



Ж

1
2015

ЖИЗНЬ И ВМЕСТЕ





J. Ver. M.
MDCLX



НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:
Главный редактор
Л.Н.Стрельникова
Заместитель главного редактора
Е.В.Клещенко
Главный художник
А.В.Астрин

Редакторы и обозреватели
Б.А.Альтшулер,
Л.А.Ашкинази,
В.В.Благутина,
Ю.И.Зварич,
С.М.Комаров,
Н.Л.Резник,
О.В.Рындина

Подписано в печать 30.12.2014

Адрес редакции
19991, Москва, Ленинский просп., 29, стр. 8
Телефон для справок:
8 (495) 722-09-46
e-mail: redaktor@hij.ru
http://www.hij.ru

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

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
картина Вермеера «Географ». Кстати,
есть мнение, что моделью художнику
послужил молодой Антони ван Левен-
гук. О том, как нанести на географи-
ческую карту путешествия фекалий
большого города, читайте в статье
«Копротранспорт».

*Минувший год был непростым,
непростыми будут и следующие два.
А потом наступит простой:
2017 не делится ни на что,
кроме единицы и себя самого.*

Народная мудрость

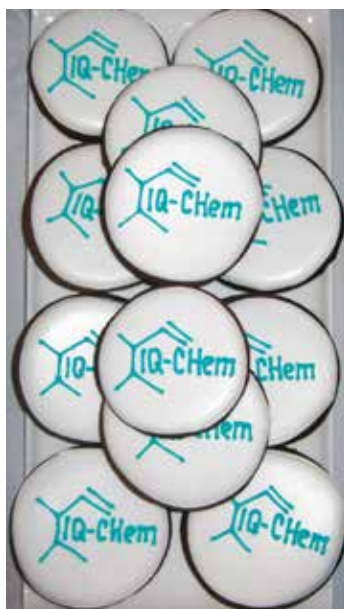
Содержание

Событие	
IQ-CHEM'14. ИТОГ. С.М.Комаров	2
Научный комментатор	
ЗВЕЗДЫ ИЗ МОЛЕКУЛ. М.М.Левицкий	4
Хемоскоп	
«СЪЕДОБНЫЕ» БАТАРЕЙКИ. КОВАРНЫЕ СООБЩНИКИ. В.Барановская	6
Проблемы и методы науки	
КАРТА МОЗГА И КОННЕКТОМИКА. С.Б.Ястребова	8
ЦЕЛЕБНАЯ СИЛА ГЕЛЬМИНТОВ. Н.Л.Резник	12
Земля и ее обитатели	
ОВЦЕКОЗЫ: ГИБРИДЫ И ХИМЕРЫ. Н.Анина	16
Тематический поиск	
ЭБОЛА. С.Фролова, Е.Клещенко	18
Проблемы и методы науки	
НЕМНОЖКО УМЕРЕТЬ. Е.О.Пучков	20
Научный комментатор	
ВОРОНЫ РАЗРУШАЮТ ЧУЖИЕ ПОМОЛВКИ. И.Саенко	27
Наука и общество	
МОЛОДЕЖЬ, БРАК, СЕМЬЯ. Л.Хатуль	28
Глубокий эконом	
МИМОЛЕТНЫЙ ВЗГЛЯД НА БИОТЕХ. С.М.Комаров	32
Размышления	
НАСАЖДЕНИЕ ОТСТАЛОСТИ? Р.С.Дзарасов	38
Эксперимент	
КОПРОТРАНСПОРТ. С.Мотыляев	42
Нанофантастика	
НАНОКАТАСТРОФА. Алексей Дуров	44
История современности	
ПАЛЕОНТОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ, ЭВОЛЮЦИЯ. С.В.Багоцкий	46
Фотоинформация	
ШИПАСТЫЙ АРСЕНОПИРИТ. Б.З.Кантор	51
Что мы едим	
ХАЛВА. Н.Ручкина	54
Фантастика	
ПОЛОВИНА ЛОХМАТЫХ. Марина Ясинская	56
Неизвестный Лем	
ГОРИЗОНТ ВО МГЛЕ	64

КНИГИ	45	ПИШУТ, ЧТО...	62
КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62	ПЕРЕПИСКА	64



IQ-CHem'14 Итог



Церемония награждения победителей пятого Международного конкурса идей IQ-CHem в компании «Сибур» была фирменного бирюзового цвета. Бирюзовыми стали не только пирожные-безе или надписи на печенях, но и шампанское с коктейлями, последние — благодаря специально приготовленным шарикам на основе ликера кюрасао. Химического антуража добавляли облака белого тумана, расходящиеся от сосудов с жидким азотом. Так красиво отмечали это событие, весьма важное для склонных к творческим поискам химиков.

Призовой фонд первого конкурса, который прошел в 2010 году, составлял 1,5 миллиона рублей, а его темой были новые применения синтетических каучуков и полипропилена. Теперь фонд вырос до 6 миллионов рублей, и конкурсанты смогли попробовать свои силы, предложив инновационные идеи в любом из шести направлений, соответствующих многоплановой деятельности компании: газопереработка и газофракционирование, производство мономеров, производство и применение синтетических

каучуков, производство и применение полиэтилена высокого давления и полипропилена, производство и применение пластиков, а также охрана окружающей среды при производстве и утилизации нефтехимических продуктов. Премия за первое место составила 500 тысяч рублей, за второе — 300 тысяч рублей и за третье — 200 тысяч рублей.

Все темы конкурса актуальны не только потому, что свежие идеи позволяют решить те или иные проблемы производства. Задача конкурса шире. Сегодня общество воспринимает химию как технологию 4D, от английских слов dirty, distant, dangerous и dull, то есть «грязная, далекая, опасная и скучная». Современное же химическое производство, если постараться, вполне может быть и чистым, и уж во всяком случае не скучным. Последний тезис ярко иллюстрировали физико-химические опыты, которыми специальные люди в белом развлекали почтенную публику в перерывах между вручением наград.

Что же касается необычных технологических приемов, которые как раз и по-

зволяют улучшить химическое производство, то их поиском среди предложенных идей занималось жюри, составленное из сотрудников компании.

Как же конкурс идей помогает делать химию чистой, безопасной и интересной? Вот, например, идея И.Ф.Хафизова («Способ селективной очистки пирогаза от сероводорода и двуокси углерода», третье место в направлении «инновационные решения в области экологических проблем, связанных с производством и утилизацией нефтехимических продуктов»). Пиролизный газ — сырье для последующего химического процесса; его надо очищать от сероводорода. Сейчас в результате очистки получается раствор серной кислоты. В технологии, предложенной лауреатом конкурса, серной кислоты нет, есть чистая вода, выпавшая из нее в осадок сера и улетевший углекислый газ.

Задачу замены синтетических добавок на растительные, выделенные из отходов, решает идея М.Е.Цыгановой («Разработка способа получения структурного аналога натурального каучука на основе синтетического полиизопрена с использованием модификаторов природного происхождения», третье место среди идей по производству синтетических каучуков). Нужные вещества она предлагает извлекать из жмыха, остающегося после



В.Л. Сушкевич (слева) и В.В.Барелко (заявивший второе место в направлении «инновационные решения в области производства мономеров» с идеей по очистке стирольных фракций от примесей фенилацетилена) в знак начала церемонии награждения разбили молотками ленту, затвердевшую в жидком азоте



Ассистент в белом демонстрирует пенный фонтан при добавлении раствора иодистого калия в перекись водорода. Затем Д.А.Степанов повторяет этот опыт в большем объеме



Е.Е. Старчак (второе место в направлении «инновационные решения в области производства и применения полиэтилена высокого давления и полипропилена» с идеей получения полимер-полимерных смесей на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена) и Г.Б. Бобров проводят опыт по увеличению объема: в коробку сложены надутые воздушные шарики, которые после заливки жидкими азотом сжались. А после нагрева они заполнили всю сцену



СОБЫТИЕ

М.Е. Цыганова (справа), И.А. Хаустов (второе место в направлении «инновационные решения в области производства и применения синтетических каучуков»); он предложил модернизировать систему управления синтезом ТЭП на основе дробной загрузки компонентов реакции) и И.В. Милушкова (первое место за идею по использованию ЛАПРОЛ 6003 в качестве поверхностно-активного вещества при производстве синтетических каучуков и латексов) готовят поппер с жидким азотом

отжима растительного масла.

Новый технологический процесс — получение изобутилена из изобутана дегидрированием в присутствии аккумулятора водорода, предложенный В.Л. Сушкевичем, победителем в номинации «инновационные решения в области производства мономеров», — позволяет поднять выход целевого продукта до 90%, что уменьшает и объем отходов, и затраты энергии.

Любое занятие кажется скучным до тех пор, пока всё идет по накатанной колее. Нелегко покинуть колею, создать что-то новое, желательно еще не запатентованное (а иначе грош цена такой технологии, ведь если она затрагивает чужие права, непонятно, как ее использовать). Это сумел сделать Г.Б. Бобров («Термопластичный эластомер на основе смеси полипропилена и бутадиен-нитрильного каучука с высокой стойкостью к воздействию нефтепродуктов», победитель в направлении «инновационные решения в области производства и применения полиэтилена высокого давления и поли-



При добавлении кипятка в кувшин с жидким азотом, который держит Р.Л. Веснин (заявший второе место в направлении «инновационные решения в области производства и применения пластиков» за идею делать защитные составы для древесины из продуктов разложения полиэтилен-рефталата), возник мощный фонтан, наполнивший туманом всю сцену. За столом справа от фонтана стоит А.В. Хромов (он занял первое место, предложив красители, растворимые в полимерах, для их окрашивания в массу)



И.Ф. Хафизов с ассистентами готовится устроить взрыв. В бочку насыпали шарики, а на дно ее положили пластиковую бутылку, наполненную жидким азотом. По замыслу, азот, нагреваясь, должен был расширяться и разорвать бутылку. Однако сделанный в «Сибуре» ПЭТФ оказался прочным. Пришлось ускорить процесс с помощью кипятка, после чего шарики разлетелись по зрительному залу



пропилена») — он создал маслостойкий материал для всевозможных шлангов. Обычно такие шланги делают из резины, но ее невозможно перерабатывать. Термопластичный же полимер дробят и снова пускают в производство. Придуманый Бобровым состав еще никем не запатентован.

А вот Д.А. Соколову, занявшему второе место в направлении «инновационные решения в области газопереработки и газодифракционирования» («Эффективный способ снижения минимальной точки росы за счет снижения остаточной концентрации сорбированного компонента в конце цикла регенерации сорбента»), тонкое использование принципов термодинамики позволило решить важнейшую задачу — очистить сорбент так, чтобы он гораздо дольше работал без перезагрузки, осушая проходящий сквозь него газ.

Что характерно, за все пять лет конкурса только в этом году одна награда досталась сотруднику «Сибура». А всего на конкурс 2014 года представили 286 идей разной степени проработанности, причем среди победителей оказались и двух-, и трехкратные лауреаты конкурса. Больше всего участников было из России — 89%, причем 39% из Москвы и Московской области. Остальные 6% — из Австрии, Белоруссии, Индии, Испании, Италии, Киргизии, Норвегии, Сингапура, Украины, Финляндии. Интересна также статистика по возрастам: разброс от 18 до 87 лет, при этом на 20—35 лет ожидаемо приходится большинство — 53%, далее, в группе 35—50 лет, — провал до 12%, в 50—65 лет — рост до 21% и еще 12% старше 65 лет. Половина участников — со степенями: 14% докторов, 36% кандидатов наук. Вот такой конкурс идей «IQ-Chem». Организаторы твердо намерены повторить этот праздник науки и в 2015 году.

С.М. Комаров

Звезды из молекул

Шестилучевая звезда — эмблема весьма древнего происхождения. Такой знак был известен в Индии задолго до того, как появился на Ближнем Востоке и в Европе. Этот строгий симметричный символ с давних времен использовали, например, в мозаиках, украшающих здания, а также в геральдике. Он присутствует в гербах немецких городов Шера, Гамбурга, Гербштедта, украинских городов Полтавы, Тернополя, Конотопа. Его можно увидеть на существовавшем ранее колониальном флаге Нигерии (1914—1960 годы), а в настоящее время он изображен на неофициальном флаге Северной Ирландии.

Во всех упомянутых случаях это фигура, полностью залитая одним цветом. А вот осенью 2014 года пришло сообщение, что Александру Стивенсу с коллегами из Манчестерского университета удалось синтезировать молекулу в форме шестиконечной звезды из двух пересекающихся треугольников, как на флаге государства Израиль («Nature Chemistry», 2014, 6, 978—982; doi:10.1038/nchem.2056). Естественно, авторы новой молекулы назвали ее «Звездой Давида». Эта же фигура называется «Щитом Давида»: согласно весьма распространенной версии, у воинов царя были щиты именно такой формы. Мистики приписывают ей множество необыкновенных свойств и находят немало применений в своих специфических занятиях. С точки же зрения химика, это красивейшая молекула, принадлежащая к классу катенанов.

История катенанов началась в 1964 году, когда немецкий химик Годфрид Шилл получил первое соединение, в котором две кольцевые молекулы были химически не связаны, а объединены механически, наподобие колец, продетых одно в другое, как звенья в

металлических цепочках. Шилл сумел сделать цепочку из трех соединенных кольцевых молекул (рис. 1) в результате тщательно продуманных органических синтезов, включающих более 20 стадий. Так появился новый класс соединений, получивший название «катенаны» (catena лат. — цепь).

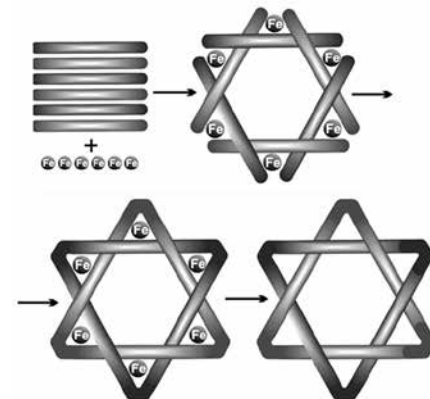
В 1992 году Жан-Пьер Саваж предложил принципиально новый способ сборки катенанов: в процессе монтажа молекулы он использовал координирующие свойства (то есть способность присоединять к себе нейтральные

торы этой молекулы называли ее «Печать Соломона». Вообще-то печатью царя Соломона обычно считают шестиконечную звезду, заключенную в круг, но от арабов в средневековую Европу пришло поверье, что Соломон пользовался пентаграммой и именно ею запечатал сосуды с джиннами.

Александр Стивенс оказался достойным продолжателем традиции плетения узлов и звезд из линейных молекул. Синтезированная им в 2014 году шестилучевая звезда, в отличие от пятилучевой, представляет собой не один цикл, а два, трижды переплетенных друг с другом. Основная идея сборки молекулы та же, что и у показанных ранее молекул: формированием структуры командуют ионы поливалентного металла, в данном случае Fe(II). Общая схема включает всего три стадии: ориентированное расположение заготовок в пространстве вокруг ионов железа, соединение хвостов заготовок, в результате чего два цикла замыкаются, и, наконец, удаление ионов железа (рис. 3).



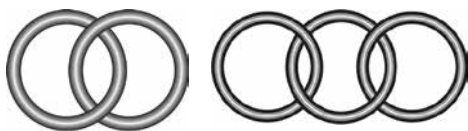
молекулы и ионы) ионов металлов и завязал узел, который чаще называют трилистником или клеверным листом (рис. 2). Несмотря на то что в трилистнике присутствует всего один цикл, молекулу относят к классу катенанов, поскольку основные идеи сборки узлов и катенанов совпадают. По методу Саважа были синтезированы удивительные соединения, получившие собственные названия. Например, в борромеевых кольцах, содержащих три цикла, отсутствует катеноановое зацепление — если мысленно удалить любое из трех колец, то два оставшихся свободно разъединяются (см. рис. 2). Такие кольца издавна известны математикам, а свое название получили из-за того, что присутствовали на гербе дома миланского аристократического дома Борромео. Сравнительно недавно (см. «Химию и жизнь», 2012, № 7) была синтезирована пятилучевая звезда — кольцевая молекула с пятью переплетениями, ав-



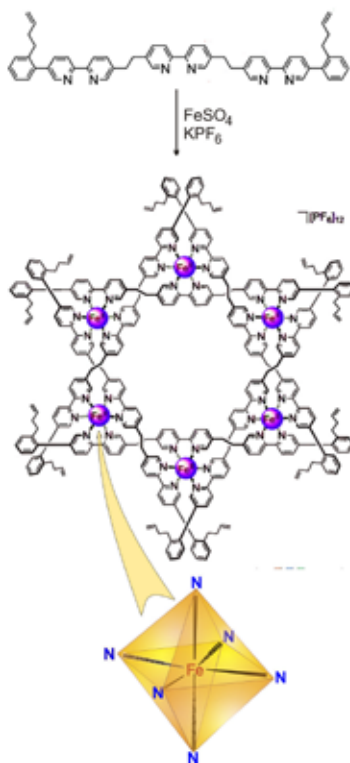
3
Схема сборки шестилучевой звезды

На самом деле все шесть заготовок одинаковы, они окрашены в разные цвета для того, чтобы подчеркнуть образование двух химически не связанных циклов. Вот тонкости этой красивой работы.

На первом этапе размещение заготовок в пространстве происходит нужным образом благодаря тому, что ионы Fe(II) координируют атомы азота, расположенные в пиридиновых фрагментах,

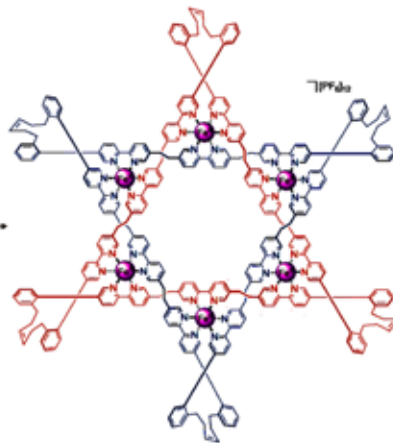


1
Схематическое изображение первых катенанов Шилла



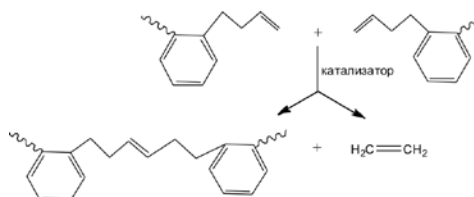
4

Шестилучевая звезда, полученная Стивенсом, похожа еще и на снежинку



размещая их в вершинах мысленного октаэдра (рис. 4).

Далее надо прочно соединить углы, чтобы не оказались в роли доктора Фауста, злоключения которого начались после того, как мышь помешала ему замкнуть угол у охранительной пентаграммы. Изыщество выбранной стратегии состоит в том, что в отличие от способов синтеза борромеевых колец и печати Соломона не требуются никакие дополнительные молекулы. На концах заготовок предусмотрены аллильные группы $-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$, которые взаимодействуют между собой и соединяют заготовки. Это осуществляют реакцией метатезиса (рис. 5).



5

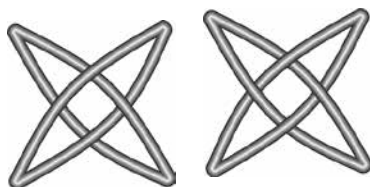
Реакция метатезиса, объединяющая линейные заготовки в циклы

Процесс проходит с использованием именного катализатора Ховейды — Граббса, представляющего собой комплексное соединение рутения. За создание катализаторов, позволяющих проводить такие своеобразные превращения, Роберт Граббс был удостоен в 2005 году Нобелевской премии по химии.

Чтобы перевести ионы Fe(II) в органическую среду, анион SO_4^{2-} заменяют двумя анионами PF_6^- , а извлечение ионов Fe(II)

из собранной молекулы проводят обработкой широко известным «захватчиком» ионов поливалентных металлов — препаратом «Трилон Б» (двунатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты).

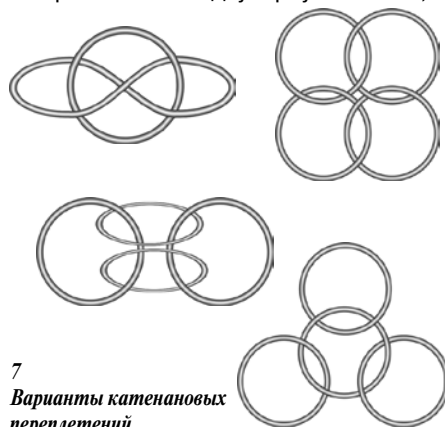
Итак, получены трехлучевая (клеверный лист), пятилучевая и шестилучевая звезды. В этом перечне отсутствует четырехлучевая молекула. Если деформировать обычный двухкольцевой катенан, то получим что-то подобное. Однако истинный «четырёхлучевик» выглядит иначе, в нем присутствует еще одно переплетение, и он пока не получен (рис. 6).



6

Обычный катенан и четырехлучевая звезда

Впрочем, у химиков, увлеченных хитросплетением молекул, впереди еще много нерешенных задач. Это и различные катеновые переплетения (рис. 7), и одиночные кольцевые молекулы, завязанные в хитроумные узлы, среди которых присутствует шестилучевая звезда, но построенная не из двух треугольников, а



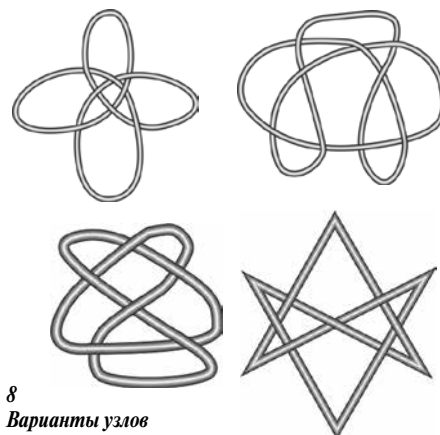
7

Варианты катеновых переплетений



НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

из единого кольца, переплетенного шесть раз (рис. 8).



8

Варианты узлов

Большую коллекцию таких конструкций можно увидеть, обратившись к статьям о теории узлов и зацеплений в математических энциклопедиях и справочниках, где подробно описан этот раздел топологии.

Неужели все эти причудливые структуры — только результат бескорыстной игры воображения химиков, мастерски владеющих экспериментальными методами? Нет. Оказалось, что катенаны существуют в живой природе. У клеточных органелл — митохондрий — часть молекул ДНК имеет катеновое строение. Существующие методики синтеза катенанов позволили биохимикам приступить к созданию молекул ДНК с подобной геометрией, чтобы изучать действие различных ферментов на процессы, протекающие в живой клетке.

К классу катенанов принадлежат также ротаксаны, в которых на молекулу-гантель насажена кольцевая молекула, причем объемные заглушки на концах гантели не позволяют кольцу соскользнуть с оси. На основе ротаксанов уже удалось изготовить первый опытный образец работающего блока памяти, который может хранить 20 килобайт информации на площади, в сто раз меньшей, чем срез человеческого волоса. Таким образом, упражнения в молекулярной геометрии могут привести к серьезным результатам, даже если не считать таковым эстетическое удовлетворение.

Кандидат химических наук

М.М.Левицкий

«Съедобные» батарейки



Исследователи из Массачусетского технологического института и Гарвардской медицинской школы придумали, как сделать батарейки безопасными для детей. Если такую батарейку проглотит ребенок, то никакого вреда она ему не нанесет («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2014, 111, 46, 16490—16495, doi: 10.1073/pnas.1418423111).

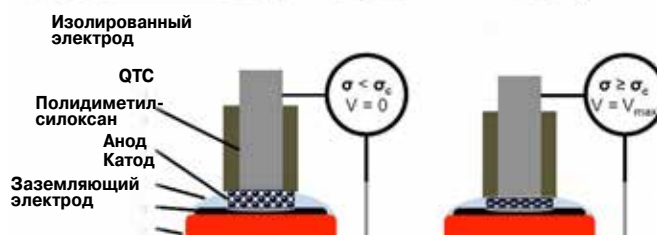
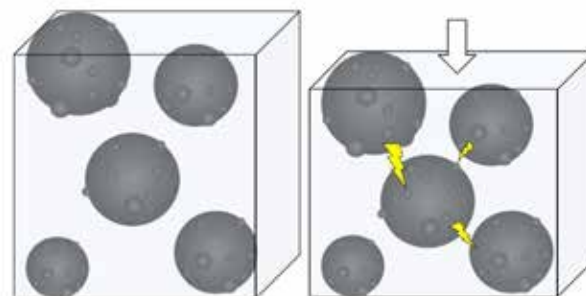
Батарейки-таблетки используют в калькуляторах, слуховых аппаратах, часах, лазерных указках и во многих других полезных устройствах. А также и в игрушках, с которыми играют маленькие дети, известные любители все тащить в рот. Таблеточные батарейки дети глотают довольно часто, несмотря на то что отсек с ними в игрушках по правилам должен быть закрыт с помощью винта. Нашу статистику найти сложно, но, по данным американской Комиссии по безопасности потребительских товаров, «скорую» вызывают по этой причине несколько тысяч раз в год. В 2009 году зафиксирован 3461 случай, а в 2013 году — 3366. С 1997 по 2010 год 14 детей в возрасте от семи месяцев до трех лет так и не удалось спасти.

Конечно, есть небольшой шанс, что батарейка проскочит в желудок и потом выйдет естественным путем. Однако велика вероятность, что она застрянет в пищевode ребенка. Если родители не сразу поняли, что ребенок проглотил батарейку, то уже через два часа происходит ожог слизистой пищевода из-за утечки щелочного электролита. Последствия химических ожогов — паралич голосовых связок, перфорация пищевода и трахеопищеводная фистула, которые могут привести к летальному исходу.

Обычная батарейка-таблетка состоит из круглого анода и цилиндрического катода, разделенных сепаратором — пористой прокладкой, через которую положительные ионы, образующиеся при химической реакции в аноде, проходят к катоду. Свободные электроны от анода к катоду должны пройти другим путем — через внешнюю электрическую цепь, совершив работу, ради которой мы батарейку и покупали. Чтобы преградить электронам короткий путь, анод от катода отделяет кольцевая изолирующая прокладка. Однако в жидкой проводящей среде электроны неизбежно «вытекают» наружу, батарейка разряжается, и возле анода образуются гидроксид-ионы — еще один фактор риска.

Исследователи сделали батарейку, которая не дает ток в проводящей среде. Внешний изолированный электрод в ней отделен от анода композитом с квантово-туннельным эффектом (QTC) — силиконовой матрицей, в которую добавлены микро-частицы металла. Если давления нет, то матрица не проводит ток, а при нажатии становится проводящей. Надо отметить, что этот композит производится в промышленных масштабах и продается — его используют в сенсорных экранах и клавиатурах. Анод и композит соединяет проводящая серебряная паста. Водонепроницаемость батарейке обеспечивает покрытие из полидиметилсилоксана, которое должно продержаться достаточно долго, чтобы таблетка успела покинуть организм. Как видим, модификации несложные, их можно применять к батарейкам различного размера и дизайна.

Если защищенная батарейка попадет в пищевод, то давление на силиконовую матрицу будет недостаточно велико, чтобы она стала проводящей, поскольку металлические микро-



Вверху на фото слева — обычная и безопасная батарейки; видны слой QTC и защитное водонепроницаемое покрытие. Справа — лазерная указка, работающая на новых батарейках. В центре показано, почему композит с квантово-туннельным эффектом (QTC) под давлением становится проводником. Внизу — безопасная батарейка в выключенном и включенном состоянии. Если нет давления на верхний электрод, ток во внешнюю среду никогда не пойдет

частицы будут далеко друг от друга. Соответственно матрица сыграет роль изолятора. А в рабочем отсеке для батареек создается достаточное давление (кнопка включения устройства прижимает внешний электрод к батарейке), металлические микро-частицы в силиконовом слое оказываются близко друг к другу (на расстояниях менее 1—5 нм), и происходит туннелирование — покрытие превращается из изолятора в проводник.

Так как защитная оболочка делает батарейку водонепроницаемой, это дает ей преимущества и в других областях применения. Ее можно использовать при высокой влажности или в других условиях, в которых обычная батарейка не работает.

Чтобы оценить защитные свойства покрытия, исследователи поместили в пищевод свиньи обычную таблеточную батарейку и батарейку с покрытием. Тесты прошли на ура — никаких повреждений во втором эксперименте обнаружено не было. Батарейка «не работает» даже в организме, в котором не все нормально с пищеварением.

По словам ученых, дальнейшие исследования они проведут на других видах батареек, которые используют в разных приборах и игрушках. В планах — запустить новшество в массовое производство. Бывает, что дети засовывают эти же батарейки в ухо или нос, так что исследователи будут работать и в этом направлении. Весьма вероятно, что их труд поможет уменьшить число пострадавших, а также увеличит срок работы многих устройств — ведь они теперь не будут бояться влаги.

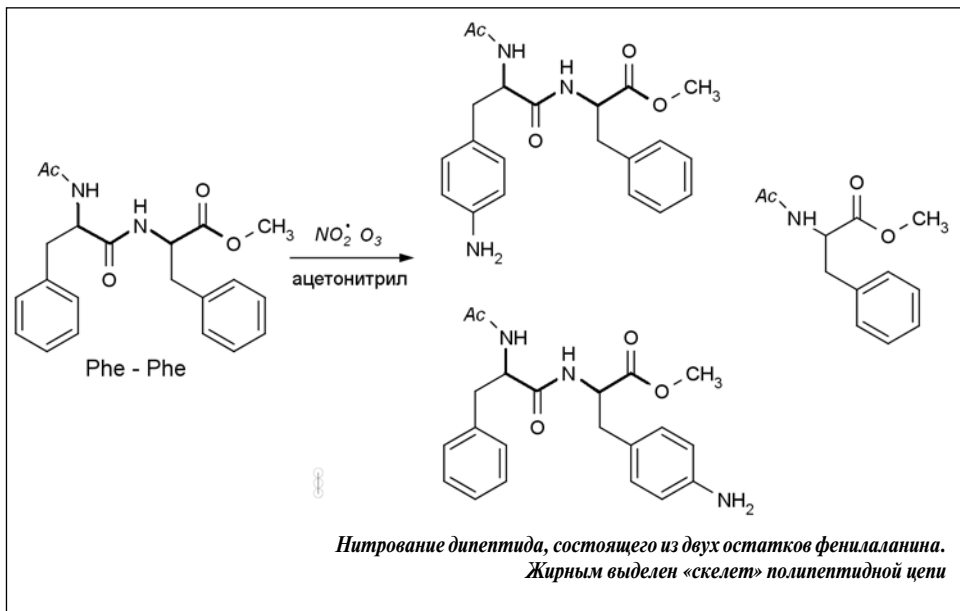


Австралийские ученые из университета Мельбурна под руководством Юты Вилле выяснили, что некоторые химические вещества, загрязняющие воздух, наносят существенно больший вред здоровью при совместном воздействии («Organic & Biomolecular Chemistry», 2014, 12, 8280—8287, doi: 10.1039/c4ob01577k). Яркий пример — озон и радикал диоксида азота: как оказалось, вместе они вызывают воспаление дыхательных путей.

Городской воздух отравляют диоксиды азота и серы, угарный газ (продукт неполного сгорания топлива), летучие органические соединения, токсичные металлы (свинец, ртуть и прочие), аммиак, радиоактивные загрязнители и устойчивые свободные радикалы. Свободные радикалы — активные окислители. На их внешней оболочке находится неспаренный электрон, поэтому они стремятся отобрать еще один электрон у других соединений, тем самым нарушая их структуру. С лишними свободными радикалами, образующимися в организме или попадающими в него извне, борются антиоксиданты.

Из выхлопных труб автомобилей вылетают углеводороды, альдегиды, бензпирен, азот, оксиды углерода и другие опасные газы. Чтобы сделать воздух чище, страны устанавливают стандарты, регулирующие содержание вредных веществ в выхлопных газах. С 1 декабря 2002 года правительство России запретило въезд на территорию страны автомобилям, не имеющим сертификата Евро 1 (выброс углеводородов не более 0,72 г/км, угарного газа — 2,72 г/км, оксидов азота — 0,27 г/км). По новым нормам, действующим в России с 1 января 2014 года, выброс углеводородов не должен превышать 0,05 г/км, угарного газа — 0,8 г/км, а оксидов азота — 0,06 г/км. Тем не менее в воздухе Москвы по-прежнему повышено содержание фенолов и альдегидов, диоксида азота и бензпирена.

Кроме привычных нам «вонючих» газов в приземном слое содержится еще и озон, который образуется в результате многочисленных химических реакций. Многие из них — фотохимические, протекают при участии ультрафиолетового излучения. Несмотря на приятный запах



грозовой свежести, нельзя сказать, что озон полезен для организма. Начиная с определенных концентраций, озон понижает иммунитет, вызывает раздражение дыхательных путей, хронический бронхит, эмфизему и отек легких, приступы астмы.

Известно, что загрязненный воздух может стать причиной болезней дыхательных путей, и не только их. Сотрудники Калифорнийского университета в Беркли во главе с Майклом Джерреттом доказали, что озон увеличивает риск смерти от ишемической болезни сердца. Более 7 миллионов смертей во всем мире каждый год происходит из-за болезней, вызванных вредными газами («American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine», 2013, 188, 5, 593—599, doi: 10.1164/rccm.201303-0609OC).

Но все-таки первое, с чем вступают в контакт молекулы и свободные радикалы из окружающей среды, — это слизистая оболочка дыхательных путей человека. Австралийские ученые в своих исследованиях показали, что совместное воздействие радикала $\text{NO}_2\cdot$ и O_3 снижает уровень антиоксидантов в слизистой, и это обеспечивает остальным окислителям из воздуха прямой путь к ее клеткам (их некому обезвреживать). В результате образуются высокоактивные продукты окисления белков и липидов слизистой, которые вредят эпителиальным клеткам, что приводит к ее воспалению.

Ученые заметили, что белки быстро нитруются в пыльце берез, растущих у проезжей части, которая характеризуется высокой концентрацией озона и радикала диоксида азота. Исследователи поняли, что причина — взаимодействие $\text{NO}_2\cdot$ и O_3 , которое приводит к образованию нитратов (NO_3^-), а еще азотного ангидрида N_2O_5 и азотной кислоты HNO_3 . В своих предыдущих исследованиях австралийские ученые показали, что ароматические аминокислоты фенилаланин, тирозин и триптофан при контакте со смесью $\text{NO}_2\cdot/\text{O}_3$ образуют нитроароматические производные. В новой работе они подвергли действию опасной смеси дипептиды — пары ковалентно соединенных ароматических аминокислот, как бы маленькие фрагменты белковой цепи. Выяснилась еще одна неприятная вещь: связи между аминокислотами при нитровании могут разрываться, при этом чем устойчивей к атакам боковая цепь конкретной аминокислоты, тем вероятней разрыв между аминокислотами.

Понимание того, как именно взаимодействуют атмосферные окислители, позволит больше узнать о причинах многих заболеваний, вызванных загрязняющими веществами, а значит, поможет в лечении и профилактике.

Выпуск подготовила
В. Барановская

Карта мозга и коннектомика

С.Б.Ястребова

«Ты кто такой?» — вопрос отнюдь не праздный и жизненно важный, несмотря на некоторую грубость. Но прежде чем рассказать всему миру, кто ты такой, нужно самому узнать ответ на этот вопрос. Обычно этим занимаются философы, но вот беда: определения, которые они дают самим себе и человеку как виду, зачастую весьма длинны и сложны. Зато сын южнокорейского философа, специалист по вычислительным нейронаукам Себастьян Сеунг знает простой и лаконичный ответ. Сеунг говорит: «Я — это мой коннектом».

Что такое коннектом?

В самом широком смысле коннектом — это все синапсы всех нейронов организма. В более узком и практически важном — совокупность связей между нервными клетками или их группами в пределах небольшой области мозга. Коннектом в первом значении — это причина и следствие нашей личности, выражение наших желаний, память, манера мыслить и говорить. В отличие от генома коннектом непрерывно изменяется. Связи между нейронами создаются и разрушаются, усиливаются и ослабевают. Со смертью нервной клетки исчезают и ее связи, прекращается работа тех механизмов, в реализации которых она участвовала. Эффект влияний, которые погибший нейрон оказывал на своих «знакомых» (например, изменение активности связанных с ним клеток), какое-то время сохраняется, а затем постепенно сходится на нет. Напоминает связи между людьми, не правда ли?

Себастьян Сеунг и многие другие нейробиологи предполагают, что каждый синапс вносит свой вклад в сознание и

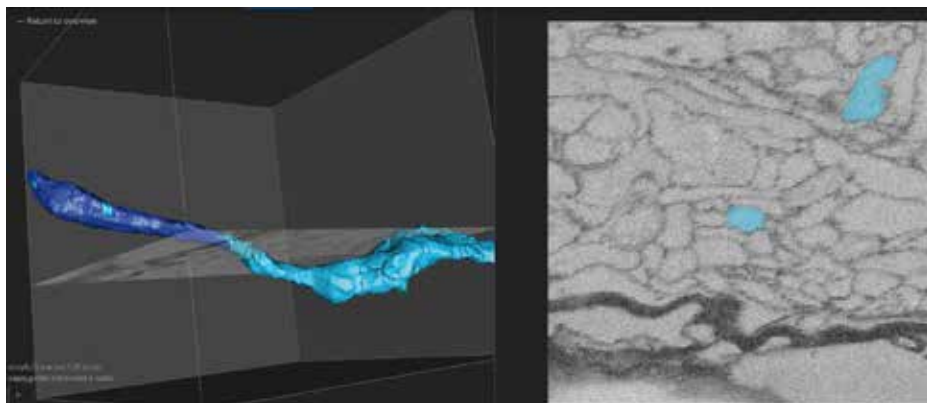
подсознание организма. Поэтому величайшим достижением наук о живом будет полная расшифровка коннектома. Когда она будет выполнена, мы узнаем все обо всех связях каждого из миллиардов нейронов человека (либо каждого из миллионов или тысяч, если говорить о животных попроще). Громада сведений, с которыми работает наука коннектомика, поможет выявить бесчисленное множество фактов о закономерностях развития личности и формирования предпочтений, механизмах восприятия, памяти, мышлений, эмоций.

Эту мысль нетрудно подвергнуть критике. Приверженцы коннектомики, кстати, о критике хорошо осведомлены и отнюдь не считают, что задача составления полной карты нейронных связей организма проста и однозначна. Итак, во-первых, в живом мире редко работают линейные зависимости. Одна клетка живет по определенным правилам, но это не значит, что согласно тем же правилам будет функционировать тысяча клеток. У большой системы появляются эмерджентные свойства — те, которых нет у ее частей по отдельности.

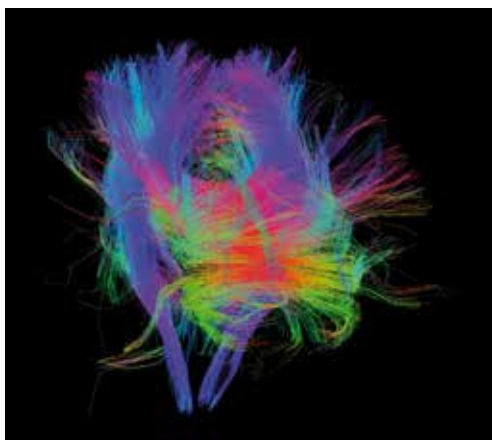
Во-вторых, коннектом — вещь крайне непостоянная, и его изменения так же необратимы, как само время. Если мы соберем всю информацию о синапсах человека в 18:07, в 18:08 сведения уже не будут стопроцентно точными.

Практическая сторона вопроса тоже ставит перед исследователями трудно-разрешимые задачи. Чтобы понять, как одна клетка соединена с другой, сейчас используют двухмерное и трехмерное картирование. Определенную часть мозговой ткани превращают в набор ультратонких срезов с помощью микротомы, каждый такой срез фотографируют под электронным микроскопом и получившуюся «стопку» фотографий анализируют одну за другой. С помощью компьютерных алгоритмов ученые определяют, где на картинке заканчивается одна клетка и начинается другая. На основании этих решений строится трехмерная карта участка мозга (рис. 1). Чтобы целиком отобразить одну нервную клетку и все ее связи, нужна не одна микрофотография, а сотни или тысячи. На каждой микрофотографии может быть несколько синапсов конкретного нейрона, а может не быть ни одного. Учитывая, что в мозге среднестатистического человека 86 миллиардов нейронов («Frontiers in Human Neuroscience», 2009, doi: 10.3389/neuro.09.031.2009) и миллиард — 10 в 15-й степени — синапсов, вряд ли в ближайшее время найдутся вычислительные мощности, способные обработать такое количество данных. И потом, даже если бы способностей компьютеров хватило для решения этой задачи, вопрос хранения и извлечения биологического материала никуда не исчезает. Связи между клетками в мозге каждого человека уникальны, и невозможно составить некий обобщенный коннектом, сохранив высшую степень точности. Это значит, что ни грамма нервной ткани донора потерять нельзя.

А терять есть где. На каждом этапе подготовки к микрофотографированию (при извлечении из тела донора, фиксации в консервирующих растворах либо заморозке жидким азотом, разрезании мозга на крупные участки и этих участков — на ультратонкие срезы) могут слу-



1
Трехмерная модель отростка нейрона (слева) и этот же отросток в двумерном представлении (справа). Обсуждаемый отросток выделен голубым. Скриншот из игры EyeWire



2

Изображение коннектома, полученное с помощью диффузионной спектральной томографии в рамках проекта «Коннектом человека». Цвет обозначает направление связей: красный — аксоны соединяют два полушария, синий указывает на восходящие и нисходящие волокна, зеленым обозначены аксоны, идущие от передних к задним областям мозга и наоборот



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

читься ошибки, поломки оборудования, нарушение условий хранения... Исходя из всего этого, гораздо более реально и практично создать карту связей не всех нейронов, а их небольших групп. Клетки одной такой группы занимаются примерно одним и тем же и часто находятся рядом друг с другом.

Проект «Коннектом человека»

По аналогии с проектом «Геном человека» в 2010 году в США запустили проект «Коннектом человека» (Human Connectome Project, HCP). Он рассчитан на пять лет и должен завершиться летом 2015 года. Сотрудники HCP поставили довольно амбициозные задачи, однако не настолько серьезные, как полная расшифровка коннектома. В рамках этого проекта с изначальным бюджетом в 30 миллионов долларов исследователи из Вашингтонского, Миннесотского и Калифорнийского университетов, а также другие научные коллективы собираются составить подробную карту связей белого вещества (аксонов), идущих от одного функционального участка мозга к другому (рис. 2). В список областей мозга, связи которых анализирует HCP, входят кора больших полушарий, таламус, мозжечок и базальные ганглии. В коре содержится 9/10 всех синапсов мозга; таламус — важные «входные ворота», через которые информация от органов чувств попадает в кору, а мозжечок, как и базальные ганглии, отвечает за точность произвольных движений.

Речи об отдельных нервных клетках не идет, зато методы, которыми пользуются участники HCP, не требуют каких-либо хирургических вмешательств — как принято говорить, они неинвазивны. В их число входят функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ), HARDI (High Angular Resolution Diffusion Imaging, диффузионная МРТ-визуализация с высоким угловым разрешением), а также магнитоэнцефалография (МЭГ) и электроэнцефалогра-

фия (ЭЭГ). Визуализацию нейронных связей в мозге предполагалось проводить и тогда, когда испытуемые находятся в состоянии покоя, и во время решения ими определенных задач. Сейчас этап сбора данных уже завершен, и ученые проводят анализ полученной информации.

Коль скоро ответить на важные философские вопросы с помощью данных HCP не получится, зачем же тогда вообще нужен этот проект? Удовлетворение собственного любопытства в федеральном масштабе — вещь, конечно, не подсудная, но осуждаемая.

На самом деле обоснование актуальности проекта HCP существует и способно удовлетворить большинство скептиков. Даже если не вдаваться в мелкие детали, можно заметить, что состояние связей между частями головного мозга влияет на состояние организма. Простой и довольно жестокий пример — кошки в опытах Фредерика Бремера 1970-х годов. Этот физиолог перерезал животным нервные волокна в районе среднего мозга, в результате энцефалограммы кошек начинали выглядеть так, будто животных погрузили в состояние сна с помощью барбитуратов. И хотя первоначальное предположение Бремера о том, что этот искусственный сон — результат того, что мозг буквально отрезает от возбуждающих сигналов органов чувств, оказалось неверным, одно оспорить сложно: изменение связей в мозге изменило и состояние всего организма.

Сейчас с нарушениями связей работают на гораздо более тонком уровне. Выяснилось, что ряд неврологических и психических заболеваний ассоциирован с тем, как различные участки коры соединяются между собой и с другими областями мозга. Такие болезни объединили под общим термином «коннектопатии». В их число входят, например, аутизм и, вероятно, шизофрения.

Аутизм всегда проявляется в раннем возрасте, а это значит, что одна из его причин — неправильные связи нейронов в мозге. В общем случае число

межнейронных связей растет с рождения до трех лет, а затем вновь уменьшается. Недавнее исследование ученых из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе («Science Translational Medicine», 2010, 2, 56, 56ra80, doi: 10.1126/scitranslmed.3001344) показывает, что у детей-аутистов количество связей между нейронами префронтальной коры крайне медленно снижается после трех лет. Зато соединений между префронтальной и другими областями коры существенно меньше, чем в мозге здоровых сверстников. Получается, что префронтальная кора аутистов «говорит» много, но почти исключительно сама с собой.

Примерная карта соединений нейронов не расскажет, где хранится память, зато позволит понять, на что направить усилия при разработке лекарств и прочих способов лечения для аутистов, шизофреников и всех, кто страдает той или иной коннектопатией. Но прежде этого результаты HCP помогут разобраться, что именно не так в мозге таких больных. Ведь в большинстве случаев мы знаем только то, что существует статистическая связь между неким нарушением связей и психикой, а вот какие конкретно механизмы лежат в его основе, ответить получается крайне редко.

EyeWire

В отличие от участников проекта «Коннектом человека» Себастьян Сеунг концентрируется не на группах клеток, разбросанных по всему мозгу, а на построении предельно точной модели связей одного небольшого участка мозга. Медико-практических применений у этой модели пока не очень много, однако такой подход — это исследование «истинного», полного коннектома, которое рано или поздно будет завершено, как многие полагают, с триумфальными результатами. В конце концов, прекрасно разбираться в одной небольшой области зачастую оказывается полезнее, чем знать обо всем по чуть-чуть.

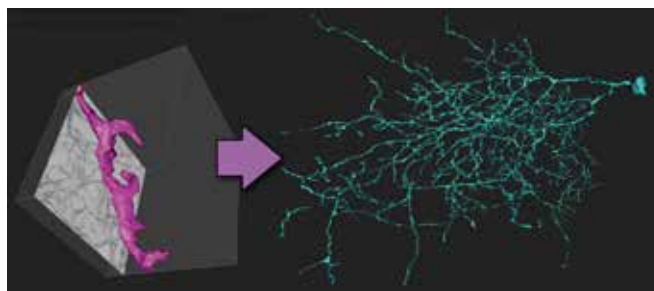
Многие работы лаборатории Сеунга, ныне расположенной в Принстонском университете (<http://seunglab.org>), для восприятия неспециалиста весьма трудны. Помимо того, что они пытаются ответить на вопросы о самом сложном органе человека, их авторы к тому же решают биологически-психологические задачи методами компьютерных алгоритмов. Методы эти специфические, и большинство их направлено на то, чтобы научить вычислительные машины самим распознавать, что изображено на микрофотографии, превращая данные с двумерных изображений в трехмерные модели нейронов и их связей. Достижения в этой области, безусловно, есть. Однако тому, кто не погружен в мир программирования, будет нелегко понять теоретическую часть. А поскольку в лаборатории Сеунга сейчас занимаются почти исключительно сетчаткой глаза (ретиной), каждый, кто специализируется не на сетчатке, должен будет перед вдумчивым чтением статей еще и досконально разобраться в ее строении. Тем не менее можно поучаствовать в работе Сеунга и его коллег, не имея вообще никаких специальных знаний. Как такое может быть?

Зачастую развитие науки тормозит недостаток финансирования либо не совсем корректное распределение средств. Бывает, что научные агентства признают какие-то проекты нерентабельными и незначимыми, потому что руководители недостаточно убедительно рассказывают об их практической пользе. Для задач, которые ставит перед собой лаборатория Себастьяна Сеунга, это тоже актуально. Однако для коннектомики материальные средства — не главная проблема, благо сейчас существует множество интернет-сайтов — так называемых краудфандинговых платформ, на которых кто угодно может попросить материальной помощи у добровольцев. Пожалуй, одна из самых известных кампаний по сбору средств на нужды науки была организована нашим соотечественником, гидробиологом Александром Семеновым, сразу на нескольких краудфандинговых платформах (<https://www.indiegogo.com/projects/aquatilis-expedition> и др.).

Так или иначе, в проектах, подобных этому, гораздо важнее не деньги, а вычислительные мощности. Необходимых величин не всегда удается достигнуть, даже соорудив сверхмощный суперкомпьютер. Ведь он всего лишь машина для вычислений, работающая по заданной программе. А программа, разумеется, может ошибаться, и поэтому за ней должен следить человек.

Обучение компьютерных алгоритмов зачастую идет тем лучше, чем большее количество раз этот алгоритм задействовать. При этом пользовате-

blog.eyewire.org



3
Схема, показывающая, как соотносится один куб и нейрон, отростки которого прослеживают игроки EyeWire

лю необходимо после каждой итерации исправлять ошибки, допущенные программой, вручную. Человеческий ресурс отдельно взятой лаборатории ограничен, какой бы крупной она ни была и какими бы высококвалифицированными ни были ее сотрудники.

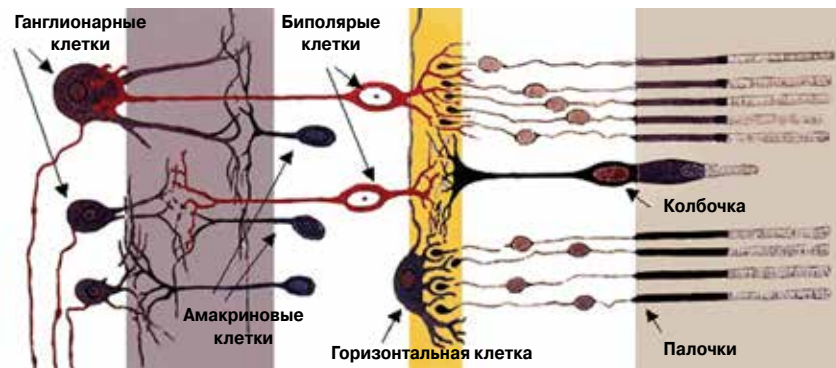
Себастьян Сеунг и его команда нашли элегантное решение. Они разом убили двух зайцев, сумели и вызвать интерес общественности, и привлечь помощников в тестировании алгоритмов распознавания изображений с помощью компьютерной игры EyeWire.

Проект EyeWire (<http://eyewire.org>) — образец citizen science, «гражданской науки». Так называют проекты, которые позволяют любому желающему внести вклад в настоящее научное исследование: например, понаблюдать в течение года за птицами на своем дачном участке или свернуть молекулу белка наилучшим образом (<http://fold.it/portal/>). Многие проекты citizen science оформлены в виде игр, в которых предлагается решить ряд случайных головоломок. Изначально решение головоломки не известно никому. Однако разработчики рассматривают самые интересные находки пользователей и в случае Foldit проверяют их на жизнеспособность. Играть может любой посетитель. Это бесплатно, специализированные знания для успеха не нужны, однако те, кто хочет поближе познакомиться с научной подоплекой проекта (и, возможно, проникнуться каждой новой знаний!), всегда могут заглянуть в соответствующий раздел сайта. К тому же статистика показы-

вает, что многие наиболее активные и успешные игроки не имеют образования по тематике игры. В сотне лучших игроков EyeWire большинство составляют женщины 45—55 лет. Впрочем, яркое, стильное, не перегруженное ненужными деталями оформление и медитативность процесса — мощные привлекающие факторы для геймеров любого возраста.

Посетители EyeWire играют в кубики, причем каждый составлен из нескольких сотен электронных микрофотографий срезов сетчатки мыши. Сетчатка — один из наиболее хорошо изученных участков нервной системы. Благодаря работам Дэвида Хьюбела и Торстена Визеля стали известны все основные типы нейронов этой части глаза.

Пользователь стартует с микрофотографии, на которой цветом выделена небольшая область: это отросток нужного нейрона. Она же изображена в рамках куба в трехмерном виде. Задача игрока — проследить путь данного отростка через весь объем кубика (рис. 3). Как правило, искусственный интеллект сам подсказывает решение, и не нужно просматривать абсолютно все микрофотографии куба, чтобы выявить каждую ветку отростка. Однако за верностью предположений компьютерного алгоритма необходимо все время следить. Иногда искусственный интеллект разделяет один и тот же отросток на два, а иногда, наоборот, теряет границу между частями двух разных клеток. Бывает и так, что он не находит кусочки дендрита, поэтому игрокам приходится следить, чтобы

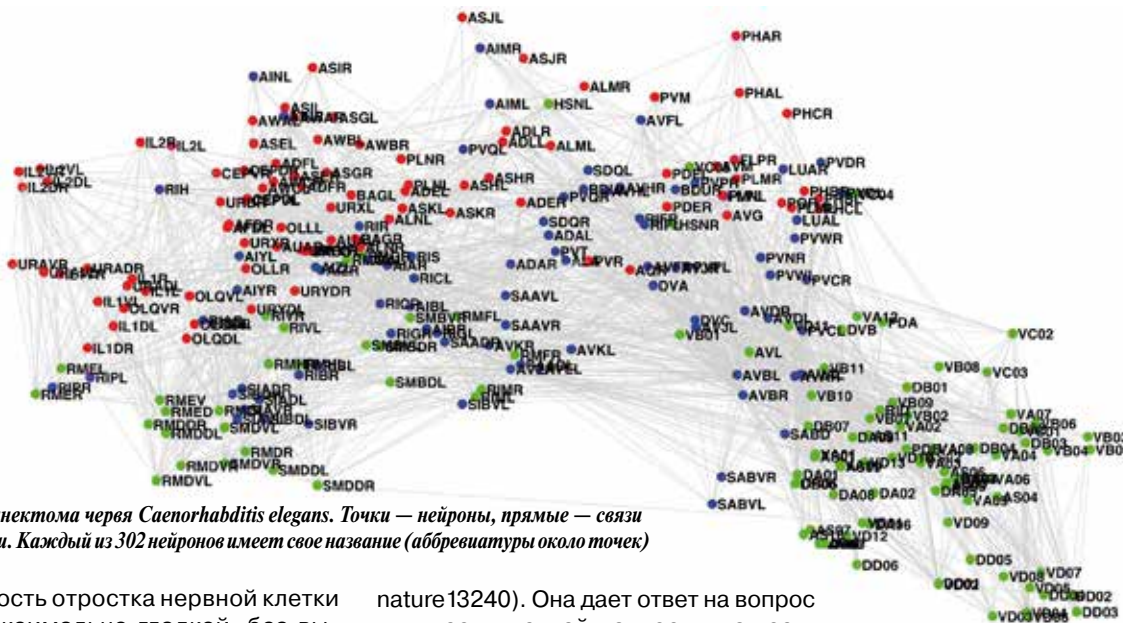


4

Упрощенная схема строения сетчатки. Слева показаны внешние слои клеток, правее — всё более глубокие, лежащие ближе к мозгу и дальше от поверхности глазного яблока

ru.wikipedia.org

Модель коннектома червя *Caenorhabditis elegans*. Точки — нейроны, прямые — связи между ними. Каждый из 302 нейронов имеет свое название (аббревиатуры около точек)



поверхность отростка нервной клетки была максимально гладкой, без выщербленных участков.

Функциональная коннектомика

Приятно разглядывать картинки и устанавливать связи между нейронами. Вот только как определить, какая связь имеет значение, а какая нет? К тому же давно известно, что нейроны разных типов выполняют в мозге неодинаковые функции. Можно ли определить, зачем нужна конкретная клетка, исходя из состава и расположения ее связей?

Результаты работ Себастьяна Сеунга говорят нам, что это возможно, если действовать в рамках так называемой функциональной коннектомики. Например, зная, насколько близко друг к другу расположены отростки (дендриты) одной клетки, довольно легко понять, к какому типу нейронов она относится (Sümbül et al., «Frontiers in Neuroanatomy», 2014, 8, 139, doi: 10.3389/fnana.2014.00139). Для этого опять же нужен хороший алгоритм, который будет верно определять, где находится дендрит одной клетки, а где лежит отросток второй. Пока подобные работы представляют скорее техническую и методологическую ценность. Однако есть все основания предполагать, что, когда данных коннектомики о различных типах нейронов накопится больше, станет возможным распознавать не только тип конкретной нервной клетки, но и ее точное предназначение.

Впрочем, первые результаты применения описанного метода на практике уже известны. Пользу проекта EyeWire в плане функциональной коннектомики оценило научное сообщество. В мае 2014 года в «Nature» вышла статья, написанная на основе данных, полученных игроками (Kim et al., «Nature», 2014, 509, 7500, 331—336. doi: 10.1038/

nature13240). Она дает ответ на вопрос пятидесятилетней давности: как сетчатка глаза отслеживает движущиеся объекты, как она «понимает», в какую именно сторону предмет направляется? Длинный список соавторов статьи завершается так: «Seung, H. S., the EyeWire» — руководитель работы Сеунг и игроки EyeWire.

Здесь стоит вспомнить строение ретины. Сетчатка состоит из нескольких типов клеток: фоторецепторных, биполярных, горизонтальных, амакриновых и ганглионарных (рис. 4). Фоторецепторы (палочки и колбочки), биполярные и ганглионарные клетки последовательно передают зрительную информацию в зрительный нерв. Однако данные в процессе этой передачи «творчески перерабатываются» горизонтальными и амакриновыми клетками. На каждом из нейронов таких типов сходятся сигналы не от одного фоторецептора и не от одной биполярной клетки, а сразу от нескольких, расположенных рядом. Все клетки, приносящие информацию к одному нейрону, называются рецептивным полем этого нейрона. Например, рецептивное поле ганглионарной клетки включает в себя все палочки (или колбочки), сигналы от которых получает эта ганглионарная клетка.

Исследование, в которое внесли свой вклад тысячи игроков EyeWire, показало, что часть биполярных клеток образует соединения с амакриновыми нейронами в районе тела (сомы) последних, а часть — в районе дендритов, находящихся далеко от тела клетки. Но чтобы пойти по цепочке из амакриновой клетки дальше к ганглионарной, сигнал должен в любом случае пройти из дендритов в сому амакринового нейрона. Таким образом, импульсы от одних биполярных клеток достигают цели (своей ганглионарной клетки) раньше, чем информация от соседних нейронов. За счет того, что два пространственно

близких сигнала разнесены по времени, ганглионарные клетки могут определить, в какую сторону движется объект.

Расшифрованный коннектом

На самом деле один полный коннектом расшифрован уже давно. В 1986 году ученые завершили моделирование всех связей всех нейронов круглого червя *Caenorhabditis elegans*, чья нервная система состоит всего из 302 клеток (White J.G., Southgate E., Thomson J.N., Brenner S., «Philosophical Transactions of the Royal Society B», 1986, 314, 1—340; рис. 5). Это число, кстати, не зависит от пола червя и одинаково у всех представителей вида. Между тремя сотнями нервных клеток около 7000 соединений — синапсов. Тридцать лет назад расшифровка даже такого сравнительно небольшого числа связей была крайне трудоемким процессом — примерно таким же, как в свое время исследование анатомии панцирной рыбы цефалоспириса. (Шведский палеонтолог Эрик Стеншё в начале XX века обрабатывал окаменевший образец, сошлифовывая слой за слоем и фотографируя шлифы, и таким образом получил детальную модель внутреннего строения вымершего животного.) С появлением новых методов распознавания синапсов и их моделирования (к чему немало усилий приложил Себастьян Сеунг и его коллеги) мы можем выполнять куда более сложные задачи значительно быстрее. Не исключено, что уже наши правнуки смогут наряду с персональным геномом заказать в обычной медицинской клинике полную расшифровку своего коннектома.





Художник С. Дергачев

Целебная сила гельминтов

Кандидат
биологических наук
Н.Л.Резник

С гельминтом ты позабудешь про аллергию

Увы нам, представителям западной цивилизации XXI века! Мы совершенно расстроили свою иммунную систему. Нас изнуряют аллергические и аутоиммунные заболевания, например астма, от которой страдают сотни миллионов людей. Между тем в сельских районах развивающихся стран распространенность астмы, а также других аллергических и аутоиммунных заболеваний гораздо меньше. Не потому, что там воздух чище и население ведет совсем другой образ жизни, нежели в западных городах, нет. Все дело в обилии гельминтов.

В последние два десятилетия получила развитие гигиеническая гипотеза, согласно которой разгулу аллергических и аутоиммунных заболеваний мы обязаны повышенным гигиеническим стандартам. Иммунные расстройства обычны там, где чисто, безмикробно и безгельминтно. Дети рождаются с незрелой иммунной системой, ее созревание начинается лишь после рождения, когда слизистую

оболочку дыхательной и пищеварительной систем заселяют микроорганизмы-комменсалы. И чем сложнее состав микробиоты, с которой человек сталкивается в детстве, тем меньше впоследствии риск развития аллергии. Полноценная защита организма может сформироваться лишь в присутствии патогенов, в том числе гельминтов. У детей, выросших на ферме в окружении домашних животных, в естественной среде, иммунитет крепче.

Гигиеническую гипотезу подтверждают данные, полученные в развивающихся странах, где гельминтами заражено большинство населения. Например, во Вьетнаме, Эквадоре и Занзибаре детей вылечивали от глистов, после чего у них существенно повышалась чувствительность кожи к аллергенам. Если они снова заражались гельминтами, чувствительность снижалась. В Уганде будущим матерям во время беременности давали антигельминтные препараты. Детская экзема (атопический дерматит) развивалась у их младенцев чаще, чем у тех, чьи матери получали плацебо.

Гигиеническую гипотезу проверяли и в лабораторных условиях на мышах. У животных вызывали астму, аллергию на арахис, колит и другие аутоиммунные заболевания. У тех мышей, которых предварительно заражали разными кишечными гельминтами, аллергические и аутоиммунные реакции были менее выражены, чем у незараженных животных. В общем, избавляясь от глистов, мы приобретаем иные проблемы.

Гельминтами инфицирована примерно треть человечества, а еще совсем недавно большинства людей было заражено каким-либо типом паразитических червей, как заражены ими сейчас млекопитающие в природе. Долгая совместная эволюция привела к тому, что иммунная система млекопитающих выработала способы защиты от гельминтов, а те научились этой защите противостоять. Причем делают они это виртуозно — так, чтобы не погибнув самим, не оставить и хозяина беззащитным перед оппортунистическими инфекциями, то есть теми, которые не вызывают заболевания у человека с нормальным иммунитетом. В результате большинство людей относительно безболезненно переносит присутствие паразита, и инфекция протекает практически бессимптомно. Только люди с ослабленным иммунитетом и очень большим поголовьем червей действительно страдают.

Основываясь на этих данных, исследователи начали работы по внедрению глистов в организм человека, чтобы проверить, нельзя ли с их помощью лечить разные заболевания.

Давайте их проглотим

В 2010 году специалисты Ноттингемского университета пытались лечить астматиков и людей с пищевой аллергией, вводя им под кожу несколько личинок кишечного паразитического червя *Necator americanus* (анкилостомы). Явных терапевтических эффектов исследователи не обнаружили, но и негативных тоже. Ученые не исключают, что подобрали неверную дозу анкилостом.

В том же году специалисты Калифорнийского университета опубликовали свои наблюдения за одним пациентом с тяжелым язвенным колитом («Science Translational Medicine», 2010, 2, 60ra88, doi: 10.1126/scitranslmed.3001500). Язвенный колит — одно из заболеваний, которое реже встречается в странах, пораженных гельминтозами. Колит не поддавался традиционному лечению, и больной, мужчина 35 лет, проглотил яйца кишечной нематоды *Trichuris trichiura*. Яйца выписали из Таиланда, пациент принял сначала 500 яиц, а три месяца спустя еще 1000. *T. trichiura* повреждает слизистую оболочку кишечника и может вызвать серьезное заболевание. Однако пациенту повезло, неудобств от паразита он не ощущал, а колит практически перестал его беспокоить, и колоноскопия подтвердила, что состояние слизистой кишечника улучшилось. При этом ободочная кишка человека была густо заселена червями (рис. 1). Спустя три года их численность сократилась и колит обострился. Тогда больной принял вторую порцию яиц, на сей раз 2000. Его состояние улучшилось в течение нескольких месяцев и не требовало другого лечения.

Хотя трудно сделать выводы на основании наблюдений за одним человеком, исследователи предположили, что улучшение связано с изменением баланса интерлейкинов, синтезируемых Т-клетками слизистой оболочки кишечника. При обострении колита они выделяют цитокин воспаления ИЛ-17, а ткань, инфицированная глистами, со-



1
Чтобы вылечить язвенный колит, пациент проглотил яйца *T. trichiura*, и слизистая оболочка его кишечника кишит червями



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

держит множество Т-лимфоцитов, синтезирующих ИЛ-22, который участвует в заживлении слизистой оболочки. По мнению ученых, организм, пытаясь защититься от паразита и залечить нанесенный им урон, укрепляет стенку кишечника и ее слизистую, при этом проходят и симптомы колита. Колонизация гельминтами изменяет работу многих генов в его клетках, спектр и последствия этих изменений еще предстоит изучать.

Воспаление сопутствует многим заболеваниям, в том числе атеросклерозу, и в 2002 году специалисты Бангорского университета (Северный Уэльс) заразили мышей, склонных к развитию атеросклероза, паразитом *Schistosoma mansoni*. Шистосомы живут и размножаются в венозных сосудах, откуда их яйца проникают во многие ткани организма. Зараженным мышам давали жирную еду, провоцирующую образование атеросклеротических бляшек, но повреждения сосудов развивались у них в два раза реже, чем у контрольных животных, сидевших на той же диете, но не зараженных паразитами. Шистосомы влияют на липидный метаболизм хозяина, в том числе сокращают концентрацию холестерина в крови и противодействуют влиянию атерогенной диеты.

И еще один положительный результат, полученный на мышах. Нематода грызунов *Heligmosomoides polygyrus*, введенная мышам с аллергической астмой, ослабляет у них воспаление дыхательных путей.

Итак, гельминты влияют на работу иммунной системы и могут существенно облегчить состояние больного в случаях, когда традиционные средства не помогают. Список болезней, излечимых подобным способом, растет. Возможно, в него попадут даже такие бичи цивилизации, как ожирение и инсулиновая резистентность. Однако глистная инвазия сама по себе — источник воспаления, к тому же она порой протекает очень тяжело. И анкилостома, и *T. trichiura* патогенны для человека, так что идея использовать паразитов в лечебных целях может не найти понимания. Все-таки не для того мы боролись

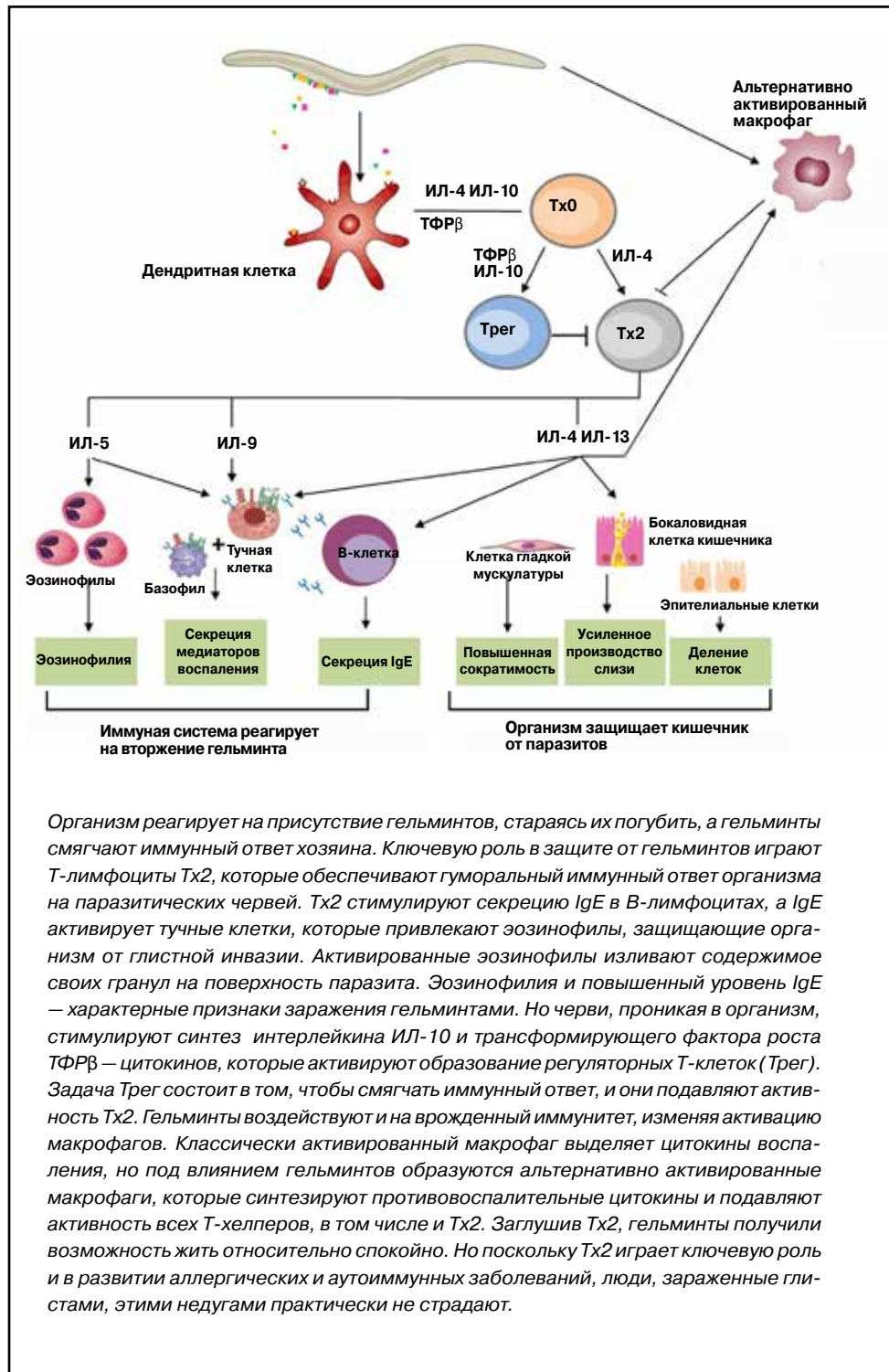
с глистами, чтобы специально ими заражаться. Неудивительно, что мысль исследователей обратилась к червям, для человека не опасным.

Специалисты Гарвардского медицинского центра и Медицинского центра Бет Исраэль Деконис заинтересовались близким родственником *T. trichiura*, свиным власоглавом *Trichuris suis* («Journal of Allergy and Clinical Immunology», 2012, 130, 3—10, doi:10.1016/j.jaci.2012.05.028). Это свиная нематода, человек не относится к числу ее естественных хозяев. Черви живут в просвете кишечника, не внедряясь в ткани, инфекция в большинстве случаев протекает бессимптомно, только у поросят иногда вызывает диарею. Было лишь одно сообщение о заражении человека власоглавом. Это произошло в 1976 году в лаборатории, где двух добровольцев попросили проглотить 1000 и 5000 яиц. Заразился и лаборант, который работал с яйцами, но у всех троих инфекция протекала бессимптомно. Сообщений о заражении фермеров нет, хотя они веками тесно контактировали со свиньями. Если кто-то из них и заразился, инфекция, по видимому, тоже была бессимптомной.

Яйцами этих червей (*Trichuris suis* ова — TSO) исследователи начали пользоваться пациентами с болезнью Крона — хроническим воспалением желудочно-кишечного тракта, которое на Западе распространено гораздо шире, чем в развивающихся странах. Пациенты принимали по 2500 яиц каждые две недели. Спустя 12 недель улучшилось состояние 47% пациентов. В группе людей, принимавших плацебо, полегало только 17%. Так что эффект от такой терапии есть, но довольно слабый.

По данным магнитно-резонансной томографии, терапия TSO помогает и больным рассеянным склерозом: количество повреждений снижается более чем в три раза, но почти восстанавливается спустя два месяца после окончания лечения.

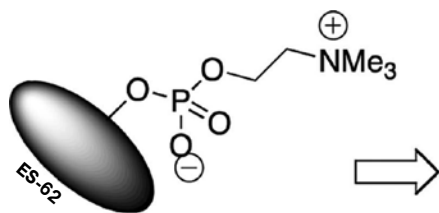
Будучи энтузиастами терапии TSO, исследователи приводят историю мальчика, тяжело больного аутизмом. В 15 лет он стал принимать TSO и вылечился, точнее, он практически здоров, когда пьет препарат. Прерывать лечение, увы, нельзя — симптомы возвращаются. К моменту написания статьи он принимал TSO уже шесть лет, из них четыре года непрерывно, причем без вреда для здоровья. Заодно пациент исцелился от аллергии на орехи пекан. Случай впечатляет, однако он единственный, так что мы никому не советуем повторять этот трюк. Тем более что другим пациентам, которых авторы статьи пытались вылечить от аллергии на арахис и



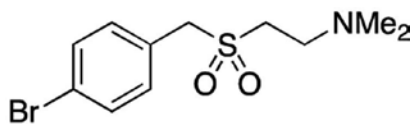
лесные орехи, препарат не помог. Так что эффективность TSO, откровенно говоря, под вопросом. Но сами исследователи упирают на безопасность лечения. Восемь приемов по 2500 яиц с трехнедельным интервалом вызывают лишь небольшую эозинофилию и мягкую реакцию желудочно-кишечного тракта. В организме человека черви не размножались, что проверено на сотнях пациентов. А на крайний случай существуют антигельминтные препараты, эффективные против *T.*

suis, которые могут принимать даже дети. В общем, безвредность лекарства — великое его достоинство.

Ученые не теряют надежды использовать TSO для терапии пищевой аллергии и воспалительных заболеваний кишечника, особенно тех, которые пока не научились лечить. Причем клинические испытания они предлагали проводить на детях, поскольку дети сильнее взрослых страдают от пищевой аллергии, и, возможно, TSO подействуют на них более эффективно.



Иммуномодуляторный белок с ФХ



Маленькая противовоспалительная молекула, прототип лекарства

2

Белок ES-62 и его аналог 11a.

Me — метильная группа ($-\text{CH}_3$)

Вместо гельминта — маленькая молекула

Но обязательно ли глотать яйца глистов или вводить под кожу их личинки? Ведь ученым известны молекулы, с помощью которых паразиты модулируют иммунный ответ хозяина, и очень соблазнительно эти молекулы выделить и использовать в терапевтических целях отдельно от гельминта. Увы, сделать этого нельзя, потому что подавляющее большинство известных регуляторов — крупные белки, которые при введении в организм млекопитающего вызывают иммунный ответ. В качестве лекарства они не годятся, и надо искать другой выход. Это почти удалось специалистам университета Глазго и Университета Стратклайд (он тоже в Глазго). («International Journal for Parasitology», 2014, 44, 669—674, doi:10.1016/j.ijpara.2014.05.001).

Объектом их исследования стала нематода *Acanthocheilonema viteae*, которая поражает грызунов и паразитирует в лимфатических сосудах и узлах, коже, подкожной клетчатке и различных полостях тела. Нематода секретирует гликопротеин ES-62, который оказывает несколько иммуномодулирующих эффектов, в том числе подавляет воспалительные и аллергические реакции и предотвращает развитие астмы у грызунов.

За развитие астмы отвечают клетки Тх2. Они активируют В-клетки, те в ответ синтезируют IgE, молекулы которого связываются с рецепторами тучных клеток FcεR, и тогда тучные клетки выделяют медиаторы воспаления. При астме количество тучных клеток в бронхах и легких возрастает, их медиаторы увеличивают проницаемость тканей и усиливают проявление клинических симптомов. Привлеченные медиаторами Тх2 и тучных клеток, в дыхательные пути проникают эозинофилы. Они выделяют белки, повреждающие эпителий дыхательных путей, в результате аллергены и воспалительные медиаторы проникают все глубже, достигают нервных окончаний и вызывают спазм бронхов.

Белок ES-62 содержит фосфорилихолиновые группы (ФХ), которые сами связываются с рецептором FcεR тучных клеток, не дают им реагировать с IgE и предотвращают таким образом выделение медиаторов воспаления. Молекулярный механизм этого процесса исследователям известен, но он довольно сложный, мы не будем его тут разбирать. Главное, что ES-62 одинаково действует на тучные клетки и грызунов, и человека. И еще: возникновение астмы зависит от соотношения разных типов Т-клеток, Тх1 и Тх2, болезнь развивается в случае преобладания Тх2. ES-62 изменяет соотношение Т-хелперов в пользу Тх1, что также смягчает течение астмы.

В общем, из ES-62 могло бы получиться превосходное лекарство, если бы не его внушительные размеры (около 240 кДа). Лекарственная молекула должна быть маленькой, и шотландские ученые синтезировали библиотеку небольших молекул, аналогичных по свойствам ES-62. Проведя предварительный скрининг *in vitro*, исследователи выбрали низкомолекулярные соединения, названные 11a и 12b (рис. 2), которые в пробирке подавляют активацию тучных клеток человека, используя те же молекулярные механизмы, что и ES-62. В экспериментах на мышах, у которых специально вызывали астму, эти соединения предотвращают воспаление дыхательных путей и проникновение эозинофилов в легкие.

Молекулы с ФХ, подобные ES-62, десятилетиями циркулируют в крови зараженных людей, не ослабляя их способность бороться с инфекцией. Они могут быть безопаснее для здоровья, чем иммунодепрессанты, в том числе глюкокортикоиды. Их малые аналоги, 11a и 12b, представляют собой, таким образом, перспективный материал для создания нового лекарства от аллергических заболеваний.

Известно много других молекул, с помощью которых гельминты регулируют деятельность иммунной системы, однако лишь для ES-62 пока удалось подобрать мелкие аналоги. Такие молекулы

легко синтезировать и модифицировать, так что у них большой потенциал. Исследования находятся на начальной стадии, однако полученные результаты внушают надежду.

Желающим прибегнуть к гельминтной терапии следует иметь в виду, что паразиты не только не лечат от всех болезней, но, напротив, некоторые притягивают. Так, гельминтные инфекции часто соседствуют с малярией, туберкулезом и СПИДом. А исследователи из университетов Пенсильвании, Парижа и Эдинбурга обнаружили, что гельминты ослабляют противовирусный иммунитет («Science», 2014, 345, 578—582, doi:10.1126/science.1256942). Ученые заразили мышей паразитом *Trichinella spiralis*, обитающим в тонком кишечнике, и мышинным норовирусом (MNV CW3), который поражает подвздошную кишку. Оказалось, что заражение гельминтами задерживает накопление Т-клеток, специфических к вирусу, и делает животных более восприимчивыми к вирусной инфекции. Более того, трихинеллы усиливают восприимчивость и к другому штамму вируса, который попал в легкие, то есть их влияние затрагивает даже отдаленные от кишечника органы. Повышение восприимчивости к вирусам вызывает не только трихинелла, но и другие гельминты, например *H. polygyrus*, еще одна мышинная кишечная нематода. Молекулярные механизмы этого эффекта исследователи выясняют.

А еще трихинеллы влияют на состав кишечной микрофлоры, в том числе увеличивают относительную численность лактобацилл и клостридий, а количество *Turicibacteraceae* сокращается.

Все эти обстоятельства существенно осложняют применение гельминтной терапии. Слишком много факторов приходится учитывать. И как бы ни хотелось нам быть ближе к природе и гельминтам, какие бы надежды мы на них ни возлагали, никаких лекарств на их основе пока не получено.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ



Овцекозы: гибриды и химеры

Время от времени в СМИ появляются сообщения о рождении гибрида овцы и козла или козы и барана. По-английски их называют «геер» — от goat (коза) и sheep (овца). Так, в августе 2014 года о рождении очередного гипа заявил один ирландский фермер. Потомство принесла овца, оплодотворенная козлом, с которым находилась в одном загоне. Фермер утверждает, что наблюдал акт спаривания; он был уверен, что ничего из этого не выйдет. Однако получился детеныш с жесткой, как у ягненка, шерстью, а ножки у него длинные, как у козленочка, и рожки тоже козы.

И все бы хорошо, но теоретически такой гибрид появиться на свет не может, потому что у родителей разное количество хромосом: у овцы 54 хромосомы, а у козы 60.

У овец и коз очень много общего. Это одни из первых одомашненных животных. О том, какие виды диких горных баранов стали предками домашней овцы *Ovis aries*, исследователи еще спорят. Скорее всего, это были азиатский и европейский муфлон *O. orientalis* и *O. musimon*. Предки домашней козы *Capra hircus* — горные козлы безоаровый *C. aegagrus*, европейский *C. prisca* и винторогий *C. falconeri*.

И козы, и овцы быстро растут, скоро созревают, детеныши сразу после рождения следуют за матерью. Оба вида живут стадами, в которых существует иерархия. Правда, у овец способность к самоорганизации ослабла, но управлять отарой легко. Благодаря подвижным губам и острым резцам овцы и козы могут добывать траву даже на бедных пастбищах, скусывая ее под самый корень. Нередко их пасут и содержат вместе. У коз и овец примерно совпадают периоды размножения, и животные разного вида регулярно проявляют повышенный интерес друг к другу, но беременности обычно заканчиваются гибелью плода. Тем не менее сообщения о спонтанном рождении межвидовых гибридов появляются регулярно, хотя подробности обычно не приводят. Специально получить такие гибриды не удалось.

Проблемой скрещивания *O. aries* и *C. hircus* занимались разные ученые, но работ на эту тему не слишком много.



Так, в конце XX века двухэтапное исследование провели канадские специалисты из Ветеринарного лечебного госпиталя в Гартли и университета Гвельфа («The Canadian Veterinary Journal», 1997; 38, 235—237). На первом этапе животных оплодотворяли искусственно, то есть вводили самкам сперму зрелых самцов, а спустя несколько дней определяли эффективность оплодотворения. В парах козел и коза, баран и овца искусственное оплодотворение, как и следовало ожидать, происходило с высокой эффективностью: 96 и 90% соответственно. Оплодотворить козу спермой барана удавалось в 72% случаев. Обратный вариант, оплодотворение овец козлиной спермой, не удался, и это удивительно. Можно было ожидать, что козлы будут оплодотворять овец с иной частотой, чем бараны коз, подобная поллярность описана для некоторых видов, но полного отсутствия фертильности ученые не ожидали. Впрочем, исследователи пробовали оплодотворить всего 14 овец. Интересно, что при осеменении в пробирке сперматозоиды козла успешно проникают в яйцеклетку овцы и образуются эмбрионы. Очевидно, какое-то препятствие возникает в овечьем организме.

Во второй части эксперимента нескольким козам тоггенбургской и ламанчской пород позволили естественным образом спариться с саффолкскими баранами. Никаких объяснений по поводу выбора пород исследователи не дали, очевидно, просто запускали в загон то, что было. Две козы оказались беременными. За развитием эмбрио-

Ирландский ягненок на руках у владельца, который считает его гибридом овцы и козла

нов наблюдали с помощью ультразвука, а когда эмбрионы погибли, их извлекли и исследовали. Плоды не имели видимых пороков развития, но плацента была меньше и иной формы, чем при нормальной беременности у коз. Известно, как себя чувствовали бы животные, если бы им пришлось избавляться от мертвого плода самостоятельно.

Впрочем, в научной литературе описан случай, когда нубийская коза, помещенная с барбадосским бараном, понесла. На восьмидесятый день беременности она потеряла плод, а на следующий день — второй. В течение недели у козы продолжались выделения, ей давали антибиотики, затем эструс возобновился, ее поместили вместе с козлом, но в этот сезон она уже не смогла забеременеть и только в следующий сезон родила нормального козленка (девочку).

Подобные эксперименты проводили и другие исследователи. Например,



Гибрид козы и барана из Ботсваны

специалисты Университета Юстуса Либиха содержали вместе барана и козу. На 12-й неделе коза потеряла плод. Ученые, исследовав кариотип и последовательности нескольких генов плода и предполагаемых родителей, пришли к выводу, что коза и баран действительно произвели на свет мертворожденный гибрид. Эти и другие наблюдения подтвердили, что бараны в естественных условиях способны оплодотворять коз, но гибридный плод нежизнеспособен. Коза его потеряет и, скорее всего, пропустит сезон размножения, а животноводы недосчитаются потомства. То же самое, но реже, может происходить с козлами и овцами. Неудачные беременности чреваты различными осложнениями, так что лучше все-таки не держать овец и коз в одном загоне.

Однако гипы все-таки существуют. Это химеры, которых создают сами исследователи, как удобный объект для изучения совместимости матери и плода, а также возможности размножения исчезающих видов. Подобные эксперименты проводили в конце XX века специалисты Калифорнийского университета («Journal of Animal Science», 1987, 65, 325—330). Они работали с эмбрионами на стадии бластоцисты. Это ранняя стадия, на которой зародыш еще не прикреплен к стенке матки. Бластоциста представляет собой полую сферу (трофобласт), в которой находится внутренняя клеточная масса. Трофобласт прикрепляется к эпителию матки, прорастает внутрь, образует ворсинки хориона, то есть непосредственно контактирует с материнским организмом. Из внутренней клеточной массы образуется тело плода, а также желточный мешок и другие внезародышевые структуры.

Исследователи извлекли из бластоцисты козы внутреннюю клеточную массу и микроманипулятором ввели в овечьи бластоцисты. Двадцать две такие бластоцисты имплантировали 12 овцам. Девять овец произвели на свет 13 детенышей: десять ягнят, одного козленка и две межвидовые химеры.

Одна химера — самка. Форма головы, размер и положение ушей, симметричные цветные пятна на морде и ногах де-

лают ее похожей на козу. Однако белки крови у нее овечьи, хромосомы лимфоцитов крови — тоже. Ее шуба состояла из лоскутков овечьей и козьей шерсти. Биопсия кожи, взятая из мест с разным шерстным покровом, показала, что под овечьей шерстью находятся фибробласты овцы (54 хромосомы), а под козьей — фибробласты козы (60 хромосом).

Второй химерный детеныш оказался самцом. Он выглядел как белый козленок и умер спустя 26 часов после рождения. Никаких пороков развития исследователи у него не обнаружили, и причину смерти определить не удалось. Ученые успели провести анализ трансферриновых белков сыворотки крови, из которого следовало, что перед ними все-таки химера.

Что касается настоящего козленка, то, по мнению исследователей, в процессе пересадки они повредили внутреннюю массу клеток овечьего бластоциста и эмбрион развивался исключительно из козьих. Из остальных химерных эмбрионов получились ягнята породы рамбулье (породы реципиентного бластоциста).

В другом подобном эксперименте те же исследователи получили 15 детенышей, из которых четверо имели гибридную внешность, у двоих химеризм определили по кариотипу и белкам сыворотки крови. Еще один отпрыск выглядел необычно, но доказательств, что это химера, не было.

Получается, что при таких манипуляциях с эмбрионами возможны варианты. Если клетки донора сохранятся, а хозяйские разрушатся, родится детеныш-донор, в данном случае козленок. Если клетки донора не перенесут пересадки, на свет появится реципиент (овца). В случае когда сохранятся оба типа клеток, получится химера: мозаики из перемешанных овечьих и козьих клеток. Видовую принадлежность каждой клетки можно идентифицировать, промежуточных вариантов среди них нет.

Позже («Biology of Reproduction», 1993, 48, 889—904) эти же исследователи получили химеры другим способом: извлекали из коз и овец эмбрионы на стадии 4—8 клеток (бластомеров), смешивали бластомеры, формируя несколько гибридных эмбрионов, и пересаживали овцам и козам. Лишь пятая часть трансплантированных эмбрионов благополучно завершила развитие. Чтобы это произошло, эмбрион должен сформировать трофобласт либо материнский (в козе — козий, в овце — овечий), либо химерный. В результате у овец родилось 17 ягнят, три козленка и шесть химер, а у коз — шесть ягнят, девять козлят и шесть химер. Химеры и детеныши другого вида появлялись на свет в том случае, когда развивалась



ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

химерная плацента. В малом химерном стаде самцов оказалось примерно вдвое больше, чем самок. У самцов явно «лоскутная» шуба, самки больше напоминают овец.

Позже исследователи показали, что у химер есть репродуктивные циклы и, если их оплодотворить бараньей спермой, рождаются ягнята. Козлам в данном случае повезло меньше, контакты с ними заканчивались потерей плода, козы эмбрионы, пересаженные химерам, также не приживались.

И тем не менее время от времени мы узнаем о гибридах. Они появляются на свет редко, еще реже их обследуют. Не исключено, что в некоторых случаях это просто ошибка владельцев: примитивные породы овец могут напоминать коз. Однако известны два бесспорных случая. В 1990 году в Новой Зеландии от естественного скрещивания козы и барана родилась самка. У нее 57 хромосом — количество, промежуточное между козьим и овечьим, это действительно гибрид, а не результат ошибочной идентификации.

В августе 1994 года в Ботсване от козы и барана, которые паслись в одном загоне, родился гибридный самец с 57 хромосомами. Такой гибрид должен быть стерил, однако либидо у него очень высокое. В десять месяцев его пришлось кастрировать, поскольку он пытался покрывать и коз, и овец без разбору, невзирая на то, есть у них течка или нет, за что и получил прозвище Насильник.

У этого животного признаки обоих видов. Он белый, наружная шерсть грубая, скорее козья, подшерсток мягкий, ноги длинные, козы, а тело тяжелое, как у овцы, хвост свисает по-овечьи. Рос гибрид быстрее, чем козлята и ягнята, и в шесть лет весил 93 кг (кастрированные козлы того же возраста — 53±13 кг). Козлобаран не болеет. Когда он умрет, его исследуют подробнее, но люди, которые с ним работают, очень привязались к этому животному и надеются, что он проживет долго.

Н.Анина



Овец и коз часто содержат в одном загоне

Эбола

Незаметно прошел печальный юбилей: годовщина эпидемии лихорадки Эбола в Африке. Началом эпидемии считается март (только в марте власти Гвинеи подтвердили, что непонятное смертельное заболевание — именно Эбола), однако теперь установлено, что первые случаи произошли в начале декабря 2013 года в южных районах Гвинеи. Эпидемии лихорадки Эбола бывали и раньше, но эта вспышка стала сильнейшей: к декабрю 2014 года было зарегистрировано более 19 тысяч случаев (на самом деле, возможно, гораздо больше), умерло более 7 тысяч человек. Серьезнее всего пострадали Гвинея, Сьерра-Леоне и Либерия, в других странах, таких, как Нигерия, Мали, Сенегал, важно было не допустить развития эпидемии (и 20 октября ВОЗ объявила, что вспышку в Нигерии можно считать прекращенной).

Почему же болезнь распространяется так быстро? Причины известны: недостаточное развитие медицины в пострадавших регионах, проблемы с гигиеной и санитарией, местные погребальные обычаи, повышающие вероятность заражения от умерших больных. Многие специалисты считают, что в цивилизованных странах у Эболы шансов нет. С другой стороны, от гражданина Либерии, прилетевшего в Техас навестить семью, заразились две медсестры, ухаживавшие за ним без необходимых средств защиты, затем одна из них улетела в Кливленд, и, когда ей поставили диагноз, пришлось искать всех пассажиров этого рейса... Если бы что-то подобное показали в кино, врачи долго возмущались бы глупостью сценаристов и объясняли бы, что профессионалы так не работают. А недооценивать вирус Эболы не стоит: возможно, он способен подолгу выживать не только в организме или биологических жидкостях, но и на сухих поверхностях («Archives of Virology», 2010, 155, 12, 2035—2039, doi: 10.1007/s00705-010-0791-0). Хотя этот результат не согласуется с другими данными о жизнеспособности таких вирусов, было бы неплохо его проверить.

Таблоиды сразу же начали писать о том, что убийственный вирус прилетел из космоса или был создан в секретной лаборатории. Конечно, это ерунда: вирус наш, земной, хорошо известный. Род эболавирусов из семейства филовиров включает пять вирусов, четыре из которых вызывают заболевания у человека. Возбудителя нынешней пандемии и называют вирусом Эбола (от реки Эбола в Конго, где он был впервые выделен, ударение на второй слог); старое название — вирус Заира. Его природный резервуар — летучие мыши; приматы и копытные могут заразиться, подбирая оброненные мышами фрукты; люди заражаются от животных и друг от друга. (Кстати, в некоторых районах Африки летучие мыши считаются деликатесом.) Вирус передается при контакте с носителем или его биологическими жидкостями (выздоровевшие еще некоторое время остаются источником инфекции даже после прекращения симптомов), через слизистую оболочку и повреждения кожных покровов. Симптомы проявляются спустя два дня — три недели: повышение температуры, головные и мышечные боли, боли в горле, потом рвота, диарея и сыпь, поражение печени и почек, иногда кровотечения. Летальный исход наступает в 25—90% случаев. Проблема с вирусом Эбола — в его изменчивости: по некоторым оценкам, его геном меняется всего в четыре раза медленнее, чем у гриппа А («Science», 2014, 345, 6202, 1369—1372, doi: 10.1126/science.1259657).



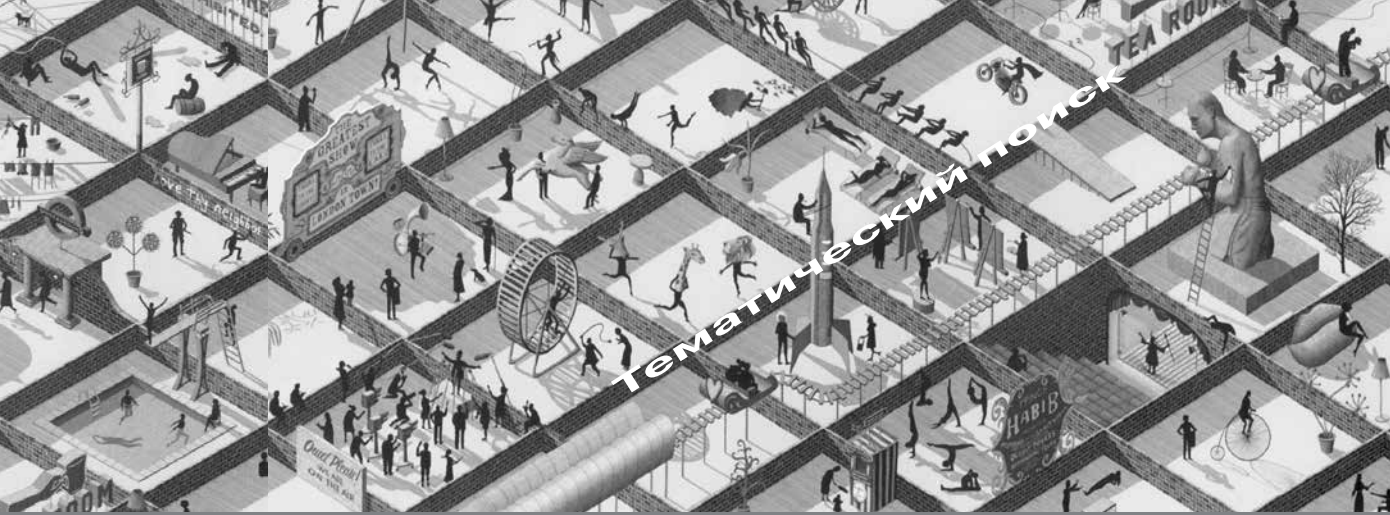
Против лихорадки Эбола пытаются применять разнообразные противовирусные препараты, такие, как ламивудин, фавипиравир (применяется также против гриппа) или бринцидофовир (широкого спектра действия). Польза от них есть, однако стопроцентной гарантии излечения пока добиться не удалось. Проходят испытания некоторые препараты, содержащие антисмысловую РНК (или антисмысловые синтетические олигомеры) к РНК-полимеразе вируса Эболы. В этой подборке мы расскажем о тех лекарствах, на которые возлагают самые большие надежды.

Перспективным себя показал препарат ZMapp, содержащий три рекомбинантных моноклональных антитела против вируса. На морских свинках испытывали различные «коктейли», которые содержали несколько мышиных антител с фрагментами белка человека. (Такие антитела создают методами генной инженерии: они не вызывают у больного иммунной реакции, в отличие от мышиных антител, дольше циркулируют в организме и в то же время обладают нужной специфичностью, «унаследованной» от антител мышей, которых иммунизировали антигенами вируса.)

Разработкой этих лекарств достаточно давно занимались в американской компании «Mapp Biopharmaceutical» (впрочем, статью о новом лекарстве опубликовала международная команда) Ученые взяли антитела, входившие в состав коктейлей, которые ранее показали хорошие результаты, и составили из них три новые комбинации, обозначив их ZMapp1, ZMapp2 и ZMapp3. Две первых оправдали ожидания: из шести морских свинок, получивших 5 г ZMapp1, выжило четыре, а ZMapp2 спас от смерти трех из шести.

Эти самые активные коктейли испытали на приматах — макаках-резусах. Животных поделили на три группы по шесть особей и с интервалом в три дня внутривенно вводили лекарство по 50 мг/кг. У контрольной третьей группы, которую лечили плацебо, проявился весь букет симптомов Эболы. Первая группа благодаря ZMapp1 отделалась легкими признаками заболевания, чуть хуже дела обстояли у второй группы, получавшей ZMapp2.

Так методом исключения осталось одно лекарство — ZMapp1, его-то и продолжили испытывать. Если начать принимать препарат не позднее пяти дней после заражения вирусом, то все животные выздоравливают! Выяснилось, что и на 12-й день лекарство помогает — вируса в крови животных обнаружили меньше, даже через два дня после окончания приема лекарства. Исследователи заметили, что на течение болезни влияет индивидуальная изменчивость: у одной обезьянки на пятый день появилась сыпь по всему телу, на седьмой еще и кровотечение из носа началось, а у другой эти симптомы начали проявляться только к седьмому дню болезни. В любом случае результаты настолько



хороши, что у некоторых комментаторов вызывают скепсис: «этого не может быть, потому что слишком уж все здорово». Полноценных испытаний на людях пока не проводили, хотя были сообщения о том, что удалось вылечить двух врачей, работавших в Либерии.

Проблема в том, что для масштабной проверки действия лекарства необходимо наработать его в достаточном количестве. Но ZMapp состоит из моноклональных антител, а это не самые доступные компоненты. Сейчас эти антитела получают из трансгенных растений табака *Nicotiana benthamiana*. Однако дозы лекарства требуются довольно высокие, а значит, чтобы всем заболевшим хватило, нужен большой запас. Поэтому биотехнологическая компания «Amgen» и фонд Билла и Мелинды Гейтс планируют запустить производство антител в клетках яичников китайского хомячка — это гораздо легче реализовать, у компании уже есть опыт работы по такой технологии.

Xiangguo Qiu et al. *Reversion of advanced Ebola virus disease in nonhuman primates with ZMapp*, «Nature», 514, 47–53, 2014, doi: 10.1038/nature13777

В сентябре ВОЗ объявила о том, что против Эболы эффективно переливание крови (или ее компонентов, например сыворотки или антител) от лиц, выздоровевших после этой болезни. Ценно, что этот метод не требует крупных денежных вложений и доступен немедленно — в роли фабрики, производящей высокоспецифичное лекарство, выступает организм человека, победившего болезнь. Но очевидны и возможные осложнения: например, удастся ли гарантировать, что кровь донора свободна от возбудителей других болезней? Тогда же были названы две наиболее многообещающие кандидатные вакцины, испытания которых ВОЗ рекомендовала начать немедленно («British Medical Journal», 2014, 349, doi: 10.1136/bmj.g5539).

Как известно, лучшие лесничие получают из бывших браконьеров. Обе вакцины были созданы на основе вирусов, в геномы которых встроили ген поверхностного гликопротеина вируса Эболы — белка, образующего его оболочку. После вакцинации в организме человека синтезируется этот белок; сам по себе он безвреден, но подготавливает иммунную систему к встрече с настоящим вирусом.

Вакцину, содержащую вектор на основе вируса везикулярного стоматита VSV (варианты названия — rVSV-ZEBOV, rVSV-ZEBOV-GP, VSV G-ZEBOV, BPSC1001), разработали в Канадской национальной лаборатории микробиологии, подразделения Агентства общественного здравоохранения Канады. Еще в 2005 году вышла статья о ее испытаниях на макаках-крабоедах *Macaca fascicularis*. Животные однократно получали инъекцию вакцины в плечо, а затем, через 28 дней, — высокую дозу вируса. Ни одна иммунизированная обезьяна не заболела, вирус не обнаружи-

вался ни в крови, ни в выделениях животных, сама вакцинация не сопровождалась никакими осложнениями, иммунный ответ был достаточно эффективным.

Вопросы тут вызывала не научная, а коммерческая составляющая. Лицензию на производство вакцины против лихорадки Эбола, основанной на этом векторе, у Агентства общественного здравоохранения приобрела в 2010 году небольшая американская фирма «NewLink Genetics» за 2,5 тысячи долларов, однако в ноябре 2014 года она перепродала ее куда более крупной компании «Merck» за 50 миллионов долларов. Многие нашли ситуацию сомнительной — за какие заслуги, собственно, получила деньги «NewLink»? — но, похоже, юридически все безупречно...

Другая кандидатная вакцина содержит вектор на основе аденовируса шимпанзе cAd3-EBO Z (cAd3-ZEBOV) — геном вируса был изменен таким образом, что он не может размножаться в организме человека. Ее создали Национальный институт аллергии и инфекционных заболеваний США и фармацевтический гигант «GlaxoSmithKline». Вирус шимпанзе выбрали потому, что аденовирус человека сам по себе может вызывать иммунную реакцию, если «дикие» аденовирусы ранее попадали в организм больного. (Для вируса везикулярного стоматита, который использовала первая команда, эта вероятность невысока, он встречается редко.) Вакцину проверяли также на макаках-крабоедах, летальную дозу вируса им вводили через 35 дней, и эта вакцина также сработала превосходно. Сейчас в Западной Африке должна начаться третья фаза клинических испытаний обеих вакцин, и есть надежда, что к середине 2015 года вакцины будут.

Существуют и другие вакцины против вируса Эбола, практически готовые к внедрению. Не повезло исследователям из Техасского университета в Остине. У них тоже была генная последовательность наружного гликопротеина вируса в аденовирусном векторе, но интересно то, что эту вакцину надо было не колоть внутримышечно, а закапывать в нос или под язык, причем в опытах на обезьянах была продемонстрирована длительная защита от вируса. Над вакциной работали в течение семи лет по гранту Национального института здравоохранения, а затем исследования пришлось прекратить из-за отсутствия финансирования. Результаты были опубликованы («Journal of Molecular Pharmacology», doi: 10.1021/mp500646d, 1 ноября 2014 года), но победить в гонке этому препарату, похоже, уже не удастся.

Steven M. Jones et al. *Live attenuated recombinant vaccine protects nonhuman primates against Ebola and Marburg viruses*. «Nature Medicine», 2005, 11 (7), 786–790, doi: 10.1038/nm1258.

Daphne A Stanley et al. *Chimpanzee adenovirus vaccine generates acute and durable protective immunity against ebolavirus challenge*. «Nature Medicine», 2014, doi: 10.1038/nm.3702.

Подготовили
Е.Клещенко, С.Фролова

Немножко умереть

Доктор
биологических наук

Е.О.Пучков,

Институт биохимии и физиологии
микроорганизмов им. Г.К.Скрябина РАН

Сова приложила ухо к груди Буратино.

— Пациент скорее мертв, чем жив, — прошептала она и отвернула голову назад на сто восемьдесят градусов.

Жаба долго мяла влажной лапой Буратино. Раздумывая, глядела выпученными глазами сразу в разные стороны. Прошлепала большим ртом:

— Пациент скорее жив, чем мертв...

Народный лекарь Богомол сухими, как травинки, руками начал дотрагиваться до Буратино.

— Одно из двух, — прошелестел он, — или пациент жив, или он умер. Если он жив — он останется жив или он не останется жив. Если он мертв — его можно оживить или нельзя оживить.

— Шшшшарлатанство, — сказала Сова, взмахнула мягкими крыльями и улетела на темный чердак.

У Жабы от злости вздулись все бородавки.

— Какакое отвратительное невежество! — квакнула она и, шлепая животом, запрыгала в сырой подвал.

Лекарь Богомол на всякий случай притворился высохшим сучком и вывалился за окошко.

А.Н.Толстой.

Золотой ключик, или Приключения Буратино

Чудо невидимого мира

В 1702 году в Лондонское Королевское общество содействия развитию знаний о природе (The Royal Society of London for the Improvement of Natural Knowledge) поступило письмо от одного из зарубежных его членов, озаглавленное «О некоторых *Animalcules* (лат. микроскопических животных. — Е.П.), найденных в осадках сточных желобов крыш домов». В нем были представлены следующие наблюдения: «Я часто доставал этих описанных мною ранее *Animalcules* из воды... чтобы посмотреть, лопнут ли они после того, как вода вокруг них испарится и они окажутся на воздухе, как мне приходилось видеть в случае других *Animalcules*. Так вот теперь я обнаружил, что, когда почти вся вода испарилась и каждое существо уже не было покрыто водой, оно не двигалось как обычно, а сжималось, принимая овальную форму, но я не мог понять, испарилась ли влага из его тельца... Чтобы полнее удовлетворить свое любопытство в этом отношении, 3 сентября, около семи часов утра, я взял немного сухого осадка, который собрал из свинцового сточного желоба и который простоял у меня в комнате почти два дня, положил его помаленьку в две стеклянные пробирки, куда потом налил охлажденной кипяченой дождевой воды... Сразу после того, как налил воду, я все это перемешал, чтобы осадок скорее смешался с водой, так как из-за волосков в нем он казался слипшимся как твердое тело; и когда он осел на дно пробирок, я исследовал его и заметил несколько этих *Animalcules*, лежащих плотно прижавшимися друг к другу. Вскоре после

этого они начали удлинять свои тельца, а через полчаса по меньшей мере сотня из них уже плавала... Эти эксперименты я повторял многократно с тем же успехом, в частности с сухим осадком, который пролежал у меня в комнате около пяти месяцев... А если эти *Animalcules* после пребывания в сухом состоянии столь длительное время способны в воде вновь расправляться и двигаться обычным образом, то можно заключить, что во многих местах, где летом вода застаивается и затем высыхает, может быть много видов *Animalcules*, которые исходно там не обитали, а были занесены туда (из других мест) на лапах и перьях водополавающих птиц» (цит. по: D. Keilin. «The Leeuwenhoek Lecture. The problem of anabiosis or latent life: history and current concept». «Proceedings of the Royal Society, Ser. B», 1959, 359, 149—191).

Так впервые было описано одно из чудес биологического мира — обратимый переход живых организмов в состояние, при котором они не проявляют признаков жизни. Автором этого открытия был голландский торговец мануфактурой и член Лондонского Королевского общества Антони ван Левенгук, а было ему тогда 70 лет. Свои наблюдения он производил с помощью миниатюрных увеличительных стекол (линз), секрет изготовления которых сохранил в тайне до конца своих дней. Линзы были встроены в специальную конструкцию, позволяющую довольно точно устанавливать объект, размещенный на игле, в фокус и добиваться более чем 200-кратного увеличения (рис. 1). Чтобы рассматривать объект, конструкцию подносили к глазам.



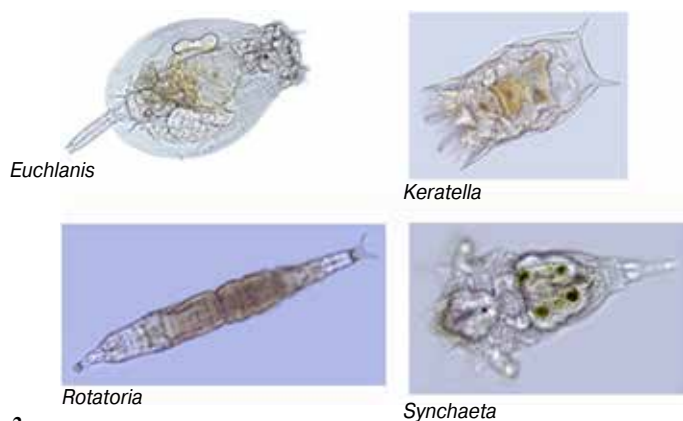
1
Микроскоп
Антони ван Левенгука

Это устройство принято называть «микроскопом Левенгука», однако, строго говоря, оно не является микроскопом в современном понимании. В настоящее время принято считать микроскопами устройства, состоящие из двух систем линз — объектива и окуляра. Интересно, что такие микроскопы разработали еще в 1595 году: Роберт Гук — в Англии и Ян Сваммердам — в Нидерландах. Впрочем, это не умаляет достоинства Левенгука как исследователя и первооткрывателя. Благодаря своему «микроскопу» и еще в большей степени пылливому стремлению к новым знаниям, он первым открыл и описал многих микроскопических существ, от бактерий до мелких беспозвоночных животных.

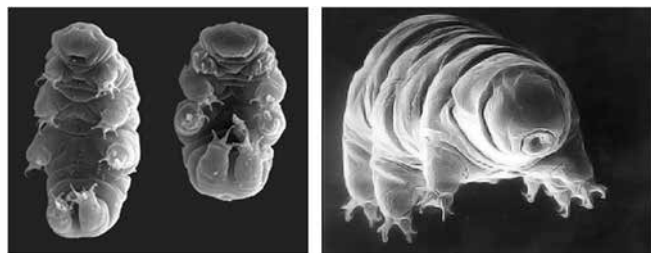
Дебри семантики

Левенгук больше не исследовал обнаруженный им феномен и не дал ему какого-либо специального названия. Не уделили достаточного внимания его открытию и современники-натуралисты, как минимум по двум причинам. Во-первых, это было единичное наблюдение с использованием оригинального приспособления, не подтвержденное ничьими независимыми наблюдениями. Во-вторых, невидимый невооруженным глазом мир микроскопических существ воспринимался в те времена вообще как другой мир, не связанный с макромиром.

Лишь полвека спустя появились первые сообщения английских натуралистов Джона Нидхема и Генри Бейкера о похожих наблюдениях. А уже в конце XVIII века итальянский священник и натуралист (тогда эти профессии у многих успешно совмещались) Ладзаро Спалланцани не только подтвердил факты, описанные Левенгуком, но и охарактеризовал тех самых *Animalcules*. Ими оказались животные, известные в настоящее время как коловратки (тип *Rotifera*, или *Rotatoria*) и тихоходки (тип *Tardigrada*) (рис. 2, 3).



2
Некоторые представители коловраток (оптическая микроскопия).
Длина тела этих животных 0,04–2,0 мм



3
Тихоходка *Hypsibius dujardini* под электронным микроскопом.
Длина ее тела 0,1–1,5 мм

Спалланцани назвал рассматриваемый феномен «воскрешением убитых животных». В 1872 году немецкий физиолог Вильям Прейер предложил более «научный» термин — анабиоз, «возвращение к жизни», от греческого ана — «вверх» и биос — «жизнь». Общим же у Спалланцани и Прейера, а также ряда других ученых было представление о том, что высушенные микроскопические животные в буквальном смысле перестают быть живыми и при насыщении их тел водой вновь оживают.

Постепенно накапливались сведения о многочисленных случаях оживления не проявляющих признаков жизни представителей разных групп организмов не только в высушенном состоянии, но также при пониженных температурах и в некоторых других условиях. Наряду с феноменологическими наблюдениями разнообразных проявлений живого мира развивались и представления о том, что его отличает от мира неживого. Сформировалось понимание, что в основе



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

жизни лежит метаболизм (обмен веществ) — совокупность биохимических реакций, организованных в пространстве и времени. При этом пространственно-временную упорядоченность метаболизма в значительной мере обеспечивает структурная организация клеток.

Наконец, в 1959 году английский энтомолог и паразитолог Дэвид Кейлин предложил характеризовать все организмы в соответствии с уровнем их метаболизма. По этому показателю он выделил три состояния: нормальный метаболизм, пониженный, или гипометаболизм, и отсутствие метаболизма — аметаболизм. Состоянию аметаболизма Кейлин присвоил специальный термин — криптобиоз, или скрытая жизнь. Он отметил, что именно его наблюдал Левенгук, а Прейер назвал анабиозом. Необходимость же в новом термине ученый объяснил тем, что, по его мнению, жизнь в этом состоянии не прекращается, а приостанавливается, делается скрытой. «В живом активном организме, — писал Кейлин, — состояние множества его компонентов — результат динамического равновесия реакций, участвующих в их постоянном разрушении и регенерации... Стабильность такого организма имеет динамическую природу. При криптобиозе организм не может поставлять энергию для сохранения своей сложной структуры, но которая тем не менее остается интактной... Стабильность такого организма имеет чисто статическую природу...»

Представления Кейлина поддержал советский биолог Александр Михайлович Голдовский, занимавшийся проблемой длительного хранения семян растений. Он также трактовал анабиоз как остановку метаболизма при сохранении жизненно важных структур, однако для обозначения состояния аметаболизма предпочел пользоваться термином Прейера «анабиоз», а состояние гипометаболизма предложил называть гипобиозом. А.М.Голдовский несколько расширил классификацию Кейлина, предложил, например, выделить искусственный, полученный в лабораторных условиях, и естественный — природный анабиоз.

В русскоязычной научной и даже художественной литературе сложилась традиция пользоваться термином «анабиоз» вслед за П.Ю.Шмидтом, Л.К.Лозиной-Лозинским, А.М.Голдовским и др. В англоязычной литературе чаще встречается термин «криптобиоз».

Немного умереть... чтобы выжить

Границу между анабиозом и гипобиозом трудно выявить экспериментально, поскольку практически невозможно «измерить» метаболизм в целом, особенно едва уловимый. В то же время, по-видимому, можно говорить об «истинном» анабиозе, когда метаболизм становится теоретически невозможным, — например, при значительной дегидратации организмов (до остаточной влажности 10% и меньше) или глубоком замораживании до температур ниже -80°C. Расчеты показали, что при содержании воды в клетках около 10% и меньше ее недостаточно даже для того, чтобы покрыть все белки хотя бы молекулярным монослоем. А при температурах ниже -80°C практически вся вода в биологических образцах гаран-



4
Селагинелла чешуелистная *Selaginella lepidophylla* «оживает» после почти полного высыхания и хранения в течение многих месяцев, если ее поместить в воду



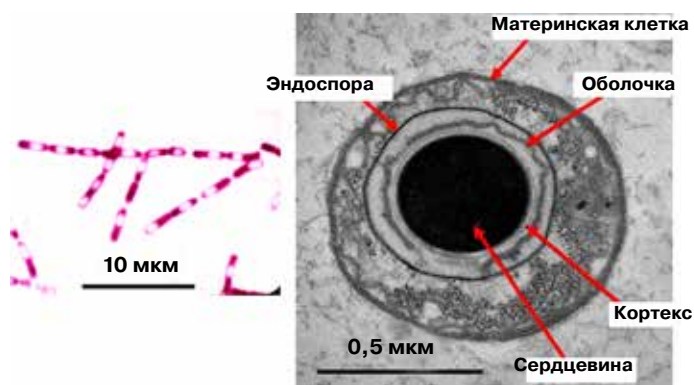
5
Жаброногий рачок *Artemia salina* и его сухие цисты, сохраняющие жизнеспособность в течение нескольких лет после высыхания до 10% остаточной влажности

тировано превращается в лед и поступательное движение молекул прекращается. Не исключено, что какие-либо химические процессы в обоих случаях все же происходят, однако метаболизм как скоординированное в пространстве и времени течение биохимических процессов прекращается. На основании этих соображений выделяют две формы анабиоза: ксероанабиоз, который в англоязычной литературе называют ангидриобиозом, и низкотемпературный, или криоанабиоз.

Со времен Левенгука описано множество организмов, которых, как писал Спалланцани, «природа одарила привилегией наслаждаться истинным воскрешением после смерти». Многие организмы в природных условиях погружаются в так называемый вынужденный ксероанабиоз. «Привилегию» переживать дегидратацию имеют многие, если не все виды микроорганизмов, низшие растения (мхи, лишайники) и вегетативные формы некоторых высших растений, таких, например, как рамонда сербская *Ramonda serbica* и селагинелла чешуелистная *Selaginella lepidophylla* (рис. 4). Среди животных это, помимо коловраток и тихоходок, микроскопические представители круглых червей (*Nematoda*), личинки комаров-звонцов *Polypedium vanderplanki*, цисты ракообразных *Artemia salina* (рис. 5).

Другой тип ксероанабиоза, «онтогенетический», предопределен характером развития организма, который направлен на подготовку к выживанию в неблагоприятных условиях. Всем известные примеры из мира растений — семена и пыльца. У некоторых видов микроорганизмов (бактерий и микроскопических грибов) эволюционно закреплена способность переходить в состояние споры. На рис. 6 показаны бактериальные эндоспоры, то есть споры, образующиеся внутри клеток. Переход этот, сложный и многостадийный, происходит, когда в среде снижается концентрация некоторых компонентов питания. Для спор по сравнению с вегетативными клетками характерно более низкое содержание воды (30—50% против 75—80%). Метаболическая активность в них практически отсутствует, и на этом основании их также можно считать анабиотическим состоянием бактерий.

Низкотемпературный анабиоз, или криоанабиоз, известен благодаря лабораторным исследованиям, поскольку в при-



6
Эндоспоры сенной палочки *Bacillus subtilis* в световом микроскопе (слева) видны как бесцветные включения, невосприимчивые к красителю. При электронной микроскопии (справа) выявляется структура споры с многослойной оболочкой и электронно-плотной сердцевинной

родных условиях сверхнизкие температуры (ниже -80°C) не встречаются. Так, установлено, что практически все виды микроорганизмов могут переживать замораживание вплоть до температуры кипения жидкого азота (при нормальном атмосферном давлении это -196°C).

В анабиозе организмы могут находиться подолгу: коловратки и тихоходки — до 120 лет, семена лотоса — 1500 лет, семена финиковой пальмы — около 2000 лет. Недавно группа российских ученых из Пущинского научного центра РАН под руководством Д.А. Гиличинского сообщила об успешном проращивании смолёвки узколистной *Silene stenophylla* из плацентарной ткани плодов этого цветкового растения, которые пролежали в вечной мерзлоте при температурах около -7°C примерно 30 тысяч лет. Факт экстраординарный, поскольку при этих температурах могут не наступить ни полное замораживание растительных тканей, ни криоанабиоз. Любопытно, что хранившиеся там же семена растения оказались нежизнеспособны. Результаты этой работы были представлены в журнале «Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2012, 109, 10, 4008—4013, doi: 10.1073/pnas.1118386109.

А вот, пожалуй, самые удивительные случаи. В 1995 году «Science» опубликовал статью микробиологов из Калифорнийского политехнического университета («Science», 1995, 268, 5213, 1060—1064, doi: 10.1126/science.7538699) об оживлении спор бактерий *Bacillus sphaericus* из кишечника пчелы, мумифицированной в янтаре 25—40 миллионов лет назад! Однако в 2000 году сотрудники Уэстчестерского университета в Пенсильвании («Nature», 2000, 407, 6806, 897—900, doi: 10.1038/35038060) побили этот рекорд, описав оживление спор неизвестной бациллы, пролежавшей в кристалле соли около 200 миллионов лет. Справедливости ради следует отметить, что скептически настроенная часть научного сообщества, несмотря на всю тщательность, с какой были описаны исследования, не верит в оживление микроорганизмов после столь длительного пребывания в метаболически неактивном состоянии. Основной аргумент скептиков — теоретический: из-за фоновой радиации в ДНК спор за столь длительное время должны были накопиться несовместимые с жизнью повреждения, которые в отсутствие метаболизма не могли быть отремонтированы.

Переход в анабиоз позволяет повысить устойчивость организмов к неблагоприятным воздействиям. Первым обнаружил это все тот же Спалланцани, любопытству которого, похоже, не было предела. В отличие от своих предшественников он не удовлетворился лишь наблюдением за оживлением высохших микроскопических животных, а исследовал влияние на них различных температур, разреженной атмосферы, электричества и некоторых химических веществ. Он установил, что высохшие коловратки сохраняли



7

Лесная лягушка *Rana sylvatica* — чемпион мира по гиобиозу в замороженном состоянии (слева — в обычном состоянии, справа — твердая как кусок льда)

жизнеспособность при температурах до 73°C, тогда как в активном состоянии погибали уже при 45°C. К настоящему времени на многочисленных объектах показано, что в анабиозе существенно возрастает устойчивость к повышенной температуре, химическим агентам, ионизирующей и ультрафиолетовой радиации. И здесь также есть свои чемпионы. На первое место можно поставить эндоспоры бактерий: они не только существенно превосходят родительские вегетативные клетки по устойчивости к отдельным вредоносным факторам, но оставляют далеко позади практически все живые формы, в том числе находящиеся в состоянии анабиоза, по совокупности экстремальных факторов, которые могут перенести. Впечатляющую устойчивость к экстремальным воздействиям проявляют в состоянии ксероанабиоза тихоходки — значительно более сложные организмы, чем бактерии. В состоянии ксероанабиоза они сохраняют жизнеспособность после прогрева при 100°C, облучения ионизирующим излучением в дозах в 1000 раз больше летальных для человека и даже выдерживают кратковременное пребывание в открытом космосе.

В природе встречается большое разнообразие проявлений гиобиоза. В большинстве случаев гиобиоз — это ответ организма на похолодание до температур, существенно ниже оптимальных для жизнедеятельности. Такая реакция известна у некоторых теплокровных животных как спячка (гибернация), у насекомых (диапауза), земноводных, рептилий. К гиобиозу можно отнести осенне-зимний покой растений или их частей — корней, клубней.

Многие холоднокровные организмы могут пережить в состоянии гиобиоза даже температуры замерзания воды. Обычно это удается видам, которые сами могут оставаться не замороженными. Но есть уникальное исключение — лесная лягушка *Rana sylvatica*. Зимой 35—45% воды в ее теле превращается в лед, тело животного становится твердым как кусок льда (рис. 7). Секрет лягушки в том, что замерзает только вода, находящаяся у нее под кожей и между клетками мышц. В основных органах и тканях лед не образуется, иначе животное погибло бы. А так с приходом весны лесные лягушки благополучно «оттаивают» и приступают к брачным церемониям.

Конечно, не только животным и растениям, но и микроорганизмам приходится зимовать в низкотемпературном гиобиозе. Однако у них еще есть особые состояния, не связанные с низкими температурами, которые также можно отнести к гиобиотическим. Некоторые бактерии (например, *Azotobacter vinelandii*) и простейшие (*Entamoeba histolytica*) трансформируются в так называемые цисты при недостатке в среде питательных веществ или в присутствии агрессивных химических соединений. Цисты — это уменьшенные в размерах клетки с утолщенной клеточной стенкой и замедленным метаболизмом.

Еще одна разновидность гиобиоза в мире микробов была выявлена сравнительно недавно, благодаря более тщательному изучению одного хорошо известного феномена. При культивировании на плотной питательной среде каждая жизнеспособная клетка должна размножиться и дать видимую



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

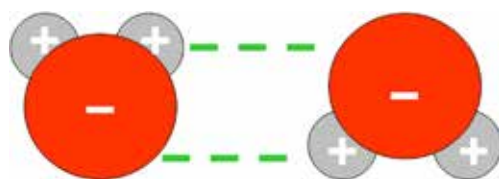
невооруженным глазом колонию. Если сопоставить число колоний с числом клеток, подсчитанных под микроскопом, то окажется, что не все клетки способны размножиться. Долгое время считалось, что клетки, не давшие колоний, попросту нежизнеспособны. Но оказалось, что они вполне живые, только впали в некое состояние, при котором отказываются делиться на среде, пригодной для обычных клеток. У них снижена метаболическая активность, изменена морфология, и для начала деления им необходимы другие условия, которые не всегда известны. Эти клетки, состояние которых также можно характеризовать как гиобиотическое, в специальной литературе называют «покоящимися» (англ. dormant или quiescent). Следует особенно отметить, что микроорганизмы в гиобиотическом состоянии обладают повышенной устойчивостью к химическим агентам, в том числе к антибиотикам.

Жизнь — это «одушевленная» вода

Во всех известных случаях переход в анабиоз так или иначе связан с водой: при ксероанабиозе в живых организмах снижается ее общее содержание, а при криоанабиозе у воды меняется агрегатное состояние, из жидкой она становится твердой. Чтобы понять, как это сказывается на структурно-функциональном состоянии клеток и их компонентов, остановимся вкратце на той роли, которую вода играет в существовании живой материи.

Из всех веществ, существующих в условиях земной атмосферы в виде жидкостей, только в воде биологические молекулы могут собраться вместе и превратиться в то, что мы называем жизнью. Эту уникальную роль вода исполняет в значительной мере благодаря водородным связям между атомами водорода и кислорода соседних молекул (рис. 8).

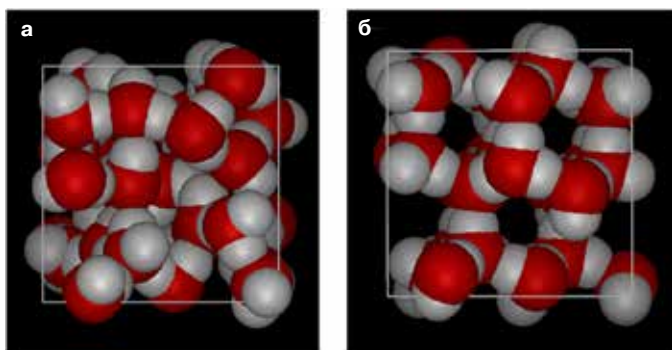
Молекула H_2O способна образовывать водородные связи с



8

Водородная связь образуется между частично электроположительными атомами водорода и электроотрицательными атомами кислорода молекул воды

четырьмя соседними: по одной — каждый протон и две — кислород. Однако при положительных температурах из-за теплового движения в каждый момент времени одна молекула участвует в образовании примерно трех связей (формальный статистический анализ дает значение 3,4). Тем не менее этого достаточно, чтобы молекулы воды компактно упорядочились в кластеры, между которыми встраивается некоторая часть «неспокойных» подвижных молекул. При пониженных температурах движение молекул замедляется, и каждая образует все четыре водородные связи. Так формируются кристаллы льда с меньшей плотностью упаковки молекул, чем в жидкой



9

Сферические модели жидкого (а) и кристаллического (б) состояния молекул воды

Таблица 1

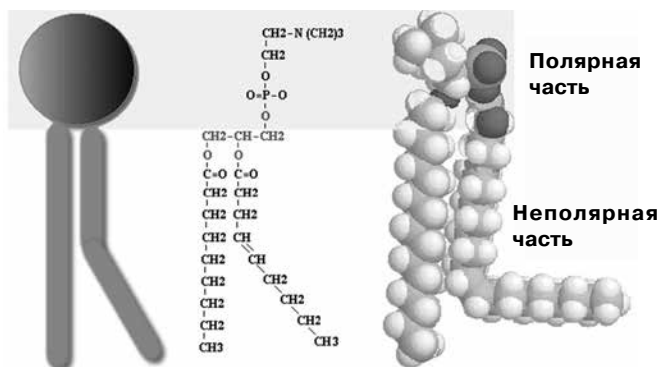
Энергия химических связей

Типы связи	Энергия (ккал/моль)
Ковалентные (C-C, O=C=O, N N)	40—230
Ионные в кристаллах (Na ⁺ --- Cl ⁻)	50—100
Ионные в растворах	5—10
Водородные (H-O-H---O-H-O-; -N-H---O=C-; -O-H---O=C-)	3—5
Связи Ван-дер-Ваальса	1—2
Гидрофобные связи	1—5

фазе: именно это делает лед легче воды (рис. 9).

Энергия водородной связи сравнительно невелика (таблица 1) и примерно в пять раз превышает энергию теплового движения молекул при температуре 25°C. Тем не менее этого достаточно, чтобы молекулы воды позволяли одному типу молекул растворяться в себе, а другому — нет. Все дело в том, что растворение — это встраивание чужих молекул между своими. Молекулам воды и самим тесно, ведь водородные связи их сближают, поэтому для растворения эти связи необходимо разрывать. Но этого недостаточно. Для обеспечения термодинамической устойчивости молекулам воды необходимо образовать с «чужаками» новые связи не слабее водородных, например ионные. В противном случае «чужаков» придется вытолкнуть и вновь сомкнуть ряды, восстановив разрушенные связи.

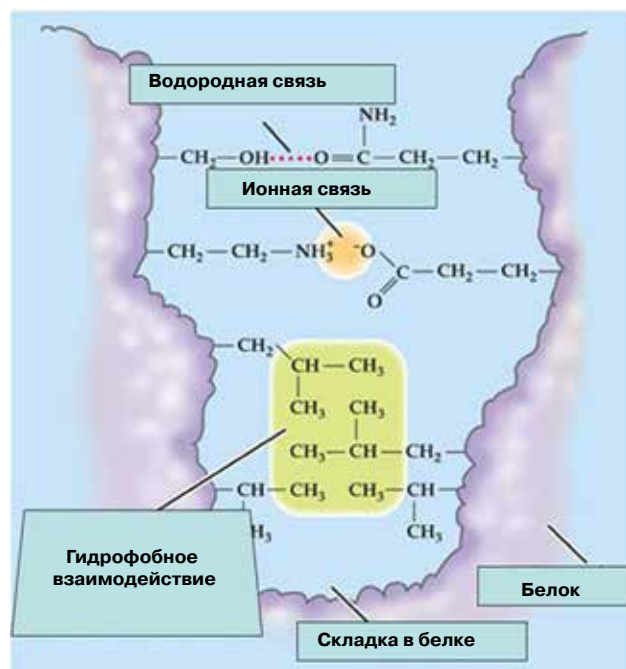
Растворимые в воде (гидрофильные) вещества — это ионы



10

Амфифильная молекула фосфатидилхолина — одного из фосфолипидов биологических мембран

и дипольные молекулы, а нерастворимые (гидрофобные) — молекулы, не несущие зарядов, например углеводороды. Но есть и еще одна категория веществ — амфифильные, одна часть молекулы которых гидрофильна, а другая гидрофобна (рис. 10). Амфифильные молекулы замечательны своей способностью к самоорганизации в водной среде в надмолекулярные структуры. Эти структуры стабилизированы ионными связями молекул воды с гидрофильными частями, гидрофобным взаимодействием неполярных частей, в которых при сближении происходит взаимоиндукция зарядов

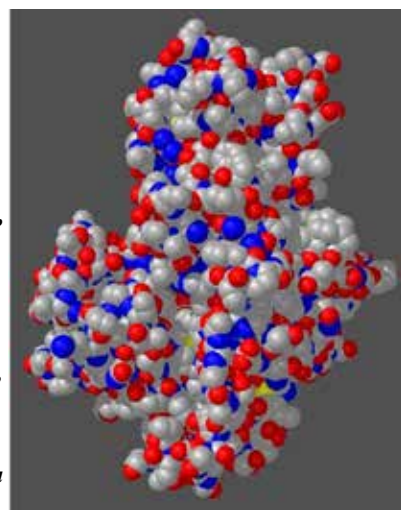


11

Формирование третичной структуры белков.

Вверху — основные типы связей, способствующих сворачиванию полипептидной цепи в глобулу.

Справа — сферическая модель третичной структуры фермента гексокиназы. Если бы этот белок, состоящий из двух полипептидных цепей по 920 аминокислот в каждой, не укладывался в глобулу, его длина составила бы около 0,6 мкм, что сопоставимо с диаметром бактерий *Escherichia coli*



и образуются связи Ван-дер-Ваальса. Так формируется фосфолипидный каркас клеточных мембран, в который встроены белковые молекулы. Те же принципы лежат в основе организации третичной структуры белков (рис. 11) и нуклеиновых кислот.

Следует подчеркнуть два обстоятельства. Во-первых, свои функции в клетках могут выполнять только правильно структурированные макромолекулы и биомембраны. Во-вторых, структура их поддерживается сравнительно слабыми физическими связями, которые полностью зависят от наличия воды.

Однако вода не только придает структуру макромолекулам и биомембранам; вода — это еще и специфическая среда, в которой протекают биохимические реакции. Особенно важны здесь такие ее свойства, как способность к диссоциации на протон и гидроксил, диффузионные характеристики, формирование гидратных оболочек при взаимодействии с растворенными веществами и надмолекулярными комплексами и многие другие. Снижение содержания воды внутри и снаружи клеток существенно нарушает функционирование биосистемы, становится стрессом для нее. Почему же клетки одних организмов сохраняют жизнеспособность после высушивания или замораживания, а другие погибают?

Таблица 2

Основные совместимые вещества и микроорганизмы, в которых они обнаружены.

Микроорганизмы	Совместимые вещества
Микроводоросли	Сахароза, глицерин, маннитол, пролин, глицинбетаин, диметилсульфониопропионат
Дрожжи	Глицерин, арабиол, сорбитол, трегалоза
Цианобактерии	Сахароза, трегалоза, глюкозилглицерин, глицинбетаин
Фототрофные бактерии	Сахароза, трегалоза, глицинбетаин, эктоин, гидроксиэктоин, N-ацетил-глутаминилглутаминамид
Сульфатредуцирующие бактерии	Трегалоза, глицинбетаин
Гетеротрофные бактерии	Пролин, глутамат, N-ацетилглутаминилглутаминамид, глицинбетаин, эктоин, гидроксиэктоин, трегалоза
Актиномицеты	Эктоин, гидроксиэктоин, трегалоза, пролин, глутамат, аланин
Археи	Глицинбетаин, β-глутамат

Стратегии приспособления к водному стрессу

Реакции клеток на водные стрессы при положительных и отрицательных температурах различаются, но в основе некоторых из них лежат общие принципы. Так, на первых этапах высушивания при положительной температуре или при образовании льда снаружи клеток происходит концентрирование веществ в окружающей среде. Это приводит к так называемому осмотическому стрессу (точнее, гиперосмотическому, ведь бывает еще и гипоосмотический, при котором концентрация растворенных веществ вне клетки опускается ниже оптимума). В норме концентрация веществ в клетках больше, чем снаружи, а активность воды соответственно меньше. (Напомним, что активность воды в данном контексте — это ее эффективная молярная доля в образце.) Цитоплазматическая мембрана сравнительно хорошо проницаема для воды и непроницаема для большинства внутри- и внеклеточных веществ. Молекулы воды согласно законам диффузии всегда перемещаются в ту часть пространства, где их активность меньше, поэтому они стремятся в клетки. В результате создается избыточное давление на цитоплазматическую мембрану изнутри, которое называется осмотическим давлением, или тургором. Благодаря тургору мембрана расправлена, как оболочка надутого воздушного шарика, и такое состояние необходимо для ее функционирования. Дело в том, что цитоплазматическая мембрана — это не просто полупроницаемая пленка, а сложный ансамбль молекулярных структур, обеспечивающих избирательный транспорт веществ, восприятие и передачу внешних сигналов, координированный рост и деление клеток. У многих одноклеточных она также служит для обеспечения движения, а у бактерий участвует в трансформации энергии. Если активность воды снаружи клеток станет меньше, чем внутри, то внутриклеточная вода будет выходить наружу, тургор понизится, мембрана сморщится. Кроме того, в цитоплазме вырастут концентрации всех растворенных веществ, включая ионы K^+ и Na^+ , которые в высоких концентрациях токсичны, так как разрушают внутри- и межмолекулярные ионные связи в белках и надмолекулярных комплексах (биомембранах, рибосомах и т. п.).

Итак, для клеток обезвоживание — стресс. Как ему можно противостоять?

Внутриклеточные механизмы приспособления к осмотическому стрессу наиболее подробно изучены у микроорганизмов. Будучи одноклеточными, они напрямую контактируют со средой, подчас неблагоприятной, и каждой клетке приходится надеяться только на себя. Многоклеточные организмы используют стратегию «коллективной безопасности»: большая

**ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ**

часть их клеток изолирована от прямого контакта с внешней средой. Кроме того, микроорганизмы — удобный объект для исследований.

Чтобы заставить воду вернуться в клетки после осмотического стресса, необходимо уменьшить ее активность внутри клеток, например накапливая в них водорастворимые (осмотически активные) вещества — осмолиты. У микроорганизмов в ходе эволюции выработались две стратегии, направленные на решение этой проблемы. Первая основана на накоплении в клетках ионов K^+ , вторая — органических осмолитов.

Как уже отмечалось, для «обычных» клеток высокие внутриклеточные концентрации K^+ токсичны. Поэтому первую стратегию используют лишь некоторые бактерии, и только для кратковременной компенсации резкого снижения тургора. Исключение составляет сравнительно небольшая группа — галофильные («любящие соль») археи и бактерии, обитающие в водоемах и почвах с высокой концентрацией солей (до 30% NaCl). У этих микроорганизмов особые белки и мембраны, которым для обеспечения правильных структур и функций даже необходимы сравнительно высокие внутриклеточные концентрации ионов K^+ и Na^+ . Поэтому в условиях осмотического стресса они могут использовать накопление K^+ в качестве компенсаторного механизма.

Большая часть микробного мира — бактерии, дрожжи и водоросли — в ответ на осмотический стресс накапливают из среды или синтезируют так называемые совместимые вещества (*англ.* compatible solutes), то есть вещества, накопление которых в клетках совместимо с сохранением биологических функций (таблица 2). Это пестрая в химическом отношении группа веществ, в нее входят аминокислоты, гликозиды, сахара, полиолы, фосфодиэфирные соединения. Некоторые из них выступают в качестве протекторов и при других видах стрессов, в частности при низкотемпературном замораживании и высушивании. Иными словами, именно они могут способствовать переходу клеток в крио- и ксероанабиоз.

Молекулы анабиоза

Низкотемпературное замораживание — в любом случае суровое испытание, но протекать он может по-разному. При небольших скоростях охлаждения лед прежде всего образуется во внеклеточной среде, активность воды там уменьшается, и вода успевает выйти из клеток, что приводит к их дегидратации. Повреждению мембран при этом способствует и повышение концентрации неорганических солей во внеклеточной среде. При быстром охлаждении внутриклеточная активность воды тоже снижается, но уже вследствие льдообразования внутри клеток. Добавим, что низкие температуры сами по себе отрицательно влияют на структуру и функции макромолекулярных и надмолекулярных компонентов клеток.

Самым благоприятным для живых организмов мог бы быть такой режим охлаждения, при котором вода переходит не в кристаллический лед, а в стекловидное состояние, и все молекулы «мгновенно» застывают. С чистой водой это произойдет при скоростях отвода тепла более 10^7 °C/сек, в присутствии некоторых криопротекторов скорости могут быть меньше. Для

большинства биообъектов это условие не удастся выполнить из-за физических ограничений по теплопередаче, но для одноклеточных его можно реализовать, например, распыляя образец на металлические поверхности с температурой -196°C (экспериментально доступная температура кипения жидкого азота при нормальном атмосферном давлении).

Важна и скорость отогрева: в общем случае чем она выше, тем лучше. При медленном поступлении тепла возможна рекристаллизация — превращение мелких кристаллов льда в более крупные, что, как оказалось, усугубляет повреждения.

Таким образом, чтобы перейти в криоанабиоз, клеткам необходимы средства защиты — криопротекторы. У многих, если не у всех микроорганизмов в роли криопротекторов могут выступать совместимые вещества, в первую очередь сахара и полиолы. Не раз была продемонстрирована корреляция между внутриклеточным содержанием того или иного совместимого вещества и жизнеспособностью микробных клеток, подвергавшихся замораживанию — оттаиванию в разных режимах. Более того, глицерин, сахароза и сравнительно высокие концентрации (0,3 М) трегалозы способны защищать микробные клетки от низкотемпературных повреждений, даже когда их просто добавляют во внешнюю среду.

Попутно заметим, что глицерин в сравнительно высоких концентрациях встречается в крови полярных рыб: вместе с некоторыми белками он выступает в роли антифриза, снижающего температуру замерзания крови. Ту же роль играют глицерин и трегалоза в гемолимфе некоторых морозостойких насекомых.

Механизм защитного действия криопротекторов, многие детали которого еще предстоит выяснить, скорее всего, складывается из двух компонентов. Первый связан с их способностью смягчать осмотический стресс за счет стабилизации тургора. Представление о втором компоненте защиты было сформировано в исследованиях на изолированных белках и получило название «гипотезы вытеснения». Предполагается, что криопротекторы в высоких концентрациях по мере обезвоживания клетки вытесняют из водного окружения белков все растворенные вещества, в первую очередь неорганические ионы. Так удастся сохранить гидратную оболочку молекул, образованную оставшимися молекулами воды, что и способствует поддержанию третичной структуры.

Переход в ксероанабиоз также сопряжен с водным стрессом, который на первых этапах обезвоживания представлен стрессом осмотическим. Поэтому неудивительно, что у организмов, способных к переходу в ксероанабиоз, было обнаружено повышенное содержание совместимых веществ. Удивительно другое — явное «превосходство» трегалозы в качестве ксеропротектора. Во-первых, во всех организмах, способных к ксероанабиозу, выявлено очень высокое содержание этого дисахарида (до 20% сухого веса). Во-вторых, прослежена корреляция между устойчивостью клеток, в частности микроорганизмов, к высушиванию при положительных температурах и содержанием в них трегалозы. В-третьих, установлено, что при высушивании трегалоза значительно лучше других осмолитов предохраняет от разрушения белки, а также изолированные биомембраны и искусственные фосфолипидные мембраны.

Напомним, что при ксероанабиозе активность воды в клетках снижается значительно больше, чем при криоанабиозе, — ее не хватит даже на то, чтобы покрыть все молекулы. Поэтому гипотеза вытеснения в данном случае неприменима. Известно, что трегалоза образует водородные связи с фосфатными остатками фосфолипидов биологических и искусственных мембран, а также с белками, и эти связи сохраняются после высушивания. Отсюда возникла «гипотеза замещения», согласно которой ксеропротекторы обеспечивают целостность биомембран и белков в высушенном состоянии за счет замещения воды. Однако эта гипотеза не объясняет, почему трегалоза

эффективнее других сахаров, которые также способны образовывать водородные связи с белками и мембранами.

Вторая гипотеза получила название «гипотезы стекловидного состояния». Растворы сахаров при высушивании могут превращаться в аморфное стекло. Возможно, движения биомолекул, в первую очередь белков, заключенных в такую стеклянную оболочку, будут ограничены, что приведет к замедлению или прекращению реакций их деградации. Тогда преимущество трегалозы перед другими сахарами объясняется ее относительно высокой температурой стеклования и химической инертностью. Последнее обстоятельство может быть критическим, поскольку другие сахара способны вступать с белками в химическую реакцию Майяра (ту самую, которая протекает при термообработке продуктов; см. «Химию и жизнь», 2012, № 2), что приводит к деградации белка.

В итоге

В мире живого известно много видов адаптационных реакций, но, наделяя некоторые организмы способностью переходить в состояние анабиоза, природа, кажется, перешагнула пределы своих возможностей. Живое существо временно становится неживым; жизнь обратимо прекращается на молекулярном уровне. Впору вновь вернуться к мировоззренческому вопросу «что такое жизнь?», если граница между живым и неживым так неопределенна. Явление анабиоза представляет особый интерес для сторонников гипотезы панспермии. В качестве одного из аргументов они используют данные о радиационной устойчивости бактериальных спор, ведь в открытом космосе высок уровень губительной для всего живого ионизирующей радиации.

Анабиоз и гипобиоз представляют интерес и с практической точки зрения. Устойчивость к противомикробным агентам спор таких опасных болезнетворных микроорганизмов, как клостридии ботулизма *Clostridium botulinum* и бациллы сибирской язвы *Bacillus anthracis*, — серьезная проблема для медиков. Другая, уже упоминавшаяся проблема — покоящиеся (гипобиотические) состояния патогенных микроорганизмов, «невидимые» для лабораторных тестов, основанных на регистрации размножения клеток.

Фантасты любят отправлять своих героев в длительные космические одиссеи в состоянии анабиоза (хотя, судя по описаниям, имеют в виду низкотемпературный гипобиоз). Однако и на Земле есть много важных задач, для решения которых требуется перевод живых организмов в анабиоз. До людей очередь пока не дошла, но длительное хранение некоторых биологических материалов в крио- и ксероанабиозе — уже реальность. В коллекциях культур хранятся жизнеспособные микроорганизмы разных таксономических групп, клеточные линии животных и растений. В криобанках — семена растений, сперматозоиды, яйцеклетки, эмбрионы и стволовые клетки. Все эти биообъекты замораживают в определенных режимах с использованием криопротекторных сред. Клетки бактерий, дрожжей, споры некоторых мицелиальных грибов можно законсервировать в состоянии ксероанабиоза с помощью технологии высушивания из замороженного состояния (лиофилизации). С другими клетками такое пока не удается. Единственное исключение — тромбоциты, которые после лиофилизации сохраняют способность активироваться и участвовать в свертывании крови.

На этом завершается наш рассказ об анабиозе и гипобиозе, но не заканчиваются исследования этих удивительных явлений. Более глубокое понимание их сущности, очевидно, позволит создавать и другие полезные технологии, в том числе такие, которые сейчас представляются невозможными. А может быть, и внесет новый вклад в философию биологии, в очередной раз дополнив определение жизни.





Фото: Сергей Рыжов / Фотобанк Лорри



НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

Вороны разрушают чужие помолвки

В удивительном уме врановых никто не сомневается. Эти «приматы в мире птиц» порой решают задачи, которые вызывают затруднения даже у людей, а кроме того, демонстрируют сложные социальные отношения. Группа воронов (около 300 особей) в австрийских Альпах открыла для себя, что зоопарк неподалеку от деревни Грюнау в Альмтале — удобный источник еды. Вороны стали бродить круглый год вокруг животных в неволе и воровать корм. Ученые, цепляя на лапы птицам цветные повязки, годами собирают данные об их социальном поведении. Сегодня нейробиолог из Венского университета Йорг Массен и его соавторы («Current Biology», 2014, 24, 22, 2733—2736, doi: 10.1016/j.cub.2014.09.073) задались вопросом, могут ли доминирующие птицы вредить тем, кто занимает более низкое положение в группе.

У воронов есть социальная лестница: на ее верху находятся пары со стабильными семейными связями; ниже — пары, у которых пока нет территории для размножения. Еще ниже стоят пары с несложившимися отношениями, они называются «нежестко связанными», или парами «со свободными отношениями». Одинокие вороны находятся в самом основании лестницы. За шесть месяцев исследователи изучили такую

популяцию воронов. Они наблюдали формирующих отношения птиц: тесно прижавшись друг к другу, касаясь клювами, вороны чистили друг другу перья, при этом играли и забавлялись.

Исследователи заметили интересное явление: 106 начинающих романов из 564-х — то есть 18,8%! — были прерваны другими воронами, которые назойливо атаковали одну из птиц в паре, агрессивно или просто бестактно «плюхались» между флиртующими. «Мы были удивлены, так как не понимали, для чего они это делают», — говорит Массен. Другими словами, почему этих «третьих лишних» воронов так заботит то, что делают другие, ради чего они рискуют собственной безопасностью? Чтобы раскрыть эту тайну, ученые выяснили, какой социальный статус имеют птицы из разрушенных пар и птицы, разрушающие пары.

Они обнаружили, что особи со свободными отношениями — это вороны, которым трудно построить отношения с партнерами, именно их начинающиеся связи были многократно прерваны. А птицы, встречающиеся между ними, принадлежали к парам с прочными связями, то есть были доминирующими.

Массен считает, что это стратегия сильных воронов, позволяющая им удержаться на верху социальной лестницы. Они предотвращают образова-

ние новых пар, снижая таким образом конкуренцию. Благодаря этому они могут владеть большей территорией, их детям достанется больше еды. Одинокие птицы, очевидно, не стоят их внимания, а пары с крепкими связями им не по силам. Но в том случае, когда сильные вороны выбирают в качестве мишени еще только формирующиеся пары, они разрушают их весьма успешно. Исследователи пока не до конца понимают, насколько доминирующим воронам выгодны эти интриги. Массен отмечает, что в настоящее время они собирают данные, чтобы определить, насколько достоверна информация о том, что такая стратегия поведения предотвращает появление новых пар у субдоминантов.

Недавно было показано, что вороны способны запоминать социальные связи в течение многих лет и даже отслеживать, как эти связи меняются. Они пересматривают свое социальное положение и положение сородичей, не только вступая во взаимодействия с другими особями, но и просто наблюдая за ними. Этот факт и, возможно, то, что высокоранговые вороны, подобно обезьянам, имеют склонность к постоянному поддержанию своего ранга, может объяснять их поведение. Впрочем, стоит задаться и еще одним вопросом: а не будущие ли теща или свекровь разрушают помолвку? Задирам, похоже, такое поведение просто нравится. А для ворон из «нижней касты» возможна и польза, если они найдут партнера, с которым, несмотря на все помехи, сумеют сохранить отношения.

И. Саенко



Молодежь, брак, семья

Л.Хатуль

Немного истории

«Демографическая нагрузка» — это отношение количества нетрудоспособных (дети, пожилые, инвалиды) к трудоспособным. России начала века повезло не только с нефтью (о чем знают все), но и с этой нагрузкой — она самая низкая за всю историю страны! Однако лафа продлится недолго: в трудоспособный возраст входят малочисленные поколения 90-х. Доля нетрудоспособных к 2030 году возрастет с 40 до

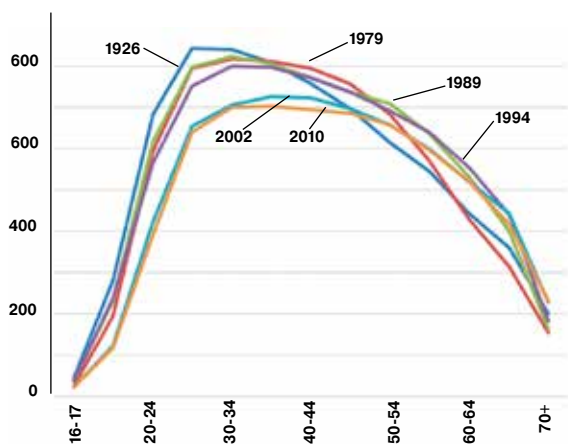
По материалам публикации **С.В.Захарова** и **Е.С.Митрофановой** «Российская молодежь в брачно-семейном интерьере» («Демоскоп», 2014, № 619—620, <http://demoscope.ru/weekly/2014/0619/tema01.php>). Там же — обширный список исследований и источников данных по этой теме.

46%, следствием будут рост налогов и/или урезание социальных программ. Можно даже оценить, насколько: сейчас 60 работающих кормят налогами 40 иждивенцев, а будут 54 кормить 46. На ЕГЭ непрограммируемый калькулятор разрешен, но читатели нашего журнала справятся сами... Сокращение индивидуальных и семейных затрат станет для молодежи ограничением демографического поведения. Молодежь будет приспосабливаться к изменениям, и похоже, что она уже этим занялась. Сначала посмотрим, как к этому шло дело, а потом — к чему пришло.

Из истории мы видим, что чем медленнее меняется ситуация в стране, тем более единообразно поведение разных поколений. Ранее брак и рождение первого ребенка были взаимосвязаны, наступление одного события без другого считалось отклонением от нормы и порицалось. Реальность же во второй половине 60-х годов начала входить в противоречие с этой традицией. Возраст «сексуального дебюта» стал ниже, первые опыты приводили к нежелательной беременности и аборту либо вынужденному браку. Внебрачные рождения осуждались, поэтому люди заключали браки, которые при других обстоятельствах были бы отложены или вообще бы не состоялись. В развитых странах сексуальное поведение стало отдаляться от брачного, в СССР произошло противоположное — еще более тесное соединение разных демографических деяний.



В поздний советский период темп наступления событий, меняющих семейный, образовательный и трудовой статус человека, был очень высок. Молодые люди за короткое время приобретали статус взрослого человека (родителя, работника, образованного человека) и независимость от родителей. Доступ к ряду благ и льгот (очередь на квартиру, повышение



1
Женщины, состоящие в браке, на 1000 человек
в каждой возрастной группе

по службе, удобные отпуска, освобождение от армии и т. д.) и возможности продвижения по службе (иногда — и выезда за границу) часто связывались с брачно-семейным статусом индивида. Все этапы взросления концентрировались на промежутке в три — пять лет и накладывались друг на друга. Результат — высокая частота разводов, аборт, отказов от новорожденных, низкая частота повторных рождений. Раннее начало семейной жизни тормозило рост образования, квалификации и уровня жизни. Эта модель демографического поведения не имела будущего, если под будущим подразумевать модернизацию общества, завершающего индустриальную и вступающего в постиндустриальную стадию развития.

Поколения 70-х и 80-х годов, социализация которых шла в эпоху реформ, увеличили интервал между вступлением в первый брачно-партнерский союз и рождением ребенка. Началось изменение начальных стадий формирования семьи, связи между сексуальным, брачным и репродуктивным поведением стали слабее. Появились доступные методы контрацепции, стало нормальным обсуждать вопросы, еще вчера бывшие «слишком интимными», общество сделало терпимее к внебрачной рождаемости и внебрачному сожительству. Какие последствия это вызвало?

Брак: снижение популярности, рост вариативности

После 1991 года коллективистские идеалы стали разрушаться, начался процесс обособления частной сферы, увеличения значимости любви, равенства партнеров, взаимной поддержки, понимания, самореализации, учета индивидуальных интересов. Партнеры стали предъявлять друг к другу более сложные требования. С другой стороны, брак в еще большей степени стал зависимым от реально складывающихся отношений. Кроме того, исчезли некоторые причины для официальной регистрации — брак перестал давать некоторые преимущества, что давал в советское время. По всем этим причинам начало меняться отношение к институту брака, регистрация утрачивала свое символическое значение. У девушек расширились карьерные и образовательные возможности, они перестали воспринимать замужество как единственный путь самореализации.

В поколениях российских женщин, родившихся в 50-х и первой половине 60-х годов, преобладал зарегистрированный брак: 95—99% времени, проведенного в союзах с совместным проживанием, приходилось на зарегистрированный брак. Для поколений 65—69-х годов рождения эта цифра составила около 90%, для поколений 70—74-х годов — менее 80%, 75—79 годов — 75%. Четверть времени женщины жили вместе с мужчинами, вели совместное хозяйство, ценовали, уходя утром на работу, — но не бежали в загс. В поколениях 50-х годов 50% женщин регистрировали брак с партнером к концу первого года союза, в поколениях 70-х годов — уже 30%. Но если регистрация не происходит к трем — пяти годам совместной жизни, она может не произойти никогда — и так хорошо, и других забот хватает, да и для денег есть лучшее применение, правда, милый? Официальная регистрация не откладывается на более поздний возраст, а заменяется тем, что называют и устойчивым сожительством, и совместным ведением хозяйства, и гражданским браком, и браком, признанным обществом, — названий много, а смысл один.

До середины 90-х годов Россия продолжала сохранять раннюю модель брачности. Согласно данным переписей населения 1989 и 1994 годов, в группе 20—24 года менее 60% мужчин и менее 40% женщин никогда не состояли в браке. Начиная с середины 90-х годов ситуация начала меняться: по данным переписи 2002 года, доля никогда не состоявших в браке мужчин и женщин в этой группе — соответственно 74 и 53%, а по данным переписи 2010 года

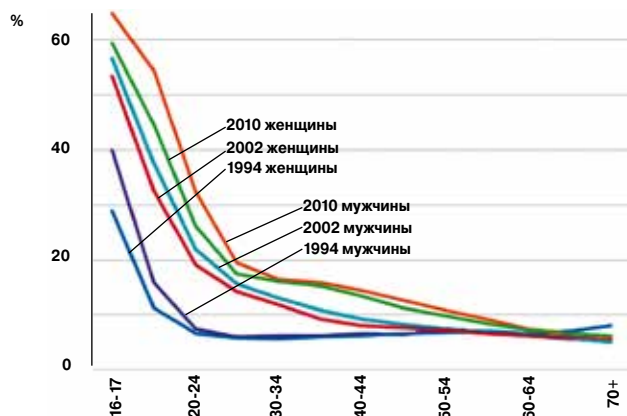
78 и 57%. Брак к 25 годам перестал быть нормой. Данные, представленные на рис. 1, демонстрируют ситуацию: максимум брачности опустился с 0,85 до 0,7 и сдвинулся вправо на десять лет, но вот что еще интересно — сам максимум сделался более пологим, то есть браки стали прочнее!

С середины 90-х брачность начала стареть — увеличилась длительность получения образования и поиска стабильной работы, возросла популярность неформальных союзов. Сегодня молодые люди вступают в первый брак в 26,5—27,5 года, а девушки — в 24—25 лет. По сравнению с предыдущим поколением возраст вступления в брак увеличился на два года. И опять же, зависимость доли вступивших в брак от возраста стала значительно более пологой — люди теперь себя ведут более разнообразно, более индивидуально.

Вместе, но вне брака

Возраст вступления в первый брак увеличивается не только из-за того, что молодежь больше времени тратит на образование, но также из-за роста популярности иных форм социально признаваемого партнерства: незарегистрированные браки, сожительства, консенсуальные союзы, гражданские браки. В последние десятилетия опыт совместного проживания к 25 годам имеют более 80% женщин, но первый союз все чаще бывает незарегистрированным и все реже превращается в официальный брак. На один зарегистрированный брак среди молодежи до 20 лет приходится шесть пар, которые не переступали порог загса. Среди респондентов 21—24 лет незарегистрированные союзы популярны так же, как официальный брак, и даже в 30—44 года на три брака приходится один гражданский.

Рис. 2 показывает долю респондентов, сообщивших, что их союз не зарегистрирован, среди всех, кто говорит, что состоит в браке, — по переписи 1994 года (самое первое большое обследование, когда задавали такой вопрос) и по данным последующих переписей.



2
Доля состоящих в незарегистрированном союзе в общем числе мужчин и женщин, указавших, что они состоят в браке. Переписи 1994, 2002 и 2010 годов

Видно, что в 2010 году по сравнению с 94-м доля лиц в возрасте до 35 лет, состоящих в незарегистрированных браках, увеличилась более чем втрое. При этом специалисты считают, что переписи все же занижают реальную распространенность неформальных союзов. Хотя вслед за повышением толерантности общества к сожительствам повышается искренность респондентов, однако... однако еще не все готовы к полной открытости.

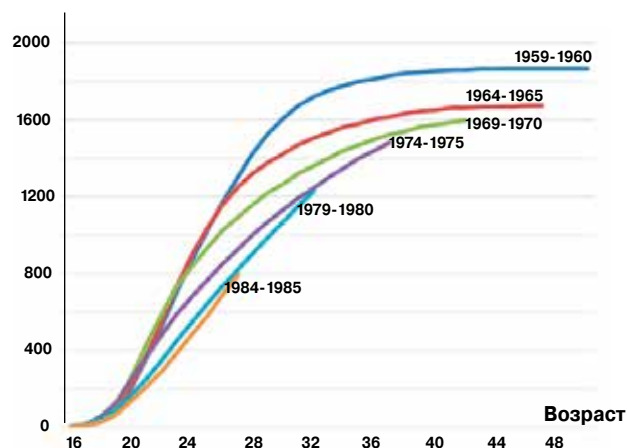
Рождаемость

В России, как и в других странах мира, при переходе от традиционного типа воспроизводства населения с нерегулируемой

на внутрисемейном уровне рождаемостью к современному менялись не только количественные, но и качественные характеристики рождаемости. Изменяется отношение к рождению детей, их место в системе ценностей и потребностей людей, рождение ребенка из предписания общества превращается в одну из ценностей, которую люди выбирают для себя — или не выбирают.

При большом количестве конкурирующих с деторождением возможностей молодые люди часто откладывают появление ребенка, стремясь сначала завершить образование и найти работу, в том числе и мотивируя это лучшей возможностью обеспечить ребенка. Прагматично подходят молодые люди к вопросу рождения второго и последующих детей: если денег мало, говорят они, то лучше иметь одного ребенка, но дать ему больше, нежели иметь нескольких детей, но дать им меньше. (Мысль о том, что было бы, если бы так же рассуждали их родители, им в голову не приходит.) Отложенные рождения могут в части случаев вообще не состояться. Связь возрастного профиля рождаемости и снижения числа незапланированных рождений с величиной итоговой рождаемости сложна и плохо изучена, опыт зарубежных стран разнообразен, и учесть его трудно — разные страны находятся на различных стадиях процесса трансформации модели рождаемости, и традиции в разных странах разные.

Если сравнивать повозрастные коэффициенты рождаемости, то можно проследить не только общее снижение накопленного числа рождений к определенному возрасту, но и — у более молодых поколений — откладывание деторождения на все более поздний возраст (рис. 3).



3
Коэффициенты рождаемости к определенному возрасту в женских поколениях 1959—1985-х годов рождения на 1000 женщин

Три верхние кривые — поколения, вошедшие в репродуктивный возраст до перестройки, посередине — переходное поколение, две нижние кривые — нынешняя молодежь. Рождаемость постперестроечных поколений отличается от советских не только по времени старта деторождения, но и по характеру использования репродуктивного времени. Если в наиболее старших когортах количество рождений резко возросло до 35 лет, а потом стабилизировалось, то с каждым новым поколением все четче прослеживается тенденция непрерывного роста рождаемости вплоть до 40 лет.

Такое распределение во времени происходит оттого, что люди пытаются подстроить индивидуальные календарь демографических событий под конкретные и многообразные жизненные обстоятельства, проще говоря, завести желанного ребенка в желанные сроки.

С того момента, как партнерства получили негласную общественную санкцию, изменилось и отношение к внебрачным

рождениям. Некоторые пары не видят разницы между тем, растет ли ребенок у родителей в официальном браке или в сожительстве, другие оформляют отношения спустя несколько лет после рождения ребенка. Некоторые женщины сознательно рожают «для себя», а есть и такие, кто хочет получить статус одинокой матери, чтобы претендовать на пособие, несмотря на то что ребенок был рожден в семье с обоими родителями. Внебрачная рождаемость определенно стала нормой: из женщин, родивших ребенка в 2000-х годах, 25—30% не состояли в зарегистрированном браке. Среди тех, кто родил первенца, официально замужних женщин было 66—70%. Среди матерей вторых детей — 76—78%.

Если в 1990 году внебрачные рождения у 15—19-летних матерей составляли 20%, у 20—29-летних — чуть более 10%, то через 20 лет — в два раза больше для обеих групп. Прирост был наиболее значителен у матерей до 20 лет, а для 25—29-летних он был наименьшим. Это объясняется тем, что, как было сказано ранее, сегодня молодежь начинает заключать браки примерно с 25-летнего возраста, а до этого в структуре союзов преобладают сожительства.

Сексуальность отделяется от репродукции и брака

Возраст сексуального дебюта в нашей стране снижался с 60-х годов, сейчас это 17—18 лет. Социально одобряемый возраст сексуального дебюта для опрошенных россиян в возрасте до 40 лет также находится в этих пределах. Половина нынешних старшеклассников обоих полов имеют сексуальный опыт, и почти 94% нынешних студентов считают его допустимым, около 70% российских девушек-студенток к третьему курсу (к 19—20 годам) имеют сексуальный опыт. Это совпадает со средними европейскими данными. Перестав быть запретным плодом, сексуальность стала более рациональной и осмысленной. Большинство молодых людей и девушек оценивает добрачный сексуальный опыт как подготовку к браку для определения сексуальной совместимости, так как считают, что эта сторона семейных отношений является очень значимой. Возможность выбора в сексуальной сфере молодежь рассматривает как часть своих прав и свобод.

Регулирование рождаемости позволило сексуальности отделиться от репродукции и брачности и, по мере распространения контрацепции, создало возможность планировать беременность и рождения. Повышение контрацептивной культуры незамедлительно сказалось на числе аборт. С 1990 по 2011 год число абортов сократилось более чем в три раза. Может быть, с этими данными стоило бы ознакомить борцов против сексуального просвещения?

Различные опросы показывают, что противозачаточные средства используют около 85% юношей и девушек, имеющих сексуальные контакты. Наиболее частый способ предохранения — презерватив, далее в порядке убывания частоты гормональная контрацепция (которая быстро набирает популярность), ВМС, прерванный акт, календарный метод и др. Эффективные методы (гормональная контрацепция, внутриматочная и презерватив) используют 70—80% мужчин и женщин — по сравнению с 80-ми годами это более чем двукратный рост.

В целом девушки больше обеспокоены вопросом предохранения от незапланированных беременностей и заболеваний, передаваемых половым путем, чем молодые люди, но в структуре используемых методов контрацепции лидируют мужские средства предохранения. И это — правильно. А неправильно то, что от трети до половины юношей и девушек при первом половом контакте не предохранялись и даже не обсуждали эту проблему. С культурой сексуального поведения, репродуктивного здоровья и планирования семьи у российской молодежи, как говорится, есть еще некоторые трудности.



От единого строя к персональному выбору

Описанные выше изменения в поведении российской молодежи, затрагивающие всю сферу их брачно-семейной жизни, нуждаются в каком-то истолковании. Можно предположить, что эти изменения связаны с изменениями в обществе в конце 80-х — начале 90-х годов, которые привели к открытию границ страны, ослаблению цензуры и появлению информации о реальной ситуации в стране и мире, расширению возможностей для личного выбора. Старшему поколению было сложнее перестроиться, чтобы использовать ресурсы нового времени. Молодое же поколение, в сознательной жизни которого не было идеологием прошлого, выросло с ощущением того, что свобода и открытость, разнообразие и доступность благ — естественное положение вещей. Это привело к дифференциации потребностей, изменениям в системе ценностей российской молодежи в сторону самореализации, подобным тем, которые происходят в последние десятилетия в развитых странах. Молодежь 80—90-х годов рождения заметно отличается от предыдущих поколений. В основе различий лежит возросшее значение свободы, независимости, индивидуальности. Вслед за ценностями меняются взгляды и действия.

Молодежь XXI века больше ориентирована на экономику и самостоятельность, а не на политику и государство, она пытается достигнуть цели своими силами, с недоверием относится к опеке и советам старших. Нынешняя молодежь более амбициозна, более мобильна, она пытается увеличить свой человеческий капитал, стремится увеличить свою стоимость на рынке труда. Ровесники Интернета, мобильного телефона и портативного компьютера, молодые люди не чувствуют границ. Им кажется, что весь мир для них открыт и вопрос только в целесообразности мобильности — по служебной лестнице или по странам.

Жизнь современного человека становится более управляемой и «настраиваемой» — период взросления увеличивается за счет времени на образование и поиски. Российская молодежь XXI века не торопится получить статусы родителя и семейного человека. Увеличение периода получения образования идет вместе с увеличением возраста вступления в первый брак и рождения первого ребенка. Молодежь предъявляет более высокие требования к качеству жизни вообще и в частности к качеству отношений с партнером, воспитания детей.

Появление эффективных средств планирования семьи привело к разделению брачного, репродуктивного и сексуального поведения, сделав их автономными сферами самореализации. События семейной жизни стали растягиваться по всей временной оси — в соответствии с желаниями каждого человека. Россияне получают возможность использовать более эффективно свой «невосполняемый ресурс» — молодость. Они пытаются планировать свою семейную жизнь и выстраивать события в той последовательности, в которой хотят.



Мимолетный взгляд на биотех



ENDOSTOCK | dreamstime.com

Кандидат
физико-математических наук
С.М.Комаров

Приятно носить гордое имя «энергетической сверхдержавы», получать доходы от продажи углеводородов, а все остальное, что может понадобиться стране и гражданам, приобретать за валюту. И не было ничего плохого в таком разделении труда до тех пор, пока монопродукт энергетической сверхдержавы не начал падать в цене, а свободный, открытый рынок не оказался под гнетом санкций. То есть пока ситуация неожиданно не вернулась к советской — с ограниченным притоком валюты, товаров и технологий извне. Возникает дилемма: вводить дотации на лекарства и продукты питания с большой долей импортной (резко подорожавшей) продукции либо активизировать попытки импор-

тозамещения. И вот тут роль отечественной биотехнологии оказывается решающей, более того, жизненно важной для судьбы страны в целом, о чем и говорили 11 декабря 2014 года в Пущине участники рабочего совещания «Законодательное обеспечение развития биотехнологий в регионах РФ», организованного Обществом биотехнологов РФ им. Ю.А.Овчинникова и Комитетом по науке и наукоемким технологиям Госдумы во главе с его председателем академиком В.А.Черешневым. Собравшимся со всех регионов страны биотехнологам было что обсудить, ведь еще до того, как над энергетической сверхдержавой сгустились тучи, весной 2012 года была принята «Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года», которая как раз и предусматривает комплекс мер по восстановлению этой отрасли промышленности и, шире, по изменению уклада жизни многих регионов страны.

Будни биотехнологии

Текущее положение описано в программе так ярко, что имеет смысл привести развернутую цитату.

«Важность биотехнологий для развития российской экономики трудно переоценить. Модернизация технологической базы современного промышленного производства невозможна без массового внедрения биотехнологий и биотехнологических продуктов. Более того, для целого ряда отраслей (агропищевой сектор, лесной сектор, ряд подотраслей химической и нефтехимической промышленности, фармацевтической отрасли и биомедицинского сектора здравоохранения) модернизация и будет означать переход на биотехнологические методы и продукты.

В силу экономических и экологических преимуществ доля химической продукции, производимой на базе возобновляемого сырья, будет расти и дальше, достигнув в области химии — 15—20%, а в области моторных топлив — 5—7% от мирового объема производства к 2025 году. Методы биотехнологии позволяют полностью переработать отходы агропромышленного комплекса, и в ряде стран само понятие «отходы» для этого сектора уже перестает существовать. Значительный потенциал для развития биоэнергетики может быть реализован за счет использования отходов лесопромышленного комплекса.

Тенденция к замене химических продуктов биологическими формировалась 30—40 лет назад. Тогда СССР активно участвовал в этом процессе: были созданы крупные промышленные предприятия, система отраслевых и академических научных центров, в сельском хозяйстве, пищевой и химической промышленности активно внедрялись новые биологические препараты.

За прошедшие 20 лет в мире созданы принципиально новые биотехнологии и продукты, а производство ранее известных существенно оптимизировано. Россия почти не участвует в этом процессе. В итоге более 80% биотехнологической продукции, которая потребляется в России, является импортом, а ее потребление остается несопоставимо низким по сравнению как с развитыми, так и с развивающимися странами.

Выпуск биотехнологической продукции осуществляется малыми партиями, для этой цели используется лабораторное оборудование, которое фактически не предназначено для этих целей.

Институты и университеты продолжают исследования, но результаты этих исследований не коммерциализируются, поскольку малые предприятия не инвестируют средства в развитие новых продуктов на рынке, а конкурировать с ведущими мировыми компаниями на условиях «равных возможностей» они не в состоянии. Кроме того, в России полностью отсутствует система «масштабирования» научных биотехнологических разработок для промышленного производства и другие элементы биоэкономики, необходимые для преобразования научных знаний в коммерческие продукты. Таким образом, результаты научных исследований остаются невостребованными или превращаются в продукт, объем производства которого ограничен возможностями научной лаборатории.

В тех сегментах, где потребление продуктов промышленной биотехнологии относительно развито, главенствуют международные компании: импортируется 100% кормовых аминокислот для сельского хозяйства (лизин), до 80% кормовых ферментных препаратов, 100% ферментов для бытовой химии, более 50% кормовых и ветеринарных антибиотиков, 100% молочной кислоты, от 50 до 100% биологических пищевых ингредиентов. На российском рынке уже 20 лет представлена продукция ведущих биотехнологических компаний мира, однако ни одна из этих компаний не организовала свое производство в России.



ГЛУБОКИЙ ЭКОНОМ

Современное состояние биоиндустрии в мире таково, что многие технологии и продукты носят экспериментальный характер, применение биопрепаратов сложнее, чем применение традиционных химических продуктов, а их стоимость выше. Эти факты воспринимаются как недостаток и повод для отказа от активного развития биотехнологий в России. Необходимо признать, что «промежуточный» статус многих технологических решений и биотехнологических продуктов является для России шансом войти в международную систему производства новых знаний и технологий.

Биоиндустрия в мире развивается высокими темпами, и через 10—15 лет будут найдены решения и продукты, пригодные для массового и повсеместного внедрения. Если к этому времени в России будут созданы условия для развития биоэкономики, страна окажется в числе выгодоприобретателей и совладельцев новых технологий. Если существующий сегодня скептицизм сохранится, Россия станет только потребителем на мировом технологическом рынке и будет вынуждена затрачивать огромные ресурсы на импорт новых отраслей. Масштабы этого технологического импорта могут быть сопоставимы с импортом промышленных технологий в 30-е годы прошлого века».

С учетом имеющихся научных заделов и тенденций, текущего состояния, потенциала развития рынков и социально-экономического эффекта программа выделяет следующие приоритеты:

- биофармацевтика и биомедицина;
- промышленная биотехнология и биоэнергетика;
- сельскохозяйственная и пищевая биотехнология;
- лесная биотехнология;
- природоохранная (экологическая) биотехнология;
- морская биотехнология.

За производства каких именно веществ, за какие технологии отвечают эти направления и что о перспективах реализации программы думают специалисты? Разбираться будем по пунктам.

Проблемы биофармацевтов

Биофармацевтика предполагает использование живых организмов для изготовления разнообразных лекарств. Это могут быть и действующие вещества — синтезированные микроорганизмами биодженерики, и лекарственные препараты из растений, пептиды, ферменты, моноклональные антитела, и многое другое. Сюда же относится изготовление вакцин нового поколения, которые не содержат ослабленный вирус, а содержат его характерные белки, вызывающие мощный иммунный ответ. Такие вакцины безопаснее, но для них нужно создавать вирусы-носители с заданными свойствами. Биофармацевтика — это и разработка новых антибиотиков, а также их заменителей — бактериофагов, то есть вирусов, уничтожающих болезнетворных бактерий; многие считают последнее направление особенно перспективным из-за распространения среди бактерий устойчивости к антибиотикам.

Биомедицина отличается от биофармацевтики тем, что она не занимается производством лекарств, а сосредоточена на системах их применения. В ее ведении диагностикумы, персонализированная медицина, исходящая из личных генетических особенностей пациента, клеточная инженерия, создание новых биосовместимых материалов. Поддерживающие биомедицину отрасли — биоинформатика, которая позволяет свести воедино данные клинических и экспериментальных работ, банки биологических образцов, питомники для экспериментальных животных.

Прекрасные планы по созданию всей этой разветвленной системы требуют весьма существенного финансирования, поскольку нужно кардинальное обновление многих производств. Вот как об этом рассказывает академик А.И.Мирошников, председатель Пущинского научного центра РАН и заместитель директора Института биоорганической химии РАН им. академиков М.М.Шемякина и Ю.А.Овчинникова. В соответствии с нормативными документами господдержка проектам в этой области будет предоставлена тем предприятиям, у которых есть современное оборудование, соответствующее принятым в развитых странах сертификатам. Однако у тех предприятий, что до сих пор сохранились, оборудование, как правило, старое, еще советских времен. Значит, нужны закупки, а на это зачастую нет денег. С другой стороны, закупка такого импортного оборудования с большой вероятностью повлечет за собой и закупку технологии, что сохраняет тяжелое положение с внедрением отечественных разработок. Другая проблема — трудности с поиском соинвесторов: без него государственное финансирование на промышленные проекты не дают. Порой даже, казалось бы, успешные терпят в конце концов фиаско. Например, в 2003 году на льготный кредит, выделенный правительством Москвы, был открыт вполне соответствующий всем требованиям опытный завод по производству генно-инженерного инсулина человека по технологии, предложенной ИБХ РАН. Предприятие торжественно открыл тогдашний мэр столицы Ю.М.Лужков, а его продукция обеспечивала 10% потребности города в этом препарате. Но вот наступил 2014 год, и городу этот инсулин стал не нужен. По словам Мирошникова, завод в конце года был закрыт, а наработанные партии инсулина в порядке гуманитарной помощи отправили в Крым и на Донбасс. Слухи о планах строительства завода по той же технологии в Пущине ходят по крайней мере с 2008 года. Об этом заявляла компания «Биоран», причем собирались производить не только инсулин, но и рекомбинатные белки — эритропоэтин, интерфероны, а также моноклональные антитела. Однако и пять лет спустя планы оставались на бумаге. Зато было объявлено, что похожим производством в том же Пущине займется специально созданное малое предприятие НПЦ ИБХ РАН в рамках развития пущинского биотехнологического кластера. Выбор Пущино как основы для кластера не случаен, ведь там, в отличие от многих других центров, есть и современное оборудование, и научные заделы в различных направлениях биотехнологий — от фармацевтики до создания генно-модифицированных растений и выращивания экспериментальных животных.

А вот на крупнейшем современном фармацевтическом заводе «Нанолек» который за два с половиной года построили в Кировской области при содействии корпорации «Роснано», пошли по проторенному пути сотрудничества с иностранными компаниями. На заводе установлено высокотехнологичное итальянское оборудование, и на первой очереди, которая была открыта 23 декабря 2014 года, станут выпускать на наноносителях препараты для лечения сердечно-сосудистых заболеваний: статины — вещества, снижающие уровень холестерина в крови, препараты для снижения давления и для предотвращения образования

тромбов. А в планах — создание нанопрепаратов против ВИЧ, онкологических заболеваний, а также вакцин на наноносителях. Всего же при выходе завода на полную мощность он обеспечит импортозамещение по 55 препаратам. В частности, в 2015 году будет запущено собственное биотехнологическое производство. Компания декларирует, что она разрабатывает собственные препараты, но, скажем, в создании наноносителей завод сотрудничает со шведской компанией «Nanologica», в приготовлении инактивированной вакцины от полиомиелита — с голландской компанией «Bilthoven Biologicals».

Кировскую область выбрали тоже не просто так — именно в Киров была эвакуирована во время Великой Отечественной войны военно-биологическая лаборатория, которая стала ведущим предприятием по микробиологическим разработкам в оборонной отрасли. В этой лаборатории, в частности, в 1944 году был получен первый советский пенициллин. Кстати, про антибиотики в программе сказано так: «До 1990 года СССР производил около 18 субстанций антибиотиков, в том числе для ветеринарии, и делил с США 1—2 место по объему производства субстанций антибиотиков в мире. После 1993 года производство субстанций резко уменьшилось, а в 2004 году производство антибиотиков было практически остановлено, большинство потребляемых в России антибиотиков и других препаратов в настоящее время импортируется из-за рубежа. Для формирования устойчивого сектора фармацевтики России необходимо создать условия для развития производства субстанций антибиотиков».

На базе имеющихся мощностей, заделов и кадров в Кирове и формируется сейчас современный биотехнологический кластер. Еще одно его предприятие — «Омутнинская научная опытно-промышленная база» — ведущее отечественное микробиологическое производство действующих веществ для противоопухолевых препаратов доксирубицина, рубимицина, блеомицина и других. Видимо, эти субстанции на заводе «Нанолек» и станут заключать в наноносители — производство лекарств от рака входит в планы на будущее.

Добавки к кормам и не только

Промышленная биотехнология — это многотоннажное производство широкого спектра веществ, от продуктов питания и кормов для животных до замены нефти и газа в производстве полимерных материалов. Сырьем служит биомасса — от древесины до зерновых. Список продукции промышленной биотехнологии в программе открывают ферменты. Их используют в производстве, например спиртовом или кожевенном, либо в качестве добавок к кормам. В 2012 году в стране был единственный завод по производству промышленных ферментов — ПО «Сиббиофарм» в Бердске (Новосибирская область). Созданный еще в советское время, он выпускает ферменты не самого высокого качества, которые не могут конкурировать с импортными. Более половины из 380 тонн годового выпуска отправляется на экспорт в страны СНГ, и доля отечественного рынка, приходящаяся на этот завод, оказывается ничтожной — 1%. Однако в мае 2014 года в Тамбовской области открылось новое производство ферментов для обогащения кормов — «Агрофермент». Объем его продукции гораздо больше — 1000 тонн в год. На этом предприятии реализована отечественная технология, разработанная учеными из МГУ им. М.В.Ломоносова и Института биохимии им. А.Н.Баха РАН. Впрочем, большая часть рынка все равно остается за иностранными компаниями.

Аналогичная история — с производством аминокислот, в первую очередь лизина, метионина, треонина и триптофана, которыми также обогащают корма. В России, несмотря на активный рост продовольственного рынка и животноводства, аминокислоты в промышленных масштабах практиче-

ски не производят, а предприятия, построенные в советский период, остановлены, поскольку не отвечают современным технологическим и экономическим требованиям. Но ситуация меняется. Так, птицеводческая компания «Приосколье» еще до событий 2014 года решила отказаться от импортного лизина непонятного качества и построить собственное производство этой аминокислоты. Для этого она реанимировала советский завод по производству добавок к кормам в Шебекине Белгородской области. Новый завод, который обещали запустить в начале 2014 года (однако сделать это не удалось), будет производить 57 тысяч тонн лизинсульфата в год и сразу же войдет в десятку крупнейших изготовителей этого вещества в мире. Он покроет потребности отечественного животноводства, птицеводства и рыбоводства на 60%, а в будущем предполагается экспорт. Строительство производства кристаллического лизина из кукурузы по китайской технологии на китайские деньги предполагалось и в Крыму, с мощностью 100 тысяч тонн в год, однако из-за санкций проект такого ориентированного на экспорт предприятия может и не состояться.

Производство ферментов, аминокислот и прочих добавок к кормам — важная задача. Вот что сказано об этом в программе: «Современный уровень технологий кормления сельскохозяйственных животных опирается на широкое применение биологических компонентов (ферменты, аминокислоты, БВК, пробиотики и другие). В результате развития животноводства в России, которое в основном опирается на импорт технологий и поголовья, сформировался емкий рынок этих продуктов биотехнологии. Однако формирование рынка не привело пока к развитию производственной и технологической базы, появлению новых продуктов, созданных на основе научных достижений российских ученых. В 2010 году в животноводстве в качестве кормов было использовано 45 млн. т зерна, что говорит о крайне низкой эффективности кормопроизводства в стране. Доля зерна в комбикормах составляет 70% (в странах Европейского союза — 40—45%), кроме того, в переработанном виде было использовано более половины из общего количества зерна, предназначенного для кормов. Важно отметить, что производство комбикормов и премиксов в значительной степени ведется без использования биопрепаратов (ферментов, ветеринарных и кормовых антибиотиков, пробиотиков и так далее). При таком кормлении конверсия корма в получение животноводческой продукции существенно отстает от мировых показателей, что снижает конкурентоспособность российского животноводства».

Лизин — лишь один из продуктов так называемой глубокой переработки зерна, а эта переработка — одна из самых болезненных тем отечественной промышленной биотехнологии. Проблема здесь вот в чем. Сбор зерна в стране год от года растет. Так, в 2014 году был получен рекордный урожай в 108 млн. тонн. Однако зерно это традиционно не самого высокого качества, оно больше годится для корма для скота, а отечественное животноводство находится не в самом лучшем состоянии. Об этом свидетельствует хотя бы тот факт, что в РСФСР собирали до 120 млн. тонн зерна, при этом еще немало и закупали. А в РФ, по данным Союза переработчиков зерна, из урожая 2014 года можно безболезненно экспортировать более 30 млн. тонн. То есть в случае роста урожая зерно девать будет некуда. Для того чтобы сбалансировать ситуацию, логично наладить из него производство тех веществ, которые сейчас закупают за рубежом, — в противном случае ситуация получается та же самая, что с экспортом сырой нефти и обратной закупкой результатов ее переработки.

Как ни странно, хотя отлично известно, что завод по глубокой переработке зерна окупается за пять лет, за долгие годы разговоров на эту тему ни одно производство в нашей



ГЛУБОКИЙ ЭКОНОМ

стране не построено. В планах по разным областям страны уже долгое время значится более десятка проектов с мощностями по переработке в сотни тысяч тонн зерна в год, однако их строительство неоднократно откладывается, а предполагаемая номенклатура выпуска меняется. Трудности возникают и с поиском соинвесторов проектов, и с размещением предприятий, получением лимитов на энергию, на подключение к инженерным сетям, на использование дорог.

Делать из зерна можно много чего полезного, и это не только спирт. В число основных продуктов входит глютен, или клейковина, — это вещество добавляют к муке низкого качества, чтобы увеличить ее вязкость: глютен впитывает очень много воды и придает прочность стенкам хлебных пузырей, образующихся при брожении дрожжей в тесте. Хлеб из такой муки получается пышнее, а гранулы корма для животных и рыб — прочнее. Клейковина, в сущности, оказывается побочным продуктом: ее отделяют от основного — крахмала. А крахмал идет на производство глюкозного сиропа — еще один многотоннажный продукт переработки зерна. Глюкозо-фруктозные сиропы очень важны для современной биотехнологии. Их используют в качестве подсластителей в производстве прохладительных напитков и кулинарных изделий. Но главное применение — питательные среды для выращивания микроорганизмов, которые синтезируют множество биотехнологических продуктов — от пептидов, аминокислот, витаминов до спирта и кормового дрожжевого белка. Варьируя состав ферментов, применяемых в производстве, можно точно контролировать состав сиропов, производимых как из кукурузы, так и из пшеницы, из картофеля. Третий продукт переработки зерна — пищевые волокна, они также улучшают качество кормов для животных или пищи для людей. Очень полезные вещества для пищевой, парфюмерной и медицинской промышленности можно получить, если отделить от зерна его зародыш, а затем извлечь из него биологически активные соединения.

Важное направление переработки зерна — производство биоразлагаемых пластиков. Соответствующий завод стоимостью 25—30 млрд. рублей запланирован по инициативе зерновой компании «Разгуляй» в Башкирии, однако началось ли в 2014 году его строительство или нет — не очень понятно. Предполагается, что сырьем послужит молочная кислота, получаемая в конечном счете из зерна низкого качества, а побочные продукты такого производства пойдут на добавки к кормам. Не секрет, что пластики из биомассы стоят дороже, нежели из ископаемого сырья. Поэтому во всем мире для развития этого направления применяют меры регулирования. Вот и в программе предусмотрена доработка технического регламента Таможенного союза «О безопасности упаковки» для стимулирования внедрения биоразлагаемых материалов. Видимо, при таком стимулировании производство разлагаемых пластиков из биомассы может оказаться востребованным, что поможет предпринимателям, инвестирующим в подобные проекты, охотнее расставаться с деньгами. Вообще же считается, что пере-

вод химической промышленности на растительное сырье и получение множества веществ методами биологического синтеза — долгосрочная тенденция, и в ближайшие десять лет химическая технология радикально изменится. Однако в России при наличии развитой химической промышленности и нефтехимии практически не ведется работа в этом направлении.

Выгоды биоэнергетики

Производство лекарств отделено от потребителя — пациента — длинной цепочкой посредников, от органов контроля до розничных продавцов лекарств. И у каждого звена цепочки свои приоритеты, далеко не всегда совпадающие с интересами пользователя. В производстве кормов цепочка несколько короче. Но самой короткой среди биотехнологических продуктов она получается у топлива. Не исключено, что именно поэтому данный сектор биотехнологии развивается весьма динамично, особенно когда речь идет о топливе для частного пользователя. Самыми перспективными тут оказываются топливные брикеты и пеллеты. Еще десять лет назад о них ничего не было слышно. Теперь же каждый, кто задумался о строительстве зимнего дома, размышляет: какой котел поставить? И пеллетные котлы оказываются в числе главных претендентов.

Пеллеты — это горючие гранулы. Их делают из отходов сельского хозяйства и деревообработки: в ход идут и солома, и лузга, и древесные опилки, и даже лигнин, если его удалось отделить от целлюлозы, как, например, при производстве биобутанола. Сырье нагревают, прокручивают через гигантский аналог мясорубки и на выходе получают довольно прочные цилиндры сантиметрового размера. Истопник засыпает пеллеты в бункер котла. А котел не простой — его с полным правом можно назвать отопительным роботом. Ориентируясь на сведения от датчиков температуры, он сам подбирает скорость подачи пеллет в горелку, время от времени продувает ее, периодически очищает топку от золы, отправляя ее в зольник. Сейчас хороший котел на хороших древесных пеллетах может неделю работать без присутствия человека. Главное, зачем человек нужен — очистить зольник и насыпать пеллет в бункер. Современный робот, причем не только импортный, но и отечественный, например изготавливаемый в подмосковном Пересвете, до того умен, что способен общаться с хозяином — отправлять ему эсэмэски о своем самочувствии, обстановке в доме, принимать указания, что надо бы протопить дом к приезду хозяев.

Так вот, судя по рекламным объявлениям, производства пеллет плодятся в стране как грибы после дождя, и потребителю остается только выбирать. Что касается цены, пеллеты в два раза дороже магистрального газа и в два—четыре раза дешевле дров, сжиженного газа, солярки, мазута или электричества. Поскольку подключиться к газовой трубе, даже если она проходит в сотне метров от дома, в энергетической сверхдержаве очень сложно и дорого, неудивительно, что пеллеты стали так популярны, причем без особой господдержки; редкий случай, когда невидимая рука рынка совершила правильное движение. Два главных недостатка пеллет — их большой объем (на отопление среднего дома площадью в 150 м² нужна фура пеллет в год) и проблема с золой: ее получается больше, чем можно использовать в качестве удобрения на приусадебном участке, особенно если это пеллеты из лузги или соломы. Видимо, по мере развития направления возникнут предприятия по сбору золы и приготовления из нее удобрений — так же, как в Японии, Китае, США и других странах, где принято готовить пищу в кипящем масле, его собирают и превращают в биодизель.

Особенно важно такое топливо из местных ресурсов для отдаленных районов, куда сейчас приходится с Большой земли гнать дорогостоящие караваны с мазутом и соляркой. Совсем недавно такая проблема имела отношение лишь к северным территориям. Однако теперь необходимость использования местных энергоресурсов стала актуальной и для юга страны. Например, при Институте сельского хозяйства Крыма давно действует (работает) завод «Крымбиотех» по производству пеллет из соломы мощностью 14 тысяч тонн в год. В Бахчисарайском районе 400 тонн пеллет в год делают из виноградных отжимков. Вообще же потенциал Крыма гораздо больше: по расчетам института, для топлива можно использовать до половины урожая соломы, а это не менее 500 тысяч тонн в год. Тот же расчет показывает экономическую эффективность: если все школы Красногвардейского района, где находится институт, перевести на отопление пеллетами вместо угля, то потребуются две тысячи тонн пеллет, а экономия составит 15—20 млн. рублей. Сейчас институт покрывает свою потребность в тепловой энергии именно за счет сжигания соломы, а сельскохозяйственная техника переведена на биодизель, получаемый при переработке масла выращиваемого здесь рыжика. «Хорошее топливо, едешь на тракторе, а от него пирожками пахнет», — говорит директор института В.С.Паштетский. Вообще, развитие биодизельной промышленности, в том числе и с применением трансгенных культур, — один из приоритетов программы.

Обеспечивать себя собственным топливом из отходов производства, а за счет его сгорания получать и тепло, и электричество могут многие предприятия. Ферма по выращиванию свиней или коров дает достаточно навоза, чтобы из него можно было с выгодой получать биогаз. Западные технологии с расположенными на поверхности земли станциями для наших холодных условий не очень подходят, тем более что для улучшения процесса переработки навоза в него надо добавлять зерно, а это несколько расходится с нашими представлениями о том, как следует поступать с хлебом. Однако отечественные специалисты из компании «Биогазэнергострой» создали горизонтальную подземную станцию. Она может на сорокаградусном морозе перерабатывать даже весьма агрессивный птичий помет, получая наряду с биогазом и азотное удобрение — сульфат аммония. Впрочем, птицефабрика может использовать помет и в твердом виде — соответствующую технологию подготовки топлива и его сжигания придумали инженеры АГК «Экология». По их расчетам, одна тонна помета заменяет 240 кг жидкого топлива или 270 м³ природного газа, что позволяет птицефабрике удовлетворять потребности в энергии за счет переработки своих же отходов.

В отличие от пеллет для частного пользователя применение такого ресурса на производстве требует уже серьезных законодательных мер, поскольку первоначальные затраты на создание биогазовой установки или фабрики по производству кизяков не так уж и малы, а если энергия к ферме уже подведена, идти на них не кажется разумным. Чтобы заставить разного рода фермы получать энергию из отходов, нужно обеспечить им льготное кредитование, льготные тарифы для электроэнергии, которую вырабатывают на такого рода ресурсах и отпускают в сеть, как это делается с ветряными и солнечными электростанциями. Нужно стимулировать и покупку удобрений, полученных при сжигании кизяков или при производстве биогаза. Пригодятся и запретительные меры, предотвращающие вывоз сельскохозяйственных отходов без их переработки. Из этого перечня понятно, почему ведущиеся не один десяток лет разговоры о биогазе редко воплощаются в реальные проекты.

Биотех в море: новая попытка

Морские организмы издавна считаются кладом полезных веществ, однако, когда речь заходит о массовом производстве, выясняется, что добывать эти вещества непросто. Вот, например, микроводоросли. Казалось бы, будучи источником ценнейших жирных омега-кислот, которые нужны везде, они способны обеспечить процветание любому бизнесу. Ан нет, практика показывает, что выращивать их не так уж и легко, а выход целевого продукта слишком мал для конкурентоспособности. Типичный пример — попытка выращивать мидии еще при советской власти. По расчетам выходит, что диетическое и целебное мясо моллюсков, которые в общем-то растут без особой помощи человека, должно озолотить мидиевых фермеров. Тем более что мидии прекрасно живут и на юге, в Черном море, и на севере — в Белом море, и на востоке — в Японском море. И везде научные организации придумывали технологии выращивания мидий и превращения их в продукты питания, о чем «Химия и жизнь» не раз рассказывала: в феврале 1971 года — про попытки создания первых промышленных ферм в Кандалакшском заливе, в июле 1987-го — под Одессой, а в июне 1988-го — о деятельности ученых-кооператоров в районе Находки. И все эти попытки оказались безуспешными. Первый этап проходил хорошо: плоты стояли, как надо, на свисающих с них тросах селилась молодежь мидий, через четыре года можно было собирать урожай. В Белом море даже придумали природную систему защиты от морских звезд, правда, мер по уборке фекалий, которые скапливались на дне под плотами, предусмотрено не было, что привело к исчезновению рыб из окрестностей фермы. А вот дальше начинались трудности: никто не хотел перерабатывать мидии и делать из них продукты питания, люди не выстаивали в очереди за их мясом. Теоретически комплексная переработка давала три вида продукции: съедобное мясо, перемолотые ракушки — добавка в корм для птицы и оставшийся после отвара мидий бульон — источник целебных биологически активных веществ. Тем не менее ни одна из этих ферм так и не смогла свести концы с концами. В новых экономических условиях смелые предприниматели попытались было возродить мидийный промысел в Кандалакшском заливе, но опять неудачно — и с разрешительной документацией возникли проблемы, и со сбытом продукции. При этом вьетнамские и индонезийские мидии, как чищенные, так и в ракушках, прекрасно продаются в Москве, а в тот же Петрозаводск мидии в супермаркеты привозят из Подмоскovie. Видимо, система транспортировки из далеких тропиков налажена лучше, чем с наших северных берегов.

Поэтому на новом витке интереса к развитию биотехнологий упор делается на создание биотехнологических кластеров, которые могут обеспечить комплексную переработку сырья и сбыт продукции. Какие же вещества, востребованные рынком, можно извлекать при такой комплексной переработке даров моря? Вот список, предлагаемый севастьяпольским Институтом биологии южных морей им. А.О.Ковалевского. По мнению заведующего отделом института доктора биологических наук В.И.Рябушко, водоросли послужат сырьем для извлечения каротиноидов, полиненасыщенных жирных омега-кислот, фунгицидов, противоопухолевых веществ и антиоксидантов. В частности, наиболее ценный каротиноид микроводорослей — астаксантин, обладающий антиоксидантными и протекторными свойствами, стимулирующий иммунную, сердечно-сосудистую и нервную систему. После их извлечения отходы пойдут на производство биотоплива. Целлюлозу, спирт и биотопливо можно извлекать также из морской травы zostеры. Медузы — прекрасный источник коллагена и фибриллина. Среди моллюсков весьма перспективным выглядит импортоза-



ГЛУБОКИЙ ЭКОНОМ

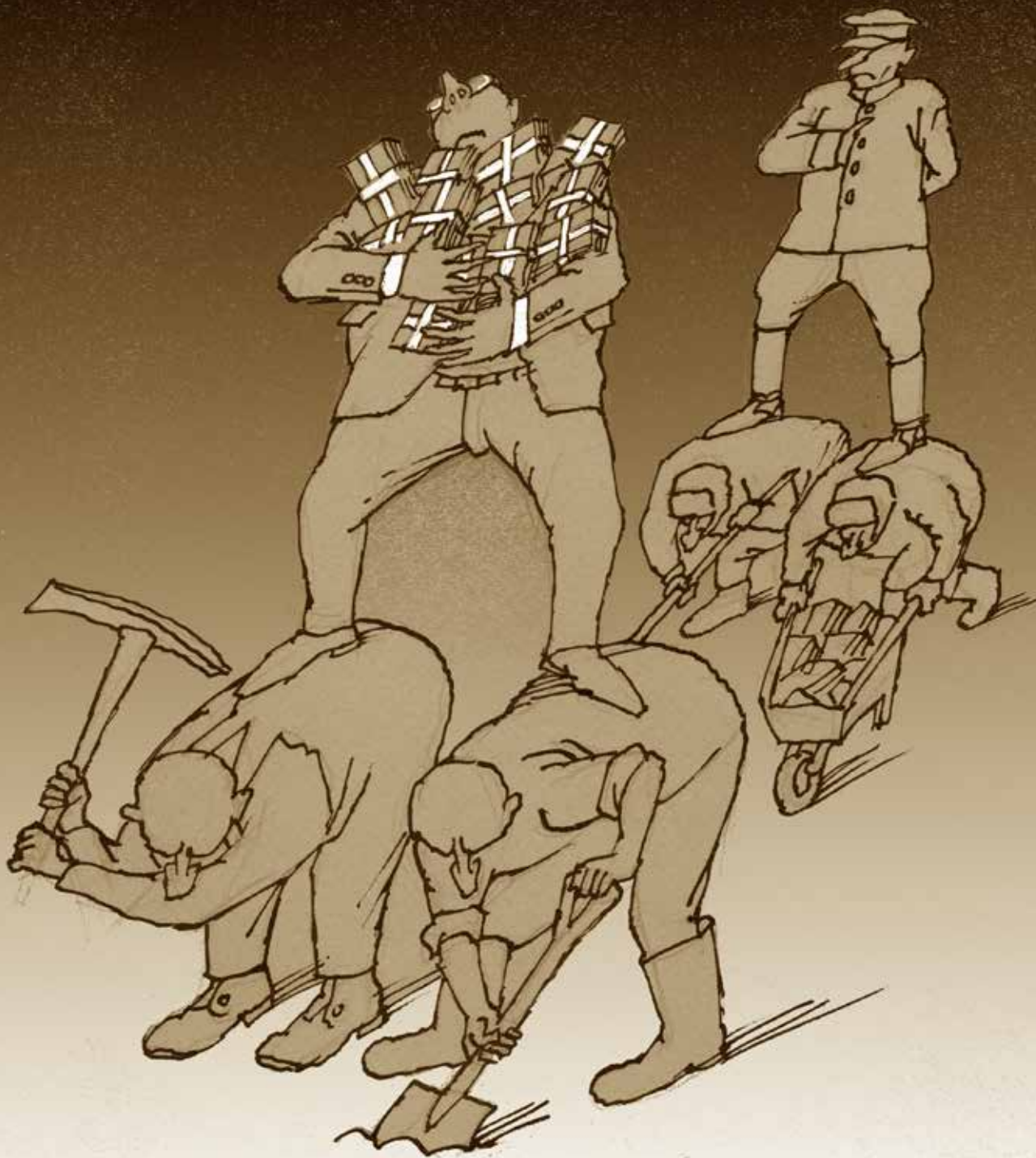
мещение деликатесов: попавших под санкции гигантских устриц, которые неплохо чувствуют себя в Черном море. Что же касается мидий и рапанов, то из них можно готовить питательные смеси, применяемые в микробной биотехнологии, а также биологически активные препараты. Один такой препарат, церебромид, неплохо улучшает самочувствие пациентов на ранних стадиях церебрального атеросклероза. Отходы рыбопереработки пригодятся и для изготовления питательных сред, и в качестве удобрения. Всеми этими технологиями должен заниматься предлагаемый к реализации в Севастополе морской биотехнологический комплекс.

Схожие комплексы планируют построить и ученые из Дальневосточного федерального университета. Участки, где можно создать биотехнологические кластеры, они наметили в Хабаровском, Приморском краях, на Сахалине, Курилах, на Камчатке. По мнению инициаторов, их организация поможет освоению прибрежных акваторий, даст рабочие места, обеспечит устойчивое воспроизводство наиболее ценных объектов промысла — ракообразных и иглокожих, создаст базу для глубокой переработки морского сырья. Эти работы планируют проводить совместно с китайскими соинвесторами и при научной поддержке исследователей из Пущина. Виды деятельности самые разнообразные — от выращивания посадочной молодежи до извлечения из отходов рыбопереработки ценных омега-кислот и приготовления из них добавок к кормам для тех же рыб, выращиваемых в садках.

Создание подобных кластеров неизбежно приводит к оживлению местной промышленности. Ведь нужно пополнять запасы расходных материалов, осуществлять строительство, транспортировку, ремонт оборудования. А сами кластеры, объединяющие исследовательские и производственные компании, смогут, учитывая ошибки прошлого, отработать технологии марикультуры в наших климатических и правовых условиях и добиться наконец достаточной рентабельности, чтобы биотехнологиями было выгодно заниматься и на море, и на суше.

Программа развития биотехнологий отнюдь не исчерпывается темами, которые обсуждали на упомянутом совещании. Есть еще и мощное направление сельскохозяйственной биотехнологии, предполагающей развитие генной инженерии, есть пищевая биотехнология, ведущая к появлению новых функциональных продуктов питания. Надеемся, что обсуждение этих направлений станет темой будущих статей.





Насажждение отсталости?

Доктор экономических наук

Р.С.Дзарасов,

заведующий кафедрой политической экономии
РЭУ им. Г.В.Плеханова

Реформы образования, тяжелое положение в науке, ее невостребованность бизнесом, проблемы с высокотехнологической отечественной продукцией — все это вызывает раздражение как у многих специалистов, так и у рядовых граждан. Но в чем же причина? Заговор иностранных спецслужб? Некомпетентность чиновников? Их жадность и желание прибрать к рукам ценную недвижимость? Нет, все дело в характере общественного строя, сложившегося в нашей стране в пореформенный период. А называется он так: периферийный капитализм. Попробуем разобраться в его особенностях и в том, как они проявляются в нашей повседневной жизни.

Подготовлено на основании статьи, опубликованной в журнале «Вестник РАН», 2014, № 4, с. 291—303

Капитализм и насаждение отсталости

Сейчас у нас принято считать, что капиталистический общественный строй исключительно благоприятствует внедрению технического прогресса, отсталость же воспринимается как результат недостаточного развития капитализма. Однако если приглядеться, то окажется, что капитализм порождает неоднородную мировую систему, развивающуюся через эксплуатацию центром (развитые страны) периферии (отсталые страны). Еще в 1960-е годы американский экономист Андре Гюндер Франк обосновал концепцию «развития отсталости», согласно которой отсталость так называемых развивающихся стран — рукотворный феномен. В самом деле, большинство стран Азии, Африки и Латинской Америки к моменту вторжения в их жизнь капитализма были развитыми для своего времени обществами с диверсифицированной экономикой и относительной социальной стабильностью. Попав в сферу колониальной эксплуатации, эти общества подвергались глубокой трансформации. Экономика колоний стала монокультурной, ориентированной на производство нужных метрополии товаров, прежде всего сырьевых и сельскохозяйственных. За счет разорения крестьян создавалась многочисленная резервная армия труда. В среде правящего класса культивировалась компрадорская буржуазия, игравшая роль посредника в эксплуатации природных и трудовых ресурсов своих стран в интересах метрополий. Франк удачно назвал подобные правящие классы «люмпен-буржуазией».

Вот лишь несколько примеров из истории колониализма. Англичане силой разрушили передовую для конца XVIII — начала XIX века хлопчатобумажную промышленность Ирландии, навязав ей производство льняной ткани — сырья для дешевых поставок в Англию. Рабство, на которое опиралась торговля Британской империи, стало, с одной стороны, важнейшим источником накопления капитала для осуществления индустриализации в Англии, а с другой — главным фактором трансформации экономики и общества в Западной Африке: в XVI—XVIII веках регион потерял около 100 млн. человек. В Индии после колонизации были разорены местные ткачи, экономику страны полностью перестроили для снабжения метрополии дешевыми колониальными товарами. Промышленный подъем северо-восточных штатов США также связан с их посреднической ролью в эксплуатации европейскими метрополиями населения обеих Америк. Юг же деградировал, играя роль внутренней колонии северных территорий вплоть до второй половины XX века.

Было ли все это исторической случайностью? Нет, таковы требования экономики. Для минимизации затрат нужно разместить трудозатратные производства с низкой капиталоемкостью на периферии системы, а капиталоемкие производства — в центре. Подобная региональная специализация приводит к ценам выше трудовой стоимости для продукции развитых стран и ниже трудовой стоимости для продукции отсталых стран. Это означает, что экономики мировой периферии вынуждены безвозмездно передавать значительную часть созданной их рабочими трудовой стоимости экономикам центра. В этом заключается сущность неэквивалентного обмена и эксплуатации центром мирового капитализма его периферии. Следовательно, возможности технического прогресса и степень развития науки и образования определяются положением страны в мировой хозяйственной системе: отставание науки и образования в так называемых развивающихся странах оказывается не причиной, а следствием их принадлежности к периферии системы. Однако и сама эта система постоянно меняется.

Победа финансового капитала

Послевоенное время характеризовалось подъемом развитых стран Запада (центра мирового капитализма) и научно-технической революцией. В этот период в США утвердилось особое управление бизнесом — менеджерская фирма: когда



РАЗМЫШЛЕНИЯ

пакеты акций крупных бизнес-структур оказались распределены среди множества мелких собственников, менеджеры приобрели относительную самостоятельность при оперативном управлении компаниями. Считается, что, ориентируясь на укрепление долгосрочных позиций компаний на рынке, управленцы обеспечивали долгосрочные инвестиции корпораций. К началу 1970-х годов восстановление Западной Европы и Японии привело к обострению международной конкуренции. В условиях стагфляции — роста цен и падения производства — началось долгосрочное снижение доходности от вложений капитала в основные фонды промышленности. В 1980-е годы по американской экономике прокатилась волна слияний и поглощений, которая преодолела относительную самостоятельность менеджмента. Произошел сдвиг корпоративной власти от менеджеров к акционерам. В результате наиболее крупные из них — инвестиционные банки и фонды — приобрели огромную власть над корпоративной Америкой, преобразуя ее по своему образу и подобию.

Важнейшим последствием «контрреволюции акционеров» стала смена приоритетов американского бизнеса. Вместо поддержания долгосрочного роста американские корпорации стали сокращать занятость и инвестиции, направляя все большую долю прибыли на выплату дивидендов. В итоге изменилась структура капитала: сегодня финансовые активы составляют более половины активов нефинансовых корпораций США. В 2007 году на пике финансиализации, то есть замещения производственного капитала финансовым, сумма капитализации рынков акций, долговых обязательств и банковских активов — важнейший показатель финансиализации — превышала мировой ВВП в 4,4 раза, а оцениваемый почти в 600 трлн. долларов США теневой рынок финансовых производных (деривативов) достиг объема, превышающего мировой ВВП в 11 раз. По существу, современный капитализм сместил акцент в своей деятельности с созидательной, производственной активности на финансово-паразитическую. Это имело далеко идущие последствия для развивающихся стран.

Финансиализация стала главной предпосылкой глобального переноса материального производства из развитых стран, прежде всего из США, в регионы с низкой оплатой труда. Началась бурная индустриализация периферийных государств, и доля промышленной продукции в экспорте периферии выросла с 20% в 1980 году до 80% в 2003-м. Однако это не открыло путь к преодолению отсталости развивающихся стран в силу все того же механизма разделения труда. При этом транснациональные корпорации выступают в цепочках стоимости в качестве монополистов-покупателей (монопсоний), тогда как поставщики конкурируют друг с другом. Создание и поддержание такой организации мирового хозяйства — одна из главных задач Всемирной торговой организации.

Интересный вывод можно сделать из анализа структуры потребительских и импортных цен за последние тридцать лет. Так, с 1995 по 2006 год быстро рос объем денежной массы в США, однако цены росли крайне медленно, а импорт, напротив, дешевел. Получается, что рекордное снижение инфляции в США в это время произошло именно за счет эксплуатации периферии, а не из-за ограничения предложения денег.

Перенос производства в страны с низкой оплатой труда сопровождался переходом к трудоемким технологиям, что стало возможным благодаря шоковому расширению рынка рабочей силы. В 1990-е годы полтора миллиарда новых рабочих из Китая, Индии и республик бывшего СССР удвоили объем мирового рынка труда. В итоге образовалась огромная резервная армия труда, что, по некоторым оценкам, привело к снижению капиталовооруженности труда в мире на 55—60%. Таким образом, на падение прибыльности вложений в производственные активы центр мирового капитализма ответил отнюдь не повышением производительности труда за счет внедрения технического прогресса, а совсем наоборот. Это путь, обратный техническому прогрессу.

Все это подводит нас к важнейшему вопросу о роли, которую сегодняшний капитализм выделяет науке и образованию в современном мире. Французский исследователь Клод Серфати в 2008 году анализировал взаимосвязь между финансиализацией, глобальными цепочками стоимости и технологическими инновациями. Он отмечает, что хотя классик политической экономии Давид Рикардо и его последователи строго разграничивали предпринимательскую прибыль и ренту, «прогрессирующее размывание границ между этими явлениями по ходу истории капитализма очень затруднило» ныне проведение данного различия. В частности, монополизация технического прогресса привела к тому, что транснациональные корпорации фактически получают ренту за использование его результатов. При этом обострение проблемы «интеллектуальных прав собственности» как раз и вызвано их стремлением защитить патентами свою монополию на цепочки производства с высокой добавленной стоимостью, оставив на долю партнеров с периферии трудозатратные технологии. Это и ведет к техническому регрессу, особенно наглядно проявляющемуся на периферии. Естественно, что такой путь зависимого развития создает жесткие рамки для науки и образования. Последние достигают лишь того уровня, который необходим для создания обслуживающих центр производств, но не того, который необходим для самостоятельного развития. Более того, в условиях нарастания современного мирового экономического кризиса выживание стран центра мирового капитализма зависит от поддержания монополии на науку и образование сильнее, чем во времена Британской империи.

Насаждение отсталости в действии

Радикальные рыночные реформы в России начала 1990-х годов и ее последующее развитие служат ярким примером «насаждения отсталости». Страна, потерпевшая поражение в холодной войне, приняла волю победителя. Это выразилось, в частности, в проведении экономических реформ в рамках так называемого Вашингтонского консенсуса, ранее разработанного финансовым сообществом США для проведения своих интересов в Латинской Америке. Его суть сводится к формуле: либерализация (то есть приватизация, освобождение цен, дерегулирование капитала и внешней торговли) плюс стабилизация (то есть ограничение печатания денег).

В результате страна встала на путь зависимого развития. Это ярко проявилось во всесторонней трансформации, которую переживает наша экономика вот уже более двадцати лет, демонстрируя типичные черты насаждения отсталости. Широко известны факты упадка обрабатывающей промышленности, изменения структуры производства в пользу добывающих отраслей, обеспечивающих прежде всего экспорт энергоресурсов и другой продукции низкой степени передела. Это и есть переход к монокультурной структуре экономики для поставок в страны центра дешевой продукции и последующей покупки дорогой продукции переработки.

Возглавляет процесс компрадорский класс собственников, возникший в результате синтеза двух явлений: разложения советской правящей бюрократии и финансиализации современного крупного зарубежного бизнеса; эти процессы отражали разрушение базовых институтов и самих систем ценностей, соответственно советского общества и капитализма. Спецификой нынешней российской модели корпоративного управления стал неформальный контроль над акциями, поскольку в современной России трудно реализовать формальные права собственности, если они не подкреплены механизмами внеэкономического принуждения. Нестабильность такого контроля порождает потребность извлечения краткосрочного, рентного дохода для последующих вложений в экономику стран центра. Источником ренты могут быть урезание заработной платы рабочих и окладов менеджеров, сокращение инвестиций, уход от уплаты налогов, расхищение фонда амортизации, присвоение кредитных ресурсов, в общем, контроль над финансовыми потоками предприятия.

Потребность главенствующих на российских предприятиях групп накапливать сбережения за рубежом — один из важнейших стимулов непрерывающегося процесса извлечения ренты. По данным Центрального банка РФ, чистый вывоз капитала из страны частным сектором составил в 1994—2014 (по 3-й квартал включительно) годы 668,5 млрд. долларов. При этом чистый ввоз капитала наблюдался лишь в 2006—2007 годах — 31,5 млрд. долларов. Чтобы представить масштаб процесса, приведем такое сравнение: в первом—третьем кварталах 2014 года вывоз капитала той же категории достиг 85,2 млрд. долларов, тогда как весь бюджет РАН за этот год составил около 2 млрд. долларов. Таковы приоритеты нынешнего имущего класса страны.

Ориентируясь на извлечение краткосрочной ренты и ее инвестирование за рубежом, отечественный крупный бизнес неспособен осуществить модернизацию экономики. Согласно некоторым опросам российских менеджеров, в 1999—2013 годах от 20 до 55% предприятий вообще не осуществляло никаких производственных инвестиций. Те предприятия, которые все же вкладывают в развитие производства, зачастую приобретают устаревшее оборудование. Об этом свидетельствует сокращение за годы реформ доли современной техники в общем выпуске машиностроения и катастрофическое старение его собственного оборудования. Доля респондентов, полагающих, что инвестиции на их предприятиях обеспечивают полноценную модернизацию производства, колебалась в 2000—2012 годах между 3,7 и 18,4%. Такая глубокая незаинтересованность отечественного крупного бизнеса в технологическом прогрессе объясняет феномен невостребованности науки в современной России. Для построенной в ней экономики не требуется высокой трудовой квалификации населения. Фундаментальная, прикладная науки и качественное образование теряют смысл, и общество вполне закономерно стремится свести затраты на эти цели к минимуму.

Ответственность экономической науки

Периферийный характер нашего капитализма ярко отражается в состоянии сегодняшней экономической науки, которая как раз и готовит кадры как для управления предприятиями, так и всей страной. В пореформенной России возник целый ряд совершенно новых исследовательских и образовательных экономических заведений. Несомненно, образование, которое они дают, и проводимые ими исследования обеспечены высококлассными специалистами, обычно в составе смешанных коллективов западных и отечественных профессоров. Происходит тщательный отбор талантливых студентов, при этом предпочтение отдается людям, уже имеющим техническое или математическое образование. Само же обучение

резко отличается от принятых в советское время стандартов. Традиционно, например, на экономическом факультете МГУ студент изучал множество фундаментальных теоретических дисциплин — философию, политическую экономию, историю экономических учений. Можно справедливо упрекнуть советское экономическое образование в догматизме, но было бы неверно отказать ему в приобщении студентов к культуре теоретического мышления, благодаря чему они приобретали способность независимо рассуждать и делать самостоятельные выводы. В вузах, о которых идет речь, лекционные курсы не менее заряжены догматизмом, на сей раз неолиберальным, а главный упор сделан на технический анализ эмпирических данных с помощью утонченных математических методов. В результате выпускается специалист, чье мировоззрение ограничено догмами свободного рынка, приспособленный к обработке массива эмпирических данных исключительно с заданных идеологических позиций.

Подготовка подобных кадров поставлена на широкую ногу с весьма важными целями. Еще в 1990-е годы утвердилась практика создания при ведущих экономических министерствах страны так называемых экспертных комиссий, укомплектованных лучшими выпускниками образовательных учреждений нового типа. Эти формально совещательные органы в действительности осуществляют постоянный мониторинг экономической деятельности нашего государства и готовят проекты важнейших решений. Специалисты, оправдавшие доверие своей деятельностью в экспертных группах, продвигаются по

служебной лестнице, получают должности заместителей руководителей подразделений соответствующих экономических министерств. В дальнейшем они сменяют своих начальников, а потом становятся заместителями министров и министрами в правительстве РФ, воспроизводя на высших уровнях управления привитые в вузе подходы к решению проблем.

Заключение

Смирившись с моделью зависимого развития и насаждения отсталости, правящий слой современной России не нуждается ни в техническом прогрессе, ни в познании общества, в силу чего находит науку излишней и даже опасной. Борьба против Российской академии наук, как часть мероприятий по разрушению образования, науки и культуры в нашей стране, носит объективно неизбежный характер. Это не что иное, как приведение сферы общественного сознания в соответствие с реальными интересами и целями общественного строя по-реформенной России.

Развитие же образования, науки и культуры необходимы только обществу, которое ведет борьбу за самостоятельный путь развития, то есть в имеющейся реальности противостоит доминированию центра мирового капитализма. Это в своей основе та же проблема, которая стояла перед Россией начала XX века: как осуществить буржуазно-демократические преобразования, если буржуазия не способна их возглавить. Тогда решение этой проблемы вылилось в известные всем события.

Догматизм и либерализм

Казалось бы, покончив с марксистским догматизмом, экономическая наука могла вздохнуть свободно и заняться творческим развитием страны при свободном соревновании идей. Как ни странно, так не получилось: на смену одной догматике пришла другая. Более того, фундаментальные принципы неолиберального учения практически совпадают с принципами политической экономии социализма, формулируя одни и те же законы разными словами. Видимо, это отражает идеологическую потребность любой правящей касты в обосновании легитимности своего господствующего положения. Сравним основные догматы обоих учений.

Во-первых, обе школы предполагают, что в экономике отсутствует фундаментальная неопределенность, на которую указывал Джон Кейнс. В советской традиции общественный центр — совокупность органов государственного управления — трактовался как всеведущая сила, распределяющая имеющиеся ресурсы в соответствии с заранее выявленными общественными потребностями. В неоклассической либеральной теории аналогичным образом преувеличиваются способности для индивида — «рационального эконо-

мического человека» — максимизировать ожидаемую полезность на основе точного предвидения будущего.

Во-вторых, как официальный советский марксизм, так и неолиберализм объявляют способность обеспечивать бескризисное развитие фундаментальным свойством своих социально-экономических систем. В первом случае это отражено в законе плановости как постоянно поддерживаемой пропорциональности, а во втором — в теории общего равновесия. Закономерное возникновение кризисов равно исключается и в системе государственного социализма, и в системе либерального капитализма.

В-третьих, и политическая экономия социализма, и неолиберализм отрицают даже теоретическую возможность эксплуатации труда в рамках своих общественных систем, при этом обвиняя в его эксплуатации (со стороны частного капитала или государства) друг друга. Одновременно обе школы декларируют гармонию социальных отношений. Она достигается либо благодаря закону распределения по труду, согласно которому каждый гражданин получает доход в строгом соответствии со своим вкладом в общественное производство, либо в условиях рыночной конкуренции, когда любой фактор производства вознаграждается по величине своего предельного

продукта, то есть в зависимости от своего вклада в конечный результат хозяйственной деятельности (теория предельной производительности).

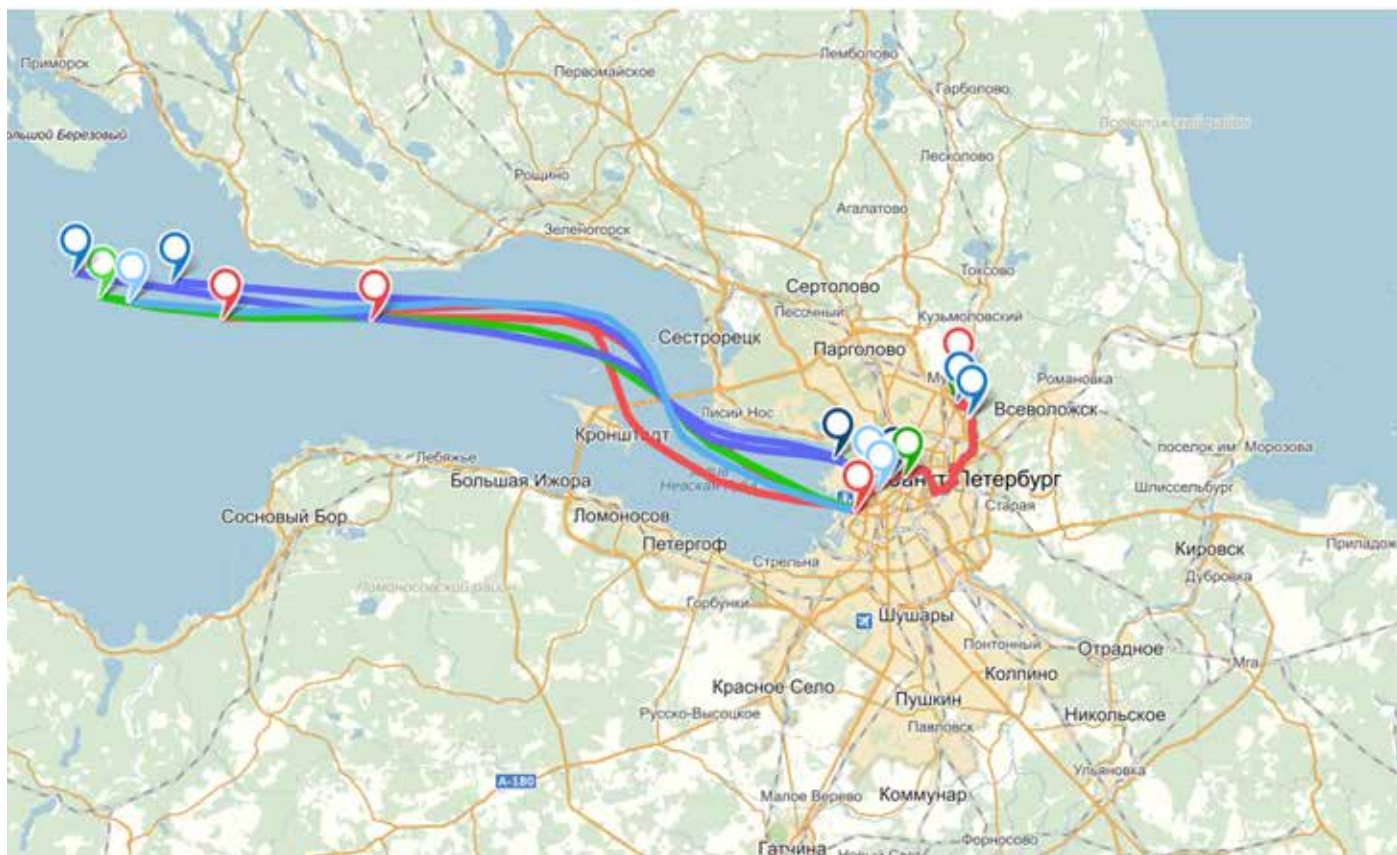
В-четвертых, максимизация благосостояния рядовых граждан трактуется как закономерно порождаемая экономическим развитием соответствующего типа. Для выражения необходимого характера достижения все большего благосостояния в советской науке постулировался основной экономической закон социализма, гласивший, что главной целью социалистической экономики служит всемерное удовлетворение постоянно растущих материальных потребностей трудящихся. В неолиберализме аналогичную роль играет принцип Парето-эффективности, отражающий такое состояние общества, когда никто уже не может повысить свое благополучие, не уменьшив благополучие кого-то другого. Это благостное состояние капитализма якобы наступает в результате рыночной конкуренции, являясь частью общего равновесия.

Нет ничего зазорного в том, чтобы формулировать эти посылки как идеал, к которому стоит стремиться. Беда в том, что их объявляют уже достигнутыми нормами соответствующих общественных систем.



РАЗМЫШЛЕНИЯ





Копротранспорт

Обычно содержимое унитаза попадает в городскую канализацию и далее следует на переработку к так называемым полям

орошения, проходя по дороге биологическую и химическую очистку, чтобы ни вредные продукты жизнедеятельности, ни содержащиеся в них болезнетворные организмы не пришли в соприкосновение с человеком. В идеале эти отходы должны оказаться в биогазовой установке, чтобы превратиться в углеводородный газ — подспорье для местной энергетики — и богатое азотом удобрение, но такое пока случается очень редко.

А если есть подозрения, что система работает как-то не так, что нет никаких очистных сооружений, полей орошения, а содержимое унитаза, покинув трубы канализации, сразу же оказывается в окружающей нас среде? Тогда нужно привлекать к ответственности городские службы. Но как доказать, что неприятный запах от реки вызван именно содержимым унитаза? Для этого нужно поставить

эксперимент по изучению копротранспорта (напомним, что по-гречески kopros — навоз или кал).

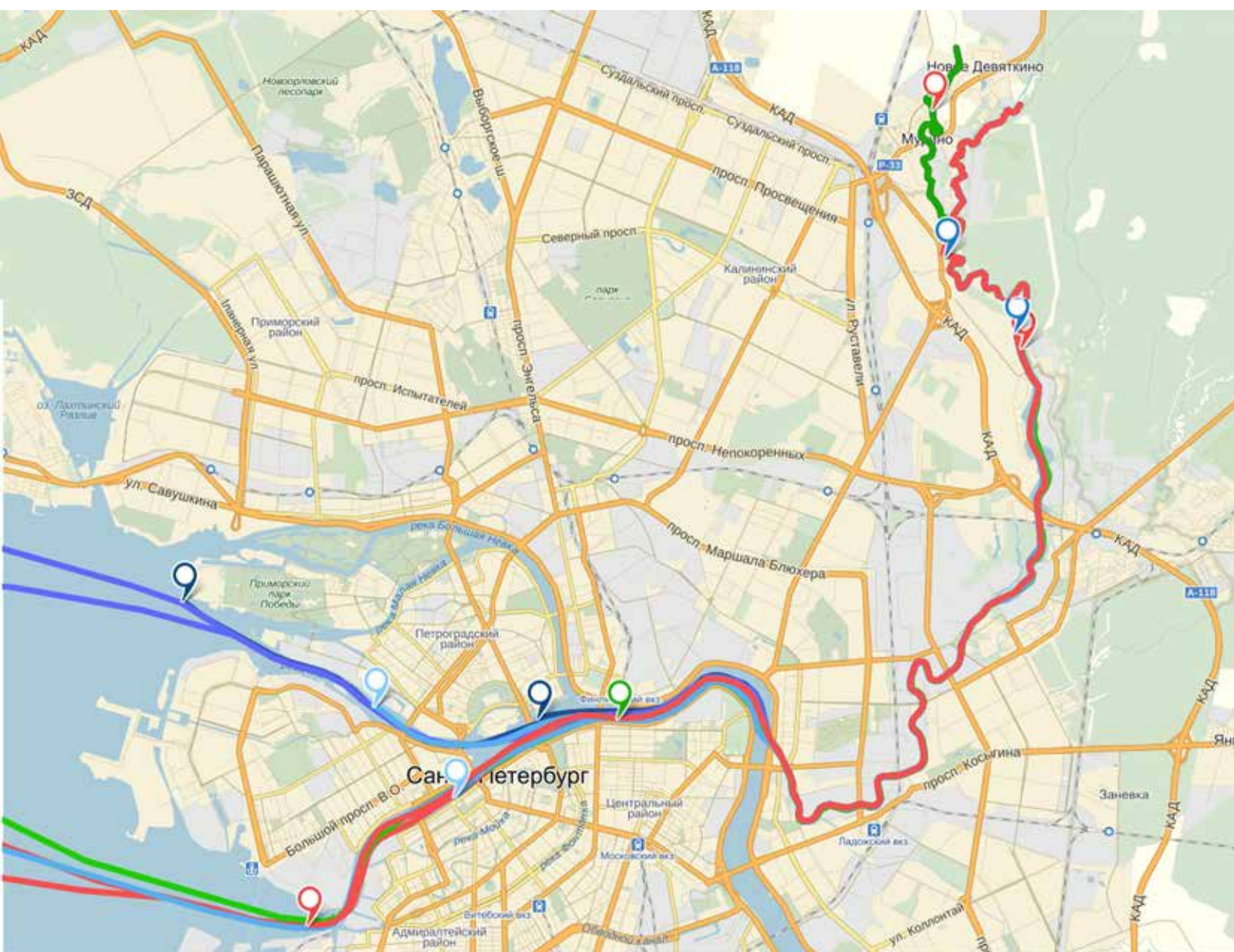
Именно такой эксперимент провела группа анонимных энтузиастов из деревни Новое Девяткино в Ленинградской области, которая стала местом массовой многоэтажной застройки. Санкт-Петербург, как и положено мегаполису, растет вширь — явление естественное, но есть один нюанс. Согласно предположениям и наблюдениям жильцов, застройщики и местные власти не озаботились созданием инженерных сетей для обеспечения новых многоэтажных зданий, а стали сливать канализацию непосредственно в Капральев ручей, протекающий неподалеку от деревни. Ручей этот впадает в Охту — приток Невы.

В это трудно поверить, все же не XV век на дворе, но запах от ручья был на редкость убедительным. Чтобы подтвердить или опровергнуть опасения обитателей девяткинских многоэтажек, экспериментаторы использовали высокие технологии — датчики глобальной системы навигации. Такие датчики размером с крупную фасолу есть в смартфонах и планшетах.

Конечно, экологи-энтузиасты не стали расковыривать дорогие смартфоны, тем более что им нужен был не простой датчик, а оснащенный хорошей батареей и способный каждый час посылать радиосигнал с информацией о своем местоположении.

Поскольку финансирования у эксперимента не было, пришлось пойти на хитрость: связаться с китайским изготовителем нужных датчиков, наобещать ему эффективную рекламу на безбрежном рынке и попросить прислать несколько образцов с батареей помощнее. Просьба была исполнена.

Датчики запаяли в полиэтилен, чтобы уберечь от намокания и придать плавучесть за счет воздушного пузыря. Однако при попытке смыть их в унитаз экспериментаторов постигла неудача: датчики отказались тонуть. Тогда их обвалили в грязи с добавками соли и теста. Утяжеленная модель благополучно отправилась в канализационную трубу. В воде соль растворилась, тяжелая оболочка с датчика упала, и он поплыл дальше вместе с объектом исследования, по определению в воде не тонущим.



Датчики копротранспорта надежно связали Новое Десяткино с Балтийским морем

Всего из унитазов в разных частях деревни канализацию сумело преодолеть пять датчиков, и они, как и предполагалось, оказались в Капральевом ручье, превращенном в зловонную канаву. Подозрения полностью оправдались: новый район петербургского мегаполиса живет по обычаям европейского средневекового города, выливая нечистоты прямо на улицу, себе же под окна.

А дальше началось неспешное путешествие датчиков (и, видимо, всего остального, что не тонет) к Балтийскому морю. Двигаясь со скоростью 0,1 км/ч, датчики попали в Охту, попутешествовали по каналам Петербурга, где их пути разошлись. Снова они соединились, попав с водами Невы в Финский залив, где теперь

ветер и течения несут их все дальше и дальше на запад. (За путешествием датчиков можно проследить на сайте koprottravel.info.)

Это пионерское исследование не прошло незамеченным. Так, прокуратура выяснила, что канализация в Новом Десяткине хоть и не была построена, однако деньги за нее с жильцов многоэтажек собрали. Водоканал же пообещал подключить дома к централизованной канализации. Городская администрация также заинтересовалась результатами, запросив у организаторов эксперимента параметры используемого оборудования. Согласно официальной версии, опыт понравился чиновникам и они решили повторить его на других объектах, авторы же эксперимента предполагают, что сказалось желание



ЭКСПЕРИМЕНТ

заболтать проблему обсуждением технических моментов проведенного изучения путей фекалий.

Вполне возможно, что китайские производители датчиков действительно останутся не внакладе: нарушения строительных и санитарных нормативов случаются и в других уголках нашей страны, так что местные энтузиасты смогут воспользоваться отработанной технологией, чтобы изучить особенности национального копротранспорта.

С. Мотыляев

Нанокатастрофа



**Алексей
Дуров**

Аня смотрела в планшет, озабоченно нахмурившись. Опять «горячую» статью читала. Алексей не понимал, что жена находит увлекательного в сетевых сенсациях, — мало ли было этих пустышек-однодневок. Но по крайней мере, у нее есть чем развлечься на пенсии, да и мужу не позволяет соскучиться. Вот, вздохнула и покачала головой:

— Чего пишут: «Мало кто задумывается, сколько вокруг нас нанороботов...» А я задумывалась!

— И я, — важно добавил Алексей. — Мы с тобой особенные.

— Может, он хотел написать: «Мало кто не задумывается»? — предположила Аня.

— Чего же не написал?

— Ну... Слушай дальше: «Они повсюду — в бытовых приборах, авторучках, даже мышеловках. Любая современная электронная схема и значительная часть материалов — это слипшиеся между собой наниты. И каждый из них устроен сложнее старинного паровоза».

Алексей хмыкнул:

— Жирнее хватай — сложнее паровозостроительного завода. Хотя завод сложнее паровоза, да.

Аня улыбнулась, но снова нахмурилась и продолжила:

— Тут про угрозу нанотерроризма, спецслужбы, наноапокалипсис... Ага: «Если скрытый дефект одного-единственного нанита не будет вовремя распознан, он неизбежно передастся другим нанитам, всей схеме и перекинется на другие схемы. Рано или поздно дефект проявит себя — в мировом масштабе! Ответственные системы хорошо защищены и многократно дублируются, первыми начнут выходить из строя мелкие бытовые устройства. И это будет симптом необратимой катастрофы!»

— Еще бы, — усмехнулся Алексей, — если ручка писать перестала, значит, скоро катастрофа. Привыкли все к нанитам. Что техника сама не ломается, а нарочно сломает — сама ремонтируется.

— А тот умный фонарик? — встрепелась Аня.

— Который ты в рулете запекла?

— Так не работает же!

— Уже работает. Выздоровел.

— А тот зятев планшет?! Так и не включился!

— Старый просто. Наверное... Хотя когда нанитов еще не было, гибких планшетов не делали, тем более таких тонких. Однако зять его еще в том году притащил, а катастрофы все нет.

Аня подумала и перестала хмуриться. В наше время, если нервничать каждый раз, когда кто-то предсказывает катастрофу, то можно потерять аппетит.

— А комментариев понаписали... — тянула Аня. — Всю технику надо проверять и вызывать спецслужбы, если что. И про запасы на случай катастрофы. И что бесполезно это все будет... Сейчас я им расскажу про планшет!

Она азартно размяла пальцы и принялась набирать комментарий. Алексей, пожав плечами — и чего такого интересного в форумных перебранках? — продолжил читать детектив.

Минут через пятнадцать Аня возмутилась:

— Не верят!

— А? — рассеяно переспросил Алексей.

— Не верят, что планшет не работает!

— Ну, не верят. Ты будто первый раз в жизни правду сказала! На старости лет...

— Но он и правда не работает! А они мнеограмму требуют! В режиме детектора лжи! Где у нас мнеотерминал?

— В правом нижнем ящике...

— Я знаю!

Алексей с неодобрительным удивлением следил, как жена достает из ящика и прилаживает на голове гибкий шлем терминала.

— Не бойся, — усмехнулась жена, настраивая режим детектора лжи, — семейных секретов не выдам.

Алексей подумал с минуту: какие же секреты может выдать Аня? И успокоился. Что делать, время такое — без мнеограмм никто никому не верит, хоть наизнанку вывернись. Впрочем, и раньше больше доверяли вранью, чем правде, зато сейчас, если уж мнеограмма предоставлена, нельзя нагло заявить: «Врешь!» — разве что проямлить: «Вы заблуждаетесь». Раз нельзя соврать, приходится верить.

Аня тем временем торжествовала:

— Теперь убедились! Ого, какой сразу переполох! Хотят мою мнеограмму на трубы выложить — соглашаться?

— Как хочешь, — разрешил Алексей. — Спать сегодня будем?

На следующее утро проснулись поздно, неторопливо позавтракали. Куда спешить на пенсии.

Аня вышла в сеть и охнула:

— Моя мнеограмма... Сорок пять миллионов скачиваний! Это с трех труб, а ее еще копировали...

Алексей тоже взялся за планшет. И почти сразу наткнулся на жареную статейку: из-за Аниной мнеограммы начинается паника. Одни в лес собрались, другие в бункера полезли. В церквях не то чтобы аншлаг, но наплыв. В Америке подскочил спрос на старинные ружья — они без нанитов. Россияне уже начали закупаться солью и зажигалками — посреди ночи! — украинцы — кофе, сигаретами и выпивкой. Горячие линии для самоубийц перегружены...

— Ты хотя бы анонимно там комментировала? — испуганно посмотрел на жену Алексей.

А она с ужасом уставилась на полку, где лежал зятев планшет. Свернулся в трубочку не толще пальца, делает вид, что ни при чем.

В дверь позвонили, Алексей пошел открывать с неприятными предчувствиями. Да, в гости явился целый отряд из пяти человек, все в глянцево блестящих скафандрах, обвешанные загадочными инструментами, и в руках какие-то хреновины с раструбами.

— Служба контроля и расследований, — напористым басом объявил передний гость. — Где планшет?

— В-вот! — Аня вынесла злосчастный подарок зятя. На вытянутых дрожащих руках.

— Старый телевизор, — определил передний гость. — До nano такие считались очень крутыми. Так где планшет?



Московский Дом Книги

СЕТЬ МАГАЗИНОВ



КНИГИ

Ричард Докинз
«Слепой часовщик.
Как эволюция доказывает
отсутствие замысла
во Вселенной»
АСТ, CORPUS,
2014



Как работает естественный отбор? Является ли он достаточным объяснением сложности живых организмов? Возможно ли, чтобы слепая, неуправляемая сила создала столь сложные устройства, как человеческий глаз или эхолокационный аппарат летучих мышей? Книга Ричарда Докинза защищает эволюционный взгляд на мир и развенчивает мифы, существующие вокруг дарвиновской теории

С.Д. Хайтун
Феномен человека
на фоне универсальной
эволюции
КД Либроком,
2014



Полемизируя с монографией «Феномен человека» П. Тейяра де Шардена, автор приходит к заключению, что человек — не итог эволюции, но лишь промежуточный финиш

Маркус Хенгстшлегер
Власть генов:
прекрасна как Монро,
умен как Эйнштейн
Питер,
2013



Мы придаем большое значение наследственности. Нередко родители даже ссорятся из-за поведения своего ребенка: «весь в тебя пошел», «это у него от твоей мамы». Действительно ли гены играют такую огромную роль и наша жизнь predetermined тем, какие участки ДНК достались нам от родителей? Что в нашей жизни обусловлено наследственностью, а что — средой и воспитанием?

Рафаил Нудельман
Тайные ходы природы:
Как гены-заики и другие
чудеса ДНК определяют
пути эволюции
ЛомоносовЪ,
2013



Эта книга рассказывает о невероятных путях эволюции живого на Земле и отвечает на многие вопросы. Как появился женский и мужской пол, почему живые существа стали самцами и самками, мужчинами и женщинами? Почему термиты таракуа при приближении термита другого вида взрываются, подобно камикадзе? Как и зачем рачок-саккулина меняет пол краба, на котором паразитирует? И наконец, какую роль во всех этих странностях и невероятностях играют гены?

Беар Гриллс
Истинное мужество.
Реальные истории о героизме
и мастерстве выживания,
сформировавшие мою личность
Пер. с англ. К.В. Бугаевой
Центрополиграф,
2014



Книга известного британского путешественника, телеведущего и писателя Беара Гриллса — результат богатейшего опыта, полученного им в ходе экспедиций и походов в самых разных уголках мира. Он бродил по джунглям и болотам, пробираясь по пыльным пустыням и голым скалам, ночевал в палатках и на деревьях, в пещерах, в шалашах и под открытым небом, всегда собранный, хладнокровный, не теряющий чувства юмора.

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

Палеонтология, экология, эволюция

Кандидат биологических наук

С.В.Багоцкий

Двадцать второго июля 2015 года исполняется 70 лет со дня рождения одного из самых ярких отечественных палеонтологов — Владимира Васильевича Жерихина (1945—2001).

В.В.Жерихин родился в Москве. Он был поздним ребенком. Его отец участвовал еще в Первой мировой войне, был ранен в голову, после чего правая часть тела осталась парализованной. Тем не менее он научился ходить и говорить и даже работал преподавателем математики в школе и вузе.

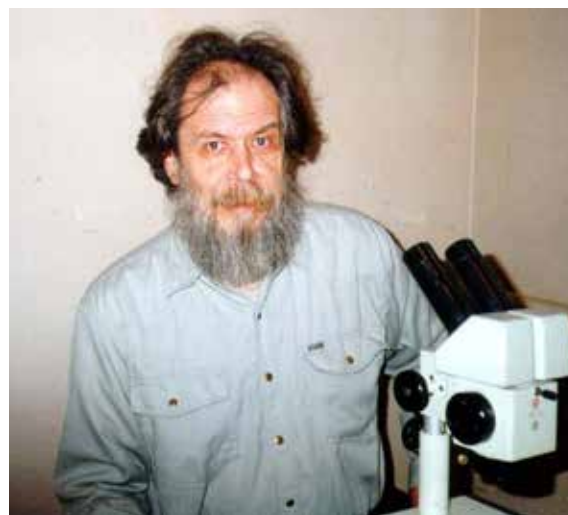
В школьные годы Володя Жерихин увлекался зоологией, в особенности энтомологией, занимался в школьном энтомологическом кружке при Зоологическом музее МГУ и в Клубе юных биологов Зоопарка — знаменитом КЮБЗе. Окончив в 1967 году биолого-почвенный факультет Московского университета, начал работать в лаборатории членистоногих Палеонтологического института АН СССР (затем Российской академии наук), где и прошла вся его трудовая жизнь. В 1996—2001 годы В.В.Жерихин был заведующим этой лабораторией.

Кандидатскую диссертацию В.В.Жерихин защитил в 1980 году, будучи уже зрелым исследователем. Докторскую диссертацию он не писал: ученая степень доктора биологических наук была присуждена ему в 1997 году на основании научного доклада «Основные закономерности филогенетических процессов (на примере неморских сообществ мезозоя и кайнозоя)».

Кругом научных интересов Жерихина с самого начала была палеонтология насекомых, в первую очередь жуков. Но от простого изучения ископаемых насекомых он сумел подняться до глубоких теоретических обобщений.

В.В.Жерихин заинтересовался причинами, по которым биологическая эволюция происходит неравномерно: относительно кратковременные периоды быстрой эволюции чередуются с длительными периодами застоя.

Эта тематика интересовала многих сотрудников Палеонтологического института. В 1969 году палеоботаник В.А.Красилов сформулировал представления о когерентной и некогерентной эволюции. Когерентная эволюция идет медленно и плавно и, как правило, не меняет своего направления. Ее результат — постепенная специализация живых организмов и формирование систематических групп низкого уровня (видов, в крайнем случае, родов). А некогерентная эволюция происходит быстро, при этом возникают принципиально новые и неожиданные формы. Систематические группы высокого уровня появляются, по мнению В.А.Красилова, в результате некогерентной эволюции. Красилов попытался понять, чем принципиально отличаются механизмы когерентной и некогерентной эволюции. Его работы в этом направлении продолжил В.В.Жерихин.



В.В.Жерихин

По его мнению, главная проблема заключалась не в том, чтобы понять, почему некогерентная эволюция идет быстро, а в том, чтобы понять, почему когерентная эволюция идет медленно и почему в когерентной эволюции потенциальные возможности той или иной группы остаются неиспользованными. Согласно его точке зрения, когерентная эволюция идет в сложившихся биогеоценозах с устойчивыми исторически сформировавшимися связями между его членами. Именно устойчивость и совершенство этих связей приводят к тому, что нетривиальное новшество окажется вредным для своего носителя и быстро исчезнет.

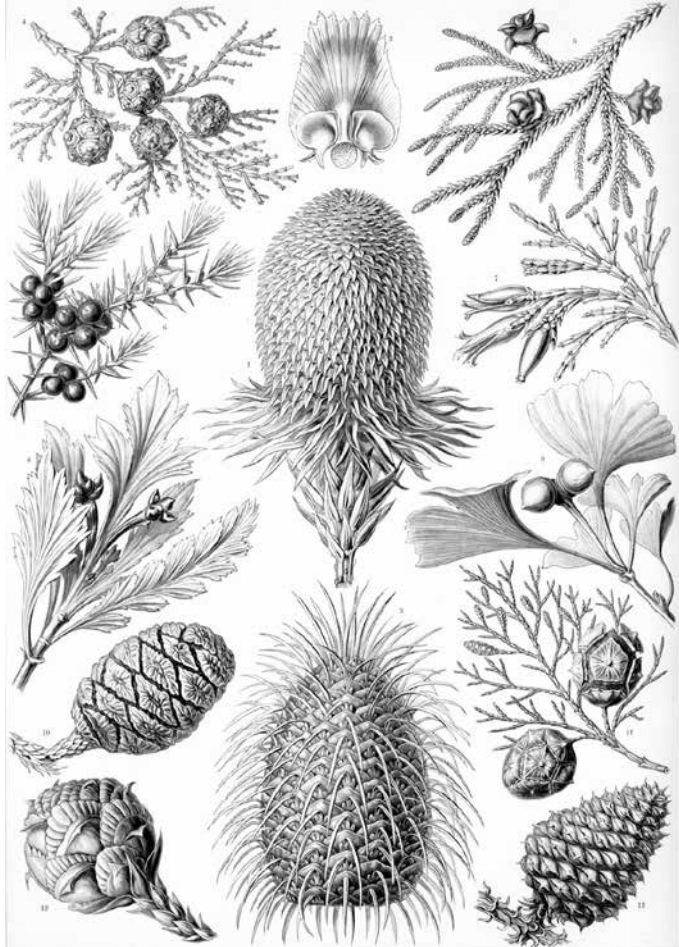
Для тех читателей, которые забыли школьный курс биологии, напомним, что биогеоценоз — это сообщество совместно обитающих живых организмов, принадлежащих к разным видам и приспособленных к совместному обитанию. Примеры биогеоценоза — еловый лес, степь, болото и т. д.

В.В.Жерихин предположил, что в биогеоценозах работают механизмы, замедляющие эволюцию популяций. К этим механизмам относятся:

- стабилизирующий отбор, устраняющий отклонения от сложившейся нормы;
- подавление колебаний численности, препятствующее случайному накоплению отдельных генов;
- межвидовая конкуренция;
- слабое влияние изменений отдельных популяций на другие популяции.

В насыщенных биогеоценозах происходит эволюционное совершенствование уже сложившихся межвидовых отношений. Это совершенствование и обеспечивает когерентная эволюция. Разрушение же биогеоценозов в условиях экологического кризиса снимает ограничения, накладываемые на возможные направления эволюции, и порождает некогерентную эволюцию.

Экологический кризис, который мы переживаем в настоящие дни, был не единственным в истории Земли. Палеонтологическая летопись свидетельствует о том, что и в далеком прошлом, задолго до появления человека, неоднократно происходили быстрые и массовые вымирания видов. Так, на границе палеозоя и мезозоя исчезли многие виды зверозубых пресмыкающихся, последние зверозубые вымерли во время следующего кризиса — в начале юрского периода. Вымирание многих форм пресмыкающихся расчистило пространство для новых хозяев мира — динозавров. Они, в свою очередь, вымерли на границе мезозоя и кайнозоя. А во второй половине мелового периода произошло массовое вымирание голосеменных растений и многих групп насекомых. Можно



У многих голосеменных семена находятся на чешуях шишек

привести и другие примеры. Однако высокая скорость раскручивания современного экологического кризиса не имеет аналогов в прошлой истории.

Изучая на палеонтологическом материале экологические кризисы прошлого, В.В.Жерихин показал, что резкая смена видового состава насекомых произошла не в конце, как считалось раньше, а в середине мелового периода. Приблизительно в это же время резко изменился и видовой состав растений: появилось много покрытосеменных. Эти события существенно не повлияли на динозавров, они вымерли, как уже упоминалось, позднее: на границе мезозоя и кайнозоя.

Экологические кризисы прошлого сопровождались не только вымиранием старых систематических групп, но и быстрой эволюцией с появлением новых. В.В.Жерихин вместе с некоторыми другими палеонтологами проанализировал динамику вымирания старых и появления новых таксонов. В результате были сформулированы признаки экологического кризиса и выделены его этапы.



Отдел покрытосеменные, или цветковые, имеет также название *Magnoliophyta* — в честь рода магнолия



ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

В 1988 году работавший в одной лаборатории с В.В.Жерихиным палеонтолог А.П.Расницын (тоже бывший КЮБЗовец) выделил четыре фазы экологического кризиса середины мелового периода: подготовительную, парадоксальную, драматическую, фазу успокоения.

Во время подготовительной фазы постепенно нарастает скорость формирования новых систематических групп не слишком высокого уровня. Одновременно усиливается и вымирание, но в целом разнообразие растёт.

Парадоксальная фаза характеризуется резким падением скорости образования новых систематических групп. Разнообразие падает: вымирание старых групп не компенсируется образованием новых.

В драматической фазе скорость появления новых систематических групп резко возрастает. При этом появляются короткоживущие группы, не переживающие кризис.

В фазе успокоения скорости появления и вымирания систематических групп стабилизируются на относительно невысоком уровне. В каком-то смысле живая природа приходит к докризисному состоянию, но уже с иным видовым составом.

Но отчего возникает сам кризис? Что было причиной массового вымирания видов на рубеже пермского и триасового периодов, в середине мела, почему, в конце концов, вымерли динозавры?

В первой половине и середине XX века такие массовые вымирания объясняли в основном внешними причинами: изменением климата, падением метеорита или еще чем-то подобным. В Палеонтологическом институте РАН более популярной была другая точка зрения: экологические кризисы прошлого объясняются внутренними причинами, порожденными эволюцией самой жизни.

В.В.Жерихин предложил изящную гипотезу, которая объясняла причины, породившие экологический кризис середины мелового периода. Этот кризис был, разумеется, связан с появлением новой группы растений: покрытосеменных, которые вытеснили большинство мезозойских голосеменных растений.

Напомню, чем покрытосеменные растения отличаются от голосеменных. У покрытосеменных семена образуются внутри плода, а у голосеменных — открыто на чешуях (как мы видим, например, в шишках сосны и ели). Есть и другие различия. Так, у многих покрытосеменных образуются цветки с лепестками и чашелистиками.

Голосеменные возникли очень давно, еще в палеозое, а покрытосеменные значительно позже — в юрском периоде мезозойской эры. Покрытосеменные имеют тесные экологические связи с насекомыми. Во-первых, насекомые переносят пыльцу от одного цветка к другому, во-вторых, они питаются мякотью листьев покрытосеменных (у голосеменных листья обычно жесткие и для насекомых малосъедобны). Вот почему эволюция этих групп оказалась тесно взаимосвязанной. В процессе естественного отбора побеждали покрытосеменные, цветки которых были наиболее привлекательными для тех или иных насекомых, и насекомые, наиболее приспособ-

бленные к посещению цветков. Растительоядные насекомые способствовали отбору растений, чьи листья содержали едкие и ядовитые вещества, а это приводило к отбору насекомых, не чувствительных к ядам. Результатом такой «гонки вооружений» стало большое разнообразие видов покрытосеменных, огромное разнообразие видов насекомых (наука не знает, сколько миллионов их видов существует на Земле: по одним оценкам шесть, по другим десять), а также разнообразие биологически активных веществ, содержащихся в растениях.

Так почему покрытосеменные стали преобладать над голосеменными?

Можно было предположить, что имело место банальное конкурентное вытеснение менее совершенных растений более совершенными. Но В.В.Жерихин придумал более интересное объяснение, основанное на представлениях о сукцессионных рядах.

Понятие сукцессии ввел в науку американский ботаник Фредерик Клементс. Сукцессия — это постепенное закономерное изменение биогеоценоза. Так, выросшее на месте пожара разнотравье закономерно сменяется березовым лесом, а березовый лес — еловым. При этом каждый предыдущий этап сукцессии формировал благоприятные условия для последующего.

Жерихин высказал предположение, что первые покрытосеменные растения могли расти только в нарушенных местообитаниях. Поэтому они конкурировали только с теми голосеменными, которые были типичны для ранних стадий сукцессии. Именно эти голосеменные и вытеснялись покрытосеменными. Но дальше начиналось самое интересное.

Когда на ранних стадиях сукцессии развивались голосеменные, они подготавливали условия для тех голосеменных, которые приходили после них. А вытеснив их покрытосеменные таких условий не подготавливали. Более того, логично предположить, что биологически активные вещества покрытосеменных блокировали рост растений, характерных для следующей стадии сукцессии.

В результате покрытосеменные вытесняли не только своих непосредственных конкурентов, но и виды, сменявшие этих конкурентов на всех последующих стадиях. Устойчивые биогеоценозы, основу которых составляли голосеменные растения, перестали воспроизводиться и сменились хаотическими группировками быстро растущих покрытосеменных — место хвойных лесов заняли лиственные. Наступил экологический кризис, приобретший глобальный характер. Этот кризис сопровождался массовым вымиранием старых видов и массо-

вым появлением новых — не только растений, но и насекомых, и других мелких животных. А вот крупных позвоночных кризис почти не затронул: вымирание динозавров произошло позже, в конце мелового периода.

Таким образом, замещение большей части голосеменных растений покрытосеменными объясняется не просто победой в «честной конкуренции» за ресурсы, а блокированием всей цепочки последующих событий.

В 1970—1990 годах в Палеонтологическом институте вели активную работу по созданию теории эволюции биогеоценозов Н.Н.Каландадзе, Н.С.Калугина, В.А.Красилов, А.П.Расницын, А.С.Раутиан и др. Владимир Васильевич Жерихин принимал деятельное участие в этой работе и был одним из ее неформальных лидеров.

В основе развиваемой модели лежала следующая идея. В более или менее стабильном биоценозе эволюция идет в основном по пути специализации. В результате появляются виды, которые все более эффективно добывают все более узкий круг ресурсов. При этом на границе между экологическими нишами специализированных видов появляются лакуны с недопотребленным ресурсом. Отдельная лакуна не может прокормить узкоспециализированный вид; но зато малоспециализированный вид, добывая ресурсы в нескольких лакунах сразу, может вселиться в сообщество. Получается парадоксальная ситуация: эволюция, идущая по пути специализации, создает условия для появления неспециализированных членов сообщества. Эти малоспециализированные виды разрушают его структуру и вытесняют высокоспециализированные, после чего начинается новый цикл «специализации — деспециализации».

Из этой модели следует, в частности, смена «поколений» специализированных видов. Примером может служить смена «поколений» хищных млекопитающих в кайнозое. Хищники первого поколения, принадлежавшие к отряду мезонихий, обладали многими чертами копытных животных. Их пальцы заканчивались не когтями, а копытами! А вот хороших приспособлений для охоты у них не было, и этот недостаток они в ряде случаев компенсировали огромными размерами. Так, эндрюсарх достигал в длину четырех метров и был самым крупным в истории хищным наземным млекопитающим.

Хищниками второго поколения были представители отряда креодонтов. Они обладали неплохими приспособлениями для охоты, однако их челюсти были малоподвижными. Креодонты могли перекусывать свою жертву, но обгладывать кости не были способны. Последние креодонты вымерли несколько миллионов лет назад.

Три ступени совершенства хищных млекопитающих: эндрюсарх (отряд мезонихий), гиенодон (отряд креодонты), волк (отряд хищные)



К третьему поколению принадлежат представители современного отряда хищных млекопитающих: волки, лисы, собаки, львы, тигры, кошки, куницы, хорьки и т. д.). Как хищники они значительно более эффективны, чем мезонихии и креодонты.

В начале 1990-х годов В.В.Жерихин публикует серию аналитических статей, посвященных истории разных биомов земного шара (биом — это совокупность однотипных биогеоценозов, например, всех лесов, всех степей).

И в Африке, и в Южной Америке в районе экватора растут дождевые леса. Для экваториальных лесов характерно огромное видовое богатство: далеко не всегда на одном гектаре можно найти два дерева, принадлежащих к одному и тому же виду. Такое разнообразие стало возможным благодаря специализированным на посещение цветков разных деревьев насекомым-опылителям. Без их посредничества пыльца никогда не смогла бы перелететь с одного дерева на другое. В зоне экваториальных лесов нет зимы и нет лета, есть лишь сезоны чуть более влажные (весна и осень) и чуть менее влажные (зима и лето). «Мертвое» органическое вещество в этих лесах практически не накапливается. И вопреки распространенному заблуждению они не являются поставщиками кислорода в атмосферу: сколько кислорода образуется при фотосинтезе, столько и поглощается при дыхании.

От дождевых экваториальных лесов отличаются дождевые субтропические леса. Они расположены дальше от экватора, где сезонные колебания влажности значительно больше, и видовой их состав гораздо беднее.

Традиционная точка зрения исходит из представлений о древности дождевых экваториальных лесов. В.В.Жерихин высказал мнение, что эти леса — молодые и возникли, по видимому, в эоцене (примерно 40—50 миллионов лет назад). Именно тогда появились три группы насекомых, играющие важную роль в дождевых экваториальных лесах. Это термиты, поедающие древесину, муравьи, уничтожающие насекомых, которые поедают листья, и пчелы, обеспечивающие специализированное опыление. В.В.Жерихин считал, что дождевые экваториальные леса возникли из дождевого субтропического леса в результате надстройки более поздних стадий сукцессии с более интенсивными детритными пищевыми



ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

цепями (детритная цепь — это пищевая цепь, начинающаяся не с живых растений, а с «мертвого» органического вещества).

Травянистые биомы типа степей возникли, по мнению В.В.Жерихина, в результате появления копытных животных. Большие стада копытных сумели остановить сукцессию «трава — лес» на ранних стадиях, вытаптывая и поедая всходы деревьев. Впервые это произошло в Южной Америке. Позже устойчивые травянистые сообщества возникли независимо в Северной Америке и в Австралии. Через перешеек на месте Берингова пролива североамериканские копытные, а за ними и степи перешли из Северной Америке в Азию, а затем и в Европу.

Большую работу В.В.Жерихин посвятил истории биома средиземноморского типа. Это быстрорастущие заросли низкорослых лесов или кустарников, как правило, жестколистных, в которых накапливается большое количество опавших листьев. По ряду причин листья в этом климате разлагаются очень медленно, что приводит к частым пожарам. Во время пожаров опавшие листья сгорают, повреждаются также деревья и кустарники. Но после пожара сообщество быстро восстанавливается.

Как справедливо отмечает Жерихин, огонь в таких сообществах является периодически действующим редуцентом. (Редуцентами в экологии называют организмы, которые разрушают «мертвое» органическое вещество и высвобождают содержащиеся в нем биогенные элементы. К редуцентам относятся бактерии, грибы, жуки-навозники и т. д. Огонь, конечно, не живой организм, но последствия пожара оказываются сходными с последствиями работы бактерий.) А если учесть, что топливо для пожара заготавливается самими членами сообщества, то пожары можно в некотором смысле считать биотическим фактором.

Сообщества средиземноморского типа встречаются по берегам Средиземного моря, в Калифорнии, Южной Африке, Австралии — там, где зима влажная и прохладная, а лето сухое. Можно предположить, что сообщества средиземноморского типа возникли в результате стабилизации пожарами промежуточной стадии сукцессии. Например, во многих районах Средиземноморья такие сообщества стали стабильными после того, как человек погубил нормальные леса. А в этих лесах многие представители сообществ средиземноморского типа входили в состав подлеска.

Общий вывод из работ В.В.Жерихина по анализу биомов заключается в том, что новые стабильные сообщества возникают из прежних либо путем надстройки новых стадий сукцессии, либо в результате блокирования сукцессии на промежуточном этапе.

Ряд работ В.В.Жерихина был посвящен сообществам мелового периода. Например, исследуя насекомых озер мелового периода, В.В.Жерихин и Н.С.Калугина сформулировали представление о том, что во времена господства голосеменных на Земле существовал исчезнувший ныне тип водоемов, который авторы называли гипотрофными озерами.



Gary Kramer/National Digital Library of the United States Fish and Wildlife Service

Современная наука делит все озера на олиготрофные, мезотрофные, эвтрофные и дистрофные. В олиготрофных озерах мало солей азота и фосфора и поэтому масса (биомасса) водорослей там мала. Мала и биомасса других организмов. Кислорода при дыхании поглощается мало, и его содержание в воде остается стабильно высоким. В олиготрофных водоемах большинство водорослей съедается живыми, свежими: как говорят экологи, в них функционируют преимущественно пастбищные пищевые цепи. В эвтрофных озерах солей азота и фосфора много, биомасса водорослей большая, кислорода поглощается много, и его содержание в воде сильно колеблется в течение суток. Из-за временного дефицита кислорода в таких водоемах может гибнуть рыба. В эвтрофных водоемах большинство водорослей съедается после смерти: в них функционируют преимущественно детритные цепи. Мезотрофные озера — это нечто среднее между озерами олиготрофными и эвтрофными. В дистрофных озерах солей азота и фосфора много, но водоросли плохо растут из-за каких-то химических особенностей воды. «Пищи» для водорослей там много, но жизни — мало. Такие озера обычно располагаются рядом с большими болотами.

Гипотрофные озера, открытые Жерихиным и Калугиной, характеризовались низкой величиной фотосинтеза и почти полным отсутствием водорослей, низкой бактериальной активностью и высоким содержанием кислорода. Биогенез этих озер существовал не за счет фотосинтеза, а за счет поступления медленно разлагающегося органического вещества с берегов. Значительную часть этого органического вещества составляли опавшие листья голосеменных растений, обладавшие антибактериальной активностью. Органическое вещество разлагали не бактерии, а животные, фильтрующие воду и извлекающие из нее пищу (например, двусторчатые моллюски и некоторые рачки). Гипотрофным водоемам был свойствен весьма специфический набор животных, многие из которых (например, личинки веснянок) не выносили недостат-

ка кислорода. Были эти водоемы, как правило, небольшими и мелкими, не глубже нескольких метров.

В 1991 году в журнале «Нева» (№ 8) была опубликована статья В.В.Жерихина «Искажение мира». В ней высказывались важные мысли о науке, о том, что разные научные концепции не только опровергают, но и дополняют друг друга. Поэтому должны сосуществовать и развиваться разные подходы и разные взгляды, позволяющие увидеть предмет исследования с разных сторон, иначе мы с неизбежностью будем воспринимать мир искаженно. Автор писал также о национальных особенностях науки: по его мнению, нам не нужно было включаться в гонку с западными странами в области молекулярной биологии, обескровливая традиционно сильные в нашей стране направления, в частности экологию и теорию эволюции.

В.В.Жерихин активно занимался педагогической работой. Он читал лекции в Московском университете на геологическом факультете. Будущих палеонтологов готовят не на биологических, а на геологических факультетах, и это, наверное, не очень хорошо: фундаментальное биологическое образование для палеонтолога весьма полезно. Поэтому-то Палеонтологический институт РАН охотно принимает на работу выпускников биофака МГУ. Читал В.В.Жерихин и отдельные спецкурсы на кафедре теории эволюции биологического факультета Московского университета. Кроме того, он несколько лет вел курс экологии в биологических классах московской гимназии № 1543.

В.В.Жерихин ушел из жизни 21 декабря 2001 года. В 2003 году издательство КМК выпустило большой том его избранных работ (В.В. Жерихин. Избранные труды по палеоэкологии и филогенетике. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2003).



В.В.Жерихин Заповеди полевика

Эти заповеди приводит и комментирует А.С.Раутиан в предисловии к сборнику работ В.В.Жерихина «Избранные труды по палеоэкологии и филогенетике».

1. Начальник отвечает за все, но вовсе не должен лично участвовать во всех делах. Не для того ему даден отряд, чтобы он все делал сам.

2. Повариха (если она есть) — второй человек в отряде после начальника. От ее работы климат в отряде порой зависит больше, чем от начальника, особенно в пути, а производительность труда — не меньше.

3. Стоит прислушиваться к «гласу народа» (особенно если он опытен), но никогда не следует перекладывать на него ответственность за принятые решения.

4. Отряд едет в поле, чтобы начальник мог выполнить возложенную на него (обычно им самим) задачу. Забота о сотрудниках должна преследовать эту главную цель, но не затмевать ее.

Эта заповедь особенно важна для мягкого человека, каким, несомненно, был Владимир Васильевич. Он явно с трудом заставлял себя следовать этой, равно как и первой, заповеди.

5. Любая инициатива низов на пользу общего дела должна поощряться. Но, как известно, «инициатива наказуется»: наприсился — вперед...

6. Никогда не бывает так, чтобы каждый из участников был одинаково хорош на всех видах работ. Поэтому полезно разделение труда, тем более что обычно люди с удовольствием делают то, что умеют. Самые приятные и самые неприятные работы народ должен делать в очередь.

Владимир Васильевич всегда старался не делать для себя исключения, и, я думаю, иной раз зря. Особенно трудно начальнику ставить себя в особое положение, но именно его выделенная роль часто важнее всего для успеха дела.

7. Как известно, в каждой деревне есть свой дурак. Если его нет, то его «назначают». Отряд — та же маленькая деревня, в которой иной раз возникает тенденция «искать дурака». Подтрунивать друг над другом — милое и благо-

родное дело, но делать из человека штатного козла отпущения — гнусно.

8. Начальник может подтрунивать над народом, когда и если (по выражению А.К.Агаджаняна, тоже КЮБЗиста, ныне заведующего лабораторией млекопитающих в ПИНе) народ подтрунивает над ним.

9. Часто (но далеко не всегда) проще человеку дать ошибиться, чем сразу осаживать его.

10. Чаще всего работа палеоэнтомологического отряда — сиди на обнажении, колоти породу, пока светло, и отбирай остатки насекомых. Народ часто рвется погулять, посмотреть окрестности. Если это не предусмотрено планом работы, для этого существует дождливый день, когда на обнажении работать невозможно. Кто в самом деле хочет «расширять ландшафтное мировоззрение», пойдет и под дождем. Но начальник при этом «должен быть впереди на лихом коне».

11. Если человек старается, надо это иногда замечать, даже если у него не очень получается.

Шипастый арсенопирит

Кандидат
технических наук
Б.З. Кантор,
Российское
минералогическое общество

Шипастый кристаллик арсенопирита (фото 1) заслуживает внимания и обсуждения. Для начала — краткая справка о минерале.

Арсенопирит — природный сульфо-арсенид железа FeAsS . Встречается главным образом в гидротермальных жилах, где образовался из горячих водных растворов. Часто сопровождает полиметаллические (Zn, Cu, Pb), вольфрамовые и оловянные руды, образует и самостоятельные месторождения. Старинные немецкие рудопы старались отделять его от руды, так как примесь арсенопирита, попав в металлургическую шихту, мешала образованию шлака и испускала ядовитый дым. Правда, заметить арсенопирит в почти полной темноте низенькой штольни было нелегко; но он и сам давал о себе знать, испуская неприятный чесночный запах, когда его задевали киркой. Отсюда возникло первое, фольклорное, название арсенопирита — миспикель, «отвергающий кирку». Спрос на миспикель был ограниченным, иногда его использовали для изготовления желтой краски и яда — «белого мышьяка».

Потребность в арсенопирите и других мышьяковых минералах резко возросла с 20-х годов прошлого века, когда мировые державы принялись наращивать запасы боевых отравляющих веществ и появился промышленный спрос на мышьяк. В настоящее время ограниченная потребность в мышьяке для химической и металлургической промышленности, производства полупроводников в основном удовлетворяется отходами плавки полиметаллических руд. Проблема поиска источников мышьяка сменилась проблемой их утилизации. Минералы мышьяка, извлекаемые попутно с рудами, не находят спроса, накапливаются в отвалах и продуктами своего выветривания отравляют почву и грунтовые воды. Арсенопирит изредка используют как источник никеля, кобальта, золота, иногда входящих в его состав в качестве примесей.

Для коллекционеров же арсенопирит был и остается одним из любимых минералов. Он обладает всем тем, что



Фото 1
Арсенопирит, кристаллы до 12 мм. Дальнегорск, Приморский край



Фото 2
Арсенопирит, 3 см. Дальнегорск, Приморский край

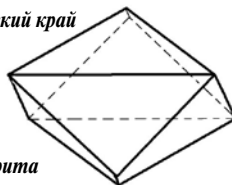


Рис. 1
Кристалл арсенопирита



Фото 3
Арсенопирит с кварцем. Высота 5 см. Чифенг, Внутренняя Монголия, Китай

ФОТОИНФОРМАЦИЯ

ценится в коллекциях: четкой и разнообразной формой псевдоромбических кристаллов (рис. 1, фото 2), красивым цветом и блеском, напоминающими полированную нержавеющую сталь, встречается в эффектных сочетаниях с кальцитом и кварцем (фото 3), в изысканных друзах, двойниках, различных усложненных формах (фото 4, 5).

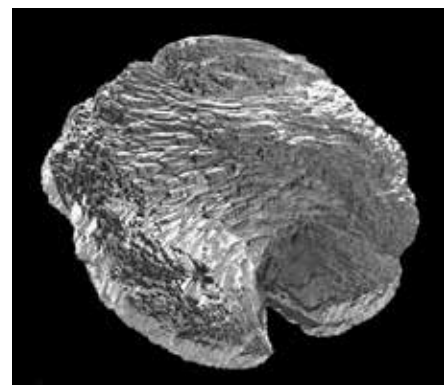


Фото 4
Расщепленный двойник арсенопирита, 3,5 см.



Фото 5
Арсенопирит, 8 см. Чифенг, Внутренняя Монголия, Китай

Но чтобы вот так, с шипами? Происхождение этих кристаллов долгое время оставалось загадкой. Бросается в глаза, что шипы ориентированы одинаково: это характерный признак



Фото 6
Эпитаксическое нарастание халькопирита на сфалерите, 6 мм. Жезказган, Центральный Казахстан

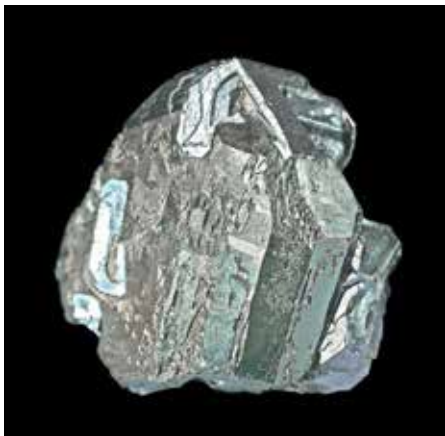


Фото 7
Эпитаксия галенита на тетраэдрите, 3 см. Дальнегорск, Приморский край

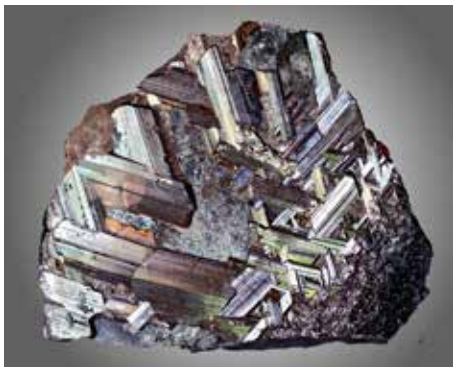


Фото 8
Эпитаксия рутила на гематите, 7 см. Двойники рутила ориентируются одинаково. Ново-Оризонти, Бразилия

эпитаксического нарастания кристалликов другого минерала. В минеральном царстве явления эпитаксии нередки и особенно распространены как раз среди сульфидных минералов. Известны случаи эпитаксии халькопирита CuFeS_2 на сфалерите ZnS (фото 6), галенита PbS на тетраэдрите Cu_3SbS_3 (фото 7) и др. Нарастающие кристаллы ориентируются параллельно друг другу (фото 8). Кристалл сфалерита в эпитаксической корочке халькопирита (фото 9) при определенном повороте к свету вспыхивает золотом — это сияние получается в результате одновременного



Фото 9
Кристаллы сфалерита, до 2 см, с эпитаксической корочкой халькопирита. Жезказган, Центральный Казахстан

блеска слагающих корочку бесчисленных кристалликов халькопирита.

Шипы выглядят очень похоже на эпитаксические нарастания другого минерала, скорее всего, арсенида железа FeAs_2 . Однако это предположение просуществовало лишь до тех пор, пока не представилась возможность точной лабораторной идентификации. Тогда оказалось, что они состоят из того же арсенида, что и сами кристаллы. Получалось, что это какие-то выросты? Но это противоречит элементарным представлениям о том, как протекает процесс кристаллизации. Считается, что растущий кристалл адсорбирует вещество из раствора, частицы одна за другой и слой за слоем выстилают поверхности граней, и растущая грань постоянно остается ровной и гладкой. Откуда же появились выросты?

Как правило, процессы кристаллизации в мире минералов протекают намного сложнее, чем на лабораторном столе, и сопровождаются различными химическими реакциями. Тем не менее общие закономерности действуют и здесь. Кристаллизация возможна только в пересыщенном растворе, и в кристаллическое состояние переходит из раствора только излишек вещества, при данных условиях превышающий его растворимость. Скорость адсорбции вещества кристаллом зависит от степени пересыщения раствора: чем

он более пересыщен, тем быстрее, при прочих равных условиях, идет адсорбция. А инструментом адсорбции служит внешнее силовое поле кристалла, создаваемое свободными химическими связями частиц, составляющих кристаллическую поверхность.

Статистически, в среднем, пересыщение раствора везде одинаково. Это фон, на котором идут локальные флуктуации, порожденные хаотическими движениями частиц: то здесь, то там в случайные моменты времени возникают и распадаются случайные их сгущения. Оказавшись в силовом поле кристалла, такое сгущение может быть адсорбировано растущей гранью, и на ней появляются маленькие выступы. Но в следующий момент сгущения частиц уже нет, и выступ растет «на общих основаниях» с гранью.

Впрочем, долго он прожить не может. На упрощенной схеме (рис. 2а) видно, что выступ образует с гранью входящий угол, где концентрируется внешнее силовое поле кристалла (рис. 2б). В более сильном поле адсорбция частиц ускоряется: входящий угол превращается в ловушку частиц и зарастает в опережающем темпе. В данном случае быстрее зарастает основание выступа, и вскоре он исчезает под более поздними наслоениями, грань снова становится гладкой и ровной. Таким образом, поверхность растущей грани регулируется отрицательной обратной связью, обеспечивающей стабильность роста и гладкость грани. То есть на готовом кристалле выростов и в самом деле быть не должно.

Но сложные процессы, состоящие из двух или более последовательных, протекают со скоростью самой медленной составляющей. Процесс кристаллизации складывается из двух — доставки частиц к поверхности и адсорбции их кристаллом. Прежде чем прилипнуть к кристаллу, частице необходимо к нему попасть — преодолеть путь и совершить необходимую для этого работу. В рассмотренном примере этот предварительный этап проделан по умолчанию: подразумевается, что строительный материал всегда наготове в нужном количестве. Однако это возможно лишь при условии, что доставка идет быстрее адсорбции. Такой режим питания растущего кристалла называется **кинетическим**. На практике он достигается достаточно интенсивным перемешиванием раствора в результате течения или конвекции.

Кристаллизация может происходить и в застойном растворе, где нет ни течения, ни конвекции. В этом случае растущий кристалл питается только за счет диффузии частиц строительного материала и обычно отстает от адсорбции — это **диффузионный** режим. Но

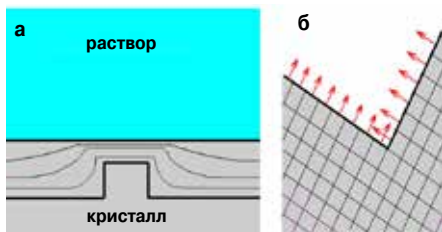


Рис. 2
а — зарастание случайного выступа (кинетический режим); б — усиление поля кристалла внутри входящего угла

дело не только в этом. В схематизированном виде процесс выглядит так. Растущий кристалл отбирает из раствора частицы строительного материала, а свежий раствор не поступает. Поскольку диффузионная доставка материала отстает от адсорбции, застойный раствор с приближением к растущему кристаллу все более обедняется — степень его пересыщения падает, а у самой поверхности грани статистически равна нулю (рис. 3). Тем не менее, хотя кристалл растет медленнее, чем в текущем растворе, флуктуации пересыщения имеют место и в этом случае, и — возникают те самые выступы.

Но дальнейшая их судьба на сей раз иная. Выступ вдаётся в более пересыщенный раствор, то есть попадает, по сравнению с гранью, в более благоприятные для роста условия. А входящий угол при основании выступа зарастает медленнее, со скоростью роста грани, поскольку пересыщение здесь близко к нулю. Так маленькая флуктуационная неровность превращается в застойном растворе в автономный центр роста, связанный с кристаллом единством кристаллической структуры. Как видим, в застойном растворе действует *положительная* обратная связь, поощряющая нестабильность роста и появление выростов и автономных центров роста, ориентированных, в кристаллографическом смысле, одинаково.

Теперь понятно, что обсуждаемые шипы на поверхности арсенопирита могли возникнуть вследствие роста кристалла в застойном растворе.

Шипастый арсенопирит весьма выразительно иллюстрирует этот неожиданный эффект. «Химия и жизнь» ранее описывала еще один замечательный пример — дендрит природного нашатыря NH_4Cl («Видом как деревце», 2005, № 11), в котором кристаллизация шла не в растворе, а в застойной газовой среде. В обоих случаях кристаллизация

в застойной среде сопровождалась возникновением множественных автономных центров роста и образованием упорядоченных групп кристаллов. В природе подобные срастания кристаллов, упорядоченная параллельность которых кажется ничем не мотивированной, встречаются на каждом шагу.

Возникновение множественных автономных центров роста возможно и в текущем растворе. Для того чтобы адсорбция опережала подачу строительного материала, раствор должен быть сильно пересыщен. Однако в природных условиях такие случаи редки. Как правило, не имеющее видимой причины упорядоченное параллельное срастание можно считать свидетельством роста в застойной среде.



Фото 10
Кристаллы полевого шпата, 3,5 см. Горы Папачкра, Катамарка, Аргентина

Рассмотрим, например, как возникло параллельное срастание кристаллов полевого шпата (фото 10). На рис. 4 представлена схема эволюции этой кристаллической группы, растущей в застойном питающем растворе. Стрелка указывает направление преобладаю-

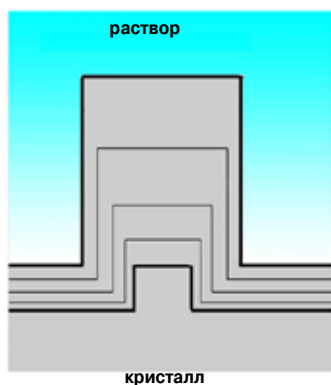


Рис. 3
Развитие выступа в застойном растворе (диффузионный режим). Голубой градиент символизирует распределение пересыщения

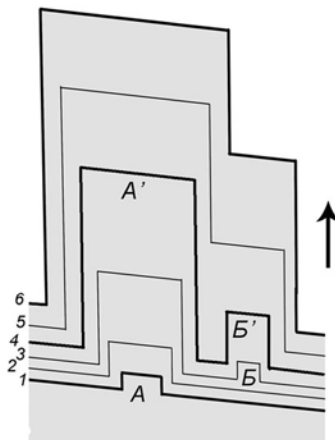


Рис. 4
Эволюция кристалла полевого шпата



ФОТОИНФОРМАЦИЯ

щего роста, линиями отмечены контуры кристаллов в последовательные моменты времени.

В момент 1 на растущей грани появился выступ А. В момент 3 на грани появился также выступ Б, но за это время выступ А успел подрасти. До момента 4 оба кристалла росли автономно, продолжая одну и ту же кристаллическую структуру, поэтому возникла упорядоченная параллельная группа, где грани обоих кристаллов соответственно параллельны. Затем оба кристалла срослись и продолжили расти уже как единое кристаллическое тело.

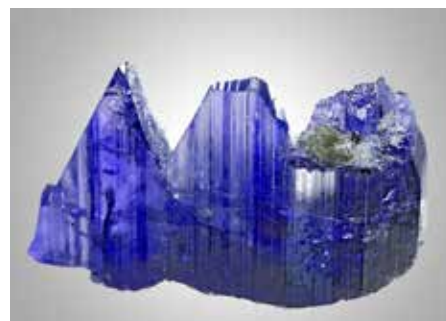


Фото 11
Танзанит, 3,5 см. Аруша, Танзания



Фото 12
Топаз, 7 см. Месторождение «Забывтое», Приморский край

В принципе аналогично образовались сложные кристаллы (упорядоченные параллельные группы) танзанита — ювелирной разновидности цоизита $\text{Ca}_2\text{Al}_3(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)\text{O}(\text{OH})$ (фото 11), топаза $\text{Al}_2(\text{SiO}_4)(\text{F},\text{OH})_2$ (фото 12) и многих других минералов.

Фотографии автора.

Халва

Что такое халва? Халва в переводе с арабского означает «десерт» или «сладость», а сладость — понятие собирательное. Разновидностей у халвы великое множество. Ее родиной принято считать Персию, где халву готовили еще в V веке до н. э. и откуда разные ее виды распространились по всему Среднему и Ближнему Востоку. Так это или нет, теперь сказать трудно, но в современном Иране до сих пор существуют особые повара, называемые кандалатчи — специалисты по халве. Они владеют великим секретом: как все компоненты лакомства хорошенько взбить, вспенить до определенной консистенции и нагреть до нужной температуры, а потом соединить и остудить, продолжая при этом взбивать, чтобы получилось воздушная сладость, тающая во рту. Современное промышленное производство, разумеется, проще.

В состав халвы непременно входят патока, сахарный сироп или мед для сладости и различные наполнители: мука, перетертые семена масличных растений, орехи, бобовые, овощи. Во многих случаях в сироп добавляют пенообразователь, который делают из мыльного корня, корня солодки или алтея, либо просто яичный белок.

Халва из муки. В Греции, Азербайджане, Иране, Турции, Индии, Пакистане и Афганистане популярна халва, приготовленная из пшеничной муки или манной крупы со сливочным или растительным маслом и сиропом. Манку обжаривают в большом количестве масла и смешивают с горячим сиропом или медом, а затем добавляют изюм, финики, сухофрукты или орехи. На этом этапе халва светло-бежевого цвета и достаточно мягкая. Ее можно варить и дальше, пока она не станет более темной и плотной, или оставить мягкой. Манная халва маслянистая, очень сладкая, имеет несколько желатиновую структуру.

Иногда мучную халву делают практически без масла в виде тонких длинных нитей, которые заворачивают в воздушный кокон и сжимают. Получается сладкая вата.

В Занзибаре халву готовят из рисовой муки и кокосового молока, содержащего до 22% жирных кислот, сахара, белки и витамины. В Греции популярна халва из кукурузного крахмала, образующего при нагревании вязкую субстанцию. Блюдо выходит очень сладкое, с карамельным вкусом.

В Пакистане и Индии делают овощную халву. Вместо манки используют свеклу, тыкву, сладкий картофель, а чаще всего морковь. Овощи готовят со сгущенным молоком и топленым маслом, получается нечто влажное и слоистое.

Орехи и семечки. В нашей стране едят халву из перетертых в пасту семян и орехов. В России, на Украине и в Белоруссии распространена халва из семян подсолнечника. Очищенные и высушенные семена обжаривают и размалывают, добавляя затем рафинированное подсолнечное масло, чтобы жирнее было. Эту пасту называют белковой массой. Из сахарного сиропа и патоки в соотношении 1:2 готовят карамельную массу. Патоки нужно много, она задерживает кристаллизацию сахарозы, а карамельную массу для халвы долго взбивают и перемешивают, и все это время она должна сохранять пластичность. А сбивают ее с пенообразователем, и чаще всего в этом качестве используют отвар корня мыльнянки, или мыльного корня. В нем, как и в других растительных пенообразователях, много сапонинов — безазотистых гликозидов, обладающих большой поверхностной активностью, так что их растворы образуют обильную устойчивую пену. В больших количествах сапонины вредны, они разрушают эритроциты, но их содержание в халве тщательно дозируют. Кроме того, действие сапонинов нейтрализуют жиры, которых в халве много.

Затем белковую и карамельную массу надо смешать, а это непросто, потому что карамельная масса гидрофильна, а белковая — липофильна. Когда вспененную карамельную субстанцию остужают и вымешивают, она образует нити, между которыми распределяется белковая масса. В результате халва приобретает слоисто-волокнистую структуру.



Чем гуще сетка из карамельных волокон, тем равномернее распределяется между ними белковая часть, но в хорошей халве семян и орехов всегда больше, чем карамели. Консистенция конечного продукта во многом зависит от пенообразователя. Присутствующие в нем сапонины имеют гидрофобные участки, которые связываются с молекулами жира, позволяя стабилизировать смесь масла и сиропа.

Аналогично готовят и арахисовую халву, и тахинную — ее делают из растертых в пасту кунжутных семян (тахини). Кунжут, он же сезам, — травянистое масличное растение семейства педалиевых (Pedaliaceae), растущее в тропиках и субтропиках. Промышленную ценность имеет кунжут индийский *Sesamum indicum*, из семян которого отжимают масло, посыпают ими хлебобулочные изделия, используют для приготовления козинаков и халвы. Семена кунжута бывают горьковатыми, и для производства халвы выбирают специальные, лишенные горечи сорта со светлыми семенами.

С арахисом свои проблемы. Его приходится тщательно очищать от пленки и зародыша, которые тоже горчат и придают белковой массе бобовый привкус. Чтобы от него окончательно избавиться, очищенные дробленые ядра арахиса смачивают перед обжаркой 4–6%-ным раствором поваренной соли.

Халву делают также из других орехов (миндаля, кешью, лесных орехов) или их смеси, бывает и соевая халва. Иногда в готовую халву добавляют целые орешки, чаще арахис или фисташки, кокосовую стружку, ванилин и другие ароматизаторы. Выпускают и халву в шоколадной глазури.

Что такое косхалва? Косхалва — разновидность халвы, приготовленной из взбитых с пенообразователем белков, патоки, сахарного сиропа и орехов. Ее принципиальное отличие от обычной халвы заключается в том, что сначала готовят сладкую массу, а затем в нее вмешивают обжаренные кусочки грецких орехов. В рецептах почему-то всегда указывают, что орехи очищены, как будто кому-то придет в голову положить их прямо в скорлупе. Турецкое слово «koz» как раз и означает «орех». Готовый продукт выкладывают на смазанные маслом подносы и придают ему форму бруска. Косхалва плотная, белая и сладкая. Иногда вместо сиропа используют мед или другие подсластители, а грецкие орехи заменяют фисташками.

Нуга. Это двоюродная сестра халвы, ее готовят из тех же компонентов, но без пенообразователя. Вместо него в сироп добавляют разные камеди (растительный сок, богатый высокомолекулярными углеводами), которые используют как загуститель. Благодаря камедям нуга становится тягучей — это ее отличительное свойство. Название, кстати, тоже собирательное, потому что разновидностей нуги много, и происходит оно от латинского «nux» — орех.

В густой кипящий сироп засыпают изюм, цукаты или орехи и сразу выливают тонким слоем на мраморную доску. Когда смесь застынет, ее режут на кусочки, обсыпают сахарной пудрой или мукой и дают подсохнуть.

Как выбирать халву. Прежде всего следует смотреть на дату изготовления. Халва хорошо лежит при комнатной температуре, но растительные масла в конце концов прогоркают. В картонной коробке она хранится два месяца, в вакуумной упаковке — до полугода. На поверхности не должно быть жирной пленки, капелек масла и сахарных кристалликов. Цвет ее зависит от ингредиентов, из которых она сделана. Подсолнечная халва должна быть серовато-зеленой, тахинная — желтовато-серой, арахисовая — кремового цвета. Правильная халва — ароматная и сухая, умеренно, а не приторно сладкая и не горчит.

Чем полезна халва? Когда заходит речь о пользе халвы, то обычно вспоминают о витаминах и микроэлементах, содержащихся в масле тех семян и орехов, из которых она приготовлена. В подсолнечном масле есть витамины группы В, D и E, тахинная халва богата витамином А. Но халва все-таки чрезвычайно калорийное, жирное и сладкое блюдо, 100 г ее содержат более 500 килокалорий. Диетологи рекомендуют съедать не более 20–30 г халвы в день, и вряд ли в таком количестве продукта наберется достаточно витаминов, чтобы поправить здоровье.

Однако жиры в халве полезные, ненасыщенные, и белка много — все-таки она сделана из семян. В результате даже маленький кусочек вызывает чувство насыщения. Существует сладкая диета, которая рекомендует разделить 200 г халвы на маленькие порции и есть в течение дня, запивая зеленым чаем. Но питаться так можно 3–5 дней, не больше, и только тем, у кого нет диабета и ожирения.

Но лучше не сидеть на таких диетах, а просто съесть иногда кусочек вкусной халвы и получить от этого удовольствие. Вот это действительно полезно.

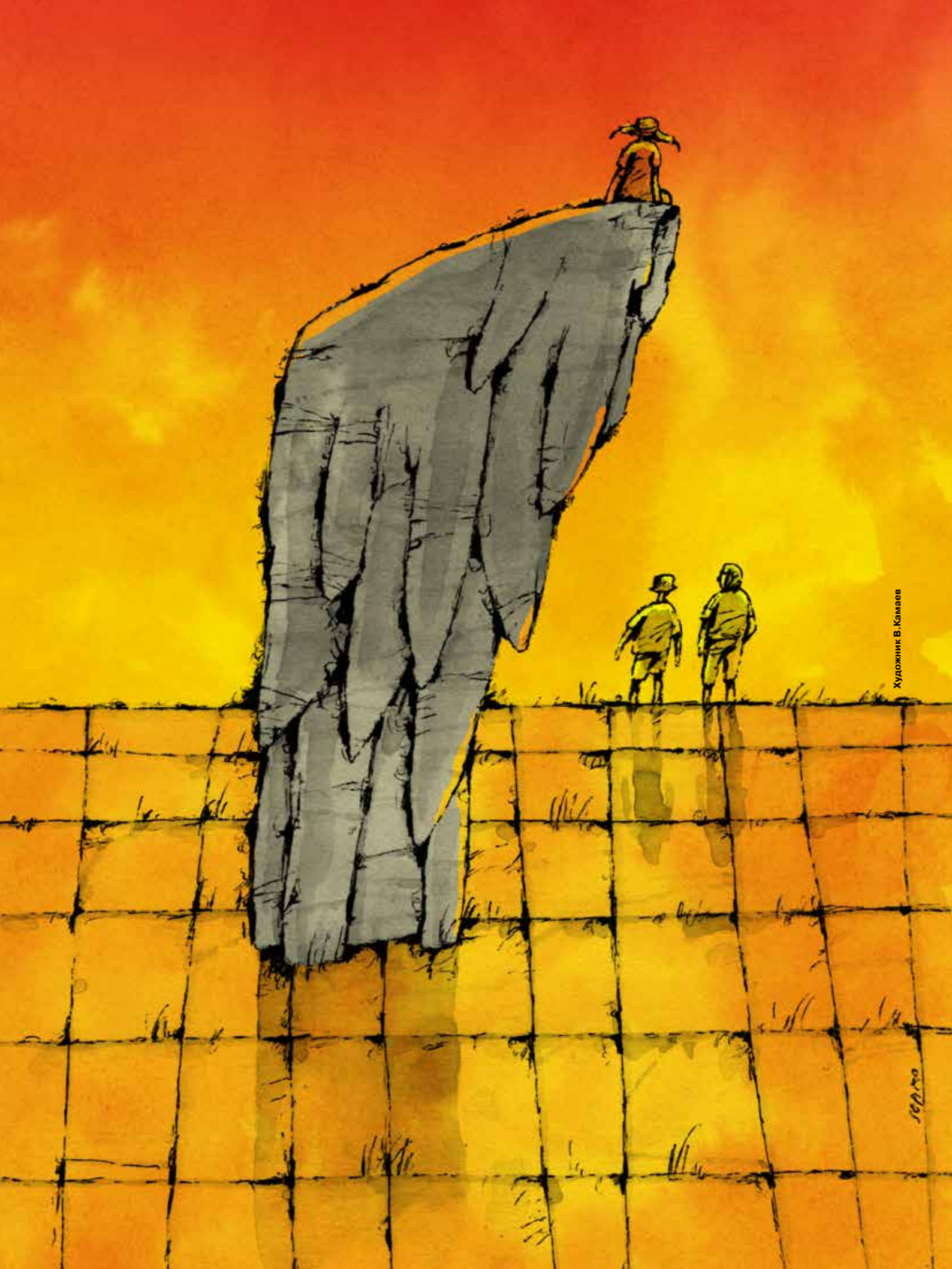
Н. Ручкина



ЧТО МЫ ЕДИМ

Художник Н. Колпакова





Половина лохматых

Марина Ясинская

Когда Мирк добрался до мемориала Первого Полисмента, Шершавый уже был на месте и что-то царапал на мраморной облицовке постамента. Первый Полисмен, равнодушный к его стараниям, сидел на испещренном надписями пьедестале и безразлично смотрел вдаль каменными глазами.

На ступенях, ведущих к памятнику, сидела Лина и, аккуратно расправив вокруг себя юбку желтого в белый горох сарафанчика, играла в камешки.

— А она что здесь делает? — нахмурился Мирк, глядя на девочку.

Шершавый обернулся и, как делал всегда, когда смущался, провел рукой по затылку. Пальцы ощутили привычную щетину пробивающихся волос. Как он только их не выводил — и бритвой, и бальзамами, и мазями! Но добиться идеально гладкой поверхности не удавалось; голова всегда была покрыта налетом щетины, из-за которой его и прозвали Шершавым.

— Родители ушли в ночную смену, велели мне за ней присмотреть. А она боится оставаться дома одна. Вот и пришлось взять с собой — не оставлять же малую.

Мирк недовольно фыркнул. С этой малявкой Квартала лохматых им сегодня не видать.

— Прекрасно! — раздраженно выдохнул он. — Значит, все отменяется.

— Почему это?

— Потому что ты притащил довесок! Куда нам с ним?

— Я не довесок, — обиженно пробубнила сидящая на ступенях девочка, не отрываясь от игры в камешки.

Мальчишки ее словно не услышали.

— Может, оставим здесь? — предложил Мирк. — А потом заберем.

Шершавый покосился на сестру. Лина, позабыв о камешках, подняла безволосую голову и уставилась на брата тревожными глазами.

— Нет, — покачал головой Шершавый. — А что, если мы не вернемся до темноты? Тогда ей тут будет еще страшнее, чем дома.

Мирк огляделся. Днем сквозь окружавшие памятник колонны лился солнечный свет, делая тайное убежище приятелей теплым и уютным, однако, когда наступал вечер, заброшенный мемориал погружался в холодные тени и становился мрачным и зловещим. В сумерках Мирку и самому бывало тут не по себе, хотя в свои солидные четырнадцать лет он никогда бы в этом не признался.

— Может, с собой ее возьмем? — в свою очередь предложил Шершавый.

Мирк поперхнулся от возмущения. Брать малую с собой в Квартал лохматых? Еще неизвестно, получится ли у них самих туда пробраться, а уж с этой Линой!

Однако... Мирк нахмурился. Выбор у них невелик: или они сегодня вообще не идут, или идут, но вместе с девочкой.



ФАНТАСТИКА

Есть еще, конечно, вариант оставить Шершавого с сестрой и пойти одному, но... Во-первых, Шершавый обидится, а во-вторых... А во-вторых, идти в одиночку к лохматым Мирк опасался.

— Ладно, — махнул он рукой, сдаваясь, и направился к выходу из мемориала. Шершавый с сестрой поспешили за ним.

Пройдя сквозь оплетенные плющом колонны мемориала, приятели вышли на огромную площадь. Она была выложена каменными плитами; сквозь щели между ними густо росла трава, кое-где в ней желтела мать-и-мачеха. На противоположном краю площади, прямо напротив мемориала, валялся сброшенный с постамента каменный крылатый мужчина. Одно из крыльев откололось и лежало рядом, под другим крылом, на лопатке, примостилось птичье гнездо.

— А что, раньше в Полисе жили еще и крылатые люди? — спросила Лина.

— Нет, — отозвался Шершавый. — Крылатых людей не бывает.

— Тогда чей памятник лежит на площади?

Брат пожал плечами. Про крылатого он ничего не знал; знал только, что мужик, сидевший в мемориале, — это Первый Полисмен, много веков назад основавший Полис. Площадь тоже носила его имя — по крайней мере, до тех пор, пока не случился Револьт. После Револьта все сразу узнали, что Первый Полисмен на самом деле был плохим человеком, и возмущенный народ немедленно решил снести мемориал, построенный в его честь. Но не вышло — здание возводили на совесть, на века, и людское возмущение разбилось о него, как волны о скалу. Толпа скинула с постамента крылатого мужика и на этом успокоилась; мемориал, расположенный на отшибе за городом, забросили и забыли. Прошло несколько лет, и площадь, а также ведущий к ней парк одичали — здесь густо росла трава, цепкие побеги ползли по плитам и колоннам, а по нагретым солнцем камням бесстрашно сновали белки.

— А учительница нам сегодня на полисоведении рассказывала, что когда-то в нашем Полисе жили все вместе, вперемешку — и мы, и лохматые, — продолжила Лина. — А потом все перессорились, и пришлось делить Полис пополам.

— Ха! — тут же вмешался Мирк. — А учительница не рассказывала вам, что еще до того, как мы все жили вперемешку, именно мы построили этот Полис? Потому мы и называемся истоками — мы были первыми. А лохматые появились сюда много позже. Сначала приезжали просто поглазеть, затем стали оставаться на заработки, а потом начали оседать. Наоткрывали своих магазинов, настроили своих трактиров, навозводили своих церквей — и это в нашем городе! А потом еще и права стали требовать!

— А в их трактириях еда вкусная, нас мама с папой туда водили, — бесхитростно и очень некстати заметила Лина, прежде чем Шершавый успел ее одернуть.

Мирк немедленно помрачнел. Его мать работала на кухне в одной из трактирий лохматых. Она растила Мирка и двух его младших братьев в одиночку, зарплаты не хватало, вот и приходилось по выходным подрабатывать там, где была такая возможность. Это бесконечно возмущало Мирка: чтобы его мать работала на лохматых? Да это лохматые должны вкалывать на них, истоков, это же они в Полисе чужаки! Пусть многие и чужаки уже в третьем, а то и четвертом поколении...

Парк остался позади, впереди показалась широкая асфальтовая дорога. Ее проложили еще в период Петролеумного расцвета, когда в Полисе было много машин. А сейчас по ней ездили только велосипеды, грузовые велоциклы, и лишь изредка мелькали электрокары.

Трасса проходила через весь Полис и была той самой границей, по которой его разделили пополам; к западу от трассы — половина истоков, к востоку — половина лохматых. По обеим сторонам от дороги и по всему периметру тянулись проволочные ограждения, защищавшие границы от посторонних. Пройти сквозь них можно было только через тщательно охраняемые пропускные пункты.

Или через известные лишь немногим тайные лазейки в ограде.

Именно такой пользовались Мирк с Шершавым, бегая к стоявшему за пределами Полиса мемориалу Первому Полисмену. И сейчас через другую такую лазейку они собирались проникнуть на чужую половину.

О лазейке Мирк узнал, случайно подслушав старшеклассников, хвалившихся, что они побывали на половине лохматых. Парни говорили, что дыра в ограде находится прямо напротив самолета, и Мирк решил, что найти ее не составит труда: он прекрасно знал, где лежит крылатая машина. Собственно, об этом знал каждый — мертвый самолет, густо оплетенный зелеными побегами, давно стал неотъемлемой частью пейзажа на окраине Полиса.

Старшеклассники рассказали тогда и много другого. На половине лохматых они видели загоны, в которых лохматые разводили птиц для еды, хотя всякому известно, что птицы — священные создания и их есть нельзя. Видели особые лужайки, где лохматые зарывали своих мертвых в землю (и это вместо того, чтобы сжечь их как полагается!). А еще они видели специальные места, где лохматым подстригали, завивали, распрямляли и даже красили волосы! Когда Мирк себе это представил, его передернуло от отвращения. Волосы — это то, что осталось в людях от звериного. Избавляясь от них, люди окончательно порывают со своим животным прошлым. Однако лохматые не только не желают отказываться от этой позорной шерсти — они, оказывается, за ней еще и ухаживают, и украшают ее!

Словом, правильно говорят про лохматых — дикий и нечистый народ.

Впрочем, сегодня Мирк с Шершавым решили пролезть на чужую половину Полиса вовсе не для того, чтобы своими глазами посмотреть на странные обычаи лохматых. Нет, приятели собирались отомстить.

Пару недель назад, гуляя по базарным рядам Коридора, Мирк с Шершавым наткнулись на группу мальчишек лохматых примерно их возраста. Коридор считался нейтральной территорией; расположенное в самом центре Полиса, это было место сосредоточения торговли, культуры и управления. Только там трактирии и мастерские лохматых могли соседствовать с банками и магазинами истоков — там было самое лучшее место для бизнеса. Именно потому обе стороны заключили негласное соглашение: входя в

Коридор, забывать все претензии и обиды друг к другу — иначе бизнесу не выжить.

Разумеется, рассчитывать на благоразумие лохматых не приходилось; время от времени кто-то из них обязательно нарушал правила, и тогда истокам приходилось отвечать. Именно для таких случаев по Коридору постоянно курсировали патрули.

Однако в тот день патрули не обратили внимания на стайку мальчишек лохматых, окруживших двух мальчишек истоков.

Нет, Шершавого с Мирком тогда не побили. Но осыпали обидными словами и унижительными, гадкими прозвищами.

Попранная гордость требовала возмездия.

В ограде напротив самолета у самой земли и впрямь нашлась почти незаметная прорезь. Если проволочные края оттянуть в стороны, то можно проскользнуть внутрь.

За оградой был скучный пустырь, а за ним виднелись унылые постройки барачного типа. Лохматых в пределах видимости не наблюдалось. Значит, можно пролезать. Но Мирк медлил.

— Интересно, а она током бьет? — задумчиво протянул он, глядя на колючую сетку ограды.

— Чтобы была током, нужно электричество, — резонно заметил Шершавый.

— Ну, так электричества у лохматых навалом! — воскликнул Мирк с затаенной обидой. Он всегда считал, что те, кто когда-то делил Полис между ними и лохматыми, плохо сделали свое дело. Если бы сделали хорошо, то электростанция не отошла бы к лохматым и они не драли бы за электричество втридорога. А теперь исконным жителям Полиса приходилось жестко экономить на электричестве и пользоваться им только там, где это действительно необходимо. Пускать ток по ограде, окружающей их половину Полиса, истоки точно не могли. А вот лохматые — вполне.

— Старшеклассники же как-то пролезли, — тем временем продолжил Шершавый. — Значит, не бьет.

Мирк осторожно потянулся, кончиком пальца дотронулся до колючей проволоки и тут же отдернул руку.

— Не бьет, — с облегчением подтвердил он. — Ну, пошли?

— Погоди, а как же это? — Шершавый постучал себя ладонью по голове.

Мирк спохватился. Раз уж они собираются тайно проникнуть к лохматым, надо замаскироваться, ведь их безволосые головы тут же заметят. О том, чтобы отрастить волосы, не могло быть и речи, а вот отвратительная привычка лохматых напирать на волосы головные уборы может им пригодиться. Именно для этого Мирк стянул шапки в одном из магазинов лохматых в Коридоре.

— Держи, — сказал он, сунул в руки Шершавому одну шапку, достал себе вторую и напирал на голову. Черная шапка была неудобной — жесткая, словно котелок, с ремешком, застегивающимся под подбородком, и с рисунком черепа спереди.

Однако Шершавый надевать свой головной убор не торопился.

— А другой не было? — спросил он, вертя в руках большую пышную шапку с торчащим во все стороны мехом.

— Я, знаешь ли, по шапкам не специалист, не выбирал, — огрызнулся Мирк.

— Просто странная она какая-то, — с сомнением протянул Шершавый.

Мирк перевел взгляд на шапку, которую приятель вертел в руках, и понял его затруднение. Растительность на

голове — это животный атавизм. Добровольно натянуть себе на голову мех не захочет никто из истоков. Тем более Шершавый, для которого это вообще большая тема, — он все никак не может избавиться от щетины на голове; что только ни делает, а волосы растут, будь они неладны!

— Ну хватит тебе переживать! Мы же к лохматым идем — какая разница? — попытался он успокоить приятеля.

— Раз нет разницы, давай поменяемся? — с надеждой предложил Шершавый, протягивая ему меховой комок.

Мирк невольно отпрянул.

— Ясно. — Шершавый недовольно вздохнул и, скрипевшись, натянул на себя шапку. Его голова тут же стала большой и пушистой.

— Что-то в ней жарко, — заметил он несколько мгновений спустя. — Может, эта шапка — зимняя?

— Не говори глупостей, — отмахнулся Мирк. — Шапки они и есть шапки. Пошли!

— Погоди. А с Линой что делать будем?

Мирк почти было забыл про сестру Шершавого.

— Для нее у меня ничего нет, я ж не знал, что нам нужно три шапки.

— Но так ей идти нельзя, — встревожился Шершавый, глядя на безволосую голову девочки, а потом, подумав, снял в себя меховую шапку и надел сестре. Лина пискнула, и ее голова немедленно утонула в пушистом головном уборе.

— А ты? — спросил Мирк.

Вместо ответа Шершавый порылся в кармане и вытащил оттуда большой носовой платок, синий в красную клетку и почти чистый — после стирки он им пользовался всего-то пару раз. Шершавый развернул его, сложил по диагонали и покрыл себе голову, завязав концы платка под подбородком.

— Ну как? — спросил он.

Мирк окинул его критическим взглядом. Что-то в повязанном на голову платке было не так, но он не мог сообразить, что именно. А потом и вовсе махнул рукой. Головные уборы — это полная дикость, потому они и кажутся ему странными. Главное, что прикрыто отсутствие волос.

— Нормально, — вынес Мирк свой вердикт. Перевел взгляд на Лину — она приподняла меховую шапку и держала ее обеими руками, чтобы та не сползала на глаза. — Сколько времени?

Шершавый достал из кармана часы:

— Три. У нас на все про все ровно час.

Насколько мальчишки знали, рабочий день у большинства лохматых заканчивался в четыре, а до той поры улицы пустовали, и, значит, у них был шанс проверить свое дело незамеченными.

— Успеем, — уверенно сказал Мирк и отогнул край сетки.

Несколько минут спустя троица уже пересекла пустырь и торопливо шагала по пустой улице, по обеим сторонам которой тянулись унылые складские помещения и приземистые промышленные постройки. Вокруг было решительно не на что смотреть; более того, этот район поразительно походил на промышленные кварталы в их части Полиса. Если не знаешь, что находишься на половине лохматых, ни за что не понять. И тем не менее у Мирка с Шершавым восторженно сияли глаза, ведь они оказались на чужой, закрытой, запретной территории! Настоящее опасное приключение!

Вскоре промышленные постройки сменились жилыми домами, появились магазинчики и пустующие забегаловки, а на улице начали встречаться первые лохматые. К счастью,

их было совсем немного, как и рассчитывали Мирк с Шершавым. И все-таки, хотя мальчишки старались вести себя как ни в чем не бывало, что-то они делали не так: редкие прохожие, глядя на них, усмехались, качали головами, а то и вовсе крутили пальцами у виска.

— Нас что-то выдает, — понял Шершавый и потянул сестру в ближайший переулок.

Мирк тоже видел, что на них пялились, и гадал, что с ними не так. Взять вот Шершавого. Обычный парень, серые штаны, зеленая футболка, голова прикрыта клетчатым носовым платком, завязанным под подбородком. На самом Мирке — голубая рубашка с синими брюками и жесткий головной убор с рисунком черепа, застегнутый под подбородком ремешком. Да и с Линой тоже все в порядке — легкие босоножки, желтый сарафан, меховая шапка. Ни у одного из них не видно безволосой головы, а в остальном они и лохматые внешне ничем не отличаются.

— Что же не так? — задумчиво протянул Мирк.

— Не нравится мне все это, — прошипел Шершавый, настороженно выглядывая из переулка. — А вдруг сейчас кто-нибудь поймет, что мы — истоки, и всё! Так что давай-ка скорее им замстим и уберемся отсюда подальше. Тем более время поджимает.

Мирк кивнул:

— Да разве я против? Но не здесь же!

Шершавый кивнул в ответ. Если уж вершить месть, то как полагается. А мстить они собирались тем, кто их обидел. Конечно, найти тех самых мальчишек среди тысяч лохматых им не удастся, но вот отомстить другим школьникам — это вполне. Нужно только найти школу.

— Мне голове жарко, — заныла тут Лина.

— Потерпи, — строго сказал Шершавый.

Но девочка уже сняла меховую шапку, а когда брат попытался надеть ее обратно, решительно заявила:

— Не буду я ее больше носить!

Издалека донесся звон часов.

— Три тридцать! — всполошился Мирк. — У нас осталось всего полчаса, а нам еще вернуться к дыре надо!

Не теряя времени попусту, Шершавый быстро стянул с головы носовой платок и повязал его сестре, а сам натянул меховую шапку.

— Пошли! — скомандовал он.

Как ни странно, но Мирку показалось, что на голове Лины платок смотрится лучше. Видимо, прохожие тоже так считали, потому что, когда троица выскользнула из переулка, лохматые на них хоть и косились, но уже не тыкали пальцами и не смеялись.

«Наверное, платки на головах носят только девочки», — подумал Мирк, вновь дивясь про себя тому, какие же дикие у этих лохматых обычаи.

Вскоре мальчишки нашли то, что искали. Заглянув в окна первого этажа строгого здания из красного кирпича, они увидели внутри кабинет с доской на стене и детей за партами.

— Отлично, вот и пришли! — злорадно протянул Мирк и полез в рюкзак. Оглянулся, убеждаясь, что на улице никого, и вытащил баллончик с краской. Встряхнул, оглядывая стену, словно художник новое полотно для будущей картины, и принялся выводить на стене буквы.

Некоторое время не было слышно ничего, кроме тихого шипения распыляемой краски. Шершавый нетерпеливо притоптывал на месте, поглядывая по сторонам. На перекрестке мелькнул велосипедист, в соседнем доме хлопнула дверь... Того и гляди кто-то появится!

— Быстрее! — прошипел Шершавый.

— Готово! — гордо ответил Мирк.

«Чтоб вы сдохли, лохматые!» — было написано на стене.

— Добавь «вонючие», — предложил он. — «Вонючие лохматые» — так правильней.

— Точно! — обрадовался Мирк и принялся торопливо дописывать слово. — Вонючие — это как раз про них.

Вонючими лохматых называли потому, что они редко мылись, — еще один признак их дикости. Впрочем, Шершавый иногда подумывал, что, возможно, лохматые редко мылись не потому, что у них такая традиция, а потому, что на их половине Полиса не хватало воды. Когда Полис разделили пополам, к лохматым отошла электростанция, и теперь истокам приходилось жестко экономить на электричестве. Зато истокам отошли водоканка и водохранилище, и так же, как лохматые не давали им вдоволь электричества, они не давали лохматым вдоволь воды.

— Всё! — сообщил Мирк. Встряхнул баллончик с краской и добрызгал остатки, выводя поярче букву «с» в слове «сдохли». — Пусть теперь знают! — злорадно добавил он.

Шершавый окинул взглядом надпись. На красном кирпиче стены большие белые буквы выделялись очень ярко. Да, хорошо получилось!

— Уходим, — скомандовал он, взял Лину за руку — и тут же издали послышался звон часов, отбивающих четыре.

Мальчишки в панике переглянулись. Сейчас улицы заполнят лохматые, и кто-то наверняка поймет, что они — истоки!

— Мы не успеем добежать до дыры в ограде, — тихо и с отчетливой ноткой паники произнес Мирк.

Шершавый тоже это понимал. Конечно, они могли бы проделать весь путь обратно спокойно, как ни в чем не бывало, надеясь, что их не разоблачат. Но если уж даже редкие прохожие обращали на них внимание, когда они шли сюда, то что говорить теперь про целую толпу!

А улица тем временем ожила. Из школы донесся звонок, возвещающий о конце урока, из зданий вокруг начали выходить люди, по дороге замелькали велосипедисты.

Шершавый огляделся и, увидев за перекрестком груды обломков строительных плит, скомандовал:

— За мной!

Перебежками, вжимая голову в плечи и опасливо озираясь на заполонивших улицу лохматых, которые, к счастью, пока не обращали на них внимания, ребята пересекли перекресток и встали перед кучей обломков.

— Кажется, подземка, — предположил Шершавый, кивая на полускрытый обломками вход.

Входы в подземку были и на их половине Полиса. Как любые уважающие себя мальчишки, Мирк с Шершавым считали заброшенные подземные туннели жутко романтическими. Тайком от родителей они спускались по ступеням (говорили, что раньше эти ступени были самоходными) и тихонько ходили по огромным подземным платформам, глядя на умершие поезда и воображая горящие фонари, гул туннелей и стук колес. Впрочем, ходить дальше платформ, то есть углубляться в непроглядно-черные ходы, они не решались.

— Когда подземка работала, она проходила по всему Полису, — уверенно сказал Шершавый. — А значит, по ней мы сможем выйти на нашу половину.

— Но ты же не знаешь, куда идти, — засомневался Мирк. — Мы там запросто заблудимся! И потом — что, если там тоже все перегородили?

— Это вряд ли, — возразил Шершавый. — А как же к нам пробираются контрабандисты? Через ворота, что ль?

Контрабандисты и впрямь регулярно сновали между половинами Полиса, пронося дефицитные товары. От лохматых истокам несли лампочки, лекарства и шоколадные конфеты, потому что на их, лохматой, половине остались электротехнический завод, фармацевтический цех и шоколадная фабрика. От истоков же к лохматым контрабандисты переправляли мыло, пиво и велосипеды, потому что в отошедшей к истокам части Полиса остались мыльный цех, пивоварня и механический завод. Словом, контрабандисты столько носили взад-вперед, что и впрямь не верилось, что все это легально проходило через тщательно охраняемые пропускные пункты.

Мирк оглядел улицу, которую уже заполнили лохматые, и обреченно махнул рукой.

Троица шагнула в подземку.

Сначала темнота ослепила. Мирк замер, боясь сделать шаг. Шершавый почувствовал, как по спине поползли мурашки страха, но тут Лина вцепилась в него обеими руками, крепко прижалась и всхлипнула, и это, как ни странно, его приободрило.

— Не бойся, — тихонько сказал он сестренке. — Сейчас глаза привыкнут, и станет не так темно.

— У меня же есть фонарик! — вспомнил Мирк.

Он принялся рыться в рюкзаке. Через несколько секунд темноту прорезал луч света. Стали видны стены и лестница, ведущая вниз, к туннелям, в которых навсегда замерли подземные поезда.

— Ну, все, теперь совсем не страшно, — уверенно прошептал сестре Шершавый. — Сейчас по этим туннелям мы выйдем прямо к дому.

Лина только пискнула и прижалась к нему еще крепче. Недоумевая, что так испугало сестру, Шершавый поднял взгляд и увидел, как к ним со всех сторон приближаются тени.

— Ну-ка, ну-ка, это что тут у нас? — послышался незнакомый голос.

В луче фонаря возник лохматый, высокий и худой. Он был старше Мирка с Шершавым. Наверняка ему не меньше шестнадцати. Длинные волосы свисали вдоль бледного лица, глаза казались застывшими и злыми, а левая рука была зачем-то туго перехвачена ремешком чуть выше локтя.

Мальчишки непроизвольно сделали шаг назад. Но тут к худому лохматому присоединились еще трое. Все — волосатые, у всех дикие взгляды, у одного — сигарета в руке, от которой несло сладковатым дымом, у другого — полупустая бутылка.

— Никак чужаки в гости пожаловали? — проговорил худой, продолжая наступать. — И похоже, чужаки-то не наши, а плешивые!

Мальчишки, налетевшие на них в Коридоре, тоже называли их этим противным, обидным словом — «плешивые». Но если тогда Мирк с Шершавым только разозлились, то сейчас им стало страшно.

Худой продолжал наступать на пятившихся мальчишек, трое его страшных помощников двигались следом.

— И что же вы тут делаете, а? — приговаривал худой, медленно водя в воздухе непонятно откуда взявшимся у него в руке ножом. — Повеселить нас пришли? Вот молодцы, веселье мы любим, да, парни?

Шершавый быстро оглянулся. Выход из подземки был совсем рядом, а за спиной — никого. Правда, этот выход вел на улицы, полные лохматых, но сейчас те лохматые казались куда менее страшными, чем эти, встретившие их здесь.

— Бежим! — крикнул он Мирку и бросился к выходу, таща за собой сестру.

Уличный свет ослепил так же, как несколько минут назад темнота. Но мальчишки продолжили нестись вперед, не разбирая дороги, пока не натолкнулись на препятствие.

Отчаянно шурясь и моргая, Шершавый поднял глаза и увидел перед собой мужчин в темно-синей форме. И обмер, сообразив, на кого они напали.

Жандармы!

Преследователи отставали от мальчишек всего на несколько шагов, но, увидев, к кому попала их добыча, резко затормозили. На свету они казались еще более отвратительными, чем в темноте: бледные болезненные лица, слезящиеся глаза, трясущиеся руки, спутанные пряди грязных волос.

— Товарищи жандармы! — произнес худой, выставив перед собой тонкие, все в красных точках и кровоподтеках руки, в которых уже не было ножа. — Мы всего лишь хотели помочь. Сдать этих плешивых представителям закона.

— Считайте, что помогли, — сухо ответил державший Шершавого жандарм. — И советую прикрыть ваш притон в подземке, прежде чем я приведу туда нарконадзор.

— Понял, господин жандарм, понял! — закивал худой, пятясь обратно. Его товарищи пятались вместе с ним, пока не скрылись в темноте.

Шершавый облегченно выдохнул, но тут вспомнил, в чьи руки угодил, и снова напрягся. Глянул на Мирку — того схватил другой жандарм, а сам Мирк был блее мела. Лину же держал за руку третий. Увидев, что носовой платок сполз с ее затылка, показывая всем безволосую голову, Шершавый отчаянно дернулся в крепко стиснувших его руках.

— Отпустите ее! — выкрикнул он. С ним-то уж будь что будет, но его маленькая сестренка вообще ни при чем!

— Тихо! — негромко, но очень твердо приказал державший его жандарм и потащил Шершавого куда-то в сторону, подальше от глаз любопытных прохожих. Остальные последовали за ним. Жандарм завел мальчишку за угол здания в безлюдную подворотню, сдернул с него меховую шапку, обнажив шершавую голову, и строго спросил:

— Вы как сюда попали?

Шершавый понимал, что отпираться нет смысла.

— Нашли дыру в ограде, — признался он.

— Где?

— Напротив самолета.

— А сюда зачем полезли? — спросил второй жандарм.

Шершавый молчал, насупленно уставившись в сторону.

Вдруг тот жандарм, что держал Шершавого, неожиданно усмехнулся и глянул на своего товарища:

— Зачем-зачем! Себя не помнишь в их возрасте? Наверняка приключений захотелось! Видел, как они подготавливались? Особенно этот: вон какую шапку для маскировки выбрал!

Шершавый покосился на «своего» жандарма и с удивлением увидел, что тот улыбается. И глаза у него добрые. А светлые волосы на голове стрижены коротко-коротко, ненамного длиннее, чем противная, невыводимая щетина у Шершавого на голове. И вообще, если чуть напрячь воображение, то жандарм становился очень похож на них, истоков.

Это было неожиданное открытие!



ФАНТАСТИКА

— Ладно, храбрецы, нам пора, — тем временем сказал «его» жандарм.

— А нас куда? В тюрьму? — обреченно спросил Мирк.

— Сдались вы нам в тюрьме! — усмехнулся жандарм. — Доведем вас до пропускного пункта в Коридор, а оттуда, я полагаю, вы до дома сами доберетесь.

Мирк недоверчиво уставился на него, но промолчал. Эти неожиданные слова оказались слишком уж хорошими, чтобы в них поверить. Особенно потому, что произнес их лохматый, а лохматые, как известно, всегда врут.

Остаток пути прошел в молчании. Прохожие по-прежнему глазели на мальчишек, но теперь, видимо, больше из-за того, что они шагали вместе с жандармами. Только раз кто-то возмущенно воскликнул, увидев безволосую голову Лины:

— Это что — плешивые?

Но строгий взгляд жандарма немедленно успокоил крикуна.

Вскоре показался пропускной пункт. За ним был Коридор — и родная половина Полиса.

Жандармы тихо переговорили о чем-то с вооруженными охранниками, стоявшими на воротах, и те расступились, давая дорогу мальчишкам и Лине.

Мирк заторопился к выходу, а Шершавый, взяв сестру за руку, обернулся и посмотрел на «своего» жандарма.

— Спасибо вам, — тихо сказал он.

Жандарм улыбнулся, неожиданно подмигнул ему в ответ и, отвернувшись, зашагал прочь. А Шершавый с сестрой быстро пошел в Коридор.

По дороге домой, избавившись от ненавистой шапки, Мирк вспоминал пережитые приключения и то и дело восклицал:

— А все-таки круто мы их, правда? Пусть знают!

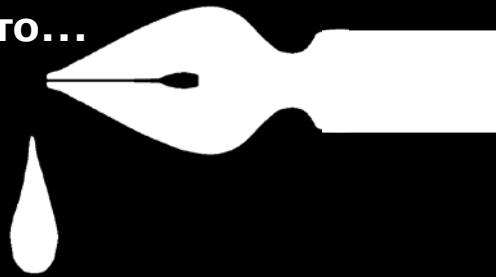
А Шершавый молчал. Он вспоминал, как предложил написать «воюнчие» к «лохматым», и ему почему-то было стыдно.

Еще он думал, что завтра же потихоньку проберется на половину лохматых, найдет ту школу и напишет на стене что-то доброе. Правда, пока не знал, что именно. Но до завтра он обязательно придумает!

Шершавый не знал, что здание, на котором они оставили надпись, было не школой, а детским домом. Что уже сегодня вечером ее увидят и она станет поводом для серьезного конфликта между половинами Полиса. Что уже завтра утром в Коридоре начнутся первые вооруженные столкновения между истоками и лохматыми.

Шершавый шел домой, крепко держа сестру за руку, и, не слушая Мирку, думал, где бы ему до завтра раздобыть баллончик с краской.





Художник Райнер Шаде

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Потовая железа планеты

Рост температуры планеты из-за скопления парниковых газов в атмосфере считается основной гипотезой, объясняющей глобальное изменение климата. А можно ли нагреть планету другим способом? Это попытались сделать сотрудницы Виргинского университета Дебора Лоуренс и Карен Вандекар («Nature Climate Change», 2015, 5, 27—36; doi:10.1038/nclimate2430). Они рубили тропические леса (теоретически; в реальном мире ни одно дерево не пострадало) и следили за перераспределением тепла и влаги. Результат получился весьма красноречивым.

Лес вообще и тропический в частности перераспределяет влагу, высасывая ее из земли корнями и испаря листьями. При этом тепло поглощается, а укрытая лесом поверхность планеты охлаждается. Но вот лес вырубил. Испарение воды прекратилось, поверхность нагрелась, возник мощный поток теплого воздуха, достигающий верхних слоев атмосферы и разгоняющий тучи. Результат плачевен — влага перераспределилась в воздухе, и в традиционно влажных регионах вроде Таиланда наступила засуха, а традиционно сухие районы вроде Саудовской Аравии залили дожди. Сопоставление результатов расчета с метеорологическими данными подтвердило модель: действительно, теперь сезон дождей во влажных тропиках задерживается на две недели, а в сухой период выпадает значительно меньше дождей. Эффект силен: если вырубить 40% тропических лесов, температура планеты вырастет на 0,7 градусов, то есть так же, как за всю индустриальную эпоху. При этом в расчетах засуха поразила обширные земли в средних широтах и на американском континенте, и в Евразии.

Получается, что тропические леса — вовсе не легкие планеты, как их иногда называют, игнорируя очевидный факт крайней бедности тропических почв: перегной там не успевает образовываться, и весь углекислый газ, поглощенный листвой, очень быстро возвращается в атмосферу из-за гниения. Легкие Земли — северные леса, где перегной накапливается. Тропический же лес оказался потовой железой, охлаждающей планету. Отсюда мораль: хозяйственную деятельность в тропиках надо прекращать тем или иным способом.

С.Анофелес

...ученые из Европейского космического агентства предполагают присоединиться к двум российским лунным миссиям («Nature», 2014, 516, 7530, 153, doi: 10.1038/516153a)...

...изучение метеоритов марсианского происхождения, в частности изотопов водорода в них, позволяет все-таки предположить присутствие на этой планете воды или запасов льда («Earth and Planetary Science Letters», 2015, 410, 140—151)...

...предложен метод, позволяющий быстро и за благоприятно — до 12 часов — прогнозировать характеристики осадков на основе единичного снимка облачной системы с низкоорбитального спутника в оптическом диапазоне волн («Исследование Земли из космоса», 2014, 5, 29—38)...

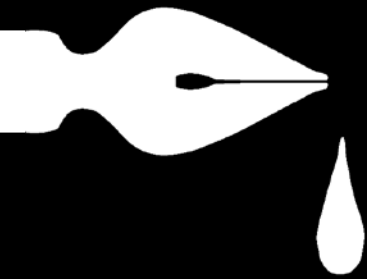
...губительными для динозавров были не столько последствия столкновения Земли с гигантским астероидом, сколько ее собственная вулканическая активность, которая началась за 250 000 лет до этого события, продолжалась в течение еще 500 000 лет после него и отравила атмосферу и океаны («Science», 2014, 346, 6215, 1281—1283, doi: 10.1126/science.346.6215.1281)...

...частота обновления информации менее 70 Гц на жидкокристаллических индикаторах самолетов приводит к визуальным искажениям, вследствие чего снижаются качество восприятия, надежность считывания значений и принятия решений («Медицина труда и промышленная экология», 2014, 11, 36—40)...

...современные компьютерные нейронные сети идентифицируют визуальные объекты не хуже, чем с этим справляется мозг приматов, в частности сеть, созданная учеными из университета Нью-Йорка, классифицирует объекты не хуже мозга макаки («PLoS Computational Biology», 2014, 10, 12, e1003963. doi:10.1371/journal.pcbi.1003963)...

...из плодового тела базидиомицетного гриба чешуйчатки обыкновенной *Pholiotia squarrosa* выделены два штамма *Bacillus subtilis*, эффективных в отношении грамположительных бактерий и преодолевающих лекарственную устойчивость бактерий, в частности золотистого стафилококка («Микробиология», 2014, 83, 4, 445—450)...

...отказ от курения может облегчить препарат гуанфацин, который назначают пациентам с артериальной гипертензией, он уменьшает стресс и благотворно влияет на познавательные способности («Journal of Psychopharmacology», 2014, doi: 10.1177/0269881114562091)...



...согласно результатам исследования, в котором приняли участие почти 30 тысяч европейцев, люди с «левыми» и «правыми» политическими взглядами менее склонны к сидячему образу жизни и ожирению, чем центристы («British Medical Journal», 2014, 349, doi: 10.1136/bmj.g7073)...

...у шимпанзе, как и у людей, есть генетическая предрасположенность к использованию орудий и к тому, чтобы быть левшой или правшой, причем левшей среди самцов больше, чем среди самок («Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences», 2015, 282, 1800, doi: 10.1098/rspb.2014.1223)...

...найлены комбинации генных мутаций, позволяющие регулировать продуктивность помидоров («Nature Genetics», 2014, 46, 1337–1342, doi:10.1038/ng.3131)...

...ящерица *Anolis carolinensis*, издавна обитавшая на островах вблизи Флориды, всего за 20 поколений в течение 15 лет вынуждена была обрести более широкие и клейкие лапки, чтобы перебраться на верхние этажи растений и выжить под натиском завезенной туда ближайшей ее родственницы *Anolis sagrei* («Science», 2014, 346, 6208, 463–466, doi: 10.1126/science.1257008)...

...искусственные ДНК-плазмиды, нанесенные на внешнюю поверхность ракеты-носителя TEXUS-49, по возвращении на Землю сохранили биологическую активность — они придавали бактериальным клеткам устойчивость к антибиотикам, а в эукариотических клетках запускали синтез флуоресцентного белка («PLOS One», 2014, 9, 11, e112979, doi: 10.1371/journal.pone.0112979)...

...проведено масштабное исследование текстовых заимствований в научных статьях, выложенных на arXiv.org с 1991 по 2012 год; обнаружена отрицательная корреляция между объемом заимствований и значимостью статьи, измеряемой в цитированиях; показано распределение плагиаторов по странам мира («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2014, doi: 10.1073/pnas.1415135111)...

...физики сделали макароны в форме колец, которые назвали «анеллони», от итальянского слова, обозначающего кольцо, чтобы получить наглядную модель поведения кольцевых полимерных молекул («Physics World», 2014, 12, 28–31, <http://blog.physicsworld.com>, 1 декабря 2014 года)...

...нобелевский лауреат Мэй-Бритт Мозер на церемонию награждения надела платье с узором из серебряных грид-нейронов (<http://blogs.scientificamerican.com>, 10 декабря 2014 года)...

Художник Андреас Мюллер



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Как Тахрир на акции давил

События 2011 года в Каире, закончившиеся арестом президента Хосни Мубарака, стали кульминацией «арабской весны». Однако волнения волнениями, а жизнь идет своим чередом. В частности, на фондовой бирже продолжают торги. Более того, периоды нестабильности — прекрасное время для любителей половить рыбку в мутной воде, пуститься в азартную игру с ежедневно колеблющимися курсами акций. А есть ли какая-то закономерность в их колебаниях? Да, есть, и ее обнаружили Тарек Хассан из Чикагского университета, Дарон Акемоглу из Массачусеттского технологического института и Ахмед Тахун из Лондонской бизнес-школы (агентство «NewsWise», 3 ноября 2014 года).

Как известно, «арабскую весну» организовывали с помощью службы коротких сообщений Twitter, распространяя тексты с тегом #Tahrir, общее число которых составляло сотни миллионов. Исследователи сначала выбрали в качестве индикатора частоту этого тега, однако никакой корреляции не заметили. Зато обратили внимание, что чем больше было таких сообщений, тем больше народу собиралось на следующий день на площади. И вот это-то количество и оказалось надежным индикатором. Правда, он сказывался на курсах акций лишь некоторых компаний. Каких же? Да тех, которые были в фаворе у свергаемого режима. Как предположили авторы работы, эти компании благодаря близости к властям предержащим получали солидное дополнительное финансирование, а также льготы и преференции, в общем, своего рода ренту. Соответственно, когда протесты усиливались, инвесторы пугались, что райская жизнь этих компаний сейчас закончится, и сдавали их акции. А когда протест шел на спад, инвесторы начинали думать, что еще постоим, не все потеряно, и акции снова откупали. Что интересно, акции компаний, связанных с другими сильными людьми Египта и не имеющих отношения к правящему режиму, серьезных колебаний не испытывали.

Исследователи полагают, что подобные процессы в условиях нестабильности должны наблюдаться и в других странах с подобными отношениями власти и бизнеса.

А.Мотыляев



Р.С.МОГИЛЬНИКОВОЙ, Москва: Разделочные доски, особенно те, на которых режут сырое мясо и рыбу, рекомендуется регулярно дезинфицировать, например замачивая в слабом растворе бытового хлорсодержащего средства (столовая ложка на 4—5 л воды); можно также протереть доску обыкновенным уксусом, дать высохнуть и затем вымыть.

Татьяне БАЛИНТ, электронная почта: Лазурит — это алюмосиликат, в котором часть атомов кремния замещена анионами S^{2-} , при этом чем больше таких замен, тем интенсивнее синий цвет.

К.В.СОКОЛОВУ, Санкт-Петербург: Зеленый оттенок древесины дуба может придавать хиноновый пигмент ксиллиндин, который выделяет гриб хлороцибория сине-зеленоватая, он же эльфийский кубок (*Chlorociboria aeruginascens*); это не дефект, у резчиков такой оттенок высоко ценится.

Н.Г.КУЛАГИНУ, Тверь: Название зефира маршмеллоу, популярного в англоязычных странах, который кладут в чашку какао или жарят на палочках, происходит от английского названия алтея лекарственного — *marshmallow*, «болотная мальва»; когда-то его готовили из корней алтея.

М.М.ИВАНОВОЙ, Горно-Алтайск: Не все титановые пигменты белые, они бывают и бежевыми, и коричневыми, если содержат оксиды никеля, сурьмы или других металлов.

Олегу КАЛАШНИКОВУ, электронная почта: Чтобы удалить масляную краску с деревянного предмета, его можно намазать 3%-ным раствором щелочи либо смесью нашатырного спирта и скипидара в соотношении 2:1; в продаже есть и специальные смывки, обычно содержащие органические растворители

Н.И.КОЗЛОВОЙ, Красноярск: «Новогодние» запахи — это прежде всего терпены, например запах елки — альфа-пинен, а один из основных компонентов эфирного масла мандарина — лимонен.

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: Архив «Химии и жизни» на компакт-диске редакции, к сожалению, закончился, но в этом году мы планируем выпустить новый архив, в который войдут номера журнала с 1965 по 2014 год.

В 2000-е годы Станислав Лем регулярно писал для польских изданий короткие заметки на разные темы — о космосе и биологии, об энергетике и политике, о науке и жизни. Мы предполагаем в течение этого года представить вам некоторые из этих заметок. Все они впервые публикуются на русском языке, переводы выполнил Виктор Язневич, исследователь и автор работ о творчестве Лема, составитель изданий его философских и литературоведческих произведений.

Состояние разобщенности, в котором пребывает наша культура, привело к тому, что мне легче узнать, что обо мне пишут в Америке, чем что обо мне пишут в Польше. И поэтому со значительным опозданием я прочитал очерк Пшемислава Чаплиньского «Станислав Лем — спираль пессимизма» из его книги «Подвижные границы».

Чаплиньский прочел мои произведения очень внимательно. Однако его интересовали не мой язык или сюжеты, а то, что я назвал бы футурогнозией, разновидностью вневременной философии, анализирующей отдельные этапы человеческого познания и деятельности. Он считает, что от первоначального оптимизма я перешел к пессимизму и одновременно подчеркивает: «Лем, меняя взгляды, всегда охватывает более ранний этап, никогда не сжигая за собой мосты... Лем сегодняшний, выражающий катастрофические опасения, не является кем-то радикально отличающимся от Лема давнего, оптимистично смотрящего в будущее, поскольку их обоих объединяет убежденность, что сущность положения человека и человечества определяет превосходство возможностей над необходимостями».

Хотелось бы перевести это на мой язык, не столько гуманитария, сколько человека, которому ближе биология и точные науки. В 1964 году появилась моя книга «Сумма технологии»; нелишне добавить, что Фрэнсису Фукуяме было тогда лет одиннадцать, и ходил он в общеобразовательную школу. (Фрэнсис Фукуяма — американский политолог японского происхождения, автор книги «Конец истории и последний человек» (1992), в которой утверждает, что либеральные демократии — окончательная форма общественного устройства. — Примеч. ред.) Я написал там, что человек создал технологию, которая оказалась силой, все более захватывающей, которая повела за собой своего создателя. Вместе с расширением фронта человеческой деятельности на суше, море и в воздухе прогрессирует растерянность. Не только в науке, но и в технологии у нас открывается все больше возможностей, и одновременно мы все меньше знаем о том, что, собственно говоря, надо делать и в чем наши цели.

Особый раздел в моей «Сумме» я посвятил «реконструкции человека». Я видел в ней возможность ликвидации болезней, слабостей, неполноценности, плохой наследственности. Однако у этой проблемы имеются аверс и реверс, и дело не обстоит так, что мы можем просто убрать из наследственной субстанции вредные гены и в результате получим совершенного человека.

Томас Манн говорил, что гениальность — это болезнь. Мы уже более или менее знаем, что такое коэффициент интеллекта или коэффициент эмоциональности, однако нет коэффициента творческих возможностей. Не удалось создать меры, которая позволяла бы констатировать, что в данной семье творческий потенциал увеличивался, причем без вреда для потенциала биологического. Такая болезнь, как, например, эпилепсия, заведомо осложняющая жизнь, может соединяться с гениальной писательской деятельностью, как у Достоевского, и мы не знаем, не были ли у него эти факторы неразделимы.

Чаплиньский говорит, что, возможно, я потому перестал писать сюжетную прозу, что мы уже оказались там, где начинается будущее и чисто воображаемые возможности преобразования человека становятся реальностью. Я сказал бы так: если мы задумаемся над тем, что возможно, всегда можно найти некоторые ограничения. Например, мы никогда не сможем предсказать состояние климата на долгий срок, потому что климат принадлежит к так называемым неустойчивым явлениям. Представим себе полусферу или гладкую буханку хлеба, на которую мы кладем металлический шарик: нет ни одного способа, чтобы точно установить, в какую сторону этот шарик покатится. Мы только знаем, что когда он начнет катиться, то будет катиться все быстрее.

Это также касается и развития науки. В течение нескольких лет после падения социализма я маниакально читал зарубежные научные журналы. Я выписал американский журнал «Science», получал из России «Природу»,

Горизонт во мгле



приобретал французский «Science et Vie», немецкий «Wissenschaft» и еще из Англии «New Scientist». Журналы громоздились на моем столе, я был не в состоянии поглотить их содержание; я когда-то сказал, что чувствую себя как путник, который пытается догнать поезда, идущие в разных направлениях. Поэтому с нового года получаю только «Природу» и «New Scientist».

Возвращаясь к вопросу отчасти центральному — автоэволюции человека. Мы создали технологию, которая всю нашу среду изменила и усовершенствовала. Единственным элементом, который тысячелетиями оставался неизменным, был человек в своем биологическом естестве. Теперь некоторые принимаются за его усовершенствование. Однако этого нельзя делать, если не знаешь, в чем мы хотим достичь совершенства. <...>

В номере «Science», который дошел до меня прежде, чем я перестал выписывать этот журнал, я нашел подобие будущего человека: у него короткие ноги, мощные икры, сильно развитый позвоночник, чтобы не выпадал межпозвоночный диск, более низкая гортань, чтобы не давился, когда ест суп, и выглядел он просто ужасно. К счастью, это была концепция какого-то анатомофизиолога, которая, надеюсь, никогда не дожидется реализации.

Чаплинский выделил у меня несколько видов катастрофизма, которые называет катастрофизмом антропологическим, сайентифическим и акселерационным, то есть связанным с непредсказуемостью цивилизационного ускорения. Следствием этого ускорения является, пишет он далее, «исчезновение настоящего», разновидность фантоматизации действительности и сведение ее к однозначности. Это и в самом деле так, но касается только небольшой части действительности, большая часть человечества живет по-прежнему в условиях двухсотлетней давности.

Вдобавок мы переживаем довольно опасный исторический момент. Мировое равновесие, это состояние, когда шарик был на верхушке полусферы, сохранялось в годы холодной войны, обе державы находились в состоянии «шаха», но ни одна не отваживалась объявить «мат». Теперь ядерная угроза растет, возможность применения так называемой грязной атомной бомбы становится все более реальной. Если что-то было однажды открыто, закрыть уже не удастся. И всегда какая-то часть новых технологий ускользнет из-под контроля.

НЕИЗВЕСТНЫЙ ЛЕМ

Разбуженное чудовище исламского экстремизма растет и становится независимым даже от самого бен Ладена. Испанцы считали, что им удастся избежать опасности, если они выберут новое правительство, которое выведет войска из Ирака. Едва такое решение зародилось, как стало известно о подготовке очередного теракта. Террористы готовятся к нанесению ударов, и речь идет не об ударах от случая к случаю, а о планомерном воздействии на демократические государства с целью сделать их более уступчивыми. Это способствует нарастанию хаоса в мире, что также влияет на ситуацию в области познания.

Чаплинский произвел определенную сверхинтерпретацию моих книг, которые появлялись на протяжении 50 лет, объединяя их смысловое содержание под несколькими лозунгами. Это, собственно говоря, не футурология, ибо речь не идет ни о будущих открытиях, ни о том, чем люди будут питаться через сто лет, а о том, что вообще будет с человеком. Мы узнаём все больше, но мы путаемся в этом знании, и горизонт его покрыт мраком. По мере увеличения нашего знания мы осознаем громаду нашего незнания.

Особенно это касается строения нашего собственного организма. Разумеется, как только появились первые карты генома человека, некоторые джентльмены сразу же начали юмористически описывать биотехнологическое производство запасных частей: в ящиках будут ждать новые сердца, печень и почки, и человек станет бессмертным. Это безумные иллюзии.

Мы удивляемся, что крыса имеет 90 процентов той же самой генетической информации, что и человек. Но это вовсе не удивительно: гены как буквы, из которых складываются наследственные записи. В латинском алфавите 24 буквы, из них можно составить как вульгарные надписи на заборе, так и сонеты Шекспира. Удивительно то, что люди, которые прочитали лишь эти первые надписи, посчитали, что могут усовершенствовать человеческий вид.

Станислав Лем

Перевел с польского Виктор Язевич



АНАЛИТИКА ЭКСПО

13-я Международная выставка
лабораторного оборудования и химических реактивов

14 – 17 апреля 2015 года
Москва, КВЦ «Сокольники»

Более 6000 посетителей

Свыше 250 участников



Забронируйте стенд на сайте

www.analitikaexpo.com

КОМПЛЕКСНОЕ ОСНАЩЕНИЕ ЛАБОРАТОРИЙ

Организатор:



Тел: +7 495 935 81 00
E-mail: analitikaexpo@ite-expo.ru

Соорганизаторы:

