберг исходил из того, что рибосома делает белок по тому чертежу на ДНК, копию которого приносит ей информационная РНК.

Человеку, не знакомому с основами черчения, изображение на бумаге сложной детали может казаться непонятным. Но если рядом автомат, способный читать чертежи и делать по ним детали, то самое простое — сунуть чертеж автомату, взять готовую деталь, и, глядя на нее, станет ясно, что же хотел сказать чертежник.

Так поступили М. Ниренберг и Д. Маттеи.

Сперва они получили набор «молекулярных автоматов» в пробирке — выделенные из бактерий рибосомы, готовые исправно синтезировать белок по заданному чертежу.

Какой выбрать чертеж?

«Тогда мы предположили, — пишет Ниренберг, — что синтетическая РНК, содержащая только одно или два основания, возможно, будет направлять синтез простых белков, состоящих всего из нескольких аминокислот».

Ниренберг и Маттеи решились обмануть рибосомы, подсунув им вместо природной информационной РНК полимер, синтезированный руками человека. Синтетическую РНК Ниренбергу удалось получить с помощью фермента, открытого в 1955 году М. Грунберг-Манаго и С. Очоа. Впрочем, это не была такая РНК, какой ее привыкли представлять биохимики. Полимер, использованный Ниренбергом, состоял только из оснований одного сорта — урацила. Все триплеты в нем были одинаковы:

УУУ            УУУ            УУУ.

Ниренберг и Маттеи добавляли полиурацил в систему с рибосомами, туда же прибавляли двадцать аминокислот.

ПАС ПСА ПОП ПАС ПСА ПОП ПАС ПСА ПОП ПАС ПСА ПОП ПАС ПСА

Обманутые рибосомы по «чертежу» УУУ...УУУ...УУУ... начинали строить белок из аминокислот, которые были в растворе. Из всех сразу или из какой-нибудь одной? Чтобы ответить на этот вопрос, Ниренберг и Маттеи взяли двенадцать обычных аминокислот и одну — валин — радиоактивную: среди составляющих ее атомов находился радиоактивный углерод. Потом они отделили полученный белок от раствора аминокислот и измерили его радиоактивность. Счетчики радиоактивных частиц молчали. Радиоактивная аминокислота — валин — не попала в белок, произведенный в пробирке рибосомами. Тогда они взяли другую радиоактивную аминокислоту и так дошли до радиоактивной аминокислоты фенилаланина. И теперь только замигали неоновые лампочки приборов, измеряющих радиоактивность белка; он строился из фенилаланина и только: ни одна другая аминокислота не включалась в белок. Это означало, что последовательность УУУУУ... кодирует белок, состоящий только из фенилаланина, фен-фен-фен-... Триплет УУУ соответствовал фенилаланину.

Открытие Ниренберга и Маттеи заставляет вспомнить историю с Розеттским камнем. Ученым долго не удавалось расшифровать надписи на древнеегипетском языке. Но вот, наконец, Шампольон увидел Розеттский камень: одна и та же надпись была сделана на камне древнеегипетскими письменами и древнегреческими, с которыми Шампольон был знаком. Установив соответствие между этими надписями, Шампольон раскрыл «код» надписей древних египтян.

Для Ниренберга и Маттеи Розеттским камнем стало сочетание синтетического полимера, заменяющего информационную РНК, и полученного белка.

И не только принципом расшифровки схожи между собой история Розеттского камня и ставшее уже историей раскрытие кода биосинтеза.

Розеттский камень был найден случайно. Ниренберг и Маттеи натолкнулись на разгадку кода тоже случайно. В книге В. Азерникова «Тайнопись жизни» увлекательно рассказано, как Ниренберг и Маттеи занимались вовсе не кодом, а синтезом белка на рибосомах с помощью естественной информационной РНК, используя для контроля поли-А (полиадениловую кислоту), похожую на РНК, но

заведомо, по их мнению, не способную управлять синтезом белка. Но вот поли-А кончилась...

«... Они должны были достать поли-А и продолжить опыт с поли-А.

Они не стали доставать ее. На полке стояла колба с поли-У (полиуридиловой кислотой). Эта синтетическая РНК построена так же, как и поли-А, всего из одного нуклеотида, и она так же, как и поли-А, не должна была влиять на синтез белка. И поли-У ввели в контрольный опыт.

В контроле выпал осадок белка. И его радиоактивность оказалась намного выше, чем в опыте. Это было совершенно непонятно.

Может, что-нибудь испортилось? Может, перепутали пробы?

Нет, как будто все было в порядке. Все, кроме поли-У.

Вот, пожалуй, в этот момент решалась судьба кода. Если бы Ниренберг и Маттеи не увидели в этой ситуации ничего, кроме своего досадного просчета, который лучше забыть, если бы они, решив вернуться со стези порока, синтезировали все-таки поли-А и переделали бы с ней опыт, от греха подальше, то история стала бы свидетельницей еще одного торжества слепой добродетели, а мы бы не стали свидетелями озарения открытием.

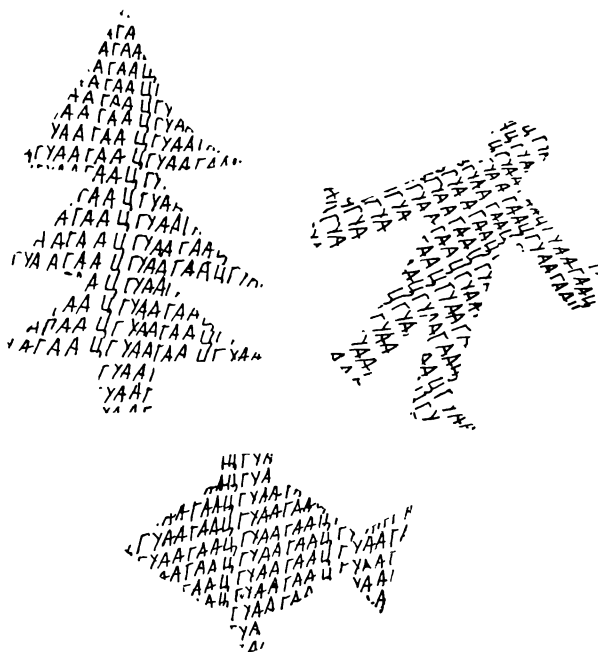
Но в случайном ученые увидели намек на закономерность, в бессмысленном уловили тайный смысл, в неожиданном узнали давно ожидаемое.

Когда они проанализировали осадок, выпавший в реакции, он оказался белком, но не обычным: его цепь состояла всего из одной аминокислоты — фенилаланина. В контроле под действием синтетической РНК — поли-У образовался синтетический белок — полифенилаланин, поли-Ф...»

Ну, а дальше потянулась долгая серия планомерных опытов, о которых рассказано выше.

Очень быстро синтезируя новые искусственные РНК, в нескольких лабораториях мира удалось выяснить состав кодовых триплетов для других аминокислот.

Полную таблицу кодовых триплетов получили Ниренберг со своими коллегами и, независимо от него, Очоа с сотрудниками. Таблицы почти совпали. Оказалось, что, например, аминокислота лизин кодируется сочетанием ААА,



пролин — ЦЦЦ, а вот серин кодируется основаниями ЦУУ, но последовательность их была непонятна: может быть, ЦУУ, а может быть, УЦУ, а может быть, УУЦ.

Чтобы ответить на этот вопрос, вновь на биохимическом конгрессе, только на этот раз в Нью-Йорке, в 1964 году поднялся на трибуну Ниренберг. Три года, начиная с Московского конгресса, ученые с нетерпением ловили статьи, подписанные им, — их ожидания оправдались.

Вместе со своим сотрудником Ф. Ледером М. Ниренберг добавлял к рибосомам не синтетические полимеры, как он делал это вначале, а коротенькие синтетические триплеты — УУУ, ААА, АЦА и другие. Сидящий в рибосоме триплет выдавал «пропуск на вход» транспортной РНК с прикрепленной к ней аминокислотой: войти могла лишь та РНК, которая соответствовала этому, сидящему в рибосоме триплету.

Было известно, что сочетание УГУ соответствует аминокислоте валину. Взяли триплет УГУ — валиновая РНК не отозвалась.

Взяли УУГ — никакого внимания. Добавили триплет ГУУ — валин оказался в рибосоме.

Так была установлена последовательность оснований в триплетах.

Но большое открытие подобно туче — когда оно появляется, из него обрушивается град вопросов.

Универсален ли код? Можем ли мы утверждать, что все организмы, живущие на земле, используют в биосинтезе один и тот же код?

Пока кажется, что это именно так и происходит, но точных доказательств нет. Или вот еще один вопрос: почему одна аминокислота может кодироваться несколькими триплетами? Природа ничего не делает зря — у нее были миллионы лет и миллиарды возможностей для того, чтобы убрать все лишнее.

Обычную книгу можно читать и на полюсе, и на экваторе — текст ее будет звучать одинаково. Но вот оказалось, что текст «книги жизни» прочитывается иногда по-разному, в зависимости от температуры: скажем, в рибосомы поступает поли-У, но при повышенной температуре белок строится не из фенилаланина, а из какой-нибудь другой аминокислоты. Мы не знаем еще всех условий среды, при которых происходит синтез белка в клетке. Когда внешние условия приводят к ошибкам в прочтении кода — не имеет ли это катастрофических последствий для клетки и организма? Словом, впереди необъятный ворох вопросов.

Еще не утихли страсти вокруг кода, а на повестке дня уже новый вопрос: какова последовательность этих триплетов в молекуле ДНК?

Число нуклеотидов в ДНК возрастает тем быстрее, чем сложнее организм. У. Стэнли писал, что в одной частице вируса 6500 нуклеотидов, в молекуле ДНК бактерии — 5 000 000. В каждой клетке человека не одна, а примерно 800 000 молекул ДНК, и каждая такая молекула состоит из 40 000 нуклеотидов.

Трудность работы по расшифровке последовательности нуклеотидов в таких гигантских молекулах может вызывать «священный ужас», но начало этой работы не за горами, потому что темп работ в этой области стремительно нарастает. Собственно, она уже началась. И началом, может быть, следует считать январь 1965 года, когда редакция журнала «Сайенс» получила статью, подписанную Р. Хол-



ли и его сотрудниками; в ней содержалась расшифровка последовательности оснований очень простой по сравнению с ДНК и даже с информационной РНК, транспортной рибонуклеиновой кислоты. Еще недавно даже такая работа казалась невыполнимой; сам Холли признавался, что, начиная ее, он не видел в ней конца.

Первооткрывателям всегда трудно. Но Холли проложил путь. Остальное — дело техники, рабочих рук, материальных затрат, хотя трудностей еще не счесть. От расшифровки структуры транспортной РНК — к расшифровке информационной. Она — копия отрезка ДНК. По копии будет понятен оригинал.

Расшифровка последовательности всех оснований ДНК — дело будущего, но оно не за горами.

Почти сорок лет никому не требовалось вспоминать об открытии Менделя. За три года раскрыли генетический код.

Целых десять лет разгадывали структуру молекулы инсулина — за год синтезировали инсулин.

За год расшифровали истинную последовательность кодирующих «слов» в молекуле транспортной РНК.

Совсем недавно синтезировали РНК одного из вирусов, способную самовоспроизводиться. С. Спигелмэн и И. Харуна из Иллинойского университета, прибавляя к смеси химически чистых составных частей РНК с солями магния фермент — репликазу, «напечатали» с небольшого количества естественной РНК, как с матрицы, синтетическую РНК. Пока это синтез, программа которого не зависит от человека: матрица предложена природой, так же как в опытах А. Кронберга с синтезом ДНК.

А через ? лет расшифруют записи на «ленте» ДНК и через ? лет синтезируют ДНК по заданной программе?

Какие цифры надо поставить вместо этих вопросительных знаков? Пока неизвестно. Эти этапы — не подъем по

равномерной лестнице. Освоены близлежащие горки, а надо брать Эверест. Молекулярные биологи еще только научились складывать слова по слогам, а предстоит прочесть всю книгу жизни. Тогда на «повестку дня» встанет синтез ДНК, которая несла бы программу такую же, а может быть, даже более совершенную, чем изобретения природы.

## *Автор спрашивает автора*

— Как мы далеки пока от создания белково-нуклеиновых роботов... Сколько «если» на нашем пути! Если удастся синтезировать ДНК... Если осуществится синтез сложных белков... А фантастам не терпится: у них роботы уже не только гуляют по нашей грешной земле, но давно отправились завоевывать иные миры.

— Да, синтез ДНК будет великим делом, но дальше между синтезом ДНК и синтезом живой клетки лежит еще одна громадная пропасть, преодолеть которую без очередной серии «гениальных» открытий тоже будет очень трудно. Необычайно трудно. Настолько трудно, что даже поэтическое прозрение отказывается в это поверить... У югославской поэтессы Ясны Мелвингер есть такие стихи:

Никто не имеет права разрушать  
Симметрию человеческих ребер,  
Симметрию человеческих бедер и рук.  
Никто не имеет права уничтожать  
Чудесные клетки, из которых соткан  
мыслящий мозг.  
Никто не имеет права орудовать смертью,  
Чтобы оспорить смысл работающего сердца,  
Чтобы жизни поток отвести во тьму, —  
Пока сами тела  
Не захотят тишины.  
Никто не имеет права разрушать жизнь,  
Потому что никто не в силах построить  
Тела простейших амёб и проворных червей,  
Потому что никто не умеет оживлять  
Погибших бабочек,  
Потому что ни у кого нет семечка,  
Из которого вырос первый цветок.

(Перевод Я. Белинского).

Согласимся с поэтессой: «Никто не имеет права раз-

*рушать жизнь». Но она не права, утверждая, что «никто не в силах построить тела простейших амев». Да, сегодня еще не в силах.*

*Но завтра... Здесь мысль ученых обгоняет мысль фантастов.*

*Выступая во Флориде на международной конференции о происхождении жизни, известный английский биолог Дж. Холдейн сказал: «Кто-то из нас или же из следующего поколения будет работать над искусственным созданием живого организма...» А французский ученый Альбер Дюкро всерьез заметил: «Поговаривают о возможности появления существа, которое превзойдет человека...»*

*— Жить в мире искусственных, превосходящих нас существ? Что же в этом хорошего? Где гарантия, что, сотворив такого сверхробота, мы не станем игрушкой в его руках? Впрочем, современная фантастика изобилует ужасными историями на сей счет. Только «сверхроботы», как правило, электронные и очень редко белково-нуклеиновые...*

*— Истории про белково-нуклеиновых роботов бывают не только ужасные, но и забавные.*

*Вот одна такая история. Она тем более кстати, что впереди у нас снова трудные дороги, и сейчас самое время отдохнуть.*

## **„ВСЕ МЫ РОБОТЫ“**

Микки Мэд, писатель-фантаст, который считался крупным специалистом в области психологии белково-нуклеиновых роботов, внезапно почувствовал, что его фантазия иссякла. словно кто-то выключил ее так же резко и мгновенно, как выдергивают вилку из штепселя.

«Все было, — мучительно думал Микки. — Роботы — убийцы... Одно время они были очень привлекательны. Но потом даже дети к ним охладели. Жена-робот — это было у Рэя Бредбери. Мэр-робот — было у Айзека Азимова. Все было, было, было...»

... Шел крупный нью-йоркский дождь. Микки метался

по своей комнате на семидесятом этаже и ничего не мог придумать... А внизу, в глубине улицы, как всегда, кишел муравейник: сновали автомобили, двигались толпы.

«Царство роботов», — сказал себе Микки, глядя вниз.

Царство роботов! Сколько раз он писал об этом. Вот и теперь из его пишущей машинки торчал недопечатанный до конца лист. Рассказ начинался так:

«...Шел 5999 год. Было изобретено все, что можно изобрести. Человечество без усталости летало к иным мирам. И настал день, когда все человечество улетело.

Впрочем, на земле остались роботы. Это были вполне современные белково-нуклеиновые роботы, но естественно, что мозг их был устроен гораздо проще; они управляли погодой, строили атомные реакторы, издавали газеты, бежали на соревнованиях и самоусовершенствовались. Они производили себе подобных. И маленькие роботы, словно по конвейеру, пройдя через этапы воспитательных операций, поглощались тем же потоком дел и событий.

Впрочем, роботы не оставались совсем без присмотра. Несколько человек все еще жили на Земле среди холодных горных снегов, ведь горный воздух чист от бактерий. Время от времени эти люди спускались на Землю, а потом вновь поднимались в горы. Следы их ног, обутых в синтетические унты, оставались на снегу.

— Снежный человек, — многозначительно качая головами, говорили роботы, разглядывая эти следы...»

И тут странные мысли зашевелились в мозгу Микки Мэда.

Он вспомнил вдруг научно-популярные статьи, которые листал в последнее время в надежде откопать хоть какую-нибудь тему для своих рассказов... Зашифрованная наследственность, управляемый синтез белка в клетках, молекулярные машины-рибосомы и еще много не менее сложных и непонятных вещей...

«Все это связано, — подумал Микки, — согласовано, во всем царит гармония идеальной радиосхемы... Да, да, именно схемы... Люди устроены как роботы... А может быть, мы и есть роботы?»

Микки подошел к зеркалу и посмотрел в него. Он увидел прилизанное и приглаженное существо, одетое





в костюме из синтетической ткани.

— А кто же я? Человек? Робот? — спросил Микки у своего отражения.

— Подумай сам, — сказала внезапно отражение и сделало шаг вперед. — Ты всегда жил как машина. Писал эти idiotские сочинения... Когда ты в последний раз был в театре? А в концертном зале? Лет десять назад. А что ты читаешь? Только спортивные рубрики газет и кровавые детективы! Любил ли ты кого-нибудь? Нет, и с женщинами ты вел себя как робот... Так кто же ты?

— Я робот, — сказал в ужасе Микки. И отшатнулся от зеркала.

— Я робот! — крикнул он и открыл дверь на лестницу.

— Я робот! — закричал он, садясь в скоростной лифт и нажимая кнопку...

Из лифта Микки Мэда удалось извлечь через два часа.

Психиатрическая лечебница походила на хорошо отлаженную машину.

Время для осмотра каждого больного было четко ограничено.

Врач работал как автомат. Рядом с ним стояли студенты медицинского колледжа и механически следили за всем, что он делает.

— Так, — сказал врач, бессмысленно взглянув на Микки, — все ясно...

И быстро стал штамповать очередной диагноз.

Студенты дружно, как части единого агрегата, взмахнули авторучками и тоже принялись писать.

«Робот, обучающий роботов. Старый сюжет, — подумал Микки. — Все это уже было! Было...»

— Следующий! — машинально крикнул врач.

# ТРИ КИТА В ОДНОЙ УПРЯЖКЕ

(ПОВТОРЕНИЕ  
НЕАЗБУЧНЫХ ИСТИН)

Число «три» — магическое число в молекулярной биологии.

Страна МОБ стоит на трижды трех китах живого.

Чтобы понять «язык» ее «жителей», надо овладеть «азбукой» триплетов—троек азотистых оснований.

В «драме жизни» — три главных «акта».

Первый акт: с одной молекулы ДНК снимается столько копий, сколько нужно, — программа живого размножена. На языке науки этот акт называется редупликацией — самоудвоением.

РНК «читает» программу и «переводит» ее на «язык», понятный рибосомам, — второй акт: транскрипция (от латинского «transcriptio» — «переписывание»).

И, наконец, с помощью

РНК рибосомы делают белки — третий акт: трансляция (от латинского «translatio» — «перенесение»).

В каждом «акте» свой «главный двигатель» — фермент. В первом — ДНК-полимераза. Во втором — РНК-полимераза. В третьем — фермент, «пристегивающий» аминокислоту к аминокислоте в молекуле возникающего белка.

В эпилоге появляются белки — вся драма жизни «пишется» ради них. Разные белки в разное время, а не один и тот же.

Рибосомы — послушные «машины». Они делают то, что им приказывают. Кто «приказывает»? ДНК, это же понятно, это доказано. Но кто «приказывает» самой ДНК?

Клетка, даже если она отшельница, не живет сама по себе. Ее окружают родственники, друзья и враги. Они все время тревожат клетку: что-то приносят, что-то уносят. Визиты одних желанны, другие нападают из-за угла. Мы уже говорили: белки — рабочий класс клетки. Но белки и армия, и полиция... В ответ на нападение клетка мобилизует белки. Урон, причиненный ей, она восполняет белками. И заняты восстановительными работами тоже белки. Внешние воздействия как бы приказывают ДНК клетки: «Организуй производство тех или иных белков».

Как это происходит, попытались объяснить Ф. Жакоб и Ж. Моно в Институте Пастера во Франции. Им казалось: число «три» и тут играет свою магическую роль. «Пусковой механизм» ДНК подобен трехступенчатой ракете: в нем есть гены-регуляторы, гены-операторы и структурные гены. Гены-регуляторы с помощью особых веществ — репрессоров, «выключают» гены-операторы. «Выключены» гены-операторы — бездействуют структурные гены (на них записаны структуры белков). Но вот какое-то химическое вещество извне подействовало на репрессор, захватило его в плен. Репрессор перестал мешать гену-оператору, и оператор «включил» структурный ген. Начался синтез белка, который нужен клетке именно сейчас, когда ее атакует определенное химическое вещество, «связавшее» по рукам и ногам репрессор. Наконец рибосомы сделали необходимый белок, репрессор снова свободен; тут же он «выключает» ген-оператор, а тот, в свою очередь, «выключает» структурный ген. Больше этот белок не нужен.

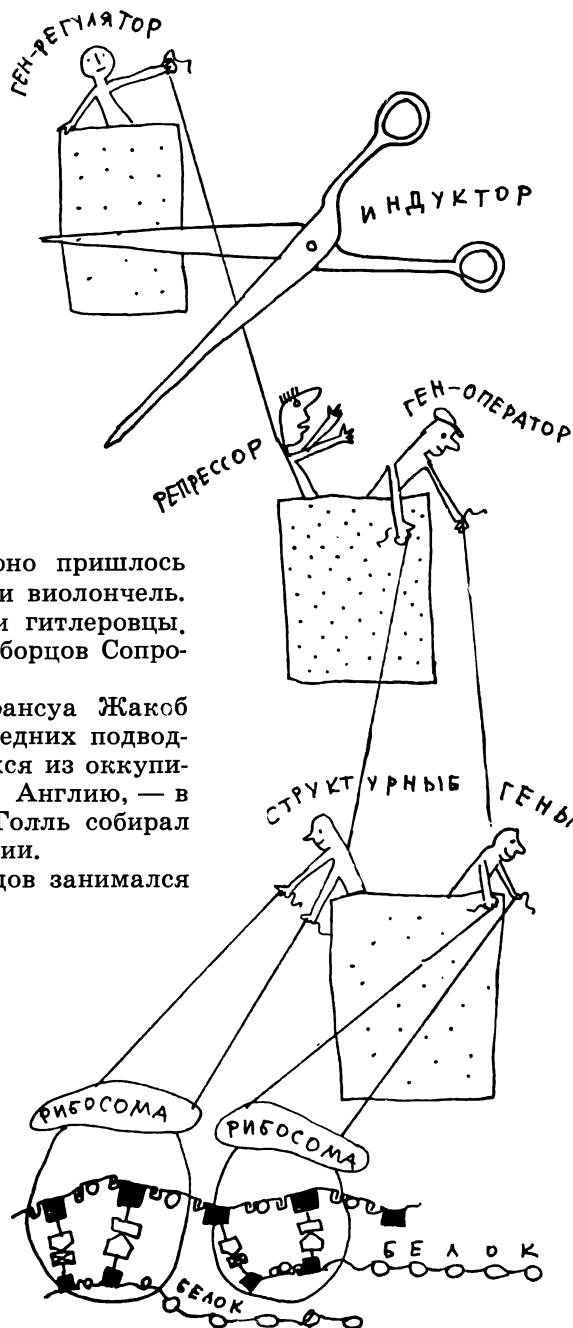
Вот какую простую технологическую карту взаимодей-





ствия генов положили на стол перед молекулярными конструкторами и механиками Ф. Жакоб и Ж. Моно (наш художник нарисовал ее по-своему).

Начало научной деятельности Жака Моно не было удачным, и он всерьез подумывал, не стать ли профессиональным виолончелистом. Свои пристрастия Ж. Моно делил между бактериями и виолончелью. Многие советовали ему бросить бактерии...



Но вскоре Ж. Моно пришлось оставить и микроскоп, и виолончель. Францию оккупировали гитлеровцы. Моно вступил в ряды борцов Сопротивления.

А в это время Франсуа Жакоб плыл на одной из последних подводных лодок, прорвавшихся из оккупированной Франции, в Англию, — в Лондоне генерал де Голль собирал силы Свободной Франции.

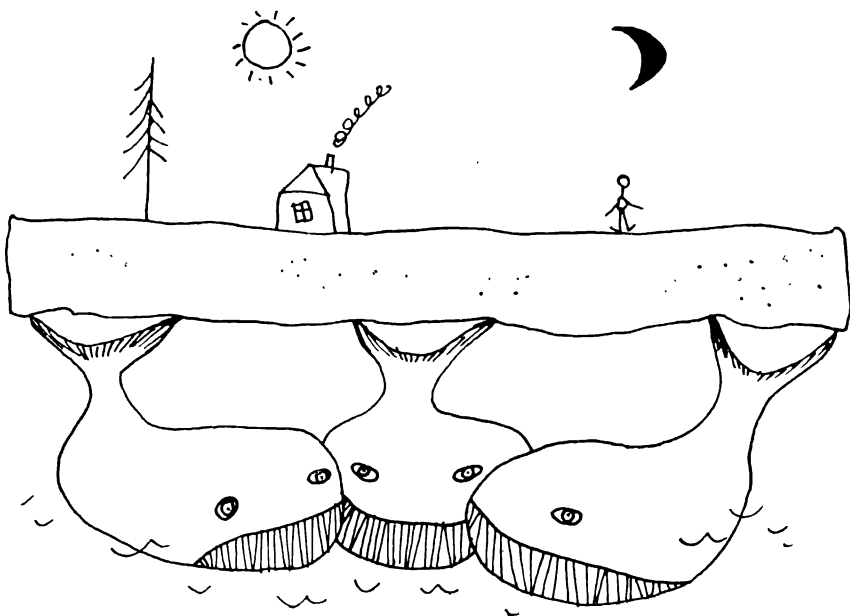
Ж. Моно с 30-х годов занимался

бактериями. Ф. Жакоб еще не выбрал окончательно, чем он будет заниматься: он даже не успел завершить свое медицинское образование. Впереди его ждала участь офицера, который пройдет через пустыни Ливии к берегам Средиземного моря, высадится во Франции, будет освобождать Париж...

Судьба столкнула Ф. Жакоба и Ж. Моно только в 1958 году. Вернее, не судьба, а все те же бактерии. Не правда ли, удивительно: два боевых офицера, прошедшие через артиллерийский огонь и безводные пустыни, два участника Сопротивления, приключениям которых могли бы позавидовать самые завзятые смельчаки, самозабвенно отдаются изучению регуляции бактерий.

Но именно через клетки бактерий и молекулы вирусов пролегал сегодня передовая фронта молекулярной биологии. И самые героические подвиги совершаются здесь...

За совокупность своих работ по бактериям Ф. Жакоб и Ж. Моно вместе с другим известным французским ученым А. Львовым получили высшую награду страны МОБ —



Нобелевскую премию по физиологии и медицине за 1965 год.

В чем-то древние мореходы были правы: кажется, мир действительно держится на трех китах. Во всяком случае, мир живого. В «таблицу умножения» жизни была вписана еще одна тройка: ген-регулятор, ген-оператор, структурный ген. (Правда, в последнее время многие ученые усомнились в правильности схемы Жакоба и Моно, но все равно эти блестящие идеи сыграли громадную роль в науке, породив сотни работ, из которых и вырастают новые представления о регуляции.)

Вокруг проблемы управления группируются сейчас основные силы молекулярной биологии. В самом деле, мы знаем, как устроены белки и нуклеиновые кислоты. Мы знаем, как написан код, как он прочитывается и воплощается в сложную белковую молекулу.

Но как связаны между собой все процессы в клетке, как они подчинены друг другу, как регулируются все те реакции, которые вместе движут жизнь? На эти и подобные им вопросы пока нет ответов.

И вот что важно и интересно. Строение ДНК, и даже ее воспроизведение можно было изучить в пробирке. «*in vitro*», как говорят биологи, «в стекле». Точно так же, «*in vitro*», удалось исследовать рибосомы и даже синтезировать с их помощью белок... Словом, этих «трех китов» — редупликацию, транскрипцию и трансляцию — можно было приручить в пробирке.

А дальше... Надо изучать управление и регуляцию в «работе» молекул. Если это делать в пробирке, наверно потребуется создать модель, которая по сложности немногим будет отличаться от клетки. А если управление и регуляцию изучать во всем их многообразии, просто необходима живая клетка. От исследований «*in vitro*», надо переходить к «*in vivo*», «в живом». Так молекулярная биология, ушедшая от клетки к молекулам, снова поворачивает к клетке, но это тоже «молекулярный» путь: от «молекул в пробирке» — к «молекулам в клетке». Этот поворот только начинается. Когда вы будете читать эту книгу, он наверняка еще не закончится. Впрочем, сколько таких поворотов ждут нас в грядущем страны МОБ?

## ЭКСПЕДИЦИЯ

## САДИТСЯ

## НА ЕЖА

*Неравномерен ход нашего корабля. То он продвигался медленно и тяжело, через столетия, через безмолвие, вдоль пустынных берегов страны МОБ. То за какой-нибудь день — да что там день, считанные минуты! — пересекал мертвую зыбь неизвестности, чтобы причалить у пристани, от которой отходят главные дороги...*

*До сих пор мы плыли на корабле, придуманном нами, на молекулярно-биологической «машине времени».*

*Теперь поднимемся по трапу на настоящий, вполне реальный пароход. Ученые отправляются на берег Баренцева моря, в Дальние Зеленцы.*

... Серое небо. Серые волны. Грозное, малогостеприимное море. Небо словно хочет вдавить корабль в воду. Но уже вырастает впереди полуостров с кубиками домов. Так

вот они, Дальние Зеленцы, Мурманский морской биологический институт.

... Баренцево море плещет в берег так, что при сильном ветре и приливе брызги долетают до здания института. Зато в часы отлива море отступает от берегов, и по дну его ходят овцы, раскидывая водоросли. . .

С другой стороны здания лезет к небу скалистая сопка, как гранитная шляпа, с украшениями из метеоприборов на макушке.

У причала качаются институтские кораблики.

Наш корабль входит в бухту, медленно проползая Сциллу и Харибду здешних мест — узкогорлый вход в бухту, где бушует и пенится стихия. . . Вот уже и якорь пополз в воду. Цепь его процеживается через зубы лебедочных колес, со скрежетом обдирает отверстие клюза. Выходят на палубу, волоча тугие рюкзаки, члены экспедиций. Они собрались из разных мест: из институтов Академии Наук СССР, из Московского и Ленинградского университетов.

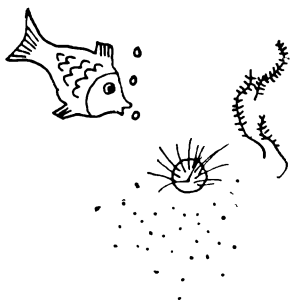
Пока корабельная лебедка неустанно трудится, извлекающая из трюма ящики с посудой и реактивами, с продуктами и резиновыми сапогами, с рыболовными снастями и спальными мешками, пока бежит к кораблю от берега тарахтящий баркас, мы стоим у корабельного фальшборта, оглядывая землю обетованную, где нам предстоит трудиться два месяца.

Ленинградцы и москвичи приезжают в Дальние Зеленцы, чтобы в домике, похожем на старый буксир, бросить вызов господу богу. Господь сделал Еву из ребра Адама. Последствия этой операции до сих пор чувствуют Адамы всей планеты. Но попробовал бы бог сотворить крокодила из икры морского ежа. . .

Почему именно морского ежа?

Помните, в предыдущей главе мы уже высказали убеждение, что молекулярная биология вновь повернула от изучения молекул в пробирке к исследованию молекул в клетке. Но какую клетку предпочесть? Никто не смог пока, да навряд ли и сможет когда-нибудь, подсчитать, сколько разных клеток есть на земле. Какую выбрать для опытов по регуляции «in vivo»?

Найти иголку в стоге сена куда легче. И все же, если не отыскать правильно клетку или подходящий организм, можно зайти в тупик. . .



Мендель избрал для своих опытов горох, и горох сослужил блистательную службу генетике. Но выводы, к которым пришел Мендель, надо было проверить на других растениях. По совету авторитетнейшего ботаника Карла Негели Мендель взял ястребинку. И сразу его постигло горькое разочарование — ястребинка словно решила опровергнуть все, что подтвердил горох. От напряженных опытов с мелкими цветами ястребинки

Мендель почти слепнет... Только будущее помогло разгадать причины этой неудачи: ястребинка не подходила для проверки законов Менделя. Она размножается без опыления и оплодотворения, путем так называемой апогамии. И рассматривать комбинации свойств «отца» и «матери», пытаясь скрестить две ястребинки, невозможно. Не случайно один из биографов Менделя скажет позже, что совет Негели задержал развитие менделизма на сорок лет.

Вот как важен и как мучителен часто для биолога выбор наилучшей клетки, наилучшего организма для ведения опыта.

«Фаворитом» молекулярных биологов стал морской еж, у которого звучное латинское имя: «стронгилоцентротус брохозиензис» (*Strongilocentrotus brohosiensis*). Стал неспроста...

Я изучил морское дно,  
Оно пустынно и темно,  
И по нему, объят тоской,  
Лишь таракан ползет морской;  
Морская там горит звезда,  
Морская там шипит змея...

Молекулярные биологи, пожалуй, согласились бы с этими строчками Леонида Мартынова, если бы не морской еж.

... Есть книга известного биолога Е. Гарвей о морском еже. На одной из страниц — картинка: мальчики смотрят на двух ежей, морского и полевого. Внешне ежи похожи. С полевым или лесным ежиком знаком каждый, морского видели немногие. Он невелик — с кулак пятилетнего ре-

бенка, походит на подушку, утыканную иголками. Иголки со всех сторон, только вниз, в центре подушки, выступ, похожий на клюв.

Еж устроен просто. По простоте с ним может соперничать только морская звезда. У него нет глаз, лап, ушей. Почти полтора века спорили ученые, есть ли у морского ежа сердце. И совсем недавно пришли к выводу: есть, только очень просто устроенное. Тело ежа — известковый шарик, слегка сдавленный сверху, и острия иголок торчат как пики. Внутри этой коробки ежиный организм занимает крохотное место. Ежихи набиты икрой. Маленькие желтые икринки похожи на песчинки. Икру ежей можно есть. В Японии она ценится. Икра немного горьковата на вкус, пахнет морем, и легкий запах йода сопровождает ее.

Из-за этой икры и плывут в Дальние Зеленцы экспедиции: беспокойно шагают на палубах ученые, и тяжелые ящики с оборудованием спят в трюмах, убаюканные морем.

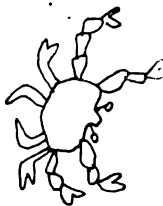
Каждая икринка — это одиночная живая клетка, точнее, как говорят ученые, яйцеклетка. Яйцо курицы, икринки осетра или морского ежа походят друг на друга по сути: в каждой из них уже заложен цыпленок, осетренок или ежик.

Обычно живая клетка усиленно сопротивляется вторжению посторонних веществ. Жизнь очень многих яйцеклеток строится вообще на «натуральном хозяйстве»: как можно меньший контакт со средой: все, что нужно для развития, в яйцеклетке запасено, вспомните хотя бы яйцо курицы, укрывшейся за своим хрупким известковым забором-скорлупой. Действительно, в черной осетровой икринке сидит целый склад питательных веществ, и пробиться посторонней молекуле через этот склад трудно.

Но ежиная икринка в этом смысле необычна: морская вода хорошо проходит внутрь, принося с собой все необходимое для развития будущего ежа.

Еще издревле, при осаде крепостей, враги старались нанести вред защитникам крепости, отравляя источники воды. Этим древним приемом можно воспользоваться для атаки на ежа: добавленные в морскую воду химические вещества, как лазутчики, проникают в клетку вместе с водой. Если добавить вещества, которые воздействуют на передачу наследственных качеств, то что разовьется из икринки?





Впрочем, чтобы сделать это, ежа надо поймать. Как говорится, «чтобы иметь рагу из кролика, надо иметь хотя бы кошку». Поэтому в путь.

... Уже качается у причала шлюпка, и по веревочному трапу с веслами и ведрами спускаются в нее люди. Шлюпка отходит от причала и идет к противоположному берегу бухты, где море бросает пену на камни, а потом сбрасывает ее холодным лезвием волны. Здесь излюбленное место ежиных колоний.

Ловцы ежей сидят в резиновых сапогах по пояс, в наглухо застегнутых куртках-штормовках, на руках толстые «ежовые» рукавицы. Двое на веслах, один на корме. В руках у кормового длинная веревка, уходящая в пучину морскую. На конце веревки металлическая труба с куском старой рыболовной сети. Труба ползет по дну, цепляется за камни, распугивая крабов. Лихо выкидывая ноги-ходули, крабы уползают и смотрят пучеглазо, как сеть цепляется за ежиные иголки и тащит ежей за собой. Грести все труднее, улов там на дне растет, и, наконец, подъем «трала»: сейчас сеть похожа на ветку, густо усеянную каштанами; коричневатые и зеленоватые, висят на ней ежи. Их отрывают от сетки, кидают в ведра. И снова, гребок за гребком, утешит шлюпка неуютное Баренцево море. «Ау, — кричат из шлюпки, — где вы, романтики?!»

Допотопный простор  
Свирепеет от пены и сипнет.  
Расторопный прибой  
Сатанеет  
От прорвы работ.  
Все расходится врозь,  
И по-своему воем и гибнет,  
И, свинея от тины,  
По сваям по-своему бьет...

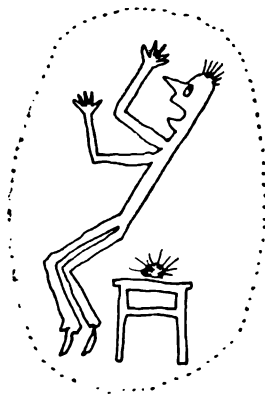
В бухте тише. Лодка пристает к сваям. Мокрыми и озябшими руками опрокидывают ведра с ежами в плетеные корзины, закрывают их сеткой и опускают на веревке под воду. Море спокойно гуляет в корзине, и ежи сидят в родной своей стихии, но вместе с тем они заперты в клетке. Дня на два улова для опытов хватит. Теперь начнутся эти горячие дни, когда только протяженность суток ограничивает рабочее время.

В маленьком домике, на столах и стульях, на подоконниках и на полу — повсюду — ежи. Сесть на мокрого ежа можно в два счета, если внимательно не посмотреть сперва на стул. Ежей препарируют. В известковых коробках их панцирей лежит, мерцающая желтизной, икра.

Чашка с морской водой — для икринки море в миниатюре.

В эту чашку добавляют капельку семенной жидкости, взятой у ежей-самцов. Тогда свершается таинство жизни — икринки начинают делиться. Сперва вокруг каждой из них появляется прозрачное кольцо — икринка становится похожей на крохотное изображение планеты Сатурн, которая крутит свой хула-хуп вот уже миллионы лет. Проходят минуты — икринка делится пополам, и вот уже две клетки, два сросшихся близнеца готовятся к следующему делению. И здесь вступает в действие Второе Великое Преимущество Морских Ежей. Первое, как вы помните, состояло в доступности икринок для химических веществ. Второе — синхронность деления икринок. «Син» — по-гречески — «вместе», «хронос» — «время».

Вместе, в одно и то же время сотни икринок в чашке делятся пополам, потом каждая из новых клеток еще раз пополам и т. д. Они ничем не связаны, эти икринки, каждая из них плавает в чашке, растет, но делает это в одно время с другими, словно они связаны невидимой нитью. Как марионетки кукольного театра. Свой в каждой клетке, но единый по устройству для всех икринок биологический механизм вызывает одну и ту же скорость деления икринок.



Природа словно специально придумала эту синхронность, чтобы облегчить труд ученых.

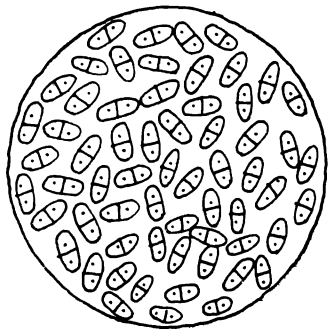
Когда организм развивается от оплодотворенной яйцеклетки до зрелого существа, на разных этапах его развития в работу включаются разные механизмы, различные вещества. И наследственная программа каждый раз диктуется разная: из гигантской библиотеки «рецептов», записанных на «ленте» нуклеиновой кислоты, каждый раз нужна какая-то определенная часть.

Вот здесь и важна синхронность деления ежиной икры: можно ставить опыт одновременно на тысячах клеток — все они будут в одной и той же стадии развития.

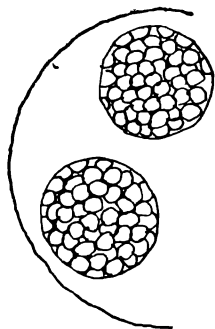
На любом этапе можно взять всю массу клеток и выделить ДНК, РНК или нужный белок, исследовать состояние этих веществ, их количество.

Итак, ежей — сколько угодно; можно получить от них огромный запас икры; она легко оплодотворяется, синхронно развивается, быстро растет, доступна для проникновения различных химических веществ — теперь понятно, почему так полюбился морской еж молекулярным биологам?

Морские ежи в Дальних Зеленцах гибнут за самые разные идеи: на них исследуют влияние на сокращение тканей аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) — мы еще будем говорить о ней впереди, в главе «Машина, завязанная в узел»; из развивающейся икры ежей выделяют РНК и следят, как изменяется РНК в ходе развития; они помогают выяснить сравнительную роль ядра и цитоплазмы; из клеток ежиной икры были выделены информосомы — образования из РНК и белка; и наконец, благодаря морским ежам человек пытался вмешаться в регуляцию.



По мере развития организма активность генов меняется. Действуют то одни, то другие гены. Ведь сначала нужны одни белки, потом другие. Кто регулирует эту активность? Предполагают, что это делают особые белки — гистоны, которые закрывают гены или отдельные фрагменты на молекуле ДНК. Клетка становится похожа на школьни-



ка, в учебнике химии которого заклеили плотной бумагой несколько страниц. Пропустив эти страницы, не выучив урока, он не смог осуществить простую химическую реакцию.

Гистоны — карлики в мире гигантских белковых молекул, их молекулярный вес около 10 000 (для сравнения заметим, что у гемоглобина, например, молекулярный вес примерно 70 000). Гистоны, скорее всего, собирательное название для целой группы белков, но разделить их до конца пока не удалось. Они входят в хромосомы, как скрепки, связывая двойные спирали. В различных лабораториях мира удалось установить, что гистоны влияют на скорость синтеза РНК, замедляя его.

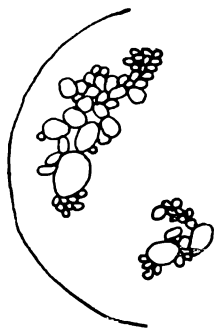
У зреющей икры вся молодость впереди. А что, если повлиять на развитие клеток, на их специализацию, добавив гистон к морской воде, в чашку, где зреет ежиная икра? Вместе с водой гистон проходит внутрь клетки и незамедлительно закрывает часть программы развития. В клетках стихийное бедствие: нужно делиться, нужны определенные белки, а некоторых из них нет — «страницы заклеены», клетка не знает, что делать.

Можно построить дом, взяв вместо кирпича булыжник. Но это будет не тот дом, который живописно сверкал на проекте архитектора, а если к тому же нет стропил или мрамора — возникает дом-урод.

Клетки продолжают делиться, но многого нет — возникает эмбрион-урод.

Вначале он похож на шар, составленный из крохотных бильярдных шариков. Позже внутри возникает полость. Эмбрионы-уроды похожи на гроздь винограда; вытянутые в длину, с клетками разных размеров, всем своим видом говорят они о том, что нарушена великая гармония природы.

Ночами «возмутители» извечного хода жизни ежей идут по гулким деревянным мосткам в маленький домик на берегу моря и надолго принакают к окулярам



микроскопов. Они смотрят на эмбрионы уродов, и эти уроды кажутся им красавцами.

Их немало, тех, кто задумывал эксперименты, таскал на спинах ящики с оборудованием, мерз на лодках, получал растворы гистонов, добавлял их к ежам, смотрел в микроскоп. Пока — ничего сенсационного, и до Нобелевской премии еще далеко... Будничная работа. Но в этой кажущейся обыденности — знамение времени. Судите сами: рядовой темой научного исследования стало вмешательство на молекулярном уровне в самые тончайшие, как говорят ученые, интимные процессы жизнедеятельности организма. И чтобы вмешательство это осуществилось, надо владеть всеми достижениями молекулярной биологии: ничего не зная о генетическом коде, о синтезе РНК и белка, о строении нуклеопротеидов и хромосом, такую работу было бы просто не осуществить...

Пока вмешательство подобно молнии — мы знаем, что она должна ударить из «гальванической мглы взбаламученных туч», но куда? Мы не в силах пока ударить гистоном в нужное место.

Но, может быть, близко то время, когда мы научимся управлять развитием, будем создавать действительно красавцев, которые и не снились природе. Морской еж — только начало.

Английская писательница Мэри Шелли почти полтора века назад написала книгу «Франкенштейн, или Современный Прометей». Ее герой, молодой швейцарский врач, ненасытно любознательный, увлекающийся химией и анатомией, физикой и физиологией, занят проблемой оживления материи. Но уродливый гигант, которого он создает, мстит своему творцу за свое уродство, за свое одиночество. Трагически кончается жизнь Франкенштейна. От руки чудовища, вышедшего из-под власти своего творца, гибнут самые дорогие для доктора Франкенштейна люди. Во льдах Арктики, где он преследует гиганта-убийцу, находит Франкенштейн свою смерть.

Он умирает, и невыполненными остаются «светлые видения всеобщей пользы», которую хотел принести Франкенштейн людям. Как Прометей, бросив вызов богам и природе, он проиграл этот поединок. Но эстафета доктора Франкенштейна принята учеными мира.

... Опыт кончается под утро. Время прилива, и море

плещется совсем рядом. Снова вспоминаются стихи Бориса Пастернака:

Придается все.  
Лишь тебе не дано примелькаться.  
Дни проходят,  
И годы проходят,  
И тысячи, тысячи лет.  
В белой рьяности волн,  
Прячась  
В белую пряность акаций,  
Может, ты-то их,  
Море,  
И сводишь, и сводишь на нет...

Здесь нет белых акаций — только камни одеты лишайником да карликовые березки. Но из этого моря, как и из всех других морей, вышла на сушу жизнь. Тысячи и тысячи лет отбирала природа самые хитроумные, самые совершенные реакции, кодировала, строила, создавала. Памятник самой себе природа поставила, создав человека. И вот человек вновь и вновь возвращается к морю, к истокам жизни, чтобы попытаться превзойти природу в созидании живого.

Вот почему плывут в Дальние Зеленцы корабли, плывут через непогоду, и с палуб и мостиков смотрят вдаль капитаны и ученые.

### *Автор спрашивает автора*

— Ежи — уроды... И это все, чего удалось добиться?

— В этой работе пока все. Но, повторяю, это только начало.

— А если управление над ростом и развитием всего живого попадет в недобрые руки?

Помните компрачкосов — торговцев уродами — в романе Виктора Гюго «Человек, который смеется»? Они калечили детей (так был искалечен Гуинплен, его лицо обезобразила гримаса смеха) и потом продавали их...

Кто может поручиться, что не появятся современные компрачкосы? И не выведут породу безмозглых существ с сильными мышцами, готовых выполнить любой, самый чудовищный приказ?

*Или вдруг свою волю миру вознамерится диктовать злой гений, который обзавелся выращенным им гигантским мозгом? К чему это может привести?*

*— Я расскажу вам одну историю, которую слышал в Англии, в Оксфорде. Там проходила конференция по биополимерам, а когда она закончилась, последние два дня мы посвятили осмотру старинных достопримечательностей.*

*Вы знаете, в каждом английском замке есть свое привидение. Надо вам сказать, что в каждом оксфордском колледже тоже есть свои «привидения»...*

*Я услышал эту историю на прощальном ужине...*

## **„НЕЙРОННАЯ БОМБА“**

Помню, рассказу предшествовал тогда недолгий спор: много ли может сделать в современной науке одиночка? Кажется, этот спор и навел рассказчика на мысль поведать эту историю...

Итак, в одном из английских колледжей учился Джеймс Ливси. Оригинален и нелюдим. Товарищи не любили его, а он не любил их. Правда, волей-неволей ему приходилось общаться с Питером Джоунсом — они жили в одной комнате. Но Джоунс собирался жениться, редко бывал дома и не мешал Ливси пребывать в мрачном одиночестве.

Странный парень был этот Ливси. Однажды он сказал Джоунсу, что хочет изобрести... собственную бомбу. Румяный Джоунс, скептически окинув взглядом тщедушную фигуру Ливси, заметил, что, пожалуй, для термоядерной бомбы Ливси слабоват в коленках, а на обычную, атомную уже не стоит тратить времени и нервов... Ливси, зло усмехнувшись, перебил его: термоядерная бомба — чепуха, он занят штучкой посильнее — нейронной бомбой... Изрекал он все это с обычным для него желчным апломбом, и понять, серьезен он или шутит, было, как всегда, трудно...

Впрочем, ученье Ливси затянулось, «бомба» явно давалась ему с трудом. Когда-то он учился на физическом факультете, доучился до последнего курса, потом бросил физический и перешел на биологический. Это случилось

в конце 40-х годов, когда физика уже была в моде. Биологический он тоже бросил, опять на последнем курсе, и перешел на математический... Непонятно было, как все это сходит ему с рук. Правда, утверждали, что ему покровительствует физик Ганзен — лицо довольно влиятельное в университете, который видел в Ливси чуть ли не новоявленного гения...

Несомненно, Ливси был одержим какой-то идеей.

Внизу, в заброшенном подвале общежития, он соорудил маленькую лабораторию. Там хранилось вышедшее из употребления оборудование — целый склад никому не нужного хлама. Ливси высвободил один угол и проводил здесь долгие часы...

Однажды ночью Джоунс проснулся от странного ощущения, что кто-то долго, очень долго смотрит на него. И в самом деле, Ливси стоял посредине комнаты в своем черном лохматом свитере, тяжелых ботинках, с сигаретой во рту. Скуластое лицо его было землисто-желтого цвета. Взгляд был устремлен на Джоунса...

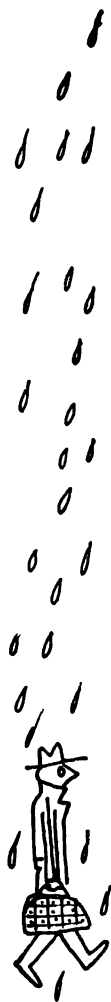
— Одевайся! — коротко приказал он Джоунсу.

Что-то заставило Джоунса покорно встать, одеться и спуститься следом за Ливси в подвал...

Они пробирались ощупью сквозь железные груды, валявшиеся в беспорядке, в самый дальний угол. Кругом были запустение и мрак. Наконец Ливси щелкнул выключателем.

Джоунс огляделся. У стены стояли грубые столы. На них громоздились банки с реактивами, радиолампы, полупроводниковые детали, слесарные и монтажные инструменты. Потом он увидел вакуумный насос. Поблескивало металлическое чрево небольшой центрифуги, крышка которой была отброшена. Подмигивали красные лампочки.

— Да у тебя тут действительно атомный завод!





Ливси рассвирепел:

— Вы, удачливые зубрилы, аккуратные счастливицы, баловни судьбы, которым все легко дается. Я знаю: вы потешаетесь надо мной... Но вы не знаете, какой власти и какого могущества я достиг, сидя здесь, в этом подвале.

Знаешь ли ты, что такое зигота? Впрочем, откуда! Ты же математик, арифмометр в нейлоновой рубашке! И ничто, кроме сегодняшней порции обычного математического пошла, тебя не волнует. Так вот слушай...

То, что Ливси говорил Джоунсу, я изложу вам гораздо короче.

Печень, селезенка, нос, сердце возникают из одной-единственной клетки — зиготы. Развиваясь, она дает новые поколения клеток. А из массы этих клеток образуется человек. Или слон. Или зебра. Кто получится — это заложено в ДНК зиготы. Зигота делится пополам, новые клетки еще пополам — и так далее. Сначала все эти клетки совершенно одинаковые, как медные монеты одного достоинства. Но потом, в какой-то момент, из одних клеток образуются клетки печени, из других — селезенки, из третьих — кровеносной системы. Значит, началась дифференциация клеток. До сих пор был однообразный поток. Отчего же теперь клетки становятся разными? Почему одна «праправнучка» зиготы — печеночная клетка, а другая — клетка мозга?

В молекуле ДНК химическим языком записана вся программа развития клетки. Сначала зигота и ее ближайшие потомки имеют программу на все случаи жизни. Как Робинзон Крузо, они все умеют и все делают сами: делятся, питаются, дышат. Но в какой-то момент специальные вещества начинают закрывать какие-то участки в молекулах ДНК, «стирать» какую-то часть программы. Клетка уже не может «услышать» ту часть, которая «стерта». Она «слушается» только тех команд, которые «не стерты». Теперь она подчиняется специальной, а не всей программе. Значит, она становится специализированной. Была масса клеток — теперь растут клетки почек, селезенки, желудка, мозга. Растут не без конца — тут тоже есть своя программа.

Внезапно Ливси повернул рубильник на стене. Вспыхнул неяркий свет.

— Подойди ближе, — позвал он Джоунса.

Странная прозрачная ванна, или, если хотите, большой аквариум, по форме напоминавший саркофаг, возвышался

у стены. Недвижно застыла в нем густая зеленоватая жидкость. И в этой жидкости колыхался серый шар. От него тянулись красные и синие провода. И, словно в mine, торчали тонкие иглы, стержни, спирали. Некоторые из них были черны и холодны, другие мерцали красноватым светом. Из темных глубин вокруг шара беззвучно поднимались и лопались пузырьки газа...

За спиной Джоунс услышал глухой голос Ливси:

— Это мозг. Я долго мучился, прежде чем, наконец, научился выращивать клетки мозга. Все дело было в особом наборе веществ — репрессоров. Я знал, что он существует. Если им обрабатывать клетки еще до того, как пойдет дифференциация, он будет подавлять все возможности, кроме этой единственной — превращать все клетки в клетки мозга. Мне удалось выделить репрессоры и составить этот набор. И видишь, вот оно, серое вещество, без которого не было бы ни Эйнштейна, ни Уэллса, ни Корбюзье...

Джоунс был ошеломлен. До него доносились обрывки речи Ливси: «Мозг как электронная машина... Гигантское количество клеток — пятнадцать миллиардов... А может, сто миллиардов. Природа «строила» эту машину миллионы лет... Все думают: построить ее искусственно пока невозможно... Идиоты! Вот она — у меня в ванне...»

— Но для чего?

Ливси положил руку на плечо Джоунсу и резко повернул его к себе.

— Разве ты не знаешь: чем больше у человека мозг, тем больше в нем ячеек, тем больше потенциальная возможность все помнить. А память — это знания. А знания... — он усмехнулся. — Как там пишут: сила, власть, могущество! Газеты полны этими словами: «Позиция силы» — ради нее сооружаются космические бомбардировщики и выращиваются смертоносные легионы бактерий... Моя «позиция силы» здесь, в этой «нейронной бомбе»... Ты удивлен?

— Я не совсем представляю себе, что ты будешь с нею делать.

— Вот так же древние китайцы не представляли, что люди будут делать с порохом, который они, китайцы, изобрели...

Ливси с мрачным торжеством созерцал сотворенный им

серый шар. Потом, так и не ответив толком Джоунсу, повернул рубильник. Свет погас.

... Джоунс опомнился, только снова очутившись в постели. Остаток ночи он не спал и задремал лишь на расвете. Ему тотчас же приснился серый шар, и он вскочил в холодном поту. «Уж не приснилось ли мне и все остальное?» — подумал Джоунс. Но Ливси не было, и кровать его была не смята...

А Ливси ранним поездом ехал в Лондон. С ним был громоздкий полукруглый чемодан, сделанный из пластмассы.

В Лондоне он прежде всего направился в военное министерство и потребовал аудиенции у министра. Министр был занят. Но дело, с которым явился Ливси, казалось столь необычным, что его немедленно направили в «Отдел по борьбе с изобретениями и открытиями» — его именовали просто Первым отделом. В этом отделе всегда дежурил ответственный чиновник, располагавший тремя мундирами — генерала, полковника и первого лорда адмиралтейства, а также халатом санитары (мундиры менялись в зависимости от срочности и важности дела). Поскольку Ливси сохранял цель своего визита в строгой тайне, чиновник встретил его в мундире первого лорда адмиралтейства.

— Ну-с, — спросил чиновник, уныло взглянув на чемодан. — Так что у вас там?

— Бомба, каких у вас еще не было, — начал было Ливси, но чиновник тут же его перебил:

— Я так и думал, голубчик. Я так и думал. Но бомбы нам больше не нужны. Слава богу, бомбы у нас уже есть...

Ливси открыл чемодан. Серый шар покоился на желеобразной зеленоватой подушке...

— Это «нейронная бомба». Мозг, который я выстил...

— Мозг? — чиновник с любопытством заглянул в чемодан. У него мелькнула мысль, что, пожалуй, уместнее было бы беседовать с этим посетителем в халате санитары.

— Да, эта серая громада клеток — мозг. Самая дефицитная «взрывчатка» наших дней. Разве не так? Будь у вас в министерстве чуть побольше такого вот серого вещества — и наши войны, наверно, шли бы успешнее. Теперь я могу продавать вам это унциями и фунтами...

Чиновник вежливо слушал Ливси, не спуская боязливо-го взгляда с чемодана.

— Из чего это сделано? — спросил он после паузы.

— Я же вам сказал: это нейроны. . .

— М-м, забавно. И что же он умеет, этот ваш мозг? За-чем он нужен?

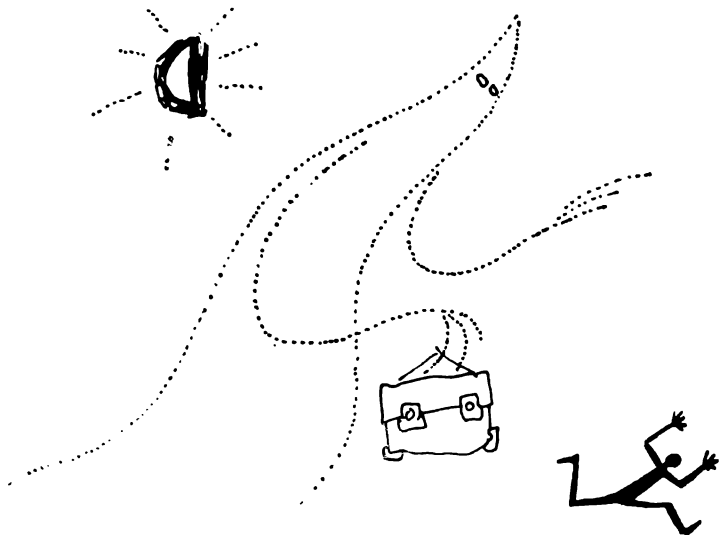
И тут Ливси смешался.

— Видите ли, сэр. Я сделал поддела. . . Теперь в эти клетки нужно вложить знания. Нужно дать мозгу глаза, уши, обоняние, осязание. . .

— Прекрасно! — чиновник кивнул головой. — Как толь-ко вам это удастся, мы подумаем, куда приспособить этот ваш мозг. А сейчас. . . Ну, согласитесь сами, зачем нам в министерстве еще один бессловесный, бездумный мозг? . .

Тщетно Ливси обходил одно министерство за другим. Всюду его встречали с любопытством, но сам по себе мозг не вызывал особого энтузиазма. В министерстве финансов, впрочем, склонны были приобрести мозг, но испугались, что об этом пронюхает оппозиция и газеты поднимут шум, будто министерство опять оказалось настолько безмозглым, что не смогло само сбалансировать бюджет.

В министерстве культуры мозгом даже не поинтересо-вались.



Теперь, как никогда, Ливси ощущал всю беспомощность своей затеи.

Да, он сконструировал гигантскую машину из нейронов, но она бездействовала. И он возненавидел ее.

С тех пор Ливси исчез. Больше его не видели ни в Лондоне, ни в Оксфорде.

Прошло немало лет. Но случается, в подвале общежития колледжа вдруг начинает мерцать тусклый свет. И тогда суеверные студенты спрашивают: не вернулся ли Ливси за новыми мозгами?

### *Автор спрашивает автора*

— Шутки шутками, но все же, если когда-нибудь мы научимся управлять развитием зиготы, к чему это может привести?

— К тому, что хирурги получают «запасные ткани» человеческого тела — печени, или почек, или мозга... А может, и к тому, что зигота станет «семенем» для выращивания целых органов, в которых так нуждается восстановительная хирургия.

И еще одно. Об этом коротко сказано в книге М. В. Волькенштейна «Молекулы и жизнь»: «К проблеме дифференциации примыкает проблема рака — злокачественных новообразований. Для раковых клеток характерно именно отсутствие дифференциации. Если бы удалось каким-то образом блокировать часть генетических систем этих клеток, они должны были бы утратить свою злокачественность».

— И все же, если «генетическая бомба» попадет в недобрые руки? ..

— Я оптимист. Люди доброй воли сильнее злых маньяков.

## КОРОЛЕВСКАЯ

## ГЕМОФИЛИЯ

## И ДРУГИЕ...

*После истории, рассказанной ученым, мне приснился страшный сон. У меня сломались рибосомы. Я чувствовал, как задыхаюсь без белка гемоглобина. Лихорадочно скручивались и закручивались в спирали, как холодные змеи, нити ДНК. Судорожно дергалась лента РНК, зажатая в черной пасти рибосомы. Я погибал.*

— Где Крик? — крикнул я. — Где Уотсон? Где Ниренберг? Спасите меня!

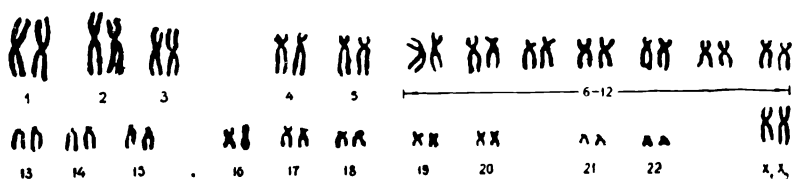
— Я здесь, голубчик, — сказал чей-то голос. — Что с вами?

— Верните мне мои рибосомы, — успел я выдохнуть из последних сил проснулся.

Уже рассвело. Надо мной склонился мой соавтор.

— Вы бредили. Правда, бред ваш носил научный характер, но тем не менее это был бред...

Утром мы обсудили этот сон.



# ЖЕНСКИЙ ХРОМОСОМНЫЙ НАБОР

ВНИЗУ СПРАВА — ПАРНЫЕ ПОЛОВЫЕ ИКС-ХРОМОСОМЫ.

— Не кажется ли вам, что в нем была определенная логика?

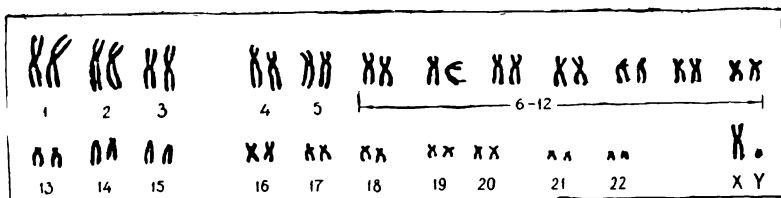
— Да, что-то похожее происходит и в природе. Вдруг в закодированной программе одна из строк становится неверной. Одно из азотистых оснований вылетело. Ген сломался. А поломка гена — это значит: ДНК дает неверные указания, передает их РНК. Транспортная РНК превратилась в порожний транспорт или погрузила совсем не ту аминокислоту. Рибосомы не делают нужного белка или штампуют белок-уродец. Биологи говорят: произошла мутация, изменение наследственных признаков. Нередко мутации приводят к молекулярным болезням, болезням наследственности.

Есть такая болезнь — гемофилия. Несвертывание крови. Из порезанного пальца кровь идет неделями. Каждая ранка угрожает смертью. Скверная болезнь. . .

Королевская болезнь! Да, именно королевская, и это очень легко проследить: раньше историки только тем и занимались, что «выслеживали» королей и царствующих особ: тогда-то родился, тогда-то в поход собрался, тогда-то и от того-то почил в бозе. . .

Когда очередной внук английской королевы Виктории умер от гемофилии, она воскликнула: «Эта ужасная болезнь преследует нашу несчастную семью, болезнь, хуже которой я ничего не знаю».

Между тем эта «несчастливая семья» века правила всей Европой. Императоры, короли, цари Германии, Испании, Румынии, России были в родстве с викторианским домом. Все было им подвластно, кроме одного: генов и хромосом.



Мужской хромосомный набор

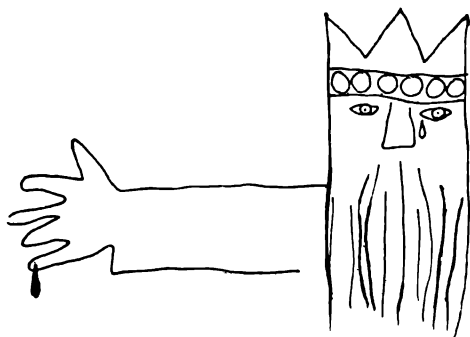
В клетке человека — 46 хромосом: 23 от отца и 23 от матери. Одна пара у мужчин и женщин различна. В женских клетках обе хромосомы этой пары одинаковы. Их обозначили «икс-икс». А в мужских — одна хромосома не похожа на другую: «икс-игрек». Хромосома «икс» «сцеплена» с женским полом, а «игрек» — с мужским. Ребенок получает по одной такой хромосоме от отца и матери. Так вот, причина гемофилии — дефект одного гена в «икс»-хромосоме. Испорчен ген — и не вырабатывается белок, способствующий свертыванию крови. Мужчина с такой «икс»-хромосомой обязательно болен гемофилией, а женщина — нет, кровь у нее нормальна: выручает вторая «икс»-хромосома. Но женщина — носитель болезни. И своему ребенку она может передать ущербную «икс»-хромосому.

Любопытно: больной гемофилией отец не страшен будущему сыну, ведь он передает ему нормальную мужскую «игрек»-хромосому, но дочери он передает болезненную женскую «икс»-хромосому. И дочь, не заболев сама, станет тоже носителем болезни. Эта зловещая капля смерти, как Агасфер, может блуждать из поколения в поколение. И мужчины, которым она досталась, будут умирать очень рано.

История мстила королям и царям: опасная «икс»-хромосома избрала для своих блужданий «голубую кровь». Генеалогическое древо монархов Европы оказалось подточено убийственным червем хромосомной болезни. Одна за другой ветви этого монархического древа засыхали и падали.

Сама королева Виктория была носительницей гемофилии. Она пережила свой XIX век и умерла восьмидесяти двух лет.





Ее сын Леопольд был болен гемофилией и умер, упав и слегка ударившись, в тридцать один год. Другой отделался бы легким испугом, а Леопольд получил кровоизлияние в мозг. Из трех внуков Виктории, сыновей ее дочери Беатрисы, двое страдали гемофилией. Два сына другой дочери Виктории, королевы испанской Евгении, скончались от гемофилии в двадцать и тридцать лет. С той же беспощадной точностью королевская болезнь намечала жертвы и дальше. И добралась до внучки Виктории — русской императрицы Александры Федоровны и ее сына Алексея.

Это был буквально «хромосомный террор»: из двадцати пяти сыновей и внуков Виктории десять пали под ножом «генетической гильотины».

А казалось бы, что такое дефект одного гена... Ведь у человека в каждой клетке около миллиона генов!

Монархи были всемогущи, но гены издевались над монархами. Династию Габсбургов они «наградили» узкой, выступающей вперед нижней челюстью и отвислой губой. Придворные шуты, вдали от королевских глаз, передразнивали «габсбургскую губу»: рот полуоткрыт, почти оскален... И как ни старались живописцы приукрасить своих властителей, все равно «габсбургская губа» кочевала с медалей и

монет на медальоны и парадные портреты. Император Максимилиан — XV век... Император Карл V — XVI век... Мария Терезия Австрийская — XVIII век... Эрцгерцог Альбрехт — XIX век... Альфонс XII Испанский — XX век... Шесть веков метили гены Габсбургов, и никакие лекари не могли избавить их от клейма этой уродливой губы.

Теперь вам понятно, почему генетики стали рыться в генеалогических книгах и прослеживать родословные? Там были похоронены «истории болезней», которые писались столетиями. Естественно, это были «истории болезней» знатных людей, потому что у бедных и безвестных не было родословных.

В роду Жана Нугаре, сведения о котором терялись в XVII веке, за четыре века сто тридцать девять его родственников в десяти поколениях страдали куриной слепотой — ослаблением зрения при сумеречном свете.

В Англии в 1716 году у вполне здоровых людей родился совершенно здоровый мальчик Эдуард Ламберт. Но не исполнилось ему и восьми недель, как кожа его стала чернеть и утолщаться и потом покрылась грубыми наростами, вроде чешуек. «Человек-дикообраз» — прозвали его с седи.

Ламберт имел шесть сыновей, и все они тоже выглядели «дикообразами». И в последующих четырех поколениях рождались «дикообразы», но вот что примечательно — только мальчики, девочки были как девочки...

В те времена появление этих несчастных приписывали колдовству, «нечистой силе». Мы теперь скажем иначе: произошла мутация, поломка какого-то гена в мужской «игрек»-хромосоме (ведь только мужчины заболевали этой болезнью).

Теперь ясно: болезней наследственности не так мало. Полтора миллиона младенцев каждый год появляются больными из-за взбунтовавшихся генов. Одни и те же ненормальные признаки передают-



ся из поколения в поколение. Медики называют сочетание таких признаков «синдромом».

Синдром Марфана — у слабого, вялого человека вырастают слишком длинные кости пальцев рук и ног. Эта болезнь сопровождается пороками сердца. Установлено: поломка всего одного гена вызывает и ненормальный рост, и болезнь сердца.

Издавна в Африке была бичом тяжелая болезнь. Ее называли серповидной анемией. Она вызывает острое малокровие. Красные кровяные шарики у больного человека теряют свою правильную форму, походят на полумесяц, слипаются. Гемоглобин в них не тот, что в крови у здоровых людей. Он отличается от нормального всего... одной аминокислотой: вместо глютаминовой кислоты — валин. В. Ингрэм, открывший это различие, заметил: «Замена одной аминокислоты из трехсот в молекуле гемоглобина представляется ничтожным изменением, но оно может оказаться роковым для несчастливого обладателя ненормального гемоглобина». Но почему произошла эта замена? Вышел из строя один из генов, командующих строительством гемоглобина.

Гены портятся, ломаются, ошибаются.

Правила «хромосомной арифметики» нарушены — и за это приходится расплачиваться дорогой ценой. Рождается мальчик, у которого в клетках не 46, а 47 хромосом — три половых хромосомы: «икс-икс-игрек», а не две: «икс-игрек». Мальчик недоразвит, тучен, страдает расстройством желез внутренней секреции. А если в клетках девочки три хромосомы — «икс-икс-икс», — это грозит ей психической болезнью.

Если даже в «обычном» хромосомном наборе одна из хромосом 21 пары станет короче другой, возникает злокачественное заболевание крови — миэлолейкоз. Все белые клетки крови разносят эту укороченную хромосому!

«Хромосомные болезни»! Четверть века назад ни один врач их не знал. Теперь же медицинская генетика изучает свыше ста таких болезней. А сколько еще не раскрыто!

В «ошибках» хромосом и генов ищут причины наследственной слепоты и шизофрении, глухонемой и лейкозов. Все чаще и чаще слова «рак» и «ген» тоже ставятся рядом.

Рак. Катастрофическое расползание безудержно расту-

щей опухоли по всему организму. А ведь в этой опухоли тоже живые клетки!

Человек — это миллионы самых разных клеток. Одни перерабатывают пищу, другие переносят кислород, третьи сражаются с микробами. У каждой группы клеток своя программа, своя цель — здоровье и жизнь!

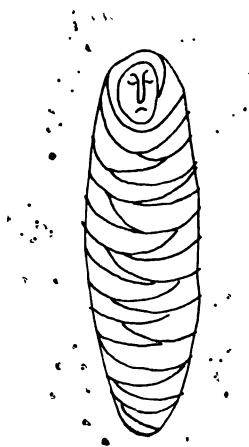
И вдруг в эту стройную «вселенную клеток», гармонично живущую по своим законам, врывается клетка-нарушитель, клетка-дикарь. Она не подчиняется этим законам, она не признает никаких программ. Она растет, размножается, грабит соседние клетки, отнимая у них питательные вещества. Она несет болезнь и смерть. Она и ее громадное потомство опутывают здоровые клетки, прорастают между ними, разрывая давние связи, сдавливая здоровые ткани, окружая их, лишая питания, дыхания, свободы. И вот уже целые легионы одичавших клеток наступают по всем направлениям. И тогда произносят диагноз: рак!

А все началось с одной-единственной клетки. В ней причина опухоли. Это доказано бесчисленными опытами. Можно, например, взять тонким стеклянным капилляром одну опухолевую клетку у больной белой мыши и пересадить эту клетку здоровой мыши. Пройдет некоторое время — и у здоровой тоже возникнет опухоль. Если теперь взять одну клетку у этой мыши и снова пересадить ее здоровой — и у той возникнет рак. Да, все горе начинается из-за одной клетки. . . Но ведь она тоже была здоровой. Что же заставило ее переродиться, перестать быть «ячейкой жизни»?

Тысячи людей пытались ответить на этот вопрос. Часть ответов по-своему верна, но ни один из них не стал последним.

Некоторые говорят: есть особые вещества, они способствуют возникновению рака. Их даже называли канцерогенами (от латинского слова «канцер», что значит «рак», и греческого «генос» — «рождение»). Например, давно замечено: в каменноугольной смоле есть что-то, вызывающее рак. Недаром трубочисты так часто раньше заболевали раком кожи. Ведь они большую часть жизни проводили среди сажи, копоги и каменноугольной пыли.

Много времени прошло с тех пор, как два японских ученых Ямагава и Ичикава вызвали рак кожи у кролика, натирая ему ухо каменноугольным дегтем. С тех пор зло-



вещий арсенал химических веществ, которые вызывают злокачественный рост клеток, необычайно увеличился.

Мышьяк и анилиновые красители, порошок никеля и спирт, целлофан и полиэтилен, тефлон и нейлон, в одной из научных сводок более 500 веществ названы канцерогенными — право же, мир померк, потому что стало казаться: в нем все канцерогенно! А причины?

Исследователи шли вспять, вглубь и вширь. Опухоли находили у мумий фараонов, у растений, у насекомых, червей и рыб. Опухоли описывали, фотографировали, рассекали, вновь и вновь рассматривали под микроскопом. Ну, и все-таки: в чем их причины?

Увы, ответ Р. Вирхова, данный сто лет назад, звучал так, как будто это было сказано вчера: «Я не думаю, чтобы нашелся человек, который мог бы дать ответ на вопрос о том, что такое, собственно, опухоль».

И все же...

Если рассуждать строго логически, что управляет ростом и размножением клеток? ДНК. Что может вызвать безудержный рост и ничем не сдерживаемое размножение? Тоже только ДНК. Значит, корень зла — в перерождении ДНК, в хромосомах и генах. А кто исконный враг ДНК клетки? Вирус! Только обычно вирус грабит клетку, чтобы «построить» полчища новых вирусов. А тут какой-то «вирус шиворот-навыворот» — он сам неуловим, но он вызывает «обвал» раковых клеток, под которым гибнет все здоровое; ему самому ничего не надо, но клетки, спровоцированные вирусом, принимаются мародерствовать. Вирус словно отказался от своей главной роли, уступил сцену раковой клетке, а сам скрылся за кулисами.

В том-то и дело: никто еще не находил вируса рака у человека. У кур нашли, у лягушек, мышей, кроликов тоже...

А в клетках больных раком людей не оставалось и следа вируса.

Сторонники вирусной теории не сдавались: «Мы, может быть, уже открыли вирус рака человека, но просто не знаем

об этом. Из организма человека выделены за последние десять лет сотни вирусов — большинство из них не связаны ни с какой болезнью. Но ведь они сидят в наших клетках, сидят притаившись, и, значит, от них можно ждать всего...»

Одни представляют зарождение опухоли так: нуклеиновая кислота вируса «впечаталась» в ДНК клетки и зашла, как бы заснула... До поры до времени. Но вот клетка облучилась или в нее попало канцерогенное вещество — и вирус разбужен. Он сам теперь как ген. Он подменил программу клетки — провокатор завладел властью, клетка стала лихорадочно выпускать все больше и больше чужих белков, еще немного — и она захлебывается в этих белках, лавина двинулась... Во всех новых раковых клетках сидит на ДНК копия нуклеиновой кислоты вируса-провокатора, и уже трудно остановить лавину.

Правдоподобно? Как будто! А почему не нашли вируса? Да потому, что вируса нет — есть только его нуклеиновая кислота, да и та спряталась за «спиной» ДНК клетки.

Так думают одни.

Другие говорят: разгадка рака — в ином...

Жакоб и Моно подсказали: если сломан ген-регулятор, ген-оператор начинает работать бесконтрольно — и белки выбрасываются во все возрастающих количествах. Кризис перепроизводства! Значит, надо найти способ — или вещество? — которое заставило бы ген-оператор выключиться, надо научиться исправлять ген-регулятор...

Легко сказать! Попробуй определи, где они — регулятор и оператор, как их заметить на «пульте» ДНК?

Вопросы... Вопросы... Вопросы... И опыты.

Кропотливо собираются факты — одна «копилка» наполнена наполовину, другая почти пуста... Так было недавно с «копилкой» строения ДНК, или генетического кода. Насколько полна «копилка», в которую весь мир вносит факты о раке? Никто не знает. Она по-прежнему наглухо закрыта, запечатана.

Но близок час, когда кто-то знаменитый или никому не известный (кто знал Ф. Крика пятнадцать лет, а М. Ниренберга десять лет назад?) на очередном Всемирном противораковом конгрессе представит доклад: «Генетический механизм возникновения злокачественных опухолей».

Этот злодейский механизм, разобранный на составные

части, сразу подскажет, какая деталь клетки должна быть под постоянным надзором: испортилась — надо немедленно заменить. Хирурги до сих пор твердят: «Самое радикальное средство борьбы с раком — вырезать опухоль». Не скажут ли молекулярные хирурги близкого будущего: «Единственное средство — вырезать этот участок ДНК. В него внедрился вирус». Или напротив: «Единственное средство — «впечатать» вирус вакцины. Он обуздает и включит бесконтрольный ген-оператор». Или не будет единственных средств?

Каждый новый противораковый конгресс ждут с нетерпением. Если не на этом, так обязательно на следующем... Это не слепая вера, не фатальное ожидание. Просто у рака появился равный ему по силам противник — молекулярная биология.

\* \* \*

Вот мы говорили: в появлении «хромосомных болезней», а возможно и рака, виноваты мутации, изменения в генах и хромосомах. Эти болезни известны давно. Но сейчас, пожалуй, они встречаются чаще, и в этом отчасти «повинно» развитие современной науки и техники. Человек создает свою собственную «атмосферу», она насыщена радиоактивными излучениями и химическими веществами.

Человек облучается всю свою жизнь. Космические лучи и естественная радиоактивность земных пород создают радиационный фон. Ядерные испытания в атмосфере, к счастью, теперь запрещенные, увеличили эту естественную радиацию. Доказано: радиоактивное излучение разрушает хромосомы, разрывает их на части. Потом они могут срастись, но куски скрепляются неправильно, как детали у сумасшедшего сборщика.

Подсчитано, что сто пятьдесят миллионов автомобилей на Земле за один час выбрасывают до шестисот тысяч тонн ядовитой окиси углерода, огромное количество других ядовитых смесей. В выхлопных газах автомобиля содержится и канцерогенное вещество бензпирен... А если взять угольные топки, печи и камины... Если вспомнить, сколько сжигается угля и нефти! За последние сто лет сожжено девяносто миллиардов тонн угля, и на Земле осталось во-

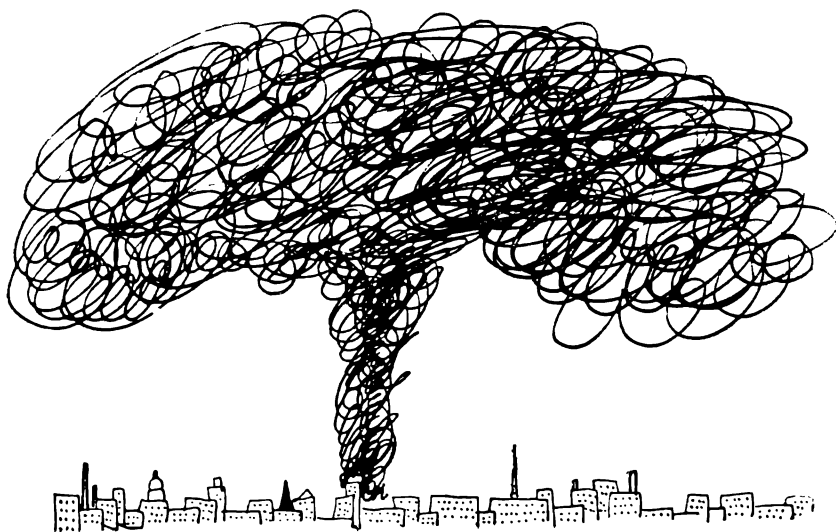
семнадцать миллиардов тонн шлака и три миллиарда тонн золы. А сколько бензпирена попало при этом в атмосферу?

Химические дожди с каждым годом все сильнее поливают нашу планету. Человек травит вредных насекомых и грызунов. Почвенные воды несут химические яды в реки, моря, океаны. В далекой и холодной Антарктиде в теле пингвинов нашли остатки. . . дуста, его принесла вода. Химия влияет на гены и хромосомы, и нередко влияет отрицательно.

Наша планета гигантским заряженным шаром крутится в космосе — через нас проносятся электрические и магнитные поля радиостанций и электростанций. Совсем недавно увидела свет книга под редакцией Барнотти. В ней есть рассказ о том, как сильные магниты тоже увеличили частоту мутаций.

Так что же, создается заколдованный круг — прогресс невозможен без развития науки и техники, но наука и техника несут новые опасности? Неужели прогресс станет новым чудовищем Франкенштейна?

Нет оснований для панического отчаяния и мрачных прогнозов. Все в руках человека. От нас зависит, будут ли воздух и земля чище, а жизнь лучше. Прогресс бывает





слеп, но человек должен быть зряч. Уже возникла новая наука — геогигиена, наука о том, как сохранить здоровье Земли и человечества.

Знание поможет овладеть мутациями и направлять их. И тогда в поликлиниках и больницах появятся «молекулярные отделения» и «хромосомный диагноз», «генетические анализы» и «электроноскопия клетки» под электронным микроскопом. А там — и «молекулярная терапия». Вместо больных генов лекарства пробудят «дремлющие» и дополнительные. А «молекулярная хирургия» займется пересадкой хромосом. Быть может, скальпелем молекулярного хирурга станет лазер? «До лазера было невозможно, — писал Владимир Орлов, — получить достаточно тонкий луч. Приходилось облучать сразу всю хромосому, и все это напоминало попытки подправить механизм часов бесприцельным обстрелом дроби. Луч лазера столь тонок, что, подобно пинцету часовщика, сможет более осмысленно вмешаться в механизм хромосомы. Я гляжу на ультрафиолетовый лазер и гадаю: неужели это карандашик, способный «отредактировать» хромосому?..»

Давайте и мы снова ненадолго дадим волю своей фантазии.

**ВАСИЛИСА  
ПРЕМУДРАЯ И  
АЛЕКСАНДР  
БЕЛЯЕВ**

*Вы замечали, как часто в сказках происходят волшебные превращения? Пожалуй, самый разительный пример — Василиса Премудрая, ставшая лягушкой. Говорят, сказки — фантастическое отражение реальности...*

*— Уж не хотите ли вы сказать: волшебные превращения — просто злокозненные мутации?*

*— Да. Почему бы и нет? Представляете, какой простор открывается для начинающих фантастов, уже научившихся произносить иностранные слова...*

---

...Заканчивалось очередное занятие в школе астронавтов. Честно говоря, им уже все это надоело: уроки, уроки, уроки... А им хотелось скорее в полеты, в полеты, в по-

леты. Астронавт А23434 читал, закрывшись скафандром, какой-то детектив. Необычайные приключения сыщика Шейлока Воломса сейчас занимали его больше, чем устройство бифотонной суперрелятивистской ракеты, двигающейся при аннигиляции гамма-квантов.

«— Смотрите, — сказал Воломс своему другу доктору Киловатсону.

Киловатсон навел лазер на Вегу, и в рубиновых отблесках увидел след разъяренной плазменной собаки...»

«Ну и заворачивает!» — подумал А23434 и от восторга подпрыгнул метра на полтора от стула. Он хотел ухватиться за парту, но с ужасом увидел, что вместо ног у него крохотные зеленые лапки. Лапки автоматически подтянулись к мягкому брюшку, и он приземлился на стул, пробормотав: «Ква-ква».

Какое-то неожиданное ощущение того, что мир увеличился в размерах, овладело им. Расстояние от стола до подоконника выросло во много раз. Он оттолкнулся от стула, уже падая, уцепился за подоконник и замер: в оконном стекле четко отражался маленький зеленый лягушонок, и этим лягушонком был он сам. В необъятном помещении за столами сидели великаны и разевали пасти в громоподобном смехе. В центре стояла Учительница. Все звали ее только так: «Учительница». Лишь на время космических полетов ей присваивали простое девичье имя: Ж31014...

— Ква-ква, — горестно сказал А23434. — Черт побери, кажется, я хватил через край с чтением этих детективов... У меня галлюцинации...

— Нет, это не галлюцинации, — сказала Учительница, — это был педагогически необходимый эксперимент. Вы забыли, что главное для астронавта — учиться. Вы предпочли учебнику детектив. И я решила вас проучить с помощью этой маленькой шутки...

— Шутки?! — переспросил А23434, с ужасом ожидая, что опять услышит только короткое «ква-ква», и вдруг услышал снова свой обычный голос.

Он сидел на подоконнике, свесив вниз длинные ноги в кедах.

«Каким дьяволом занесло меня на подоконник, — подумал он, — да еще в середине лекции...»

В классе стоял рев. У астронавта К80454 от смеха ручьем текли слезы, астронавты А52719 и А60404, которые

сами пол-лекции проиграли в фантики, теперь, давясь хохотом, били друг друга по спине.

Когда смех стих, а ошалевший А23434 слез с подоконника, Учительница сказала:

— Ну-ка, А61363, повторите нам тему лекции.

А61363 был известный зубрила.

— Тема сегодняшней лекции, — сказал он хорошо поставленным голосом постоянного отличника, — «декодирующий гиперполяризатор триплетов азотистых оснований как оружие ближнего боя».

— Дальше. — сказала Учительница. И зубрила продолжал то, что и без него уже всем было известно:

— Материальным носителем наследственности являются хромосомы. Элементарным звеном хромосомы является ген. В гене зашифрованы отдельные свойства. Разные свойства — проявление деятельности различных белков. Внутри гена есть еще более мелкие участки — цистроны. Один белок — один цистрон. Можно перемешать цистроны, если поместить хромосому в поле декодирующего гиперполяризатора, пересобирать цистроны, переделать одну живую конструкцию в другую. . .

— Стоп, — прервала Учительница. — А23434, вам понятно?

— Нет, — сказал А23434. Он ничего не понимал. Он и слов-то таких раньше не встречал: «декодирующий гиперполяризатор». Но раз они есть, значит, кто-то их изобрел. . .

— К80454, — сказала Учительница, — поясните.

К80454 относился к тем ученикам, которые не делают уроков, но всегда все понимают.

— Представь себе, — сказал он, обращаясь к незадачливому А23434, — что ты записал на магнитофон все слова из «Толкового словаря» во всех падежах и числах. Разрезав теперь ленту на куски так, чтобы на одном куске было только одно слово, ты можешь собрать из них любую фразу, любое стихотворение, любой роман, как собирают слова из букв на детских кубиках. Единственно что тебя сдерживает — в любом таком произведении слов должно быть не больше, чем у тебя обрывков лент. Так вот, в поле декодирующего поляризатора происходит мгновенное разложение на части и сбор мельчайших единиц живого по заданной новой программе. Живой конструктор: можно собрать



человека, а можно и лягушку.

— Теперь понятно, — вздохнул А23434. — Рекомбинацией генов меня превратили в лягушку. А дальше организм развивается по этой новой программе...

— Догадливый молодой человек, — смягчилась Учительница. — Ну, садитесь. Так вот. Представьте, вы на другой планете. На

вас идут злые существа, вы наводите поляризатор — и вот уже мирно прыгают лягушки, чирикают птицы, стрекочут кузнечики. Вместо врагов — одна фауна, да и та самая мирная. Ура нашему поляризатору!

— Ура, — закричали астронавты, потому что урок был закончен.

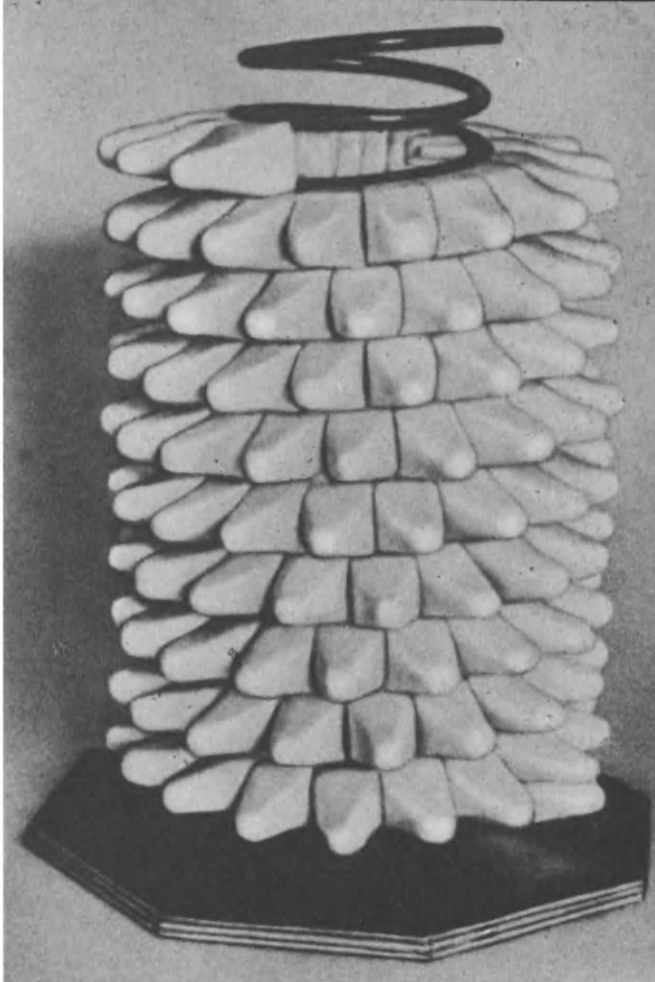
### *Автор спрашивает автора*

— Еще одна пародия? Или даже пародия на пародию? Генетическая сказка на современный лад?

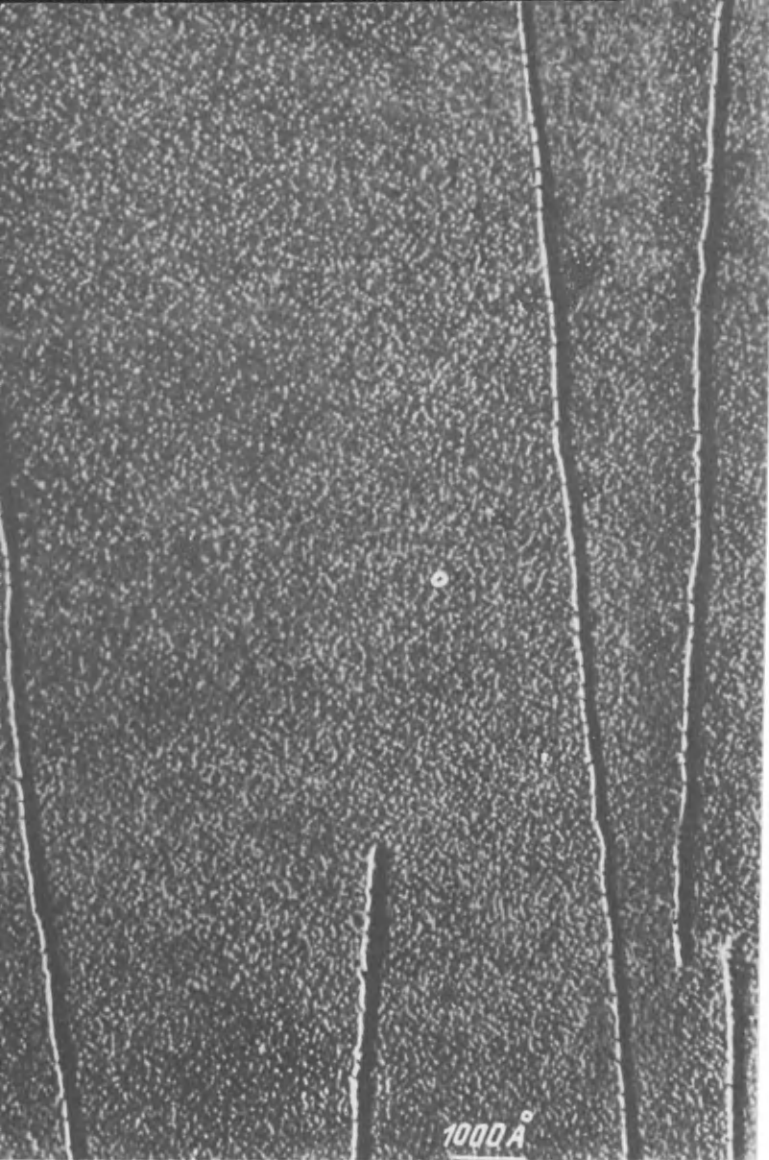
— Называйте как хотите. А вернее всего — пародия-сказка.

Разумеется, такие мутации невозможны. Человек не превратится в лягушку, так же как лягушка не превратится в человека. Ведь наши хромосомы содержат совсем не ту программу, которая нужна для создания лягушки. Но дело, конечно, не только в этом. Вероятность того, что все гены вдруг и сразу перестроятся в новом необходимом порядке, практически равна нулю.

Но это не означает, что построения природы вечны и неизменны. Сама природа доказала нам это. Мутации и естественный отбор создали все разнообразие живого на Земле — от вируса до человека. Сможем ли мы делать то



***V. Модель вируса: спираль — ДНК в защитном чехле из белка.***



*У1. Так выглядят нити ДНК на экране электронного микроскопа.*

*же самое, только не за миллионы лет, а за годы нашей жизни? Причем не повторяя природу, создавая невиданные живые существа.*

*— Скажем, человека-амфибию?*

*— Ну, хотя бы...*

*— А вы знаете, что человек-амфибия может плавать сейчас где-то в Средиземном или в Черном море? Да, я тоже считал это чепухой, но однажды мне предъявили доказательства...*

Я отдыхал в одной санатории за Алушкой. В те годы там было пустынно, и мне доводилось бродить по парку, не встретив ни единой живой души. Я терпеть не могу одиночества. И поэтому, приехав, сразу стал искать спутника для прогулок к морю и в горы. На второй день мне показали в столовой какого-то человека:

— Знаете, кто это? Александр Беляев, писатель.

Беляев оказался не очень разговорчивым. Напротив, он сам любил слушать, особенно легенды.

Крым переполнен легендами: любая скала, любой утес — повод для того, чтобы рассказать трогательную историю о несчастной любви или кровавой мести.

Я несколько не удивился, увидев однажды Беляева вдвоем с садовником санатория, старым татаринком, худым, почерневшим от вечного солнца и морщинистым, как печеное яблоко. Садовник этот жил тут с достопамятных времен; говорили, что последний граф Воронцов сулил ему огромные деньги, хотел увезти за границу, да тот не согласился. Потом я встречал их частенько — Беляева и этого татарина. Наконец мне представился случай, и я познакомился с Беляевым.

Как-то я спросил его о садовнике.

— Он знает удивительные истории, — ответил Беляев. — И он клянется, что все они чистая правда. Вот сегодня он рассказал мне, что здесь, на месте этой санатории, была усадьба какого-то петербургского профессора. Ее окружала высокая каменная стена. А за стеной был чудесный сад. В нем жили птица с двумя головами, кошки с орлиными крыльями, волки с овечьими мордами, лошади с коровьим выменем.



Там были золотые клетки и бассейны, выложенные фарфором. Один бассейн стал домом для человека-рыбы. Никто не мог войти в этот сад, кроме профессора и трех его слуг — один из них был немой. А потом здесь случился пожар и все: сад, постройки, клетки — все сгорело. Ничего не осталось. Кроме развалин высокой стены...

— И вы видели эти развалины?

— Нет, — сказал Беляев. — Но Мурат обещал мне их показать...

Не знаю, удалось ли Беляеву увидеть эти развалины. Через четыре дня его вызвали в Москву срочно подписывать в печать гранки новой книги. Больше я его не видел.

Через два года я купил новый роман Александра Беляева «Человек-амфибия». Принялся читать и дошел, наконец, до главы «Чудесный сад». Э, да это я ведь уже слышал: «Вдали на лужайке промывала лошадь с коровьей головой. Две ламы промчались по поляне, помахивая лошадиными хвостами. Из травы, из зарослей кустарников, с ветвей деревьев глядели на Кристо необычайные гады, гуси с петушиными головами, рогатые кабаны, страусы, какаду с клювами орлов, бараны с телом пумы».

Вот она, легенда старого садовника Мурата!

В ту осень — бывают ведь такие совпадения! — я получил путевку в тот же самый санаторий под Алушкой. Когда я приехал, кончался сентябрь и склоны гор были рыжие и лиловые. Первым делом я решил разыскать старика татарина. Оказалось, он жив и даже работает. Я привез ему в подарок книгу «Человек-амфибия» с множеством картинок. Картинки оченьгодились: Мурат был неграмотен, и если бы не картинки, он даже не понял бы, о чем я спрашиваю: старик совсем оглох. А так я, тыча пальцем в картинки, понемногу оживил в его потускневшей памяти то лето, когда с ним познакомился Беляев.

Видимо, он вспомнил свои разговоры с писателем, потому что вдруг заволновался, засуетился, крикнул мне, почти приказал:

— Сиди здесь, жди! .. — и исчез.

Ждал я почти час. Когда Мурат вернулся, он держал старую железную коробку. Впрочем, нет, она навряд ли была железной, потому что на ней нельзя было отыскать и следа ржавчины.

Мурат протянул эту коробку мне:

— Вот возьми. Я рыл канаву, нашел. Поезжай в Москву, отдай писателю.

Он нашел эту коробку там, где был когда-то «чудесный сад».

У себя в комнате я открыл коробку. Видимо, почвенные воды просочились через неплотно закрытую крышку. Часть бумаг была безнадежно испорчена. Некоторые листочки сохранились лучше, хотя и они были тронуты влагой и тлением. И все же я попытался разобрать отдельные слова и даже строчки... Хотя вряд ли это были слова. Скорее — алгебраические символы и химические формулы, непонятным образом сведенные воедино. Часто попадался значок «С» — я не настолько забыл химию, чтобы не помнить, что это углерод. Но, сколько ни ломал голову, я, конечно, так и не понял, что зашифровано в этих строчках.

Тяжелую коробку вместе с вконец испорченными бумагами я выкинул, а часть листочков сунул в папку, в которой уже лежали засушенные лепестки магнолий для гербария моей дочки.

Возвращаясь я через Москву. С вокзала позвонил Беляев. Он был в отъезде. «Ну что ж, значит, не судьба», — подумал я. Да и навряд ли эти листочки теперь интересуют его. Роман написан, а значит, уже забыт.

Прошло много лет. Минула война. Я переезжал на другую квартиру. Разгребая стенной шкаф, нашел вдруг пачку желтоватых листков. И сразу вспомнил: Крым, Мурат, Беляев, «Человек-амфибия»...

Я собрал эти листочки и ушел в свой кабинет, потому что мне пришла в голову забавная мысль.

У меня есть брат, биохимик. Подарю-ка я ему эти таинственные бумаги в день рождения. Положу их в какой-нибудь старинный бронзовый ларец, который присмотрю в антикварном магазине, опечатаю ларец сургучом и вдобавок расскажу историю, которую сам слышал от Беляева.

Так я и сделал.

Мой брат принял подарок снисходительно: знаем мы, дескать, эти глупости. Развернул листочки, нехотя принялся разбираться в них, и вдруг посерьезнел. Потом оторвался, взглянул на меня:

— Где ты их взял?

Я повторил слово в слово весь рассказ Мурата. Сослался и на роман Беляева.

— Либо это гигантская мистификация, — сказал брат, — либо этот твой профессор... или как он там назван у Беляева?

— Сальватор.

— Да, Сальватор. Он вовсе не был хирургом. Он был самым гениальным генетиком из всех, которых мы знаем. Он умел управлять наследственностью тогда, когда человечество даже еще не представляло себе, как это будет.

В конечном итоге — ДНК высших организмов, в которой зашифрованы рецепты изготовления десятков тысяч белков — это своего рода оркестр, в нем сидит вся музыка жизни. Можно извлечь из этого оркестра любые звуки и любые произведения — песенку или симфонию, если только дирижер сумеет прочесть партитуру, ноты. А «дирижерская палочка» — это химические вещества, вызывающие мутации. А можно и так: смешать ДНК искусственно при возникновении организма. Прирастить коровье вымя к лошади хирургически трудно, может быть, даже невозможно. Но в принципе можно составить такой набор из нуклеиновых кислот — и мы в одном животном соединим полезные качества многих животных. Это тот идеал, к которому стремится современная генетика.

— Так вот, — продолжал брат. — Знаешь, что ты мне принес? Обрывки гениальных генетических партитур. Какая жалость, что тут клочки. Я не могу их прочесть...

Он прервал свою речь и взглянул на меня:

— Не понимаю одного. Все можно подделать: бумагу, пятна, следы грязи... Но где ты нашел мозги, которые смогли так правдоподобно все это сочинить?

Весь день я думал о неожиданном повороте, который приняла вся эта история. Нет, генетика тут все же ни при чем. Беляев сделал Сальватора гениальным хирургом, виртуозом пересадки органов и тканей. А «генетические партитуры» — это все домыслы моего брата. Да, но ведь Беляев не видел этих таинственных «нот», этих загадочных знаков, символов, формул... А кто может поручиться, что, если б он их увидел, его фантазия не обрела бы иное направление?

Зазвонил телефон. Я поднял трубку. Так и есть, брат!

— Ну, признавайся, кто из ребят в моей лаборатории помог тебе так ловко разрисовать эти листочки?

Я молчал. Я все еще не хотел сдаваться.

— Ну ладно, — продолжал брат. — Спасибо за сюрприз ко дню рождения. И хотя все можно было придумать лучше, я тебя прощаю, тем более, что на полчаса ты заставил меня поверить. Пойми, Сальватор не мог быть гениальным генетиком. Так что Александр Беляев не ошибся. Чтобы стать гениальным пианистом, нужен рояль. Чтобы стать гениальным генетиком и управлять мутациями, нужно, чтобы существовала наука — молекулярная биология, нужен громадный объем знаний по генетике, а для этого нужны электронные микроскопы, дающие увеличение в сотни тысяч и даже в миллион раз, мощные атомные реакторы, генераторы радиоактивных частиц, направленно действующие химические вещества и еще очень многое — ничего этого тогда и в помине не было. . .

Верно, не было. И Александра Беляева, писателя, которого я очень люблю, я ввел в рассказ потому, что хотел, чтобы мне поверили. Но ведь брат поверил — на полчаса, а все-таки поверил. А вы?

### *Автор спрашивает автора*

— *Опять розыгрыш! А все-таки чего добились генетики с помощью мутаций? Какую пользу уже принесли мутации человеку?*

— *Вот факты, только факты, которые были опубликованы в газетах в 1966 году: ученые «приручили» более тысячи микроорганизмов, которые работают на нас: создают лекарственные вещества, продукты, необходимые для животных, промышленное сырье.*

Воздействуя химическими веществами и радиацией, генетики вызывали у микробов мутации. Антибиотики, которые микробы вырабатывают очень медленно, мы теперь получаем гораздо быстрее и в сотни, тысячи раз больше. Так было с пенициллином и другими антибиотиками.

Микробы-мутанты помогли получить настолько больше пенициллина, что его хватило бы для лечения двадцати миллионов человек, биомицина — для лечения двадцати одного миллиона, тетрациклина — для двух миллионов.

Долго не удавалось наладить промышленное производство эритромицина, убивающего микробов, перед которыми бессилён пенициллин. В Институте атомной энергии имени Курчатова, используя быстрые нейтроны, ультрафиолетовые лучи, химический мутаген этиленилин, вывели новый микроб-мутант в десять — пятнадцать раз активнее. И теперь эритромицин производят в больших количествах.

Не было бы мировой промышленности антибиотиков, если бы не мутации.

Микробы микробами. Ну, а кроме них?

В 1963 году селекционеры-кукурузоводы получили Ленинскую премию за выведение высокоурожайных гибридных сортов кукурузы. М. И. Хаджинов и Г. С. Галеев получили растения кукурузы, у которых в метелках не образовывалась пыльца. Это было очень важно: самоопыление снижало урожай. Чтобы получить межлинейные гибриды кукурузы, приходилось обламывать эти метелки. Трудная, долгая работа! Теперь надобность в этом отпала. Законы генетики помогли вывести сорта, у которых в последующих поколениях не происходило самоопыления.

Вот еще факты, только факты.

Небольшая группа генетиков в Институте химической физики АН СССР вывела десятки перспективных линий разных сортов пшеницы. Они дают урожай на тридцать процентов выше, чем обычная пшеница, богаты белками, не боятся многих болезней, засухи, морозов.

В Институте биофизики АН СССР под руководством лауреата Ленинской премии академика Н. П. Дубинина получен сорт томатов, вызревающий на четыре недели раньше обычных и дающий почти в полтора раза больше помидоров.

В Институте генетики и физиологии растений Узбекской ССР выращены мутанты хлопчатника, дающие на одну треть больше коробочек, и притом более крупных.

Их очень много, таких фактов. Генетика дала в руки селекционерам совершенные способы получения гибридов, унаследовавших лучшие свойства своих родителей. Генетики, например, утверждают: пшеница может давать восемьдесят — сто центнеров с гектара. Они не только говорят, они работают над этим.

И первые победы генетиков уже можно занести на мемориальные доски страны МОБ.

В каждом городе есть мемориальные доски. Их немало и в нашей стране МОБ. На них высечены имена ее первооткрывателей. Окинем еще раз взглядом эти надписи.

Первая из них — Грегор Иоганн Мендель...

Долгий ряд тех, кто пробивался в недра клетки, к белкам и нуклеиновым кислотам...

Из последних пятнадцати Нобелевских премий в области физиологии и медицины семь пришлось на долю молекулярной биологии или смежных с ней областей... Вам уже знакомы имена лауреатов Нобелевской премии: Ф. Крик, Д. Уотсон, М. Уилкинз, А. Корнберг, С. Очоа, Ф. Жаноб, Ж. Моно...

А эта мемориальная доска украшена именами наших соотечественников.

Ю. А. Филипченко в 1914 году в Петербургском университете начал читать студентам первый в России университетский курс генетики...

20-е годы. Рождается школа советских генетиков. Становятся известными Н. К. Кольцов, А. С. Серебровский, С. С. Четвериков, Г. С. Навашин, Н. П. Дубинин...

1925 год. Г. А. Надсон и Г. Г. Филиппов в Ленинграде, изучая влияние лучей радия на клетки дрожжей, открывают, что рентгеновские лучи вызывают мутации...

1929 — 1930 годы. А. А. Сапегин в Одессе и Л. Н. Делоне в Харькове, воздействуя на растение рентгеновскими лучами, получают первые радиомутанты пшеницы.

30-е годы. И. А. Рапопорт находит химические соединения, вызывающие мутации. Химическим мутагенезом занимаются В. В. Сахаров и М. Е. Лобашов...

Г. Д. Карпеченко в Ленинграде открывает законы поведения хромосом при отдаленной гибридизации...

Возделывает свой сад И. В. Мичурин...

Н. И. Вавилов создает во Всесоюзном институте растениеводства в Ленинграде знаменитую мировую коллекцию растений, „всемирный арсенал генов“ для селекционеров, познавших законы наследственности и генетические методы скрещиваний...

О многих советских генетиках с уважением говорят в мире.

Но одно имя уважается особо: Николай Иванович Вавилов.

## **„БЫСТРЫЕ РЕКИ ВСЕГДА ЧИСТЫ“**

Можно ли пересчитать песчинки в пустыне?

Можно ли счесть волны в море?

Обыватели говорят: «нельзя». Обыватели ухмыляются.

Можно ли счесть звезды на небе?

Обыватели отрицательно качают головами. Обыватели не смотрят в небо. . .

Как это важно — смотреть в небо! Как важно верить, что, если это нужно человеку, можно пересчитать звезды. Ведь есть же теперь звездные каталоги!

Николай Иванович Вавилов был таким «смотрящим в небо». Один из самых выдающихся ученых XX века, он был великим путешественником.

. . . Ленинград был для него пристанью. Мир — лабораторией. Он уезжал на другие континенты, уходил в джунгли, в горы так же часто и так же просто, как мы с вами

уходим утром в школу или на работу. Нас обычно спрашивают: «Как дела?» — и мы отвечаем: «Ничего». Его спрашивали: «Куда вы теперь едете?» — и он отвечал: «Вселенную объезжаем». Он не шутил — он ходил по земле, как по глобусу. В одном из писем он писал: «Подытоживая в настоящее время земной шар... Приведение земного шара в порядок — дело очень сложное и трудное...»

Вообще письма, которые он посылал, были удивительными.

Из Испании: «Сегодня день визита в Сикстинскую Капеллу каменного века. Было бы преступлением ее не видеть... А в награду за это по пути понял многое в происхождении льна».

С острова Кипр: «Вот и у Отелло в гостях. Стоит еще башня Дездемоны... Огромные конские бобы, редька здесь наподобие моркови, много бобовых, пшеница оригинальная...»

Из Италии и Сирии: «К сожалению, имею сообщить Вам, что схватил где-то на Крите или на Кипре малярию. Форма довольна скверная. Тороплюсь в Бейрут, где начну впрыскивания...»

Военные власти разрешили ехать во фронтовую полосу на границе с Палестиной...

Собрал уже большой семенной материал. Как-то его отправлять?»

Из Марселя, во Франции: «Завтра в путь, в центр генов. Жив вернусь, привезу новые гены...»

«Центром генов» этот неутомимый, не знающий, что такое страх, пренебрегающий сном, болезнями, опасностями путешественник называл Эфиопию...

Эфиопия — «центр генов»... Каких? И почему именно Эфиопия?

\* \* \*

...Регент Эфиопии рас Таффари пристально смотрел на русского ученого, прибывшего из загадочной Страны Советов. Рас Таффари привык иметь дело с европейцами: среди дипломатов он слыл хладнокровным, непроницаемым политиком, который умел сочетать вежливость с недоверием. У него были причины для недоверия: Эфиопия тогда, в 1927 году, осталась единственной независимой страной Африки. Но истоки Голубого Нила, бравшего свое



начало в Эфиопии, привлекали Англию, Францию, Италию.

А этого человека из России не занимали ни драгоценные «ключи жизни» — истоки Нила, ни нефть или золото. Только хлеб, пшеница. Только растения, семена и плоды. Рас Таффари всегда воздавал должное своей стране. Теперь рас услышал еще одну приятную его слуху вещь: оказывается, Эфиопия — колыбель пшеницы, один из самых богатых очагов древнего земледелия. Поэтому советская экспедиция приехала именно сюда. Она ищет новые сорта, новые растения, чтобы обновить земледелие в своей стране. И просит разрешить путешествие по Эфиопии.

Рас Таффари наклонил голову в знак того, что подумает и склонен обещать... На сегодня аудиенция была закончена.

Впервые в книге посетителей правителя Эфиопии появились слова: «Ленинград, СССР».

А в Ленинград уже ушли посылки, сорок ящиков. С колосьями, плодами и семенами. Здесь была пшеница с фиолетовыми зернами, нигде более не известная, черный ячмень, замечательный хлебный злак тафф. Почтовые чиновники не скрывали своего удивления. Но ученый из Страны Советов привык удивлять чиновников. Самым любимым местом его прогулок в Аддис-Абебе стал... базар. Потом он вспомнит о нем с восторгом: «Сюда со всех сторон рано утром сходились крестьяне, принося в платках и в мешочках на продажу зерно и раскладывая его на базарной площади. Это была своего рода выставка, где в короткое время можно обозреть, что возделывает страна, чем живет население...»

«Охотник за колосьями?» В английском и итальянском посольствах к этой версии отнеслись подозрительно. Посол Греции дал в честь странного охотника обед. Генеральный консул Японии высказал недоумение: «Неужели стоит посылать так далеко ученых ради каких-то агрономических целей?...» Английский посол, разумеется, не поверил ответу Вавилова. Нет, Великобритания не даст себя одурачить: и в Судан, и в Египет въезд советской экспедиции будет запрещен. Если бы рас Таффари был достаточно благоразумен и прислушался к предостережениям посла его величества...

Рас Таффари назначил советскому гостю еще одну лич-

ную аудиенцию. На этот раз они остались вдвоем, и первым заговорил по-французски регент. Он просил рассказать, как произошла Великая Октябрьская социалистическая революция. Гость отвечал, тоже по-французски, легко, быстро, бегло. Нет, он не забыл, что перед ним самодержец, но говорил убежденно, как сторонник революции.

Опершими тонкими, черными руками о стол, не отрывая взгляда от рассказчика, рас Таффари слушал. Потом спросил, какова советская конституция? Быть может, его высокочтимый гость пришлет ему описание советской системы управления на французском языке...

Они расстались.

И через несколько дней в гостиницу был доставлен открытый лист с изображением льва. Повелением раса Таффари Николай Иванович Вавилов объявлялся гостем Эфиопии, и всем было приказано помогать ему и снабжать патронами, продовольствием, фуражом и солью (поскольку соль во многих местах страны еще заменяла крупные деньги, а красный перец — мелкие)...

Экспедиция тронулась в путь. Губернатор посоветовал взять с собой кандалы — для проводников, на всякий случай, если взбунтуются: «Так делают все: и французы, и англичане». Вавилов покачал головой: «Нет». — «Что ж, — губернатор равнодушно кивнул, — все может случиться. Дорог нет: построишь дороги — придут европейцы; придут европейцы — конец Эфиопии». В лесах — леопарды, в горах — гиены, в реках — крокодилы. Стоит ли так рисковать из-за каких-то колосьев?

Все оказалось правдой. Нигде ни одной дороги, ни одной переправы. В глубоком каньоне грохотал Голубой Нил. Придется переправляться вброд... А река кишит огромными крокодилами. Вавилов записывает: «Утром до рассвета отправляем охрану, которая начинает стрелять в воду, разгоняя крокодилов... Несколько крокодилов брюхом вверх всплывают на поверхность. Караван потихоньку переходит вброд на другую сторону. Изредка, для остротки, постреливаем в воду. В марте переправа нетрудна и без риска...»

Обратите внимание на эти слова: «нетрудна и без риска».

Николаю Ивановичу Вавилову всегда казалось, что он ничем особенным не рисковал: и когда вел в буран экспе-

дицию на Памире, и когда совершил в Сахаре вынужденную посадку с летчиком-французом.

«Нетрудна и без риска...» Мулы срываются в воду. Проводники падают от усталости и дрожат от страха, слыша, как рядом воют шакалы. А он — «гость Эфиопии» из далекой холодной страны — спит по несколько часов и все собирает растения, и помечает в записной книжке: «Любопытные, своеобразные и разнообразные абиссинские пшеницы в невероятной пестроте форм... Оригинальные местные абиссинские формы чечевицы, нута, гороха, чины...»

Удивительно, как оправдались его предположения: «Между Гондаром и Аксумом делаем первоклассное открытие: находим на полях своеобразную, не известную в науке безостую твердую пшеницу. Десятилетия селекционеры разных стран пытаются вывести безостую твердую пшеницу путем скрещивания обычных остистых твердых пшениц с мягкими безостыми пшеницами. Создание таких пшениц сопряжено с немалыми трудностями ввиду генетической отдаленности твердых и мягких пшениц. Природа, однако, сама создала в Абиссинии аналогично мягким пшеницам безостые формы твердой пшеницы. Хлеб на корню. Собираем тысячи колосьев. Это, пожалуй, самая интересная находка за все время путешествия по Абиссинии...»

Да, ему повезло. Он увезет с собой 146 форм твердой пшеницы, в том числе замечательную «синдитукура», фиолетовую пшеницу, — черные волны ее тяжело колышутся под застывшим в небе солнцем Эфиопии. А главное... главное, оправдались его теоретические предположения. Ботаники действительно получили и свой «периодический закон», свою «таблицу Менделеева», и верный компас, как искать растения с необходимыми свойствами. Вавилов любит повторять: «Жизнь коротка, надо спешить». Что ж, теперь обновление земли перестанет зависеть от слепого и ленивого случая.

\* \* \*

Обновление русской земли. О нем заговорили вскоре после Великой Октябрьской революции. Заговорили об истощенных полях, — старые сорта пшеницы, ржи, овса скудели, вырождались. Нужны были новые: их выписывали из Америки и Европы, но и они превращались в «сортовой хлам». Их губила русская зима. Или русское лето. Они ока-

зывались слишком изнеженными, эти пришельцы, даже если когда-то сами вышли из России.

Нет, новые сорта нужно было вновь вести с самого начала; быть может, поклониться их «праматери», хранильнице всех генов, всех нужных свойств, щедро розданных ею потом детям и внукам. Но кто сказал, что такая «праматерь» пшеницы существует, а родина ее где-то в Азии или Африке? Ботаники гадали. А земля не могла больше ждать. Голод надвигался на страну. Одно засушливое лето сменялось другим. Желтая раскаленная пыль стояла над иссохшими полями Приволжья. Зной, как дурман, накатывал из заволжских степей на Саратов. Где-то грохотала канонада: наступал Врангель. В Саратове кончались запасы хлеба.

Был июнь 1920 года. А в Саратовском университете Николай Иванович Вавилов на III Всероссийском съезде по селекции буквально потряс ученых новой блистательной идеей.

Высшие семенные растения насчитывают более ста тридцати тысяч видов. Помножьте эту грандиозную цифру на тысячи подвидов, разновидностей, рас — и вы получите астрономическое число. Но ведь ботаники открывают, путешественники выискивают, а селекционеры выводят все новые и новые формы. Вот почему современному ученому грозит опасность утонуть в хаосе растительного разнообразия.

На помощь приходит закон, который удалось установить Вавилову. Сорта возделываемых растений пестры. Но внутри каждого вида растения заключена определенная повторяемость сортов. Свой порядок. Своя периодичность. Нам надо уяснить этот порядок.

Что обуславливает его? Число расовых признаков, которыми отличаются разные формы растений. А признаки эти зависят от наследственных факторов, от генов, определяющих облик растений.

Взгляните на пшеницы. Они распадаются на несколько видов: мягкую, твердую, карликовую, английскую, польскую. Среди мягкой пшеницы существуют сорта остистые и безостые, озимые и яровые, колосья их могут быть бархатными и голыми, окрашенными в белый, красный, серый, черный цвет. Теми же признаками отличаются друг от друга сорта пшениц твердых и карликовых, английских и

польских. И тут есть формы озимые и яровые, с остями и без остей, с белыми и красными колосьями... Разнообразности пшениц образуют как бы соответствующие друг другу ряды. Вавилов дал им название «гомологических». Сорты ржи повторяют пшеницу. Овсы, ячмени, просо похожи друг на друга составом своих сортов. Сорты выстраиваются в параллельные ряды. Наконец-то появится ключ к порядку в щедром, буйном разнообразии царства флоры. Химик на основании Периодической системы элементов Менделеева может отыскать не открытый еще элемент. Ботаник теперь тоже не будет искать вслепую. Если он захочет найти новую форму, пусть сравнит ряд этого вида с рядом другого, более полным и известным. И тогда он легко определит, какими должны быть недостающие звенья, какие именно неизвестные формы должны существовать.

\* \* \*

Вот что писал Н. И. Вавилов о законе гомологических рядов в наследственной изменчивости:

«Современная биология в своем развитии повторяет до некоторой степени в своих построениях путь органической химии. Химия ушла далеко вперед от биологии. Бесчисленные химические вещества сведены ныне в стройную систему сочетаний сравнительно немногих элементов. Однако в последнее десятилетие генетика быстро идет вперед и до некоторой степени начинает приближаться к химии, по крайней мере к химии сложных органических соединений. Генетика уже разрабатывает лаконический язык символов для наследственных факторов, определяющих внешние свойства.

Закономерности в полиморфизме у растений, установленные путем детального изучения изменчивости различных родов и семейств, можно условно до некоторой степени сравнить с гомологическими рядами органической химии, например углеводородами ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_3$ ...). Ряды этих соединений, отличаясь друг от друга, все же характеризуются многими общими свойствами в смысле образования определенных циклов соединений, определенных реакций обмена и соединения. Каждый отдельный углеводород дает

серию соединений, сходных с другими углеводородами.

В общем, роды ( $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$ ) или линнеоны ( $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ) растений и животных также дают гомологичные ряды форм, как бы соответствующие различным гомологичным сериям углеводородов:

$$\begin{array}{lll} G_1L_1 (a+b+c+\dots) & G_2L_1 (a+b+c+\dots) \\ G_1L_2 (a+b+c+\dots) & G_2L_2 (a+b+c+\dots) \\ G_1L_3 (a+b+c+\dots) & G_2L_3 (a+b+c+\dots) \\ \\ L_1a_1 & L_1a_2 & L_1a_3 \\ L_2a_1 & L_2a_2 & L_2a_3 \\ L_3a_1 & L_3a_2 & L_3a_3 \end{array}$$

Буквы  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  обозначают признаки, различающие отдельные формы...

...Закон гомологических рядов показывает исследователю-селекционеру, что следует искать. Он намекает правильности в нахождении звеньев, расширяет кругозор, вскрывает огромную амплитуду видовой изменчивости...»

\* \* \*

Бывают мгновения, минуты, часы — Стефан Цвейг называл их «звездными часами человечества», — когда человек может все. В тот душный июньский день в голодном Саратове всех людей, слушавших Вавилова, вдруг охватило ликующее чувство приобщения к большому открытию. Вот оно, Слово, вносящее Великий Порядок в зеленый мир на Земле. Вот оно, магическое Слово, дающее в руки людей ключ к богатствам растений. Ведь на земле больше двухсот тысяч видов высших растений, а человек использует только двадцать тысяч. Из них культурными он сделал только две тысячи, и из этих двух тысяч выбрал только двадцать — ими заняты девяносто процентов всех посевных площадей...

В Москву была отправлена телеграмма: «Совнарком, Луначарскому. Совнарком, Середе. На Всероссийском селекционном съезде заслушан доклад проф. Н. И. Вавилова исключительного научного и практического значения с изложением новых основ теории изменчивости... Теория эта представляет крупнейшее событие в мировой биологии»

ческой науке, соответствуя открытиям Менделеева в химии...»

Итак, родственные виды и роды растений повторяют друг друга в своей наследственной изменчивости. У них общее происхождение, генетически они близки. Конечно, не у всех видов гомологические ряды полные — какие-то формы отмирали, какие-то сочетания генов оказывались нежизненными: естественный отбор действовал неумолимо на протяжении тысячелетий. Но важно другое: где-то есть растения с полезными свойствами, которых нет у наших растений, — теперь это можно было узнать заранее...

Но где? Вавилов дал ключ к вратам зеленых кладов культурных растений мира, но, прежде чем отправиться в путь, надо было запастись «ботаническим компасом» и прочертить на картах маршруты, которых пока никто не имел. Где они зарыты, эти клады? Ведь нельзя же обшаривать одну страну за другой, радуясь случайным находкам.

Впрочем, почему нельзя? Американцы именно так и поступали.

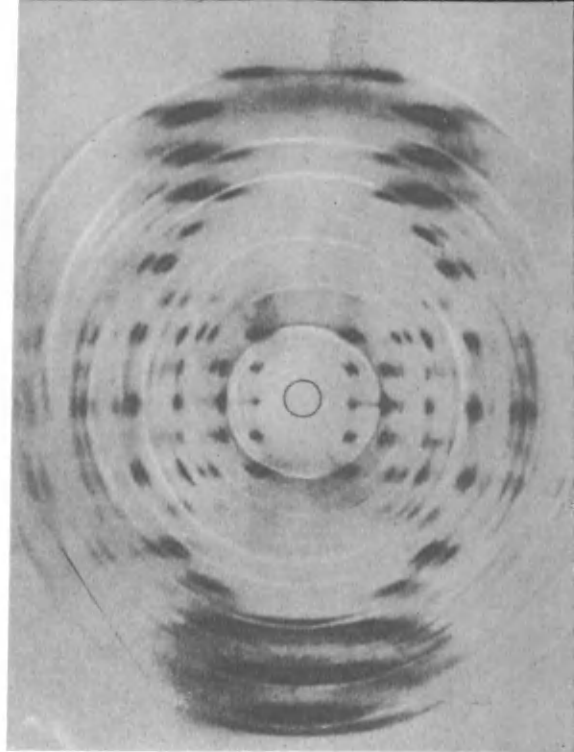
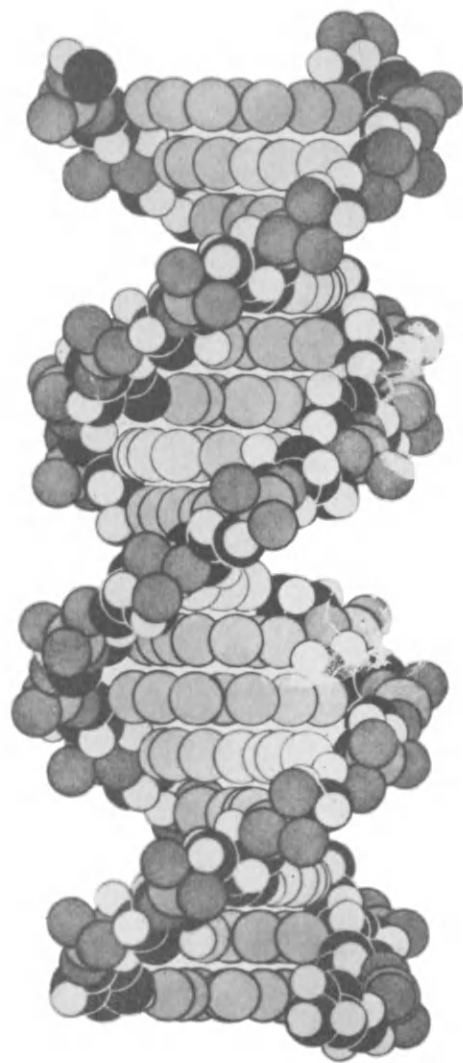
Еще в начале века сюда, в Вашингтон, экспедиции доставили кормовые кактусы без колючек из Аргентины, ананасы из Эквадора, гигантскую фасоль из Перу... А теперь каждый день почта доставляет сплошной поток пакетов, тюков и посылок с семенами и гербариями из Алжира и Чили, Сенегала и Малайи. Вряд ли есть в мире порты, куда бы не заходили яхты с американскими искателями растений. Вряд ли остался хоть один ботанический сад, который бы они не обшарили.

Да, они решили обыскать один континент за другим. У них хватит для этого времени и денег.

А что делать, если мало времени и нет денег?

\* \* \*

В марте 1921 года Николай Иванович Вавилов был избран заведующим Бюро по прикладной ботанике и селекции, покинул Саратов и стал петроградским жителем. Он знал, что Ленин высказал идею «обновления Русской земли». Найти наилучшие сорта с наивысшей урожайностью и отобрать их для всех зон страны — этим и должно было заниматься бюро. Теперь на вопрос «где?» надо было отвечать немедленно. Если бы знать, откуда «пошли» пшеница, рожь, ячмень...



***VII. Рентгенограмма ДНК. Подобные снимки рассматривали Ф. Крик, Д. Уотсон и М. Уилкинз.***

***VIII. Знаменитая модель ДНК, созданная Ф. Криком и Д. Уотсоном. Кружки — атомы, составляющие эту молекулу.***





*IX. Николай Иванович Вавилов.*

И прежде сон Николая Ивановича был коротким. Теперь же по ночам он мысленно отправлялся в далекие путешествия. Немые карты покорно ложились к его ногам на полу кабинета, и ночь напролет на письменном столе, как маяк, горела лампа. Иногда Вавилов записывал свои мысли на абажуре. Отрывочные записи светились как тайнопись мудреных лоций. А за окном была Исаакиевская площадь, и темная громада собора, и памятник Николаю I.

Вавилов снова перечитывал женевского ботаника де Кандоля, — де Кандоль утверждал, что родина культурных растений там, где они растут в диком виде. Ну, а если никто не находил их диких предков? Или дикие родичи никогда в действительности не были их предками? И потом, что значит — родина пшеницы? Пшеницы «вообще»? Но пшениц много!

... Абажур испещрялся знаками вавиловской тайнописи, письменный стол плыл сквозь петроградские ночи к неведомым материкам, а карта мира на полу покрывалась кружками и точками. . .

Не правильней ли думать, что колыбель растения, всех его сортов и рас там, где найдено наибольшее разнообразие форм? Но тогда (это видно на карте) вот кружки в Афганистане — это все формы мягких пшениц, а в Эфиопии — твердых. . . Кружки и точки — условные обозначения пшениц — сбегались сюда, и получились «ботанические кратеры» (так метко назвал их А. Роскин, автор замечательной книги о Н. И. Вавилове «Караваны, дороги, колосья»). Через эти кратеры изверглось в мир все богатство «главного хлеба на земле».

... Абажур, как незаходящее солнце, всю ночь висит над картой, которая вдруг обрела язык: «Смотрите, колыбель культурных растений там, где больше всего кружков и точек». Если их обвести карандашом. . . Видите, колыбель не одна, но их не так уж много — всего пять: в Юго-Западной Азии, в горном Китае, в Эфиопии, в Средиземноморье, и один — в Центральной и Южной Америке. «Ботанические вулканы», давшие все многообразие культурных растений.

Впрочем, где доказательства, что все его предположения столь истинны? В конце концов, кружки и точки на карте не более чем кружки и точки. Не остается ничего другого, как самому отправиться в «кратеры ботанических вулканов».

нов». Он соберет растения, как бы огромно ни было их разнообразие, и привезет сюда, на Исаакиевскую площадь.

Иные его коллеги на первых порах склонны отнестись к слуху о том, что Вавилов снаряжается куда-то в тропические дебри, как к внезапной прихоти, которая пройдет. Николай Иванович обременен должностями. Кроме Бюро по прикладной ботанике и селекции, он возглавляет институт опытной агрономии и Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур (теперь он называется Всесоюзный институт растениеводства). Недавно его избрали членом-корреспондентом Академии наук СССР. Он организует новые отделы, привлекает талантливых сотрудников. Он так занят!

И все же, кажется, слух о дальних караванных тропах не просто слух. Иначе зачем бы Николаю Ивановичу запастись компасами, картами, полевым снаряжением?

Последняя ночь за письменным столом. На рассвете лампа надолго погаснет. Экспедиция отправится в Афганистан.

Вавилов помнит слова путешественника Феррье: «Иностранец, которому случится попасть в Афганистан, будет под особым покровительством неба, если выйдет оттуда здоровым, невредимым, с головой на плечах...» Вавилова предупреждают: снова восстали горные племена, снова разбойничают басмачи. В Герате — эпидемия, в Зибаке — коварный перевал. А он, прощаясь, говорит о своем: «Я — фаталист. Мы привезем из Афганистана замечательные мягкие пшеницы...»

\* \* \*

Да, Афганистан оказался «центром генов» мягких пшениц, как Эфиопия — твердых. Среди афганских пшениц нашли скороспелые, засухоустойчивые, не боящиеся морозов, даже более выносливые, чем наши северные сибирские пшеницы. Наверняка и в эфиопских пшеницах откроют новые, очень важные для селекционеров признаки. Вернувшись в Ленинград, он с полным правом скажет: «Жив, вернулся, привез новые гены». Не только фиолетовой пшеницы, но и багрового ячменя. И тэффа. И других растений, хранящих самые неожиданные комбинации еще неизвестных генов. Да, догадки Вавилова блестяще подтвердились. Там, где была колыбель разных форм растения, там со-

браны и все доминантные и рецессивные признаки растений. Помните Менделя? Это он впервые указал на важность этих родительских признаков у гибридов для выведения новых форм. Разумеется, там, где родилось растение, господствуют доминантные признаки. Рecessивные (а с ними тоже нередко связаны ценные качества растений) подавляются. Ну а если растения будут освобождены от деспотических правил родного дома, — быть может, полезные рецессивные признаки вновь проявятся в полной мере?

Пока нельзя сказать ничего определенного: нужны проверки, наблюдения, только тогда будут сделаны окончательные выводы. Но доминантные признаки... Их уже должны использовать селекционеры.

Тысячи километров прошел Николай Иванович Вавилов по караванным тропам «Страны высоко стоящего солнца» — Эфиопии. Шесть тысяч образцов семян он увозит с собой. Потом абиссинские пшеницы и ячмени вырастут в Детском Селе под Ленинградом и даже в Хибинах, удивляя своей скороспелостью, крепкой неполегающей соломой, крупными зернами, устойчивостью перед болезнями. Но карты иных континентов будут уже лежать перед Вавиловым.

Впрочем, он никогда не забывает своих обещаний.

Возвращаясь на Родину, Вавилов послал расу Таффари из Парижа книгу на французском языке о том, что такое советская власть, послал, предвкушая тот переполох, который вызовет на французской почте этот странный дар царственному лицу...

Пройдут годы. Рас Таффари станет «негусом негести», «царем царей Эфиопии», примет имя Хайле Селассие.

Кто знает, может быть, до сих пор в библиотеке «негуса негести» стоит книга, подаренная неустрашимым и мудрым «охотником за колосьями», первым полпредом советской науки в Эфиопии, Николаем Ивановичем Вавиловым.

\* \* \*

«Земля наша велика и обильна, но порядка в ней нет...» Земля наша велика и обильна, и порядок в ней есть, но как успеть побывать во всех колыбелях культурных растений?

Красный «молоткастый, серпастый» паспорт Вавилова

покрывается штампами Китая, Марокко, Мексики, Бразилии. . . Как будто он не умел устать и не научился отдыхать. В Алжире, после двухнедельных странствий, его спутника вынесли из машины, а сам Вавилов выскочил радостный, возбужденный, как после городской прогулки, торжественно потрясая пучком сухих трав.

Сотрудники Вавилова отличались такой же страстью к путешествиям: В. Е. Писарев добывал новые растения в Монголии, П. М. Жуковский — в Турции, С. М. Букасов охотился в Латинской Америке за кукурузой, — он собрал немногим меньше двух тысяч образцов початков, а Е. Н. Синская в Японии изучала знаменитую редьку. Потом «короли» кукурузы, хлопчатника, винограда возвращались в Ленинград и складывали свои «трофеи» у ног «верховного главы». А Вавилов! Его знали пять континентов. Он не был только в Австралии — Австралия его не занимала: он считал, что Австралия почти ничего не дала человечеству из культурных растений. Впоследствии так оно и оказалось. Вавилов не ошибся.

«Родословные» пшеницы, ржи, ячменя, картофеля были теперь в распоряжении селекционеров.

Скептики не сдавались: «Зачем это выискивание родословных?»

Вавилов отвечал: «Нас сравнительно очень мало интересует, что в гробницах фараонов первых династий найдены пшеница и ячмень. Более близки нам конструктивные вопросы — вопросы, интересующие инженера. Гораздо важнее знать, чем отличается египетская пшеница от пшениц других стран, что в ней ценного для улучшения нашей пшеницы, понять, как возникла египетская пшеница, где находятся основные элементы, «кирпичи», из которых создавались современные культурные виды и сорта. Это необходимо для овладения исходным сортовым материалом, для практической селекции».

Из Перу Вавилов прислал такое письмо:

«Дорогие друзья! Пишу оптом, ибо на этот раз нет времени для писем, хотя писать можно без конца. До черта тут замечательного и интересного!

Пример — картофель. Все, что мы знали об нем, надо удесятить. . . Сортов и разновидностей ботанических тут миллионы. Невежество наше и картофель Андов поражающи.

Мы тронули немного картофель. Но я не сомневаюсь, что если диалектику картофельную тронуть всерьез в Перу, в Боливии, то мы переделаем картофель как хотим.

Беру все, что нужно. Пригодится. Советской стране все нужно. Она должна знать все, чтобы мир и себя на дорогу вывести. Выведем».

За экспедициями Вавилова теперь следит весь мир. Его теоретические труды признаны во многих странах. О нем начали писать поэмы: «Победитель Флоры», «Покоритель Зеленого Океана»...

Здание на Исаакиевской площади стало хранилищем всего, что издавна питало человека. Теперь обновление советской земли — реальность. И его вдохновитель — Николай Иванович Вавилов.

Когда-то селекционеры вздыхали: «Если бы семена всего мира...» Теперь «если бы» отпало: семена всего мира здесь, в ящиках, пакетах, мешочках. Из всех ботанических «вулканов» (их оказалось не пять, а восемь), из всех «резервуаров» генов, которые собирала земля с незапамятных времен.

Еще при жизни Вавилова, благодаря его мировым лекциям и на их основе, были выведены триста пятьдесят сортов зерновых, технических, кормовых, овощных, бобовых и плодовых культур.

Ревниво следили ботаники из вашингтонского Бюро растительной индустрии за новостями из Ленинграда. Они проиграли состязание Ленинград — Вашингтон. Давно ли они скептически улыбались, выслушивая «вавилонские фантазии». И вот, вдохновляемый своими фантазиями, Вавилов прямо под носом у американцев в Новом свете открыл россыпи растительных богатств майя, ацтеков, инков... Он придал селекционной работе невиданный размах. «Трофеи» Вавилова не стали музейными экспонатами. Они дали жизнь новому социалистическому земледелию на Украине и в Поволжье, за Полярным кругом и в Сванетии.

\* \* \*

Император Эфиопии имел длинный-длинный титул. Но если бы он встретился с Н. И. Вавиловым в начале 30-х годов, он наверняка был бы подавлен обилием званий и должностей своего гостя. Президент Всесоюзной Академии сельскохозяйственных наук имени Ленина. Президент Гео-

графического общества. Директор Всесоюзного института растениеводства. Директор Института генетики Академии наук СССР. Основатель многих других научных институтов. Член высших органов советской власти ЦИК СССР и ВЦИК. Депутат Ленинградского городского Совета. Академик трех академий Советского Союза. Член агрономического института в Риме, английского Королевского общества в Лондоне, шотландской Академии наук в Эдинбурге, Академии наук в Галле, Всеиндийской академии наук, Американского ботанического общества. Доктор Софийского университета. Доктор университета в Брно (Брно — тот самый Брюн, где разводил свой горох Грегор Мендель). А если еще начать вспоминать, сколько раз избирали Вавилова президентом и вице-президентом различных конгрессов и сколько он получил наград и золотых медалей во всех концах света!

Впрочем, за время, которое ушло бы на перечисление всех этих званий, Вавилов успевал сделать массу дел.

«Жизнь коротка — надо спешить...» В кабинет, в отдели и лаборатории, на поля, на селекционные участки. Дня мало, и ночи тоже. Вон сколько книг на столе, и все их нужно просмотреть до утра! Рукописи и люди, карты и посевы, страны и мир... И диссертации молодых: рентгеновские лучи вызвали в генах пшеницы многообещающие мутации. Правда, выводы надо обосновать детальнее, но молодой ученый достоин поддержки. Отзыв Н. И. Вавилова, как всегда, краток, ясен и доброжелателен: «Мы полагаем, что углубленная разработка этого вопроса исключительно важна принципиально, так как все же основным фактором эволюции являются мутации, как мелкие, так и крупные, количественные и качественные. Одним из самых перспективных направлений в современной генетической науке является овладение факторами, вызывающими наследственные изменения».

Раз в десятилетие (или в столетие? Хотя двадцатое столетие не поскупилося на таких людей) рождается человек-университет, человек-энциклопедия. «Николай Иванович — гений, — скажет академик Прянишников, — и мы не знаем этого только потому, что он наш современник».

... Он не искал ни почестей, ни постов. Высокие посты и заслуженные почести сами находили его. Его авторитет был авторитетом огромного дела. Он никогда не приказывал

вал. Однажды заезжая комиссия упрекнула Вавилова: очевидно, во Всесоюзном институте растениеводства слаба трудовая дисциплина. За все время директор не издал ни одного приказа, в котором объявил бы выговор. Николай Иванович резко ответил: «В науке приказной режим непригоден». И, успокоившись, добавил: «Там, где отдают жизнь, отношения надо строить на другой основе».

Он никогда не писал: «Предлагаю вам». И у других зачеркивал такие слова, сердился: «Вот, привыкли приказывать». Зачеркнув, надписывал: «Очень прошу вас...»

Пожалуй, он был идеальным ученым, подчинившим все поискам истины. Много людей до сих пор помнят обаяние Вавилова-человека, его необычайную энергию, память, требовательность, простоту, внимание к товарищам. И все всегда вспоминают его верность правде в науке. В любой критике он стремился отыскать зерно этой правды. Даже когда критика была критиканством его врагов — завистников, бесплодных карьеристов в науке. «Ничего, — успокаивал своих сотрудников Вавилов, — те люди, которые занимаются критиканством... увидят свои ошибки и станут на верный путь реальной работы и достоверных фактов. Микроорганизмы и разный мусор зарождаются и накапливаются в стоячих болотах. Быстрые реки всегда чисты».

А его враги уже превращали его в «антидарвиниста и антимишуринца»: «Как же, он верит в неизменность генов, внезапные мутации и прочую идеалистическую чепуху...» «Вавилов ничего не дал практике, он мешает улучшению сортов растений и пород животных...» Вавилов отвечал фактами. Сегодня мы могли бы прибавить к ним новые. Сколько великолепных отечественных сортов пошли от растений, вывезенных Вавиловым!

Но клевета никогда не считается с фактами.

Когда на одной из генетических дискуссий кто-то крикнул Вавилову: «Опять вы исходите из неизменности генов и природы растений», — Николай Иванович быстро ответил: «Тут хотят сделать из нас кого-то другого — что ж, в полемике все возможно. Но генетика — это прежде всего физиологическая наука, и ее основная задача состоит в том, чтобы переделывать организм. Для этого она и существует. Но в ходе исследований она доказывает, что не так-то просто изменить наследственную природу. Попытались ее сломать и не сломали. Это дело очень сложное. Приказом,



хотя бы наркома, такое дело не решается. Пойдем на костер, будем гореть, но от своих убеждений не откажемся! Говорю вам со всей откровенностью, что верю, верю и настаиваю на том, что считаю правильным. И не только верю, потому что вера в науку — это чепуха, но говорю о том, что я знаю на основании огромного опыта».

...6 августа 1940 года он был арестован по ложному доносу в Черновицах. Когда его увозили в это последнее путешествие, он попросил передать своим товарищам экспедиционный мешок. В мешке был куст полбы — древней пшеницы, которую Вавилов разыскал в горах...

Двадцать лет спустя ленинградский ученый Бахтеев посвятит ей статью. Двадцать лет спустя имя Николая Ивановича Вавилова снова займет свое место в науке.

\* \* \*

«Жизнь коротка — надо спешить...» Короткая человеческая жизнь — Вавилов прожил 55 лет — это очень много. Можно пересчитать все звезды на небе и все растения на земле. Если спешить, если жить только ради науки и ради людей.

Есть в Абхазии мыс Пицунда. Его омывают синие волны Черного моря, и огромные золотые сосны бросают тень на прибрежный песок. Дорожки меж соснами усеяны мягкими красными иглами, а в зеленых шапках сосен не умолкает эхо моря... Таких сосновых рощ почти уже не осталось на земле.

Когда Николай Иванович Вавилов однажды попал сюда, он долго смотрел в небо, которое держали на своих кронах солнечные колонны сосен. Потом молча снял шапку, словно преклоняясь перед этой святыней природы. И спутникам его вдруг показалось, что сам он сродни этим гордым, негнувшимся соснам — человек, ни разу не изменивший самому себе.

«Быстрые реки всегда чисты».

\* \* \*

Наука не безлика. Открытия — это всегда и люди, следопыты и творцы, без которых не было бы этих открытий. Вы не могли не заметить, что среди первооткрывателей страны МОБ гораздо меньше наших соотечественников, чем могло бы быть. Почему?

Мы рассказали о судьбе Н. И. Вавилова, и теперь вы сами ответите на этот вопрос.

История нашей генетики многотрудна и извилиста. В 20—30-х годах советскую генетику считали ведущей в мировой науке. Это был мощный прорыв в новом направлении. Трагическое устранение Н. И. Вавилова и других ученых надолго задержало развитие генетики у нас в стране.

Как это могло случиться?

Споры в науке — дело обычное. Побеждает тот, кто прав. Так принято считать. А доказать правоту в науке — значит на практике подтвердить истинность своих идей и теорий.

Но бывают ученые, которые хотят навязать свои теории другим. Сила — плохой способ утверждения в науке, но иногда он торжествует.

Это случилось в генетике в конце тридцатых — в сороковых годах. Академик Т. Д. Лысенко, давний противник классической генетики, возглавил Академию сельскохозяйственных наук.

И вместо честной борьбы идей был наложен запрет на теории инакомыслящих. Гены были объявлены «идеалистической чепухой», ученые-генетики, последователи идей Менделя, отстранены от работы в институтах. Четверть века академик Лысенко имел власть и средства преследовать своих научных противников.

Как могло случиться, что ученый стал гонителем науки?

В журнале «Наука и жизнь» на это ответил академик Н. Н. Семенов:

«Наука — дело абсолютно объективное, и сама по себе она бесстрастна. Но творят науку люди, испытывающие всякого рода страсти, обладающие теми или иными моральными качествами... Нет ничего опаснее, чем слепая страсть в науке. Это прямой путь к неоправданной самоуверенности, потере самокритичности, к научному фанатизму, к лже-науке. В случае поддержки со стороны власть имущего человека это может привести к подавлению истинной науки в той или иной области, а так как наука сейчас — дело государственной важности, к нанесению большого ущерба стране...»

Последним трагическим дням Н. И. Вавилова посвятил

свою новую повесть «Тысяча дней академика Вавилова» М. Поповский.

О научной стойкости замечательных генетиков Н. К. Кольцова, А. С. Серебровского и других рассказал в очерке «О генетике с самого начала» в журнале «Знамя» № 8 за 1966 год А. Шварц.

Рано или поздно правда всегда побеждает. Так случилось и в генетике.

«Пройдет немного времени, — писал недавно выдающийся советский генетик Н. П. Дубинин, — и советская наука, гордящаяся своими успехами в космонавтике, физике, математике и химии, будет гордиться и нашей биологией.

Овладение направленными мутациями будет означать, что человек приобрел подлинную власть над органическим миром, над живой природой.

Мы вступили в век атома, гена и космоса. Совершенные методы науки откроют возможность управлять жизнью на Земле».

# КОНЕЦ

## ИСТОРИИ

### ОДНОЙ

### МАРКИ

Мы начали наше путешествие у стен Брюннского монастыря. Оттуда мы отправили вам первые свои страницы, наклеив марку: Мендель и расходящиеся спирали ДНК. Теперь вы поняли, почему мы выбрали эту марку? Наконец-то прочитано послание Менделя человечеству.

В Брно съехались генетики всего мира, чтобы отметить знаменательный юбилей: век тому назад, в 1865 году, Мендель даровал свои законы науке.

Брно — тихий город. Есть в нем что-то музейное: в старинных домах, в затейливых украшениях, в каменной брусчатке мостовых, в огромных серых утесах соборов. Пожалуй, Брно можно было бы сделать первым музеем страны МОБ.

Умудренные научным опытом и молодые, только начинающие свой путь в науке, — все шли к памятнику Грегору Менделю.

Он стоит у стены монастыря, в сутане, распластав руки как крылья, похожий и на человека, готового взлететь к солнцу, и на распятого мученика. «Мое время придет...» Его время пришло.

«Кто вы, Грегор Мендель? Как удалось вам опередить время?»

Да, вы генетик; не случайно именно здесь собрался этот большой мировой форум ученых.

А может быть, вы математик? Ваши работы пестрят вычислениями, да, кроме того, вы преподавали математику.

А может быть, вы физик? Вашим учителем в Венском университете был знаменитый австрийский физик и астроном Доплер.

Ну и, конечно, вы ботаник!

Вы ставили опыты как биолог, вывели формулы законов наследственности как математик и как физик предрекли, что носители наследственности — материальные частицы.

Или вас не называли генетиком просто потому, что до вас не было этой науки, да и самого термина тоже не было?

Через сто лет после Менделя на стыке этих наук возникла молекулярная биология.

Так вот кто вы, Грегор Мендель!

— Вы — первый «молекулярный» биолог. И ничего, что в ваших работах нет ни слова о молекулах, ДНК, РНК, о коде и биосинтезе, о мутациях и репрессорах. Ведь все должно было начаться с чего-то...

В ГЛУБИНЫ  
БЕЛОГО  
КОНТИНЕНТА



## МАШИНА, ЗАВЯЗАННАЯ В УЗЕЛ

— Куда мы направимся теперь? До сих пор нашей путеводной нитью была нить ДНК. Мы твердо взяли курс на «острова сокровищ», в которых скрыты «фамильные драгоценности» наследственности, и в конце концов достигли цели.

— Но помните, мы уже говорили об этом: страна МОБ не только нуклеиновые кислоты. Это еще и белки. Они всюду: в нас и вокруг нас. Даже нуклеиновые кислоты не могут строиться без белков. Белками все движется, из них все строится.

— «Белый континент», занятый белками (ведь их называли так потому, что они — белого цвета), безбрежен. Но самый большой и воистину «Белый континент» — это клетка. Завоевание этого континента — главная цель всех, кто идет по дорогам страны МОБ.



*Мы отправимся по следам всего лишь нескольких недавних экспедиций.*

*Не ищите в рассказах, которые вы сейчас прочтете, такую же последовательную, внутреннюю связь, какая была меж главами первой половины нашего путешествия. Вторая половина — просто несколько рейсов в глубины «белых континентов». И первый рейс — в заповедную область, где впервые стало ясно: то, что присуще живому, молекулы белков «умеют» делать в пробирке. Молекулы ферментов-катализаторов, гемоглобина и мышечных белков «работают» вне организма, как в организме.*

*Только тогда, наконец, смогли появиться эти слова: «молекулярная биология».*

В тот вечер по радио передавали репортаж с Олимпийских игр, проходивших в Буэнос-Айресе. Голос спортивного комментатора доносился издали, сквозь трески и шорохи эфира.

«Вот сейчас, — взволнованной скороговоркой сыпал комментатор, — вызывают к штанге Юрия В.», — он назвал фамилию неоднократного чемпиона мира по тяжелой атлетике. — Он все тот же, что и десять лет назад. «Самый сильный человек мира». Спокойный, уверенный. Тренер дает ему последние наставления. Наши болельщики, а их здесь немало, кричат: «Удачи, Юрий, удачи!» Вот он вышел на помост, взглянул на штангу, поправил очки. Зал замер, тишина. Еще вчера в пресс-центре распространился слух: сегодня наш Юрий превысит — и намного превысит — свой собственный мировой рекорд. Зал притих. Руки легли на гриф, мышцы напряглись. Внимание! Взял! Штанга над головой! Вы слышите восторженные голоса толпы, слышите, как они скандируют: «Юрий! Юрий!» Да, еще раз наш Юрий доказал, что не имеет себе равных. Итак, чемпион мира по тяжелой атлетике определен. Через полчаса он поднимется на пьедестал почета и...»

И тут в передаче произошел какой-то непонятный провал. Молчание. Только трески и шорохи стали явственнее и как будто тревожнее. Наконец передача возобновилась, но несколько первых слов были уже потеряны.

«... никогда еще не было в истории олимпийских игр, —

озадаченно говорил комментатор. — Незаявленный претендент! Сейчас судьи совещаются, как быть... Видимо, совещание продлится пять-десять минут».

Зазвучала музыка: «самба», «ча-ча-ча». Бодрая, бездумная.

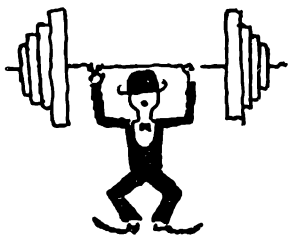
«Внимание, внимание! — снова раздалась скороговорка репортера. — Сейчас появится человек, вызвавший почти панику в рядах уважаемых седовласых деятелей Международного олимпийского комитета. Сначала ему, этому таинственному силачу, было отказано в праве участвовать в соревнованиях. Но ряд национальных комитетов, и прежде всего японский, настоял. Что такое?! Неужели это он?! Смех — вы слышите, громовой смех встретил его появление. Маленький, щуплый человек на помосте. Представьте, что было бы, если б Чарли Чаплин вдруг выступил в чемпионате мира по тяжелой атлетике».

Хохот заглушил слова комментатора.

«Простите за перерыв. Это действительно смешно! Кое-кто возмущен: это профанация олимпийских игр. Другие подозревают рекламный трюк, спектакль, устроенный телевизионной компанией. Кстати, на майке у этого тщедушного человечка японские иероглифы и три английских буквы. Обождите. Да, это буквы «Джи Пи Си». Мой японский коллега подсказывает мне, это первые буквы названия Всеяпонского полимерного концерна. Так и есть, опять вездесущая реклама. Сейчас мы узнаем, реклама чего... Видимо, поэтому человечек чувствует себя так уверенно, улыбается, раскланивается, достал какой-то сосуд с жидкостью...»

Новый могучий удар океанского прибоя! Репортер затих, как будто волна накрыла его с головой. Но вскоре он выплыл опять, смеясь и отплеиваясь словами:

«Этот хилый попросил, чтоб ему поставили тысячу килограммов. Да-да, одну тонну. Н-да, рекламный балаган несколько затягивается. Человечек открыл сосуд с жидкостью. Показал всем, что написано на сосуде. Мой японский коллега переводит мне: «лосьон гигантов». Вероятно, очередная парфюмерная дрянь. Но зачем в таких количествах? Человечек растер этой жидкостью мышцы



своих тонких белых ручек. Наклонился. Берется за штангу. Вы слышите, зал умирает от хохота. Это в самом деле, потешно! Чемпион по тяжелой атлетике — Чарли Чап...»

Внезапно на полуслове наступила мертвая тишина. Совершенно мертвая, как будто исчезло все: комментатор, помост в олимпийском городке, Буэнос-Айрес, даже эфир... Прошло несколько долгих мгновений, пока вновь проступил гул. Теперь он был другой: придавленный, недоуменный, боязливый. И комментатор вдруг сказал тонким, срывающимся голосом: «Я ничего не понимаю, он взял этот вес! Он взял тонну!»

### *Автор спрашивает автора*

— *Тщедушный человек, поднимающий тонну? Это чепуха. Есть предел возможностей человеческих мышц.*

— *Человеческих — да. Но разве я вам сказал, что у этого силача были обыкновенные человеческие мышцы? В этом вся штука. Ему вживили синтетические мышцы из особого полимерного материала, а приводил их в действие «лосьон гигантов».*

*Впрочем, как вы понимаете, это шутка. Не было Олимпийских игр в Буэнос-Айресе, не было людей, поднимающих тонну, но мышцы, способные на это, будут. «Лосьон гигантов» мы, конечно, придумали, но в каждом из нас есть вещество, ничуть не уступающее этому «лосьону»...*

В одном из павильонов Всемирной выставки в Брюсселе в 1958 году длинная и широкая лента, одним концом подвешенная к потолку, другим — опущенная в прозрачную жидкость, вдруг начинала сокращаться. Она становилась меньше, как резина, натянутая и отпущенная.

Но резина сокращается резко, лента же стягивалась медленно, неумолимо. Она скорее была похожа на ленту эскалатора — непрерывным своим движением и тем, что тащила на себе груз. Стальной брусок в полцентнера весом,

прикрепленный к ленте, поднимался на трехметровую высоту и останавливался.

Внешне ничто не приводило ленту в движение. Никто не тянул ее, в тонкой полоске ленты не было спрятано никаких двигателей.

Лента была искусственной моделью живой мышцы.

Если некто по секрету сообщит вам, что он владеет вечным двигателем — не верьте, вечного двигателя нет в природе.

Но кто бы ни сказал вам, что у него есть один из самых выгодных двигателей, — придется поверить. Такой двигатель действительно есть у каждого — это мышца.

Мышцы приводят в движение руки и ноги, сердечная мышца обеспечивает биение сердца, а гладкие мышцы, сокращаясь, проталкивают пищу в желудок и кишки.

Мышцы служат для того, чтобы мы ходили, управляли космическими кораблями, пели, возводили дома, собирали цветы. . .

Поэтому поколения биологов доискивались, как работает мышца.

Как и все живое, мышца состоит из клеток. Мышечная клетка называется мышечным волокном.

Волокно похоже на заполненную трубку, едва видимую невооруженным глазом.

В трубке — тонкие нити. Они из белков — актина и миозина. Эти белки можно выделить. В пробирке они соединяются, образуя новый белок — актомиозин.

В 1939 году советские ученые В. А. Энгельгардт и М. Н. Любимова сделали выдающееся открытие. Белок актомиозин, лежащий в чашке, как студень, изменял свою длину при добавлении особого вещества — аденозинтрифосфата. Биохимики стали называть это вещество сокращенно АТФ. Молекулы АТФ состоят из аденина и фосфорной кислоты. В молекуле АТФ три молекулы фосфорной кислоты (отсюда и название аденозинтрифосфат), связанных в цепочку. Это — «аккумулятор» клетки. Вот началась реакция и крайнее звено отцепилось, освобожденная энергия пошла на сокращение мышцы. АТФ превратилась в АДФ (аденозиндифосфат).

Если из актомиозина сделать искусственное волокно и добавить к нему АТФ, волокно сокращается. Энгельгардт и Любимова доказали и другое: под воздействием АТФ со-

кращается каждая молекула белка мышцы. Молекулы работают, как целые живые мышцы.

Изучив, как действует молекула, можно понять «производственный секрет» мышцы. В любом случае начинать надо было с молекулы.

Стало ясно, что мышцу можно создать искусственно. Ведь если сокращается белковая нить и даже молекула, — значит, не обязателен живой организм. Можно построить мышцу из искусственных полимерных веществ.

Та полимерная лента, которая удивляла посетителей Брюссельской выставки, была моделью очень грубой и упрощенной. На настоящую мышцу она похожа так же, как сигнальная ракета, вспыхивающая во время фейерверка, на современную космическую ракету, взлетающую в межпланетное пространство.

Чтобы воссоздать живую мышцу, надо знать, как она устроена. А как это узнать?

... В бензобак автомобиля залили бензин. Заработал мотор — и машина поехала. Можно сказать, машину двигает химическая энергия, которая есть в бензине. Но как преобразуется она в механическую — этого не узнаешь, если не забраться под капот автомобиля.

Так же непонятно, как работает мышца. Как она сокращается?

Как натянутая и вдруг отпущенная резина?

Как пружина?

Как закрываемый спичечный коробок или втягиваемая фотографическая тренога?

Это не просто вопросы — это гипотезы разных ученых.

Удалось взглянуть под «капот» мышцы с помощью электронной микроскопии и химии.

Оказалось, нити, наполняющие трубку мышечного волокна, делятся на толстые и тонкие. Тонкие нити при сокращении втягиваются в пространство между толстыми. Толстые нити — из белка миозина. Тонкие — из актина. Их приводит в движение «топливо» — АТФ.

Шаг вперед на пути к истине был сделан. Но окончательная разгадка далека... Как химическая энергия преобразуется в механическую? Что за механизм втаскивает одни нити между другими? Кто регулирует подачу «топлива» — АТФ? Почему она вдруг прекращается? Говоря на языке автомобилистов — кто давит на педаль «газа»?

Один ответ на этот град вопросов появился недавно. Его дал академик Глеб Михайлович Франк на первом Всесоюзном биохимическом съезде, который проходил в Ленинграде.

Сначала приведем цитату из его доклада в дословном виде: «Как известно, поперечно-полосатые мышцы работают с высоким КПД. Для этого необходимо, чтобы циклика обменных процессов в точности соответствовала циклике механического акта, иначе будет потеря химического топлива».

Коротко, но совершенно непонятно.

Попробуем все же понять мысль Г. М. Франка.

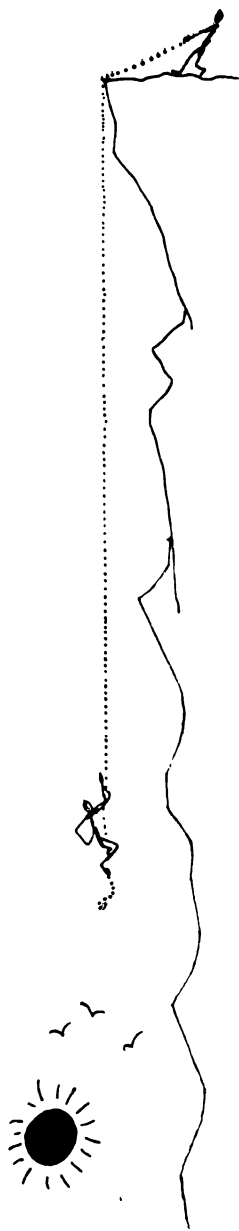
Приказ о том, что делать, мышца получает из головного мозга через нервную систему. А дальше мышца сама руководит своим движением. АТФ заставляет тонкие нити втянуться между толстыми. Чем больше прячутся одни волокна среди других, тем меньше остается мест, в которые могла бы проникнуть АТФ. АТФ как бы заставляет мышцу прятаться в укрытие, в которое сама АТФ пробраться не может. Чем сильнее действует АТФ, тем скорее прячется мышца и тем меньше места остается для реакции с АТФ. Химическая реакция и механическое сокращение взаимно дополняют друг друга.

Свою идею Глеб Михайлович обосновал фактами. И прежде всего — снимками, которые удалось сделать в электронном микроскопе.

Механизмы работы мышцы слегка прояснились. Но это не значит, что тайны мышцы уже не существует. Просто еще одна гипотеза подтверждена фактами.

Рождение научного открытия проходит, как правило, в лаборатории. Открытие вначале похоже на младенца. Его кутают в пеленки дополнительных гипотез, греют расчетами, поддерживают экспериментами. Все больше и больше фактов убеждает: да, ученый прав. И тогда только появляются сообщения в научном журнале или доклад с трибуны съезда. Открытие как бы вступает в жизнь.

Но предположим, ученые полностью разобрались в работе мышцы. И химия научилась делать волокна искусственных мышц так же, как сегодня в колбе она выращивает искусственную шерсть. Что тогда? Вместо бензина — АТФ. Это белое, кристаллическое вещество засыпается в бункер, как уголь. На пути к искусственной мышце АТФ



растворяется в воде и самотеком поступает к прочной полимерной ленте или трубке. Лента периодически сокращается, вращая колеса машин. Коэффициент полезного действия — почти 90%. Ничего подобного современная техника не знает.

Но это еще не все. АТФ, «сгорающая», оставляет АДФ. Молекулы АДФ вновь подзаряжаются третьим звеном — молекулой фосфорной кислоты, и снова «машинисты будущего» подбрасывают в бункер АТФ. Чем не «вечное топливо»!

Или представьте себе альпинистский поход. Острые зубцы гор, отблеск розового солнца на снежных вершинах. А впереди — отвесная стена. Вот лучший из альпинистов осилил стену. Вниз полетела веревка. Наверху она завязана прочным узлом. Следующий участник подъема прикрепил ее к своему поясу. Пока все идет как обычно. Но никто и не думает тянуть веревку. Ее слегка смачивают каким-то раствором, и веревка — ну, конечно же, это еще одна искусственная мышца! — сама начинает сокращаться, поднимая альпинистов вверх. Альпинистский лифт, только завязанный узлом.

Кто знает, может, среди запасных частей человеческого тела будут выдаваться и синтетические мышцы разных размеров и мощностей.

## **„МИРЫ, ГДЕ ПЯТЬ МАТЕРИКОВ...“**

Когда открыли электрон, казалось, дальше, вглубь, движение уже невозможно.

Но В. И. Ленин пророчески предвидел, что электрон так же неисчерпаем, как атом. Чтобы эта истина стала достоянием популярных книг, понадобилось не одно десятилетие. Впрочем, физики еще только готовились к штурму глубин электрона, а поэт Валерий Брюсов уже писал:

Быть может, эти электроны —  
Миры, где пять материков,  
Волненья, Войны, Крики, Стоны  
И память сорока веков...

«Мирами, где пять материков», оказались не только электроны, но и клетки. И каждый вновь открываемый «материк» был так же неисчерпаем, как атом. Клетку продолжают разбирать, наподобие составных матрешек, надеясь: вот-вот удастся вынуть последнюю «матрешку». Роль последней матрешки, как вы знаете, уготована каждый раз

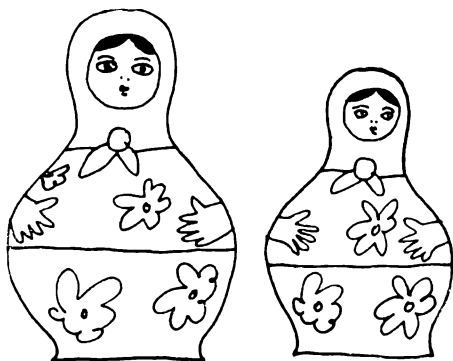


молекуле... Но и молекулы все никак не удастся «исчерпать до дна».

В Москве на Всесоюзной выставке достижений народного хозяйства в павильоне биологии Академии наук СССР было красочное панно. Простые очертания живой клетки, так, как представляли ее во времена Шванна и Шлейдена: неправильной формы окружность и в середине белый шарик ядра. Клетка — как почти пустой орех, клетка, как она виделась «до нашей эры» — эры электронных микроскопов.

Рядом художник изобразил глаз человеческий, к которому тянутся белые линии — лучи света, прошедшие через микроскоп. И тут — другое изображение клетки, сегодняшнее. Эта клетка «нашей эры», она заполнена, «нафарширована» разными структурами, обнаруженными армией исследователей, которые шли вслед за первооткрывателями.

Два изображения клетки на стенах павильона биологии наглядно показывают, как далеко ушли мы от простой «карты» живой клетки, заведенной Шванном. Сколько теперь на этой «карте» материков, архипелагов, морей...



Названия их пока незнакомы и мало что говорят непосвященному: центросомы, мезосомы, эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, митохондрии... А сколько островов еще ждут своего Кука, сколько континентов — своего Колумба!

Но и путешествие по уже открытым континентам полно неожиданных встреч.

Вот, к примеру, целый мир необычайного и удивительного, именуемый «митохондрия». Давайте совершим беглую экскурсию на этот материк, пройдемся по нему, пусть даже не как дотошные путешественники, а как вечно спешащие туристы.

Митохондрии — их в клетке сотни тысяч — это силовые

станции клетки, да и всего организма тоже, поскольку организм сложен из клеток.

Именно в митохондриях производятся молекулы аденозинтрифосфорной кислоты — АТФ, которая служит своеобразным аккумулятором энергии. Законсервированная в особой химической форме, эта энергия вместе с молекулами АТФ может быть доставлена в любую точку клетки, где энергия нужна.

Все наши движения — те, которые проявляются явно (первый вздох ребенка, улыбка девушки, движение руки пианиста, могучий удар кузнеца), и те, которые скрыты в глубинах организма или клетки (от удвоения хромосом до

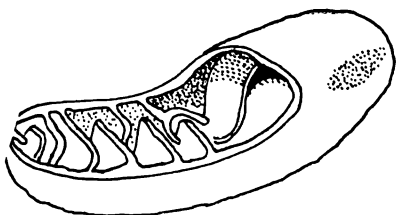
биения сердца), — все эти движения черпают свою энергию, в конечном счете, из митохондрий.

Пирамида Хеопса, атомный реактор, ракета, разрывающая небо, и крохотная, лишь в электронный микроскоп различимая митохондрия — казалось бы, что между ними общего? А общее есть: и пирамида, и реак-

тор, и ракета — все это, образно говоря, детища митохондрий; все великое в природе, что сделано человеком, сотворила энергия, поставляемая митохондриями.

На что похожа митохондрия? Ее сравнивают с туфлем, с лаптем, с катером, с тыквой, — словом, фантазия писательская неисчерпаема, но все эти сравнения неверны. И не только потому, что они приблизительны, как и все сравнения, и не передают всей изящной сложности митохондрий. Дело не в этом. Все эти сравнения описывают лишь внешнюю форму митохондрий, а форма эта ежесекундно меняется. Она более расплывчата, чем форма облаков на небе: митохондрии то сокращаются, то вновь набухают, и в этом цикле — «сокращение — набухание», в этом своеобразном «сердечном» ритме митохондрий — одно из неперемennых условий их существования.





Хромосомы, рибосомы — архитектурные творения живой материи, которые построены из белков и нуклеиновых кислот — из нуклеопротеидов, если говорить на языке биохимиков.

Митохондрии сложены из белков и жироподобных веществ (липидов). Блок этот «по-биохимически» называется липопротеидом. Из липопротеидов сложены двойные мембраны — перегородки, образующие бесконечные лабиринты. Если бы мы уменьшились в размерах так, что сумели бы бродить внутри этого лабиринта, то выход из него найти было бы, пожалуй, куда труднее, чем из критского лабиринта, прославленного своей запутанностью в мифах Древней Греции.

«Топливо», сжимаемое в «топках» митохондрий, — углеводы. В круговороте биохимических превращений с участием катализатора от веществ — участников круговорота — отрываются электроны и передаются, как по проводам, по целой системе ферментов, пока не доходят до кислорода, внесенного при дыхании в клетку. Электроны восстанавливают кислород, вместе с двумя водородами он превращается в воду. Несколько раз с этим электронным потоком пересекается другой поток — в нем идет образование АТФ. Химическое производство АТФ черпает энергию из электронного потока, словно химический завод — от линии высокого напряжения. А когда АТФ становится слишком много, она вступает в реакцию с сократительным белком (вспомните рассказ о мышце) — митохондрия сжимается, проницаемость ее оболочки уменьшается — приток «топлива» прекращается — производство входит в норму. Уменьшилось количество АТФ, и снова мудрая эта машина набухла до нормального состояния (впрочем, что считать нормальным?), и работа снова потекла по нормальному руслу. «Обратная связь», — так сказали бы специалисты по электронике или кибернетике о такой регулировке.

Да, митохондрия, чей портрет так эскизно здесь изображен, как неразрытый скифский курган, хранит до сих пор множество загадок.

Загадка химическая: реакции, происходящие в мито-

хондриях, занимают целые страницы в учебниках биохимии. И, наверно, не меньше займет один перечень неизвестных еще механизмов реакций, идущих в митохондриях. Кстати, где идут эти реакции — на поверхности перегородок мембран или в матриксе — веществе, заполняющем пространство между перегородками?

Загадка биофизическая: молекулы ферментов, которые принимают (что точно известно) участие в переносе электрона, между собой не соединяются, хотя и сидят на одном белковом остоле — строме. Словом, ток как бы идет по рваным проводам. Но ведь такого не бывает. Как же передается электрон? Молекулы ферментов качаются в разные стороны, как березки на ветру. Когда они сталкиваются, электрон перескакивает с одной молекулы на другую — это одна точка зрения. Ее развивает и доказывает известный специалист по митохондриям и известный яхтсмен профессор Б. Чанс из США.

Электрон проходит по белковому остову, как по полупроводнику, — другая точка зрения. Уже давно ее пропагандирует иностранный член нашей академии, венгр по национальности, живущий в США, Нобелевский лауреат Альберт Сцент-Дьердьи. Но есть еще и третья, и четвертая точки зрения...

Загадка кибернетическая: как осуществляется в деталях та самая обратная связь, о которой мы говорили выше?

Загадка, если хотите, электрическая. Понятно, что если электрон перемещается, то на концах цепи должна быть разность потенциалов, как в батарейке. От большего потенциала к меньшему движется электрон — все как полагается. Но вот сравнительно недавно было обнаружено и обратное, встречное движение электрона... Как объяснить это движение? Какими электрическими силами?

А есть еще загадка генетическая, едва ли не самая удивительная в «кургане» загадок митохондрии. Где делаются митохондрии? Где закодировано строение их белков и строение сложной митохондриальной «машины» в целом? В ядре, конечно, в хромосомах, в ДНК — приготовились вы ответить. Подождите с ответом. Ученые считают, что митохондрии сами себя воспроизводят. До сих пор мы считали, что только клетка самовоспроизводится... Уже обнаружена митохондриальная ДНК. «А РНК, а рибосомы?» — спро-

сите вы, уже усвоившие, как мы надеемся, представление о «Великой троице»: ДНК — РНК — белок. Так вот, рибосом пока достоверно в митохондриях не найдено. И вообще, высказываются некоторые исследователи, можно предположить, что белок митохондрий производится прямо на ДНК — и никакой привычной схемы... Совсем недавно обнаружилось, что в митохондриях действительно синтезируется часть белков. Обнаружен и синтез РНК и даже своеобразные генетические «факторы», управляющие всем этим. Но по-прежнему не найдены «молекулярные» машины синтеза — рибосомы.

«А как же?» — спросите вы.

А мы и сами не знаем, «а как же»... И никто пока не знает. И не случайно целые лаборатории в разных странах мира, и в нашей стране тоже, заняты только митохондриями. О них пишут бесконечные статьи и толстые книги. (Одна из них, книга американского ученого А. Ленинджера «Митохондрии», совсем недавно вышла в русском переводе.)

И работают в этих лабораториях не менее упорно и настойчиво, чем в тех, где поклоняются великим ДНК, РНК и рибосомам.

Нам надо знать все о митохондриях — и не только для того, чтобы любознательности ради перечеркнуть тот список тайн, который вы прочли, хотя стремление к познанию живой природы может быть целью само по себе.

Надо знать все о митохондриях, потому что через энергетические центры можно управлять клеткой, организмом.

Есть много страшных ядов на земле — змеиные и грибные, трупные и колбасные, приготовленные природой и искусственно синтезированные человеком. И действие многих из них состоит в том, что они врываются в митохондрии и блокируют цепь переноса электронов, как бы рвут линии электропередач — и гибнет клетка, гибнет организм. Не случайно целью диверсий так часто служат электростанции.

Овладение хитроумным устройством митохондрий — это еще и прогресс медицины.

Вот один пример. Митохондрий особенно много в мышцах животных: в грудных мышцах голубя, скажем, их больше, чем у курицы, — голуби летают больше, чем кури-

цы. Огромно их число в мышцах насекомых: у иных насекомых мышцы сокращаются тысячи раз в секунду.

В мышцах человека тоже очень много митохондрий. Но особенно много их в клетках сердечной мышцы: митохондрии окружают ядра клеток сердечной мышцы, как кольцо ТЭЦ опоясывает столицу. Так и должно быть: ведь сердечная мышца трудится всю жизнь, не останавливаясь. Если начинаются перебои, дело плохо...

...В сердце заглянули через электронный микроскоп. Для опыта взяли сердце животного. Предварительно перевязали одну из веточек коронарной артерии. У сердечной мышцы начался голод: стало не хватать крови. Возникло местное малокровие — ишемия. Ткань стала мертветь — это был инфаркт. Страшное и — увы! — не столь уж редкое нынче слово. Затем сделали тонкий срез с сердечной мышцы и поместили его в электронный микроскоп. Изображение экрана перешло на фотопленку. Эти снимки показал на первом Всесоюзном биохимическом съезде в Ленинграде академик Г. М. Франк.

Инфаркт изменил привычный вид клетки. Особенно досталось митохондриям. Стройные белковые молекулы разрушены, искалечены, сожжены.

Инфаркт — грозная опасность. Клетки задыхаются без крови, кислорода, гибнут без питательных веществ. Они не хотят гибнуть. Они сопротивляются. Для отпора им нужна вся их энергия, и митохондрии перестраиваются на «военный лад», работают на полную мощность, не жалея себя, не выдерживают, разрушаются. Сжигают себя, чтобы спасти сердце. Это видно на снимках...

«Ну и что? — в нетерпении скажете вы. — Допустим, это так. Но снимками не вылечишь тяжело больных людей».

Инфаркт был и остается нелегкой болезнью. Сегодня еще электронно-микроскопические наблюдения за сердцем не помогают врачам. Но сделан шаг, чтобы докопаться до молекулярных корней инфаркта; если бы уметь в эту минуту помочь митохондриям...

Наша экскурсия в глубь митохондрий завершена. Мы предприняли ее для того, чтобы показать, что за миром молекулярной биологии, которому посвящена наша книга, есть другой мир — клетка — не менее увлекательный. Можно написать целую научно-популярную книгу о митохон-



дриях. И, наверно, о других частях клетки тоже. И можно написать не одну книгу о том, как живет и работает вся клетка в целом: как она делится, развивается, питается, как связана со средой и с другими клетками.

Сложные молекулы белков и нуклеиновых кислот образуют клетки. Но свойства клеток не есть простая сумма свойств этих молекул. Арифметика заменяется здесь такой высшей математикой, законы которой далеко не все известны. И клетки тоже не по арифметическим законам образуют организм. Человек не есть простая сумма всех его клеток.

Новые свойства, новые законы возникают в той совокупности клеток, которая зовется «организм». И об этом тоже можно было бы написать не одну книгу.

Так возникает здание биологии: «молекула — клетка — организм». Молекулярная биология — это еще не вся биология, у нее свое место в этом строении. Поэтому в этой книге сказано так мало о клетке — просто это следующий этаж строения, до которого мы еще не дошли, но обязательно дойдем, только в следующей книге; а кто ее напишет — не так уж важно.

Важно, что клетка так же неисчерпаема, как организм, а молекула так же неисчерпаема, как клетка.

## ВСЕВИДЯЩИЙ

### Муф

Обычно, когда хотят рассмотреть органоиды клетки, например митохондрии, в электронный микроскоп, ее убивают.

Пытаться понять, что такое жизнь, рассматривая в микроскоп неживые кусочки тканей, — все равно что изучать музыку Чайковского по устройству скрипок и барабанов.

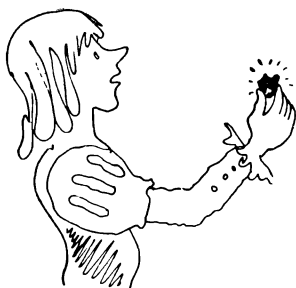
Молекулярная биология создала много совершенных методов, чтобы узнать, как ведут себя молекулы в пробирке.

Но стоит подступиться с этими методами к живой клетке, как большинство из них пасует. . .

Лауреаты Нобелевской премии Д. Кендрью и М. Перуц установили структуру молекул гемоглобина и миоглобина с помощью рентгеноструктурного анализа. Но живая клетка не открывается такому анализу: рентгеноструктурщикам пока не удалось ее «просветить» . . .

И все же, можно ли подсмотреть работу живой





клетки? Да, есть такой магический глаз — всевидящий МУФ. Но знакомство с ним придется начать издалека...

...Августовским днем 1597 года в итальянском городе Болонье в своей мастерской работал городской сапожник Винченцо Касчиарола. Впрочем, сапожного инструмента здесь было мало. Но зато всюду стояли

длинногорлые колбы, кривоносые реторты, всевозможных размеров тигли. Сапожник Винченцо страстно увлекался алхимией. Он упрямо искал «философский камень» — тот самый волшебный камень, который излечивал бы все болезни и превращал металлы в золото.

Сегодня Винченцо решил прокалить найденный утром каменный осколок. Когда затихли мехи, Касчиарола схватил горячий камень из очага, поднес к дверям, к солнцу. Нет, никаких изменений. И камень полетел в угол, за горн. Винченцо перебрал остальные. Погасил огонь, шагнул к двери и вдруг увидел: из темноты за горном струился призрачный красный свет. Уголь? Касчиарола нагнулся. Нет, камень, и камень холодный. Осторожно вынес его на свет. Да, это был тот же самый камень. Наконец-то! «Философский камень» был у Касчиаролы в руках!

Кочерга не превращалась в золото, сколько ни тер ее камнем Касчиарола. А красный свет постепенно слабел. Стоило вынести камень на солнце, и опять от него в темноте исходило таинственное красное сияние.

Болонскому сапожнику не удалось открыть «философский камень». Но так 370 лет назад началось изучение люминесценции — свечения без нагрева. Это бывает нередко — ищут одно, а находят другое. Искали конец света, а нашли, что Земля шарообразна. Искали материал для цветочных горшков, а изобрели железобетон.

С люминесценцией мы сталкиваемся чаще, чем привыкли думать. Экран телевизора, лампа дневного света, северное сияние, светящиеся стрелки и циферблаты часов — все это разные виды люминесценции, как и свечение гнилушек и светляков. Вы можете сами вызвать люминесценцию. Попробуйте в полной темноте колоть сахар. Может быть, вам

удастся увидеть голубоватые искры. Это и есть люминесценция трением, или триболюминесценция.

Для того чтобы свечение возникло, молекулы или атомы вещества должны получить добавочную энергию, возбудиться. Пучок электронов в телевизионной трубке-кинескопе возбуждает молекулы вещества, которым покрыт экран. Свет паров ртути, наполняющих лампу дневного света, возбуждает молекулы особого состава, которым покрыта трубка лампы.

Возбужденная молекула чем-то напоминает мяч, загнанный сильным ударом высоко по склону крутой горы. Долго мяч наверху склона не удержится — вот он уже катится вниз, сшибая мелкие камни со своего пути.

И возбужденная молекула тоже скатывается вниз, к началу своего пути. При этом избыток энергии молекула возвращает назад, она отдает долг, но световой энергией — люминесцирует.

Многие вещества, например краски, светятся и под ультрафиолетовыми лучами.

В 1929 году в Ленинграде коллекционер купил картину «Бурное море», подписанную: «Айвазовский». Один известный художник усомнился, что картину действительно написал Айвазовский. Коллекционер захотел вернуть свои деньги. Дело пошло в суд. Назначили экспертизу от Русского музея. Но голоса художников-экспертов разделились: двое признали картину подлинной, двое отрицали это. Суд назначил графическую экспертизу, то есть проверку подлинности подписи. Графологи отказались дать заключение, потому что подписи художников на картинах не имеют индивидуальных особенностей почерка.

Тогда картину сфотографировали, осветив ее ультрафиолетовыми лучами. И в нижнем углу, рядом с подписью Айвазовского, под слоем белой краски, изображающей пену прибоя, ясно проступили очертания другой подписи, подчищенной и замазанной...

Иногда делают так; берут деталь, смазывают ее раствором люминесцентного красителя и тут же смывают раствор. Если на детали есть невидимые трещины, раствор в них задержится, не смоется. Это вы ясно увидите, включив ультрафиолетовую лампу: все дефекты детали ярко светятся. Люминесцентная дефектоскопия — обычный способ контроля на многих наших заводах.

А что если выкрасить живую ткань? Опустить ее в раствор красителя, потом вымыть и подставить под ультрафиолетовый свет? Там, где ткань повреждена, краска задержится, а с гладкой поверхности она смывается. Поврежденное место будет ярко светиться, словно давая сигнал опасности.

Люминесцирующие красители для живых тканей называли флуорохромами.

Оказалось, что если живую ткань поместить в раствор какого-либо флуорохрома на достаточно долгое время, молекулы флуорохрома проникнут внутрь живой клетки.

Но флуорохром в клетке не праздный бродяга, а честный труженик, он прикрепляется к молекулам белков и нуклеиновых кислот и вместе с ними путешествует в клетке. У белковых молекул желто-зеленые опознавательные знаки, у молекул нуклеиновых кислот — красные.

Когда вечером идешь по улице, на которой не успели зажечь фонари, транспорта не видно, заметны только огоньки: красные — у легковых машин, цветные — у трамваев. Можно, глядя на эти огоньки, сказать, с какой скоростью едет транспорт, куда он едет. Улица живет в движении огней.

«Сигнальные огни» — флуорохромы — позволяют наблюдать за «транспортом» веществ в клетке, за тем, куда и как они едут. Флуорохромы приносят свет в глубины живых клеток — освещают «дороги», по которым идет обмен веществ.

Но не отравится ли клетка, «проглотив» ненужную ей краску?

Флуорохромы большей частью безвредны. Будь они даже сильнейшими ядами, в том количестве, которое нужно для люминесценции, организм их не заметит. А нужен всего один грамм на миллион или десять миллионов литров воды. Мышьяка в каждом из нас в сотни раз больше, чем флуорохрома в растворе. Флуорохромов мало, а свечение их все равно заметно. Чтобы обнаружить флуорохром в Чудском озере, достаточно стакана этого вещества. А в Ладожское озеро понадобилось бы высыпать примерно килограмм.

Клетка, раскрашенная флуорохромами, очень красива. Это «живопись» страны МОБ, хотя и несколько абстрактная.

Еще Маяковский сказал:

«В кулак

бактерии

рассматривать глупо».

Со времен Гука бактерии и клетки рассматривают в микроскоп. Понятно, что свечение клеток нужно тоже рассматривать в микроскоп. Но микроскоп этот особый. Нужна ультрафиолетовая лампа, нужно направить ее свет на объект, нужно убрать посторонние лучи, искажающие изображение. Люминесцентный микроскоп — это уже не привычная трубка с линзами на подставке, а куда более солидное сооружение, иногда размером с холодильник. Для разных целей — разные модели микроскопов. А все семейство носит марку «МЛ» — «микроскопы люминесцентные».

Первые люминесцентные микроскопы были созданы у нас в Ленинграде под руководством Е. М. Брумберга.

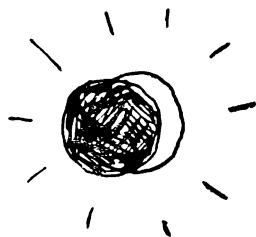
А нельзя ли обойтись без светящихся красителей? Как заставить светиться сами молекулы белков и нуклеиновых кислот?

Положите под ультрафиолетовую лампу руку — словно прозрачная голубоватая перчатка появится на ней — это свечение кожи. Ярко засинеют ногти. Но почти у всех тканей такое свечение одинаково. Это вроде светофора, у которого все три огня были бы одни и те же, например зеленые. Какая польза от такого светофора?

Брумберг доказал, что голубое свечение — только часть невидимого глазом ультрафиолетового сияния живых тканей. Позднее выяснилось, что это сияние возникает тогда, когда возбуждающий свет попадает на молекулы белков. Нуклеиновые кислоты сами не светятся, остаются в тени. Все ультрафиолетовое свечение клетки — свечение ее белков. Оказалось, ядро светит слабо, сильнее всего сияют митохондрии, как и подобает энергостанциям клетки. Может, именно поэтому сияние живой клетки так хорошо отражает ее состояние — ведь митохондрии — подлинное «чувствилище» клетки?

Это сияние непостоянно. Митохондрии, а в них белковые молекулы, изменили свою форму — и сразу изменилось свечение. Значит, если меняется сила света, его цвет, с белками живой клетки что-то происходит, молекулы сигналият об этом.

Астрономам много рассказывает о Солнце и солнечный



свет, и солнечное затмение. Молекулярным биологам, цитологам и медикам тоже много говорит о жизни клетки и сияние белковых молекул, и их затмение.

Но ведь ультрафиолетовое свечение невидимо глазом. Невидимый свет современная техника легко преобразует в видимый, а то, чего не чувствует глаз, превосходно воспримет фотопластинка. Так был создан ультрафиолетовый микроскоп, создан тоже у нас в Ленинграде. Впервые в мире. Его назвали МУФ — «микроскоп ультрафиолетовый».

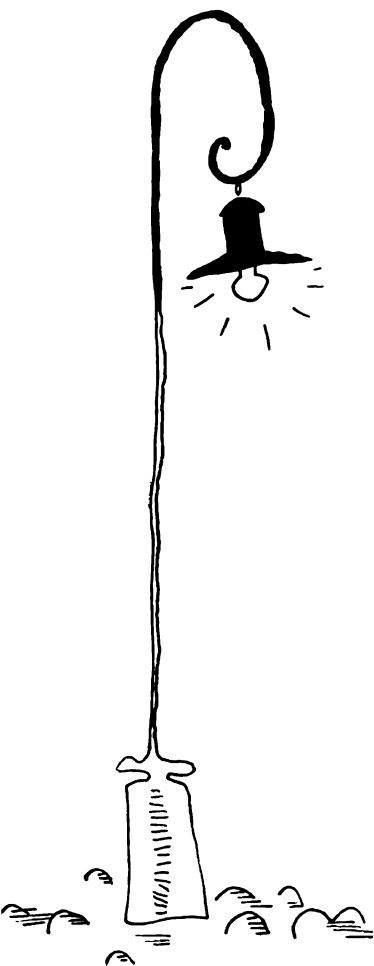
Всевидящий МУФ по свечению молекул белков узнает очень многое о жизни и здоровье клетки.

Теперь можно увидеть, как растет клетка. Можно увидеть, различает ли она канцерогенное вещество от другого, очень похожего по химическому строению, но безвредного. Можно выследить, как начинается схватка клетки с «агентами» болезни и как проводят эти «агенты» «диверсии» в жизненно важных центрах клетки.

Живая клетка заговорила на языке света.

Мерцающее сияние звезд в небе рассказывает о рождении и гибели миров в галактиках и вселенных.

Невидимое свечение молекул в клетке обещает рассказать не меньше о микромирах жизни.



# КАК ЗАКАЛЯЛАСЬ КЛЕТКА

Вы когда-нибудь держали возле уха рапану?

Рапана — большой моллюск, улитка, как ее иногда называют,—появилась в Черном море двадцать лет тому назад. Конечно, первыми обнаружили рапану крымские мальчишки. Они ныряли в море, к самому дну, где среди блестящих камней и торжественно колыхавшихся водорослей лежали большие раковины, похожие на раскрытые цветы подводного царства. Загорелые курортники: физики и лирики, педантичные бухгалтеры и плечистые шахтеры — все они, разомлев от моря, солнца и пляжного многоголосья, прикладывали к уху раковину, очищенную от улитки, и зачарованно слушали, как зарождался чуть слышный шум. . . Голос моря. Теперь это была не просто раковина, а сувенир, память о Крыме.

Впрочем, рапану можно

было считать и памятью о Дальнем Востоке, потому что именно оттуда, из Японского моря, перебрался в Черное этот моллюск, пристроив свои кладки на позеленевшем днище кораблей.

В Новороссийской бухте, припорошенной цементной пылью, рапана отпраздновала новоселье: из кладок вышли личинки, затем они превратились в новые моллюски. Черноморское побережье пришлось им по вкусу в буквальном смысле этого слова. Моллюски двинулись вперед как свирепые завоеватели. На своем пути они съели всех черноморских устриц, нанесли большой урон мидиям и даже рыбам, потому что уничтожили многих подводных животных, которые служили прежде рыбьим кормом. Сначала они захватили широкую прибрежную полосу Черного моря, а затем вторглись в Азовское и продолжают наступать на Север... Удастся ли их остановить, задержать, отбросить? Вопрос, который волнует и рыбаков, и ученых.

Совершенно точный ответ на этот вопрос мы получили в Институте цитологии в Ленинграде. Но об этом позднее...

\* \* \*

Над столом директора Института цитологии, члена-корреспондента Академии наук СССР А. С. Трошина висит большой портрет человека с гладко выбритой головой, склонившегося над рукописью. Покатый лоб, чуть прищуренные пронизательные глаза... Это основатель института Дмитрий Николаевич Насонов.

Это был ученый энциклопедических знаний, умевший смотреть сквозь «туманную даль времени», талантливый экспериментатор, отличный учитель, большой патриот...

В тяжелые июльские дни 1941 года Д. Н. Насонов, создатель нового направления в цитологии, один из крупнейших советских биологов, лауреат Государственной премии, добровольцем ушел на фронт защищать город Ленина и, только выполнив свой воинский долг, возвратился к науке.

Его мечтой была «синтетическая» цитология. Мир клетки казался настолько огромным, что ученые разбрелись кто куда; один изучал строение клетки, другой — ее химию, третий — деление и т. д. Но ведь клетка одна.

Создание Института цитологии было воплощением мечты Д. Н. Насонова.

В лабораториях института атаку на клетку ведут фи-

зиологи и биохимики, генетики и биофизики, оптики, физико-химики, радиоинженеры...

Бедная клетка! Что с ней только не делают: ее погружают в холод и нагревают. На шестом этаже ее облучают ультрафиолетом, а внизу, в подвале, за толстыми бетонными стенами, бомбардируют рентгеновским излучением. Ее раздражают электрическими импульсами, отравляют ядами и даже режут на части. И хотя делается это во имя высшего гуманизма, для познания истины, для того, чтобы, уничтожив одну клетку, помочь миллиардам других в нашем организме, клетке все это мало нравится. Она сопротивляется, она реагирует, она «кричит», и этот крик, понятный только ученым, выдает «секреты» клетки.

Да, она откликается на холод и тепло, на высокое давление и яркий свет, на кислоту и едкую щелочь, на звук и механическое повреждение. Ни одно раздражение не проходит бесследно... Это понятно.

Непонятно было другое. Д. Н. Насонов вместе со своим учеником В. Я. Александровым обнаружил удивительную способность клетки реагировать одинаково на самые различные раздражители. Природа как бы снабдила клетку одним ответом на все вопросы: и на холод, и на тепло, и на сильный звук клетка отвечала одинаковым изменением своих белков. В лаборатории нагревали лягушечью мышцу — она мутнела точно так же, как белок, выделенный из этой мышцы и нагретый в пробирке. Резко охлаждали — результат был тот же. Так мутнеет белок куриного яйца, приготовленного всмятку.

Как действует повышение и понижение температуры на животные клетки? Этим занялся Б. П. Ушаков. Он проделал множество экспериментов. И всегда получалось: тепло, воздействуя на организм, влияет на белки его клеток. Так появилась еще одна цепочка: температура — организм — клетка — белок. Первое звено цепи — температура, все живое подвержено ее влиянию. Последнее звено — белки, основа жизни. Так не в белках ли «зарыта» выносливость организма, его защита от холода и жары...

Опыты с нагреванием белков положили начало новой науке — цитэкологии. Еще одна веточка цитологии и молекулярной биологии. Ее занимают извечные вопросы: почему жара хороша для ящерицы Средней Азии и нестерпима для белого медведя?





Если предположить, что устойчивость к жаре (теплоустойчивость) связана с белками, — значит, клетки и белки различных животных должны по-разному относиться к одной и той же температуре. Так оно и оказалось. . . Тысячи лягушек — население целого болота — пали жертвами этих опытов.

Казалось, исследователи подошли к какому-то новому закону природы. Или это была случайность? Если это универсальный закон, то на реакцию клетки надо обратить внимание, когда необходимо узнать, как влияет температура на судьбу организма. Выживет ли на севере? Сохранится ли в тропической жаре? Уцелеет ли в суровом климате других планет?

Рассказывают, что Ньютон не открыл бы закона тяготения, если б не задумался однажды, увидев, как падает яблоко. Ну, а если бы этот закон относился только к яблоку? Пропала бы его универсальность. Вместо закона всемирного тяготения был бы «яблочный закон», интересный, может быть, только для садоводов да для мальчишек, подбирающих яблоки. Чем шире круг явлений, которые охватывает закон, тем он универсальнее.

Итак, надо было исследовать теплоустойчивость клеток многих животных и только тогда говорить об универсальности нового закона.

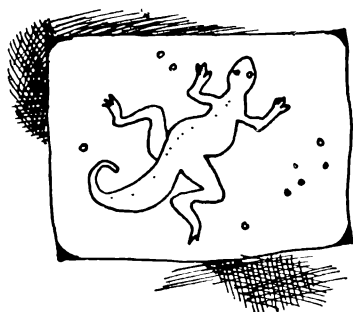
Ученые оставили пробирки, центрифуги, термостаты и разъехались по всему Советскому Союзу. В раскаленных пустынях Средней Азии шла охота на ящериц. В Японском море добывали придонных животных. На коралловых рифах Южно-Китайского моря собирали моллюсков и крабов. . .

Сам Б. П. Ушаков обосновался в пустынях Средней Азии.

Лаборатория — палатка. Оборудование — термосы. Питательный раствор греется на костре из кизяка. А ящерицы — их в пустыне полным-полно. И они даже не подозревают, что стали «кинозвездами» в фильмах, снятых Ушаковым.



Вот ящерица ползет утром, оставляя на песке след тела. Затем этот след исчезает, остаются только отпечатки лап. Чем выше поднимается солнце, тем выше поднимается над землей и тело ящерицы. Перед тем как нырнуть в норку, зверек некоторое время постоит даже на цыпочках.



Почему? Да потому, что своим телом, оказывается, ящерица как бы следит за температурой 35—40 граду-



сов. Сначала такую температуру имеет песок. Затем он перегревается, но чем дальше от поверхности, тем прохладнее воздух. Песок накаляется, а ящерица все выпрямляется и выпрямляется. . . Так до тех пор, пока хватает длины лап. Затем она прячется в нору, причем всегда на такую глубину, где температура опять-таки 35—40 градусов.

Ну а зимой, когда невозможно постоянно находить эти 35 градусов? Ящерица впадает в спячку.

Итак, нормальная жизнь любого животного возможна только тогда, когда температура его тела строго определена.

Тринадцать сезонов путешествует в пустыне Ушаков, возвращаясь в институт для обработки материалов и подготовки новых экспедиций, а его сотрудники измеряют в это время температуру животных в тундре. . .

И приходят к удивительным выводам. Оказалось, что животные, относящиеся к одному виду, взятые на разных широтах, на разной высоте в горах, с разных глубин в морях, обладают одинаковой теплоустойчивостью клеток. Она одна и та же у собаки, бегущей в упряжке по тундре, и у собаки, мчащейся по африканской саванне. . . Но родственные животные, относящиеся к разным видам, различаются по теплоустойчивости. Вот, например, близкие виды рыб-бычков. У них разная теплоустойчивость клеток, причем те, которые живут в южных морях, имеют более высокую теплоустойчивость клеток, чем те, которые живут в северных.

Это было очень интересное и очень важное открытие. Еще в XVIII веке, с тех самых пор, как великий естествоиспытатель Линней разделил все живые организмы на различные виды, в науке не прекращается спор, как отличить вид от вида. Сам Линней говорил, что к одному виду относятся животные, похожие друг на друга так же, как дети похожи на своих родителей.

Открытия Ушакова и его сотрудников позволили дать, по-видимому, представление об одном из главных отличий вида. Это отличие связано с белками, с их строением, с разным составом белковых молекул потому, что ведь именно на белки действует температура в той цепи, о которой мы уже говорили: температура — организм — клетка — белок. Итак, цитоэкология поможет различать виды.

Для науки это очень важно. Но какое значение это имеет для практической деятельности человека? Вот один пример. В Черном море водится большая ставрида и малая. Молодь большой ставриды очень похожа на взрослую малую. Ее и принимали за малую. Юрий Алтухов изучил теплоустойчивость клеток большой и малой ставриды. И неожиданно оказалось, что она разная: у большой — одна, у малой — другая. Значит, появилась возможность определить, какая ставрида плавает в этом месте — большая или малая. Если малая, то ее нужно ловить, все равно она больше не вырастет. Ну, а если молодь большой, то ловить ее пока не стоит. Нужно подождать, и тогда через два-три года рыба вырастет, и улов будет куда больше.

Выходит, цитоэкология помогла рыбакам.

Но возможность различать виды по теплоустойчивости клеток — только одно достижение этой науки.

В Болгарии один из сотрудников Б. П. Ушакова изучал лягушек из горячих источников. Температура воды в этих источниках доходит до 40 градусов. Наверно, и теплоустойчивость клеток у этих лягушек высокая, раз они так просто и без вреда сидят в горячей воде? Однако опыты упорно доказывали, что теплоустойчивость клеток у них такая же, как у самой обыкновенной нашей лягушки. Стали думать, в чем же дело... и оказалось, что лягушка, хоть она и не лягушка-царевна, но по-своему тоже очень сообразительна: в горячей воде она не живет, живет в иле; она мгновенно проскакивает через воду и закапывается в про-

хладный ил. Надо выйти на землю — и лягушка, как «ошпаренная», через горячую воду выскакивает на сушу...

Значит, теплоустойчивость клеток и их белков обязательно должна соответствовать температуре среды. Мысль как будто бы проста, но в ней краеугольный камень любой теории акклиматизации. Теперь можно научно подсказать, будет ли жить какой-то организм в новых условиях или нет.

Ну, например, стоит ли разводить кефаль в холодном Баренцевом море? Можно, конечно, бросить кефаль в море и ждать, уцелеет она или нет, будет размножаться или не будет. Но это требует много сил, времени, денег. А есть другой путь. Лабораторный анализ теплоустойчивости клеток и белков — и все станет ясно. Если клетки и белки принимают температуру Баренцева моря — все в порядке. За жизнь кефали можно не бояться...

Конечно, не спешите бросать южанку кефаль в Баренцево море. Не все так просто. Сегодня еще научный прогноз акклиматизации, пожалуй, менее точен, чем прогноз погоды. Кроме температуры, влияют ведь и другие причины. Например, соленость. Да, кстати о солености. Помните, мы обещали ответить, остановится ли нашествие рапаны в Азовском море или нет. Так вот, цитозкологи уверенно предсказывают, что грозному движению моллюска скоро придет конец. В Черном море температурные условия соответствуют теплоустойчивости клеток этого моллюска, и соленость тоже им вполне подходит. В Азовском же море, хотя температура тоже соответствующая, но вода не такая соленая, особенно в северной части. Лабораторный анализ подтвердил: рапана не сможет жить в более пресной воде.

Но какие силы управляют температурной устойчивостью клеток? Что происходит с их белками? Почему белки, даже построенные из одинаковых аминокислот, обладают различной теплоустойчивостью? Предложен ответ: дело в «архитектуре» белка, в том, как упакована белковая молекула. Одни белковые конструкции легко разваливаются от теплового удара, другим удар такой силы не страшен. Словом, цитологи отправились в новые экспедиции, на этот раз не отходя от стола: в глубины «Белого континента».

## ЕСТЬ ЛИ БЕЛКИ НА МАРСЕ?

*Закалка клеток? Но при чем тут молекулярная биология?*

— Теплоустойчивость — свойство белков. А все свойства белков, в конечном счете, «зашифрованы» в ДНК. Значит...

— Понимаю. «Гены закалики»?

— Нет, таких генов нет. Но несомненно, чтобы до конца познать теплоустойчивость, надо «спуститься» на молекулярный уровень.

Но, стоя лишь на «молекулярной ступеньке», теплоустойчивость не объяснить — она обусловлена жизнью клетки в целом.

Это — тот же путь: сначала от клетки — к молекулам; потом — от молекул — к клетке. И ученые идут дальше этим путем.

— Мы так перевозносили белок. Он всемогущ и всеведущ, но в то же время посмотрите, как он хрупок: моле-

*кула белка не выносит слишком большой и слишком низкой температуры; ее легко могут сломать излучения радиоактивных источников, могучие потоки космических лучей и ультрафиолетового света; молекула белка не может существовать без воды. Кажется, только Земля «прекрасно оборудована» для белковых молекул, Земля — «колыбель» белка. И может быть, вечно белку суждено оставаться в условиях этой «колыбели»; даже если белок отправится в космос, окажется на другой планете, вокруг него придется создать земные условия... А как же тогда жизнь на других планетах? Неужели только на «землях» других звездных миров есть жизнь?*

Смогли бы «выжить» белки на Марсе? Есть ли жизнь на Марсе? Такая же, как на Земле, построенная из молекул белков и нуклеиновых кислот? Может ли она быть? Могут ли белки и нуклеиновые кислоты покинуть свою колыбель?

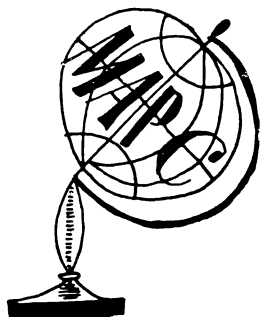
Вот вам «адрес» Марса: проспект Маклина, Институт цитологии. Марс «прописан» на шестом этаже института, в лаборатории космической биологии. Руководит лабораторией профессор, доктор биологических наук Лев Константинович Лозина-Лозинский.

На первый взгляд в лаборатории нет ничего марсианского или такого, что связано с изучением Марса. Никаких телескопов. Столы с микроскопами, термостатами, пробирочными штативами. Тени проводов ложатся на отблески света ртутных ламп. Сквозь белесый туман паров воды над сосудами с жидким азотом мигают красные глазки приборов. Звонкие щелчки на фоне мерного гудения дросселей. Кругом много книг, графиков. В общем, никакой внешней романтики.

Впрочем, если вы романтик, можете считать, что поручни крыши, — как поручни трапа космического корабля, а купол на соседней крыше — как нос гигантской ракеты, нацеленной на Марс. Если хотите, попробуйте даже отыскать Аэлиту среди молодых сотрудниц лаборатории...

«Аэлита Аэлитой, — скажете вы, — но разве можно телескоп заменить микроскопом и, не вставая со стула, ответить, есть ли жизнь на Марсе?»

Представьте себе, что где-то за тридевять земель есть озеро, вода в котором нагрета до кипения. И вот вам потре-



бовалось узнать: могут ли в этом озере жить, ну, к примеру, караси? Проверить это можно двумя путями: или взять и съездить на озеро, забросить удочку и ждать, клюнет карась или не клюнет... Или можно сделать иначе. Никуда не ездить, а взять кастрюлю, согреть в ней воду до кипения и пустить туда злополучного карася. Через некоторое время он сварится. Значит, вы вправе сделать логический вывод: в озере, где вода нагрета до кипения, караси жить не в состоянии.

Вот так же можно узнать, не выходя из лаборатории, может ли существовать жизнь в условиях Марса: взять такую «марсианскую кастрюлю» и поселить в ней различные организмы. И проверить: выживут они или нет?

Вспомним все, что мы знаем о Марсе. Марс — четвертая от солнца планета Солнечной системы. Марсианские сутки всего на тридцать семь минут больше земных. На Марсе есть плотная атмосфера, но давление ее много меньше земного — на Земле такое давление существует на высоте семнадцати километров. В марсианской атмосфере много углекислого газа — в два раза больше, чем на Земле. Но содержание кислорода на Марсе ничтожно по сравнению с количеством кислорода в земной атмосфере. Климат Марса суров: среднегодовая температура там доходит до тридцати градусов мороза. Наша Земля гораздо более «уютная» планета. Среднегодовая температура на Земле 15 градусов тепла. Морей и озер на Марсе нет. Водяных паров тоже нет. Но, возможно, есть снег и иней. Холодные ветры гонят по равнинам Марса облака из пыли. Трудно пришлось бы всему живому в таких условиях.

— Трудно? Почему же. На Марсе есть растительная жизнь, — утверждали астроботаник Г. А. Тихов и его сотрудники. — Голубого цвета травы шумят под марсианскими ветрами, и карликовые деревья, похожие на наши земные березки в тундре, бросают тень на марсианскую твердь.

— Да, жизнь есть, — соглашались советские астрономы Любарский и Владимиров, — но только не такая, как предполагает Тихов и его ученики. Никаких голубых трав, ни-

каких карликовых деревьев. Растения есть, но они напоминают огромный блин или ковер. Они расползаются и жмутся к почве, как у нас на Земле, где климат отдаленно напоминает марсианский. Ну, например, в высокогорных пустынях.

— Никакой растительной жизни, — заявил академик В. Г. Фесенков. — И подавно никакой животной. Только самые простейшие микроорганизмы. Марс для жизни совсем не «оборудован»: слишком холодно, почти нет воды и кислорода, много губительных ультрафиолетовых лучей.

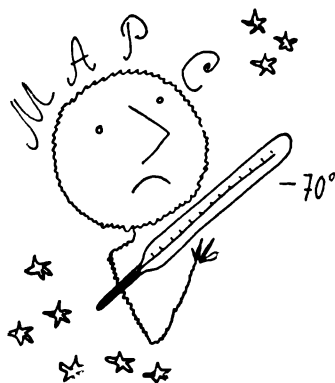
И вот в спор вступил Л. К. Лозина-Лозинский.

— Знаете ли вы, — нападали его оппоненты, — что в некоторых местах Марса температура минус семьдесят градусов, что только ближе к полудню она очень ненадолго поднимается выше нуля?

— Ну и что? — не сдавался Л. К. Лозина-Лозинский. — А у нас в Верхоянске температура не намного выше, случается, она падает до пятидесяти, а то и семидесяти градусов. Но здесь существует двести видов растений. Еще в двадцатых годах живые клетки, правда, самые простейшие, погружали в жидкий воздух, они мгновенно замерзали, но после оттаивания снова оживали.

Температура жидкого воздуха минус 196 градусов. Ощутить это нельзя, представить трудно. Если в жидкий воздух опустить гибкую резиновую трубку, а затем быстро вынуть и резко ударить ею по столу — трубка разлетится, как стеклянная. Та же участь постигнет цветок — после того как он побывает в жидком воздухе, лепестки его раскалываются на мелкие кусочки от самого слабого удара. Лягушка, опущенная на несколько минут в жидкий воздух, разлетается, как будто она сделана из хрупкого фарфора.

Как предание ходит среди физиков рассказ о любопытном студенте, который опустил палец в жидкий азот, а потом ударил пальцем о стол — и палец раскололся на множество сверкающих брызг льда...





Низкая температура меняет все знакомые нам свойства тел. Почему? Считалось, что, когда вода замерзает, кристаллики льда разрывают клетки почти так же, как жидкость, замерзая, разрывает бутылку, если ее выставить на мороз.

...Качаются на ветру стебли трав, оставшиеся на зиму в степях Ставропольского края. Пурга, стужа... Но сломайте стебли, и во многих можно найти небольших гусениц. Они тверды на ощупь, их можно даже переломить, как спичку. Придет тепло, гусеница оттает, закуклится, а потом вылетит из куколки серый кукурузный мотылек.

В один из осенних дней по степи бродил человек. Он находил стебли кукурузы и разламывал их. Найдя гусениц, он складывал их в небольшую коробку. В этом «купе» гусеницы ехали в Ленинград. Здесь Лев Константинович поместил их в твердую уголекислоту, тот самый «сухой лед», в котором обычно хранят мороженое. Потом, после долгого пребывания на льду, гусеницы оживали в тепле, а некоторые превращались и в мотыльков. Впрочем, если собранных гусениц сразу же поместить в твердую уголекислоту, то многие из них останутся в живых — две-три из сотни. А в жидком воздухе погибнут все до одной. Секрет в закалке. Гусеницы постепенно привыкали к низким температурам. Сперва их долго держали при нуле градусов, затем при минус тридцати. И еще: после глубокого охлаждения гусениц нельзя сразу тащить в тепло. Как водолазов поднимают с больших глубин с остановками, так и гусениц из температурных глубин возвращают к теплу медленно, постепенно.

И вот уже семьдесят гусениц из ста «закалявшихся» живут после пребывания в твердой уголекислоте, и сорок из них превращаются потом в бабочек. А потом и сто из ста... А гусеницы, которые два месяца закалялись при нуле градусов, остались живыми, выдержав температуру жидкого азота.

Честное слово, протоколы этих опытов могут читаться, как приключенческий роман. Только вдумайтесь: при фантастически низких, с нашей, житейской точки зрения, температурах, когда живая ткань становится хрупкой, как стекло, гусеница, которую в замерзшем состоянии можно истолочь в ступке в порошок, которая набита кристалликами льда, вдруг снова оживает в тепле. Это уже не бакте-

рии, не одиночная клетка — это сложный организм, у которого есть сердце и нервная система.

Гусеницы Лозина-Лозинского стали сенсацией: радиостанции мира сообщили о них в «Новостях», среди прочих известий о переворотах, мятежах и выборах.

Философы чесали затылки: при таком глубоком охлаждении все процессы в живом организме остановлены. Так что же происходит при оттаивании: не воскрешение ли из мертвых?

Астрономы, которым страстно хотелось, чтобы жизнь была еще где-нибудь, кроме Земли, воспряли духом.

Биологи не спешили: пока это только удивительный факт. Сделать удивительное понятным — вот задача науки.

Не успели еще улечься страсти, как Лозина-Лозинский поставил еще более поразительный опыт: все те же специально тренированные гусеницы кукурузного мотылька сумели выдержать температуру жидкого гелия, минус 269 градусов, и после оттаивания сердце их снова забилося... Это был абсолютный рекорд — повторить его можно, побить нельзя, потому что человек не умеет получать значительно более низкую температуру.

Пока вновь звучали возгласы удивления, профессор и его сотрудники бились над загадкой, которую они сами себе загадали: почему живая клетка сохраняет способность к жизни после глубочайшего из глубоких охлаждений?

Ведь внутри клетки были те самые кристаллики льда, которые должны разрывать клетку...

Правда, еще до Лозина-Лозинского другой профессор Института цитологии Ю. И. Полянский увидел, что многие обитатели морских отмелей на Севере замерзают и вновь возвращаются к жизни, даже если тело их насыщено кристалликами льда. Но, может, лед заполняет полости и не задевает клетки?

Лозина-Лозинский показал фотографии, на которых видны кристаллики льда прямо в клетке и даже в клеточном ядре, а ведь в ядре — «мозг» клетки.

Да, громадное большинство организмов, если в клетках появляются кристаллы, действительно гибнут. А тренированные гусеницы выжили! Выходит, живое способно противостоять даже разрушительной силе ледяных кристаллов. Была бы только «закалка-тренировка».

У организмов изменяется обмен веществ, в клетках от-

кладывается сахар, глицерин — они как бы сохраняют запасы энергии, цитоплазма становится более вязкой, клеточные мембраны — менее проницаемыми для воды. А клеточные мембраны — молекулярные образования. Значит, понять, как закаляется клетка, нельзя без молекулярной биологии. Приспособление к холоду тоже начинается с «молекул жизни».

Вот теперь вернемся на Марс... Если гусеницы выстояли при температуре минус 269, почему же их родственники на Марсе должны бояться температуры минус 70 или минус 30?

Но «враги» жизни на Марсе — оппоненты Л. К. Лозина-Лозинского — не унимаются:

— А кислород? Вы забыли: без кислорода жизни не будет, даже если приспособиться к самому лютému холоду.

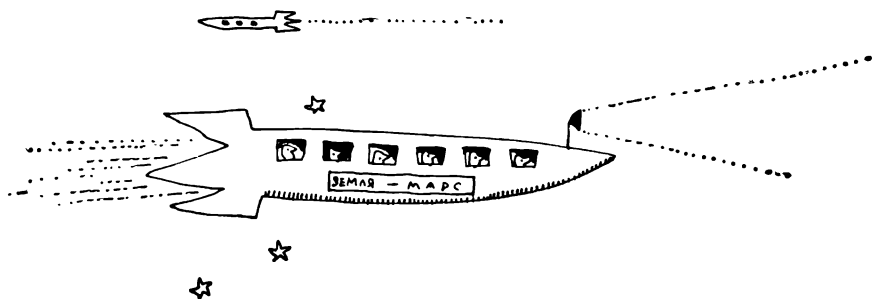
— Будет, — отвечает Л. К. Лозина-Лозинский. — Живут ведь без кислорода некоторые виды круглых червей, ракообразных моллюсков. В горах Тибета есть поселения, где даже люди живут из поколения в поколение, хотя кислорода в воздухе там вдвое меньше, чем на уровне моря. У этих людей все ткани тела гораздо энергичнее поглощают кислород, у них больше гемоглобина в крови.

В опытах, которые проводил Лев Константинович, у насекомых в горах, на высоте больше трех тысяч метров, сердце останавливалось лишь при давлении 5 миллиметров ртутного столба, то есть при таком разряжении атмосферы, которое бывает за 100—200 километров от поверхности Земли. А на Марсе нужда в кислороде была бы меньшей, чем на Земле. Ведь сила тяжести на Марсе почти в три раза меньше земной. И, кроме того, при низкой температуре ткани и клетки насыщаются кислородом, даже если его немного.

— А вода? Ведь воды тоже мало...

Гусеницы платяной моли питаются сухой шерстью, им не нужна «чужая вода»: они делают ее сами, химически перерабатывая шерсть в своем организме.

Клетка привыкает и к холоду, и к отсутствию влаги и кислорода, и даже к действию ультрафиолетовых лучей и радиоактивным излучениям. В горячем радиоактивном источнике на Кавказе Лозина-Лозинский отыскал живые «туфельки»: простейшие одноклеточные организмы. Им смертельная для других радиация совсем не страшна.



— Хорошо, — нестройно отступают оппоненты. — Допустим, гусеницы и «туфельки» живут на Марсе. Допустим, микробы чувствуют себя там вольготно. Ну и что? Это ведь низшие формы жизни. А разумные существа?

В книге Лозина-Лозинского «Границы жизни» есть такое замечание: «Не нужно чрезмерно все упрощать. В свое время природа Марса была намного благоприятней. Так утверждают астрофизики. Тогда могли возникнуть высокоорганизованные существа. Почему не предположить, что они постепенно усложнялись и научились жить именно на таком Марсе, который им достался. Ведь другого у них не было».

— Предполагать можно, — недоверчиво соглашаются оппоненты. — Но до сих пор вы изучали все отдельно: эти организмы спокойно переносят страшный холод, эти обходятся почти без воды, а этим нипочем губительный ультрафиолет... А если сразу одновременно обрушить на живое и холод, и ультрафиолет, если лишить его и воды, и кислорода — кто поручится, что ваши покорные подопытные организмы не погибнут?

Что ж, отправимся за ответом на 3 этаж Института цитологии. Войдем в одну из комнат и откроем массивную дверцу, похожую на дверцу банковского сейфа. За ней — стеклянная стенка. Это — «окно» на Марс, или Венеру, или Юпитер — стена камеры прибора — фотостата. В нем, с помощью холодильных или нагревательных установок, вакуумных насосов, ультрафиолетового излучения мощных ртутных ламп — их свет проникает сквозь кварцевые иллюминаторы, — можно воссоздать условия любой из планет, любую атмосферу, любую температуру. Можно «запрограм-

мировать» (фотостат имеет программное управление) и марсианский день, или марсианскую ночь, высадить на Марсе гусениц... Убедиться еще раз в правоте Л. К. Лозина-Лозинского.

Впрочем, подождем. Космические станции, посланные рукою человека, уже возмутили покой марсианских окрестностей. Подождем, пока примарсианится земной космический корабль.

Пройдет не так уж много лет, и на предметные столики микроскопов в лаборатории космобиологии лягут клетки первых организмов, доставленных прямо с Марса. И тогда-то Лев Константинович скажет: «Видите, я был прав». И вспомнит строчку поэта: «Лишь жизнь бессмертного ключа сковать всеильный хлад не может...»

## К НОВЫМ ГОРИЗОНТАМ

Все благополучные путешествия кончаются тем, что корабли возвращаются в родные гавани.

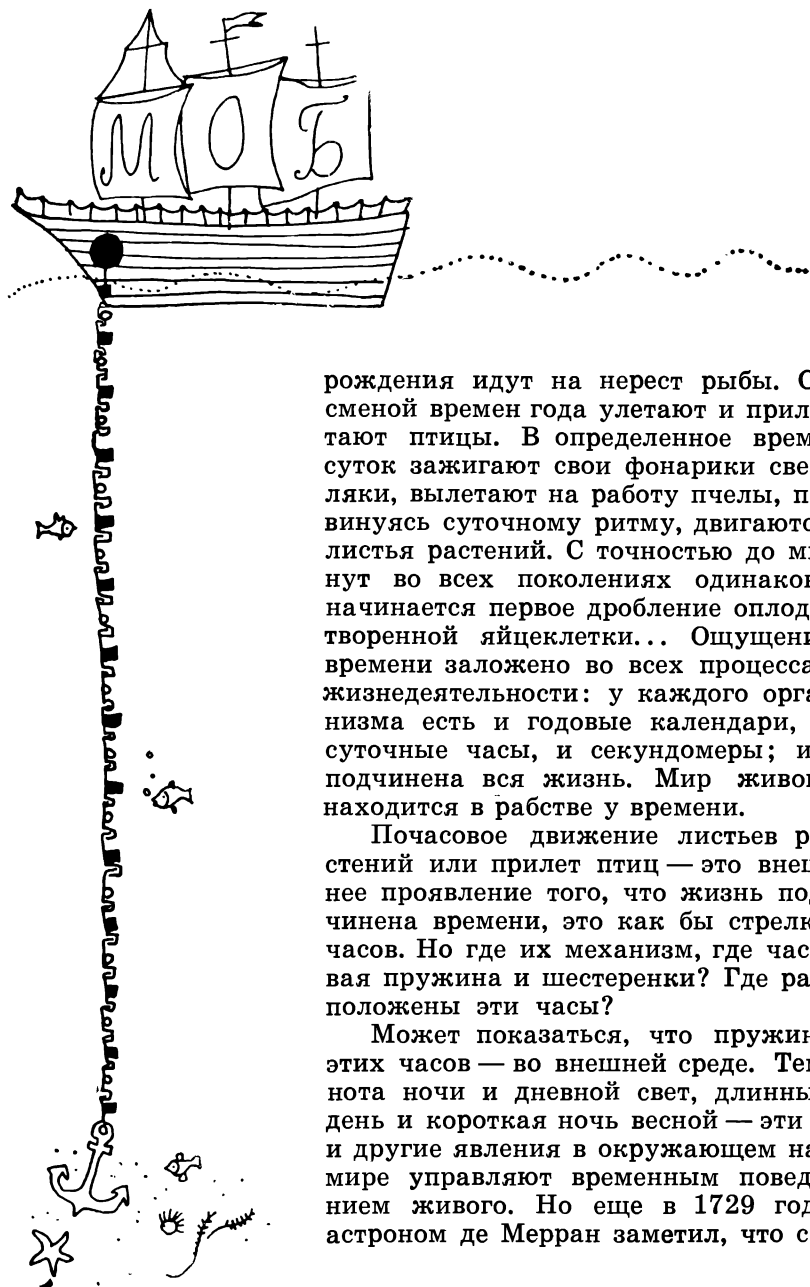
Во всех неблагоприятных путешествиях корабли навечно остаются в морях.

Наше путешествие необычно: оно заканчивается благополучно, но корабль наш долго остается в морях страны МОБ. Как в настоящем плавании линия горизонта все время удаляется от идущего к ней корабля, так и в нашем придуманном путешествии бесконечно убегает вдаль край научного знания.

К одним рубежам мы подошли, от других все еще далеки. Они тоже непременно будут достигнуты, потому что от них зависит жизнь, а может, и вечная молодость человека.

Бессмертие — об этом мы расскажем вам на прощание.

Природа живет по часам. С годами, словно оценивая свой возраст, меняются организмы, совершая извечный путь от молодости к старости. Через несколько лет после



рождения идут на нерест рыбы. Со сменой времен года улетают и прилетают птицы. В определенное время суток зажигают свои фонарики светляки, вылетают на работу пчелы, повинаясь суточному ритму, двигаются листья растений. С точностью до минут во всех поколениях одинаково начинается первое дробление оплодотворенной яйцеклетки... Ощущение времени заложено во всех процессах жизнедеятельности: у каждого организма есть и годовые календари, и суточные часы, и секундомеры; им подчинена вся жизнь. Мир живого находится в рабстве у времени.

Почасовое движение листьев растений или прилет птиц — это внешнее проявление того, что жизнь подчинена времени, это как бы стрелки часов. Но где их механизм, где часовая пружина и шестеренки? Где расположены эти часы?

Может показаться, что пружина этих часов — во внешней среде. Темнота ночи и дневной свет, длинный день и короткая ночь весной — эти и другие явления в окружающем нас мире управляют временным поведением живого. Но еще в 1729 году астроном де Мерран заметил, что су-

точное движение листьев растений происходит даже в полной темноте. Невозможно также отличить весну и осень по отношению длины дня и ночи: нужно знать, убавляется или прибывает день. Чтобы узнать это, надо сравнить ход суточного времени с ходом своих собственных часов.

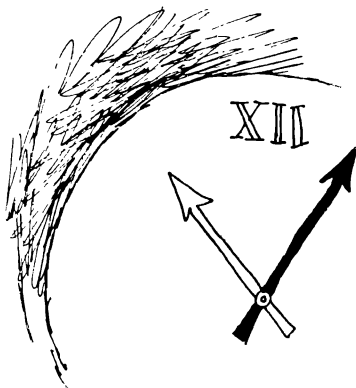
Организм может развиваться из клетки при постоянном освещении, постоянной температуре — и все же намеченный природой график развития по часам, дням, месяцам будет выполняться с завидным постоянством.

Из тысяч наблюдений, из сотен опытов выкристаллизовалась научная мысль: все организмы обладают способностью точно измерять время, они имеют свои внутренние часы.

В одном из залов Эрмитажа стоят часы «Павлин». По сигналу часового механизма, искусно спрятанного внутри, распускает свой хвост металлический павлин... Сейчас можно воспринимать это сооружение, стоящее за толстыми стеклами в зале, украшенном лепными украшениями, как символ: часовой механизм есть у всего живого.

В 1961 году в США состоялся симпозиум ученых всего мира «Биологические часы». Толстый том трудов этого симпозиума рисует картину удивительного явления природы... Вот отдельные штрихи этой картины. Весь механизм часов может быть расположен в одной клетке. У сложных организмов могут быть часы главные и вспомогательные: часы отдельных клеток подчиняются управляющим центрам точного времени, которые есть в других клетках. Обыкновенный таракан всю жизнь в течение суток подчиняется часам, расположенным всего в нескольких клетках под глоткой...

В предисловии к русскому переводу книги «Биологические часы» советский ученый С. Шноль пишет: «В настоящее время, однако, совершенно невозможно выбрать одного претендента на роль «маятника» из многих вероятных кандидатов. Более того, может оказаться,





что механизм часов различен у разных организмов, в частности — у растений и животных».

Часы в клетках воспроизводятся из поколения в поколение — значит, уже на ленте ДНК заложена схема часового механизма.

На простейшем организме — нейроспоре — был обнаружен и тщательно изучен ген, контролирующий ход часов.

Другой простой организм. Водоросль гониалокс живет в морях. Она состоит всего из одной клетки. Через равные промежутки времени эта клетка начинает светиться. Свечение разгорается и потом медленно гаснет, чтобы через точно определенное клеткой время начать все сначала. Английские ученые Д. Гастингс и М. Каракашьян воздействовали на эту водоросль веществами, которые тормозят прочитывание кода наследственной информации — синтез информационной РНК на ДНК. Часы, по которым водоросль «включает» свой свет, сперва стали отставать, а потом остановились совсем... Значит, маятник часов — ДНК, а шестеренки — системы, синтезирующие белок? Увы, простота сравнений часто лишь маскирует сложность явления. Можно назвать ДНК «маятником биологических часов», от этого работа ДНК в качестве маятника не станет понятней. ДНК вообще «главный стрелочник» — она отвечает за все. Большинство реакций в клетке зайдет в тупик, если повредить ДНК. «Поэтому, — говорят другие ученые, — настоящий маятник — это колебательные процессы, которые возникают при многих физико-химических реакциях в живой клетке».

Понятно только одно: бег биологических часов связан с молекулярными механизмами, и найти их должны те, кто путешествует по стране МОБ. Тогда человек, овладев секретом устройства «биологических часов», сможет по своему желанию ускорять или замедлять их ход. И если организм всю свою жизнь сверяет по биологическим часам, замедление их хода будет означать продление жизни. Если будут побеждены все болезни, если удастся затем подчинить себе часы... Тут одна из самых волнующих областей молекулярной биологии — молекулярное старение организма.

В 1962 году в США вышла книга Бернарда Стрелера «Время, клетки и старение». Спустя два года эта книга появилась в русском переводе.

Автор книги — биофизик, известный своими работами в области фотосинтеза зеленых растений. Именно Стрелеру больше десяти лет тому назад удалось впервые обнаружить очень слабый свет, который испускается в реакциях фотосинтеза...

Но проблема продления жизни человека захватила ученого, и он отошел от изучения фотосинтеза и обратился к геронтологии — науке о старении.

Название книги Б. Стрелера символично: время, когда наступает старение, диктуется клеткой.

«Гены, управляющие старением» — так называется один из разделов книги Стрелера.

Но книга его сложна, она понятна только специалистам. Перелистаем поэтому популярную статью Ж. Медведева «Молекулярное старение организма», которая была опубликована в журнале «Наука и жизнь» № 2 за 1964 год.

Вот выписки из нее. Кажется, они не требуют комментариев.

«При старении изменяются все системы организма, в том числе и система синтеза белков. И причину почти каждого из таких изменений можно найти на молекулярном уровне. Это стало возможным благодаря огромным успехам биохимии, молекулярной биологии, генетики, биофизики...

...Меняется с возрастом кожа: теряется эластичность, появляются морщины — это наиболее заметный признак наступающего старения. В настоящее время точно установлено, что эти сдвиги в первую очередь связаны с молекулярными изменениями основного белка — коллагена... Частый спутник старости — атеросклероз связан с типичными изменениями молекул, из которых построены стенки кровеносных сосудов.

...Нормальные компоненты клеток, нормальные белки рождаются под контролем нуклеиновых кислот. И если в клетке начинается синтез измененного, аномального белка, значит, изменилась и матрица, на которой он образуется... в клетках существует какой-то биохимический механизм, который регулирует уровень повреждаемости молекулярных структур при том или ином воздействии. По-видимому, именно он определяет реальную скорость старения. Этот механизм связан с наследственным аппаратом клетки, но природа и способ его действия пока неизвестны.

...Мы знаем, что наследственный аппарат клетки автоматически настроен (запрограммирован) на выдачу меняющейся во времени биохимической информации. В определенный период завершения развития — когда организм достигает полной зрелости — этот поток новой информации стабилизируется. Вершина индивидуального развития достигнута. Но за нею идет не бесконечное плато — организм не может быть вечно молодым, — а более или менее пологий спуск. Естественно, возникает вопрос: каков механизм этого спуска? Не является ли деградация — старение — столь же организованной, как и поступательное движение, созревание? Не толкают ли организм вниз те же наследственные силы, которые поднимали его вверх по пути развития? Не выдает ли ядро наряду с информацией и дезинформацию — может быть, оно не только организует, но и нарушает работу взаимосвязанных внутриклеточных систем? Не заведены ли «биологические часы» на весь цикл жизни — от оплодотворения клетки до смерти?

Ведь смерть особи нужна для эволюции вида».

Да, к сожалению, смерть нужна. Если бы обезьяны были бессмертны, человек никогда бы не появился на Земле. Смерть единичных особей — вот плата, которую берет природа за эволюционное совершенство вида. Единичный организм выступает как звено в цепи, связывающее прошлое с настоящим.

Но можем ли мы ожидать, что через миллионы лет человек будущего будет так отличаться своим совершенством от нас, сегодняшних обитателей Земли, как мы отличаемся от первичной амебы, жившей миллионы лет назад?

Может быть, эволюция человека уже закончилась, и смерть — своего рода инерция, «хвост», оставшийся от времен эволюционной борьбы организмов?

Если это так, то человек не должен платить столь тяжкую дань прошлому. Борьба за существование в мире животных — это история человеческого общества, и очень далекая.

Теперь, когда человек осознал молекулярную природу старения, это свидетельство такого высокого эволюционного развития, что гибель каждого человека сейчас — это громадное трагическое событие. Оно не идет ни в какое сравнение со смертью того звероподобного существа, которое было нашим прапрапредком. Пятьсот миллионов лет

шла природа от рыбы до философа, создав шедевр — человеческий мозг. А созидательной жизни человеку отпущено в среднем шестьдесят — восемьдесят лет, да и то при наличии условий.

Продолжение человеческой жизни, вечная молодость организма будут способствовать необычайно стремительному прогрессу науки. Человек научится улучшать свой собственный организм, делая это направленно и осмысленно. Может быть, именно таков путь дальнейшей эволюции человека? Или это опять только «мечты, мечты»?

Ж. Медведев написал большую книгу с пугающим для неспециалистов названием: «Биосинтез белков и проблемы онтогенеза». Онтогенез — это развитие от зародыша до старости.

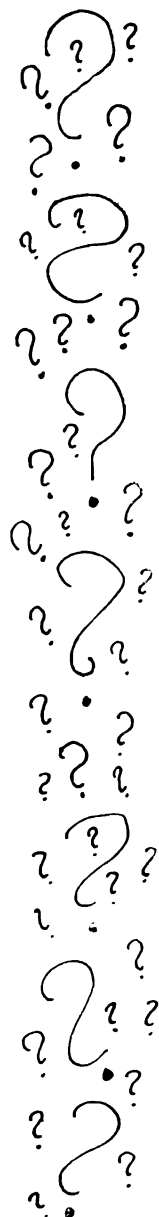
Это сугубо научная монография, и автор ее далек от фантастических домыслов. Но вот какой вывод делает он в последней главе: «...биохимия, генетика и геронтология последовательно приближаются к возможностям такого вмешательства в жизненный процесс, которые позволяют, может быть, в недалеком будущем эффективно управлять продолжительностью жизни».

Люди  
Будут жить по полтора ста,  
А быть может, и по двести — триста лет,  
Но не вырастет такая каста,  
Для которой вовсе смерти нет.  
Полтысячелетия — и баста!  
А быть может, это тоже бред —  
Ограничивать пятисотлетьем?  
Ну, посмотрим.  
По вопросам этим  
Создан будет  
Всеземной  
Совет.

Так писал поэт Леонид Мартынов в стихотворении «Срок жизни». Поэтов в древности считали пророками. Если бы это действительно было так!

\* \* \*

Орбиты главных открытий века не только в космосе. Они пересекают живую клетку, проходят через цепи белков и спирали ДНК и РНК.



Нельзя в одной книге «объять необъятное», рассказать о молекулярной биологии все, хотя еще десять лет назад это было возможно: необъятное сегодня было измеримым и обозримым десятилетие назад.

Даже два года назад, когда мы сели писать эту книгу, популярных изданий о молекулярной биологии почти не было. За это время вышли, например, интересные книги М. Ивина «Тайники жизни», В. Тонгура «На пороге разгадки», В. Азерникова «Тайнопись жизни», отличная книга Н. Лучника «Почему я похож на папу». Но и в эти книги не попало (не успело попасть!) немало из того, о чем мы рассказывали вам в нашем «Путешествии в страну МОБ». Так что не удивляйтесь, если некоторые страницы нашей книги тоже станут неполными еще до того, как это «Путешествие» окажется перед вами.

Конечно, наша книга немного «нарядна»: мы писали о победах, о блестящих открытиях, о захватывающих дух перспективах.

Но открытия встречаются в науке куда реже, чем праздничные дни в календаре. Наука — это работа, долгая, изматывающая, часто черная работа. Она делается коллективно: десятки лабораторий, сотни ученых — к открытиям причастны не одни лишь лауреаты Нобелевских премий, но и скромные лаборанты и препараторы. Впрочем, в стране МОБ каждый препарататор носит в ранце маршальский жезл — ведь это страна молодых...

В Московском и Ленинградском университетах на биологическом и физическом факультетах открыты отделения, которые готовят специалистов по молекулярной биологии. Во многих физических и химических институтах Академии наук СССР появились лаборатории молекулярной биологии. Уже построены здания новых институтов, в которых молекулярная биология — МОБ — займет почетное место. Вот уже три года подряд собираются биологи, фи-

зики и химики в Дубне, этой столице ядерной физики, чтобы узнать о последних новостях из страны МОБ.

Известный английский писатель и ученый Чарльз Сноу сказал:

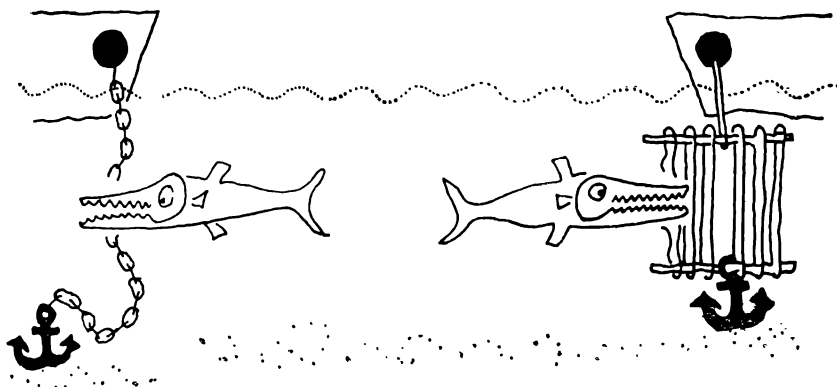
«Я считаю, что ныне есть область науки, которая должна стать частью культуры любого образованного человека. Это молекулярная биология».

Вот вы дочитали наши рассказы о молекулярной биологии до конца, и у вас мог возникнуть еще один вопрос: «А не слишком ли много вопросов в этой книге?» Да, много. Линотиписты, набравшие ее, «нажимали» на клавишу «вопросительный знак» порой так же часто, как и на клавишу «точка». Если вопросительные знаки из всей книги собрать вместе, они займут несколько страниц. Но тут уж ничего не поделаешь. Придется вам принять из наших рук эти развернутые страницы, испещренные вопросительными знаками, как флаг ваших собственных будущих экспедиций в страну МОБ. Вопросительный знак — «вечный двигатель» знаний.

Итак, в путь — за ответами!

Путешествие окончилось.

Путешествие продолжается.



## П О С Л Е С Л О В И Е

Книга, которую вы прочли, посвящена одной из самых увлекательных и волнующих наук нашего века — молекулярной биологии.

Эта наука — фундамент всей биологии, но один фундамент — еще не здание. Цитология, генетика, физиология, теория эволюционного развития — эти и другие разделы биологии выходят сейчас на передовые позиции современной науки. Из науки по преимуществу качественной, описательной, биология все больше превращается в науку строгих законов и точных математических закономерностей. Успехи современной молекулярной биологии сулят в сравнительно недалеком будущем коренные изменения в жизни человека.

Границы этой науки необычайно широки, и в эту книгу, посвященную главным открытиям, вокруг которых еще не утихли научные споры, не вошли рассказы о целых направлениях молекулярной биологии, рассказы не менее увлекательные. Рассказы о том, как работают ферменты в клетке и как автоматически регулируются скорости ферментативных реакций (энзимология), как борется организм с чужеродными белками (иммунология), как проникают вещества из внешней среды в клетку, как работают ионы в процессах жизнедеятельности, каковы молекулярные основы памяти и т. д. Но выбор авторов книги все же не случаен: «святая троица»: ДНК — РНК — белок, которой посвящена книга, пожалуй, больше всего волнует биологов. Именно в этой области сделаны за несколько последних лет открытия, которые можно приравнять к лучшим достижениям научной мысли нашего века. Этим открытиям посвящены запоминающиеся главы этой книги.

Открытия делают люди, их сила и слабость часто, как в фокусе, отражаются в судьбе открытий. Многие из этих

людей живыми встают со страниц книги: Г. Мендель, Н. И. Вавилов, Д. Уотсон, Ф. Крик, Ф. Жакоб, Ж. Моно, Д. Н. Насонов и другие. Особенно важны, на мой взгляд, главы о Г. Менделе и Н. И. Вавиллове. Это крупнейшие ученые и гениальные труженики. Их биографии могут служить прекрасным образцом для каждого, кто хотел бы связать свою жизнь с наукой.

Научные открытия часто меняют жизнь общества. Пример тому — расщепление атомного ядра. Открытия порождают новые философские проблемы. Обо всем этом в книге говорится в форме, необычной для научно-популярных книг — в форме фантастических рассказов.

Новое всегда пробивает дорогу с трудом. Старое сопротивляется. Борьба нового со старым — один из законов диалектики. Молекулярная биология не сразу пробила себе дорогу в нашей стране. Группа ученых долго держалась за старые и отжившие представления. Поэтому в этой книге сравнительно мало имен советских ученых, но я уверен, что страна, первой отправившая своих посланцев в космос, скоро осуществит взлет и в микрокосмос клетки. Все условия и предпосылки для этого сейчас имеются.

Перспективы развития биологии привлекают к ней внимание и молодежи, только вступающей в науку, и зрелых специалистов в самых различных областях знаний: физиков, химиков, математиков, инженеров-электриков, оптиков, радиотехников, механиков... Каждый из них находит себе работу по душе и возможностям на необъятных научных просторах биологии. Биология как наука может дать необычно много, взамен она требует увлеченности, преданности науке и готовности трудиться с полной отдачей сил. Она не терпит людей несобранных, белоручек и людей кастово замкнутых в рамках узкой специальности, — современная биология требует специалистов широких знаний.

«Через тернии к звездам» — это старое латинское изречение должно быть девизом тех, кто решит связать свой путь с молекулярной биологией. Я бы добавил к этому, что тернии будут встречаться куда чаще, чем звезды...

Путь этот труден, но мне кажется, что эта увлекательная книга должна привлечь к молекулярной биологии новых энтузиастов.

Директор Института цитологии АН СССР,  
член-корреспондент АН СССР А. С. Трошин



## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ . . . . .	5
-----------------------	---

### ИСТОРИЯ ОДНОЙ МАРКИ

Глава первая. Кто вы, Грегор Мендель? . . . . .	13
Глава вторая. Путешествие к центру клетки . . . . .	21
Глава третья. Пираты молекулярных морей . . . . .	29
Глава четвертая. Один в поле воин . . . . .	33
Глава пятая. «Гадкий утенок» молекулярной биологии . . . . .	49
Глава шестая. На пороге зрелости . . . . .	59
Глава седьмая. «Волга» впадает в рибосому . . . . .	65
Глава восьмая. «Поп пас пса» . . . . .	73
Глава девятая. Три кита в одной упряжке . . . . .	90
Глава десятая. Экспедиция садится на ежа . . . . .	96
Глава одиннадцатая. Королевская гемофилия и другие... . . . .	113
Глава двенадцатая. Василиса Премудрая и Александр Беляев . . . . .	125
Глава тринадцатая. «Быстрые реки всегда чисты» . . . . .	136
Конец истории одной марки . . . . .	155

### В ГЛУБИНЫ „БЕЛОГО КОНТИНЕНТА“

Глава первая. Машина, завязанная в узел . . . . .	159
Глава вторая «Миры, где пять материков...» . . . . .	167
Глава третья. Всевидящий МУФ . . . . .	175
Глава четвертая. Как закалялась клетка . . . . .	181
Глава пятая. Есть ли белки на Марсе? . . . . .	188
Глава заключительная К новым горизонтам . . . . .	197

ПОСЛЕСЛОВИЕ . . . . .	206
-----------------------	-----

## Для среднего и старшего возраста

ГРИГОРЬЕВ ГРИГОРИЙ МАТВЕЕВИЧ, МАРХАСЕВ ЛЕВ СОЛОМОНОВИЧ

## ПУТЕШЕСТВИЕ В СТРАНУ МОБ

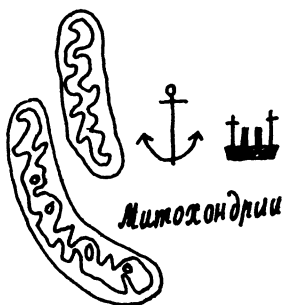
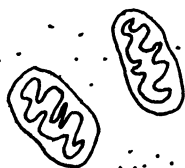
Ответственный редактор *Н. К. Неуймина*. Консультант по художественному оформлению *Ю. Н. Киселев*. Технический редактор *Т. С. Филлипова*. Корректоры *К. Д. Немковская* и *Л. К. Маляко*.

Подписано к набору 4/1 1967 г. Подписано к печати 12/IV 1967 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бум. № 2. Печ. л. 13,5. Усл. печ. л. 12,6. Уч.-изд. л. 10,53+4 вклейки=10,96. Тираж 50 000 экз. ТП 1967 № 550. М-16256. Ленинградское отделение издательства «Детская литература». Ленинград, Д-187, наб. Кутузова, 6.

Фабрика «Детская книга» № 2 Росглавополиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров РСФСР. Ленинград, 2-я Советская, 7. Заказ № 4. Цена 45 коп.



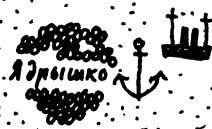
Лизончнч мембрана



Митохондрии



Аппарат Гольджи



Ядрышко



Ядро





