

Познавательный журнал для хороших людей

НАУКА

из первых рук

www.scfh.ru

5/6

5/6 ⁽⁸⁵⁾ ● 2019

НАУКА
из ПЕРВЫХ РУК

№ 5/6 (85) 2019

МЕТАБОЛОМ -
МОЛЕКУЛЯРНОЕ
«ЗЕРКАЛО» ЖИЗНИ

РОДИТЬСЯ
БАОБАБОМ

ИСТОРИЯ
НА СКАЛАХ

КЛЕЩИ:
ДЕРЖИМ
ОБОРОНУ

ЭХО ПАМЯТИ





«В обсерватории Гарвардского колледжа в те времена работала группа замечательных женщин, технических помощников астрономов. Директор обсерватории Эдвард Пикеринг поручил одной из них, Виллиамине Флеминг, заняться классификацией фотографий звездных спектров. Не имея астрономического образования и не мудрствуя лукаво, она объединила яркие голубые звезды в одну группу, присвоив ей букву А (туда вошел и Сириус). Звезды чуть меньшей яркости составили группу В – и так далее вниз по латинскому алфавиту. Звезды со спектрами солнечного типа получили индекс G, а самые тусклые красные светила – М. Позднее ее коллега Анни Джамп Кэннон расширила эту систему, введя спектральные классы O, B, A, F, G, K, M и разделив каждый на нумерованные подклассы... Эта классификационная система, названная гарвардской, после ряда модификаций используется и сегодня».

На фото – А. Д. Кэннон в обсерватории Гарвардского колледжа. Нанятая для выполнения астрономических расчетов, в конечном итоге она стала выдающимся американским астрономом, особенно известной благодаря своим открытиям переменных звезд. В 1925 г. она стала первой женщиной, получившей степень доктора наук Оксфордского университета. Фото из архива Смитсоновского института (США). Public Domain

На первой странице обложки:

Пожилая алтайская женщина в традиционной зимней одежде. Горно-Алтайская АО, Усть-Канский р-н, с. Ябоган, 1982 г. Фотосъемка и архив А. М. Сагалаева

5/6. 2019
научно-популярный журнал



НАУКА

из первых рук



В НОМЕРЕ:

Новый препарат против клещевого энцефалита на основе человеческого иммуноглобулина с «мышиним» фрагментом прошел доклинические испытания

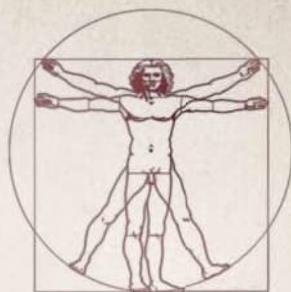
Для ранней диагностики агрессивных опухолей мозга можно использовать «метаболомный профиль» крови, отражающий содержание десятков небольших молекул-метаболитов

Летучие мыши – природный резервуар опасных для человека вирусов, имеют рекордную для своего веса продолжительность жизни

А. М. Сагалаев: «Архаичная культура не нуждается в защите или оправдании, она требует понимания»

Современное понимание физического смысла «предела Чандрасекара» о максимальной массе белых карликов сильно отличается от его расхожей интерпретации

Познавательный журнал
для хороших людей



Редакционная коллегия

главный редактор
акад. *Н.Л. Добрецов*
заместитель главного редактора
акад. *В.В. Власов*
заместитель главного редактора
акад. *Г.Н. Кулипанов*
заместитель главного редактора
Л.М. Панфилова
заместитель главного редактора
И.А. Травина
акад. *И.В. Бычков*
акад. *М.А. Грачев*
акад. *А.П. Деревянко*
акад. *А.В. Латышев*
д.ф.-м.н. *Г.В. Майер*
акад. *В.Н. Пармон*
акад. *Н.П. Похиленко*
чл.-кор. *М.П. Федорук*
д.ф.-м.н. *В.Д. Шильцев*
чл.-кор. *А.Н. Шиплюк*
акад. *М.И. Эпов*

Редакционный совет

акад. *Н.А. Колчанов*
акад. *А.Э. Конторович*
чл.-кор. *А.Л. Кривошапкин*
акад. *М.И. Кузьмин*
чл.-кор. *И.Ю. Кулаков*
акад. *В.И. Молодин*
д.б.н. *М.П. Мошкин*
чл.-кор. *С.В. Нетесов*
д.ф.-м.н. *А.Р. Оганов*
И.О. Орлов
чл.-кор. *Н.В. Полосьмак*
акад. *В.К. Шумный*
д.и.н. *А.Х. Элерт*

Над номером работали

к.б.н. *Л. Овчинникова*
Л. Панфилова
к.б.н. *М. Перепечаева*
А. Харкевич
К. Шмугурова
А. Мистрюков

«Естественное желание хороших
людей – добывать знание»

Леонардо да Винчи

Периодический научно-популярный журнал

Издается с января 2004 года

Периодичность: 6 номеров в год

Учредители:

Сибирское отделение Российской
академии наук (СО РАН)

Институт физики полупроводников
им. А.В. Ржанова СО РАН

Институт археологии и этнографии
СО РАН

Лимнологический институт СО РАН

Институт геологии и минералогии
им. В.С. Соболева СО РАН

Институт химической биологии
и фундаментальной медицины СО РАН

Институт нефтегазовой геологии
и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН

ООО «ИНФОЛИО»

Издатель: ООО «ИНФОЛИО»

Адрес редакции и издателя:
630090, Новосибирск,
ул. Золотодолинская, 11
Тел.: +7 (383) 238-37-20, 238-37-25
e-mail: lidia@info-press.ru
e-mail: zakaz@info-press.ru

www.scfh.ru

Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор)

Свидетельство ПИ № ФС77-37577
от 25 сентября 2009 г.

ISSN 1810-3960

Тираж 1 000 экз.

Отпечатано в типографии
ООО «ИД „Вояж“» (Новосибирск)

Дата выхода в свет 06.03.2020

Свободная цена

Перепечатка материалов только
с письменного разрешения редакции

© Сибирское отделение РАН, 2019

© ООО «ИНФОЛИО», 2019

© Институт физики полупроводников
им. А.В. Ржанова СО РАН, 2019

© Институт археологии и этнографии
СО РАН, 2019

© Лимнологический институт СО РАН,
2019

© Институт геологии и минералогии
им. В.С. Соболева СО РАН, 2019

© Институт химической биологии
и фундаментальной медицины
СО РАН, 2019

© Институт нефтегазовой геологии
и геофизики им. А.А. Трофимука
СО РАН, 2019

Дорогие друзья!



Аномальное тепло и отсутствие снега в Центральной России стали, как отметил Роспотребнадзор, причиной необычайно раннего, пусть и единичного пробуждения клещей. И хотя в зимние месяцы массового появления этих кровососущих членистоногих не бывает, уже очень скоро они будут представлять немалую угрозу для любителей природы и их домашних питомцев. Поэтому в этом выпуске журнала мы продолжаем тему иксодовых клещей и тяжелых инфекционных заболеваний, которые они переносят.

В статье «Клещи, которые нас кусают» авторы, ученые из новосибирского Института химической биологии и фундаментальной медицины, знакомят читателей с внешним видом, повадками и образом жизни иксодовых клещей, распространенных не только на территории нашей страны, но и в других регионах мира. Важно, что в последние годы из-за изменения климата, антропогенной деятельности, включая противоклещевые обработки, ареалы разных видов клещей расширяются. Это приводит к активизации природных очагов клещевых инфекций из-за увеличения периода активности клещей и расширения круга их хозяев, а также переносимых ими патогенов. Такой же эффект может стать следствием скрещивания между разными видами клещей и появления плодовитых гибридов – последний феномен был отмечен в Западной Сибири для таежного клеща и клеща Павловского.

Проблемы клещевых инфекций затрагивают многих, но практически каждый из нас сталкивается с проблемами старения. Долгая и здоровая жизнь – мечта любого человека, поэтому ученые активно ищут и находят новые природные модели как замедленного, так и ускоренного старения. Оказывается, в природе продолжительность жизни особей разных видов различается на порядки, при этом долгожителей можно найти в самых разных, часто очень удаленных систематических группах. И чем дальше эти организмы отстоят от привычных нам лабораторных животных, тем более удивительные способы решения проблемы старения они используют. Авторы статьи «Родиться баобабом» из новосибирского Института молекулярной и клеточной биологии СО РАН знают об этой области не понаслышке: в институте собрана и изучается уникальная коллекция клеточных культур различных позвоночных, в том числе редких и исчезающих видов, многие из которых (голый землекоп, серый кит, сибирский

осетр, летучая мышь Брандта и др.) обладают уникальными механизмами долголетия.

Любителей экзотики в новом выпуске журнала ждут увлекательные путешествия на острова, расположенные по разные стороны Евразийского континента. Авторы этих репортажей – не досужие туристы, а активно работающие ученые: благодаря знаниям и пытливому глазу им удастся увидеть в настоящем следы прошлого, скрытого пеленой столетий или даже тысячелетий. Наши читатели узнают, что «остров вечной весны» Мадейра является частью загадочной ботанической области Макаронезии, где сохранилась уникальная реликтовая растительность древнего Средиземноморья, которая попала сюда морским путем или при помощи перелетных птиц. А японская борьба сумо представляет собой не просто зрелищное и яркое действие, но является одной из важных составляющих культуры древнейшей цивилизации, которая зародилась в то время, когда архаичные сообщества людей пришли к необходимости избегать массовых кровопролитий в борьбе за лучшие места для жизни.

Статья известного научного журналиста Алексея Левина посвящена открытию, которое в 1930 г. сделал 19-летний выпускник колледжа Субраманьян Чандрасекар. Вычисленный им «предел Чандрасекара», определяющий предельную массу идеального белого карлика, стал одним из первых свидетельств, что у звезд есть ограничения по массе. И хотя за последнее столетие ученые доказали, что свойства вещества реальных белых карликов много сложнее, чем в модели Чандрасекара, это открытие стало серьезнейшим прорывом в астрофизике прошлого века, расширив наше «изыскание» о строении Вселенной – «одной из самых великих и благородных проблем, какие только существуют в природе», по словам Галилео Галилея.

Академик Н. Л. Добрецов,
главный редактор



В переводе на «человеческий» возраст **ГОЛЫЙ ЗЕМЛЕКОП** живет до **600 ЛЕТ**. С. 16

С помощью сложного сенсорного органа Галлера **ИКСОДОВЫЕ КЛЕЩИ** воспринимают запах и тепловое излучение **ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЖЕРТВЫ** на расстоянии до 10 м. С. 32

СУМО, традиционная японская дуэль тяжеловесов, – современный отголосок архаичного способа решения **КОНФЛИКТОВ** без **МАССОВЫХ КРОВОПРОЛИТИЙ**. С. 140

.01

ГОРИЗОНТЫ НАУКИ

- 06 *Ю.П. Центалович, Е.А. Зеленцова, А.Д. Мельников, О.А. Снытникова, В.В. Яньшолё, Л.В. Яньшолё*
 Метаболом – молекулярное «зеркало» жизни

.02

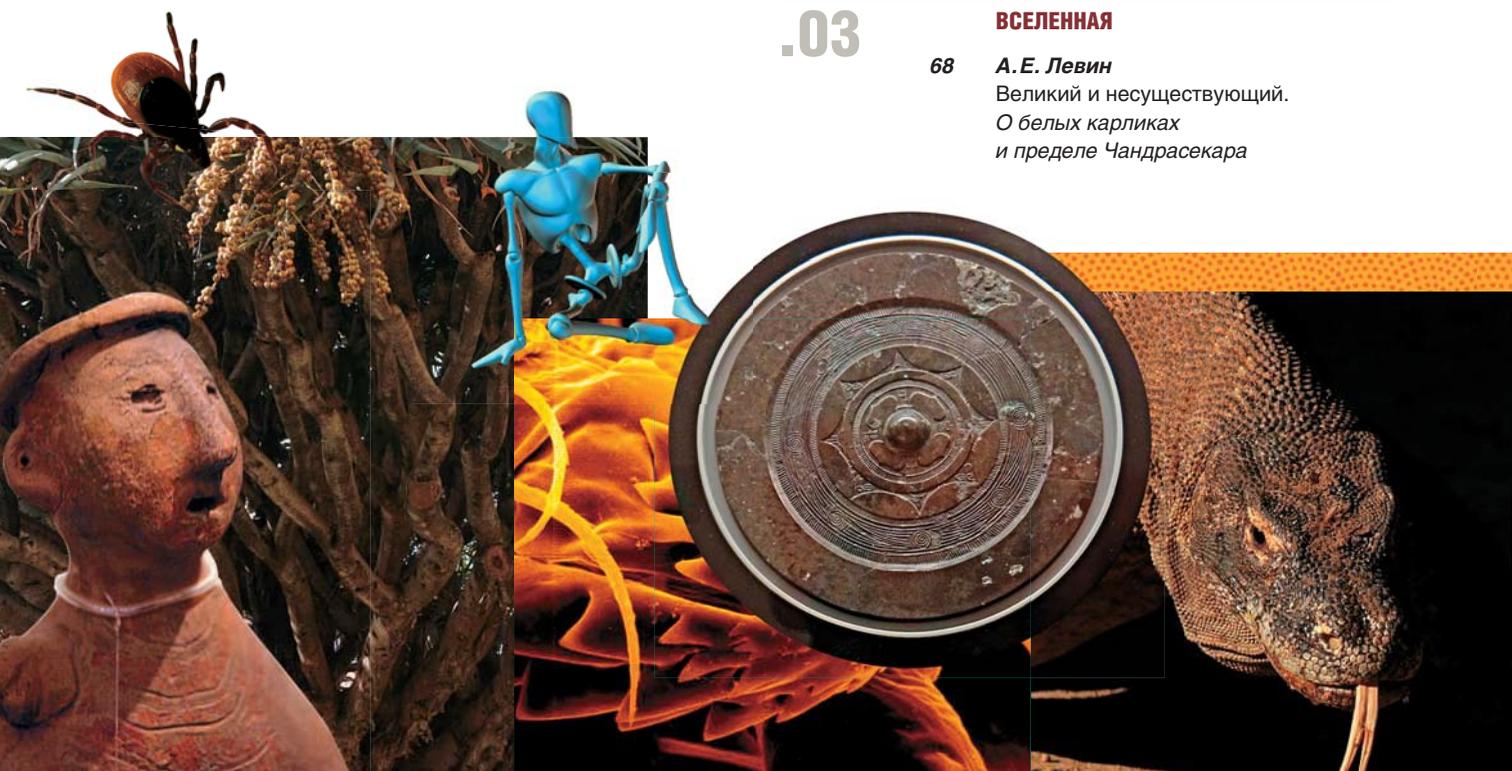
НАУКИ О ЖИЗНИ

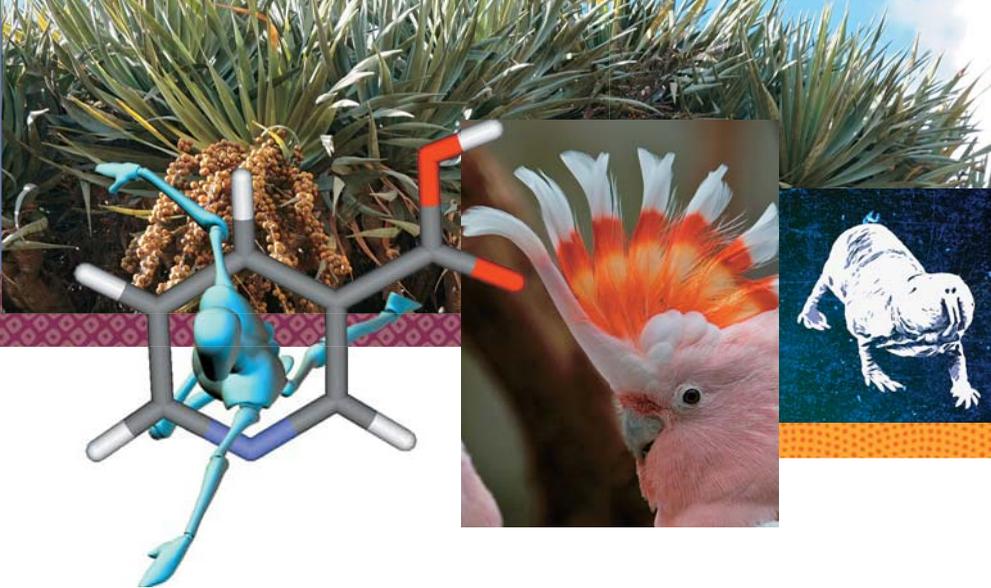
- 16 *А.С. Графодатский, В.А. Трифонов*
 Родиться баобабом
- 32 *В.В. Власов, В.А. Рар, С.Е. Ткачев, Н.В. Тикунова*
 Клещи, которые нас кусают
- 52 *В.В. Власов, В.А. Рар, С.Е. Ткачев, Н.В. Тикунова*
 Клещи: держим оборону

.03

ВСЕЛЕННАЯ

- 68 *А.Е. Левин*
 Великий и несуществующий.
 О белых карликах
 и пределе Чандрасекара





НАСКАЛЬНЫЕ РИСУНКИ Центральной Азии говорят о глубокой **ДУХОВНОЙ ОБЩНОСТИ** народов, населявших в древности этот огромный регион. **С. 96**

Пятая часть территории **ОСТРОВА МАДЕЙРА** занята вечнозелеными лавровыми **ЛЕСАМИ** – такие же росли **В ЕВРОПЕ** около 2,5 млн лет назад. **С. 118**

.04

КНИЖНАЯ ПОЛКА

- 84** Эхо памяти
- 86** **А. М. Сагалаев**
Черета утрат.
*О судьбе духовного наследия
аборигенов Алтая*

.05

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ЭКСПЕДИЦИЙ

- 96** **Н. В. Полосьмак**
История на скалах
- 118** **Е. А. Королюк**
Загадочная Макаронезия:
«вечная весна» Мадейры
- 140** **А. И. Соловьев, Е. А. Соловьева**
Япония: о далеких островах
и стране Ямато



МЕТАБОЛОМ — молекулярное «зеркало» ЖИЗНИ



Ключевые слова: метаболомика, катаракта, биомаркеры времени смерти, животные модели заболеваний человека, микробиом кишечника, колит, рак, глиома.

Key words: metabolomics, cataract, PMI biomarkers (Post-mortem interval), model animals, intestinal microflora, colitis, cancer, glioma

© Ю. П. Центалович,
Е. А. Зеленцова, А. Д. Мельников,
О. А. Снытникова, В. В. Яньшолё,
Л. В. Яньшолё, 2019



Сотрудники лаборатории протеомики и метаболомики
Института «Международный томографический центр» СО РАН (Новосибирск):
Екатерина Анатольевна ЗЕЛЕНЦОВА, к. ф.-м. н., научный сотрудник,
преподаватель НГУ;
Юрий Павлович ЦЕНТАЛОВИЧ, д. х. н., профессор, заведующий лабораторией;
Людмила Владимировна ЯНЬШОЛЕ, к. х. н., научный сотрудник;
Вадим Владимирович ЯНЬШОЛЕ, к. ф.-м. н., старший научный сотрудник,
старший преподаватель НГУ;
Арсентий Дмитриевич МЕЛЬНИКОВ, студент НГУ, младший научный сотрудник;
Ольга Александровна СНЫТНИКОВА, к. х. н., старший научный сотрудник

ОН

Вторая половина XX в. – это время бурного развития молекулярной биологии, в первую очередь генетики. Яркий пример – успешная реализация одного из наиболее амбициозных международных научных проектов, «Генома человека», получившего широкий резонанс, и не только в научных кругах. Все это привело к рождению целой группы далеко не таких известных среди широкой общественности «постгеномных» научных дисциплин, которые занимаются изучением молекулярных продуктов реализации наследственной информации в организме.

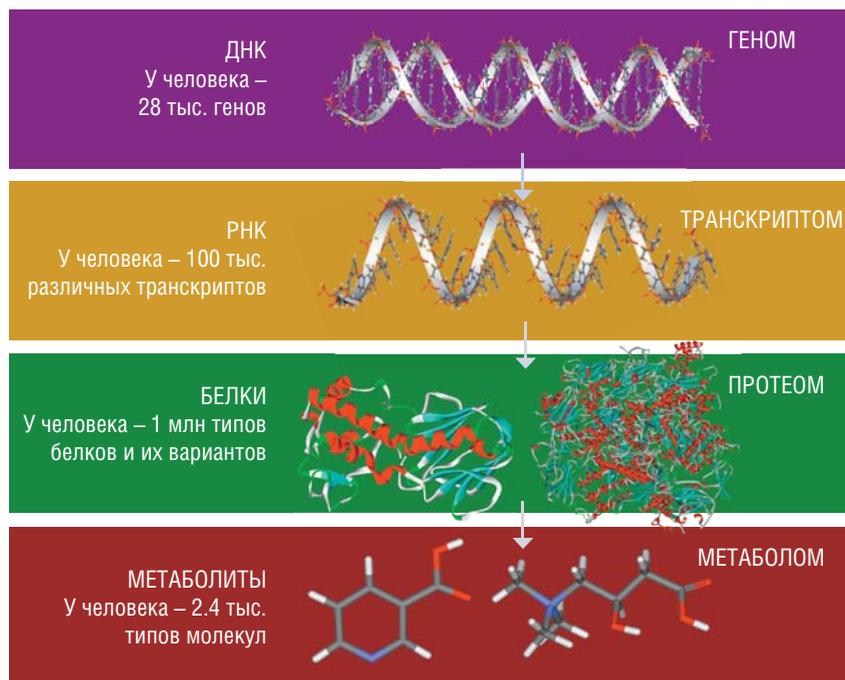
Предметом исследования *метаболомики*, самой молодой из постгеномных наук, является *метаболом* – совокупность малых (с молекулярной массой менее 1 кДа*) молекул в организме, органе, ткани или клетке. К метаболитам относятся аминокислоты, органические кислоты, сахара, нуклеотиды и многие другие классы органических соединений.

Анализ метаболома является ключевым моментом для понимания динамических процессов, происходящих в организме. При нормальных условиях концентрация тех или иных соединений в ткани или жидкости определяется их ролью в метаболических процессах и, как правило,

* 1 кДа = 10^3 Да (дальтон – атомная единица массы, равная 1/12 массы свободного покоящегося атома углерода ^{12}C , находящегося в основном состоянии)



В нашем организме постоянно меняется количество и состав не только белков – продуктов активации тех или иных генов, но и более простых органических молекул, образующихся в результате различных метаболических процессов или попадающих в него из внешней среды. Такие молекулярные «профили» несут в себе уникальную информацию, которую можно использовать для самых разных практических целей. С помощью этого подхода новосибирским исследователям уже удалось выяснить причины развития возрастной катаракты, найти потенциальные пребиотики и опухолевые биомаркеры, а также помочь криминалистам в решении задачи, важной для раскрытия преступлений



Реализация наследственной информации в живом организме осуществляется от ДНК к РНК, от РНК – к белку. Соответственно, существует иерархия или связка дисциплин: геномика изучает геном и гены; транскриптомика – синтез и распределение транскриптов (молекул РНК); протеомика – совокупность белковых молекул; метаболомика – набор всех метаболитов, образующихся в результате биохимических реакций. Интересно, что число метаболитов намного меньше, чем молекул, ответственных за протекание этих реакций. Это связано, во-первых, с тем, что эти небольшие молекулы уже претерпели каскад биохимических превращений и сами по себе достаточно устойчивы. Во-вторых, в человеческом геноме разных людей закодированы практически одни и те же биохимические процессы, поэтому индивидуальные особенности строения их составляющих не оказывают существенного влияния на число конечных метаболитов, по крайней мере в норме (Черносонов, 2010)

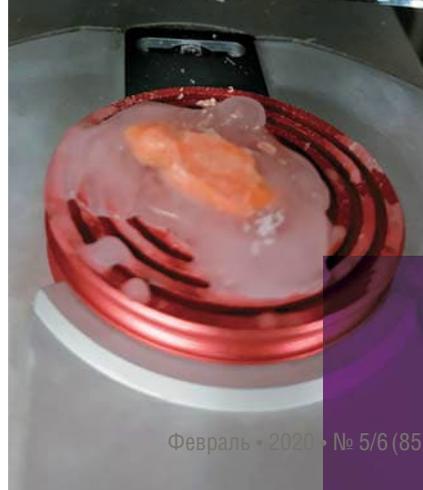
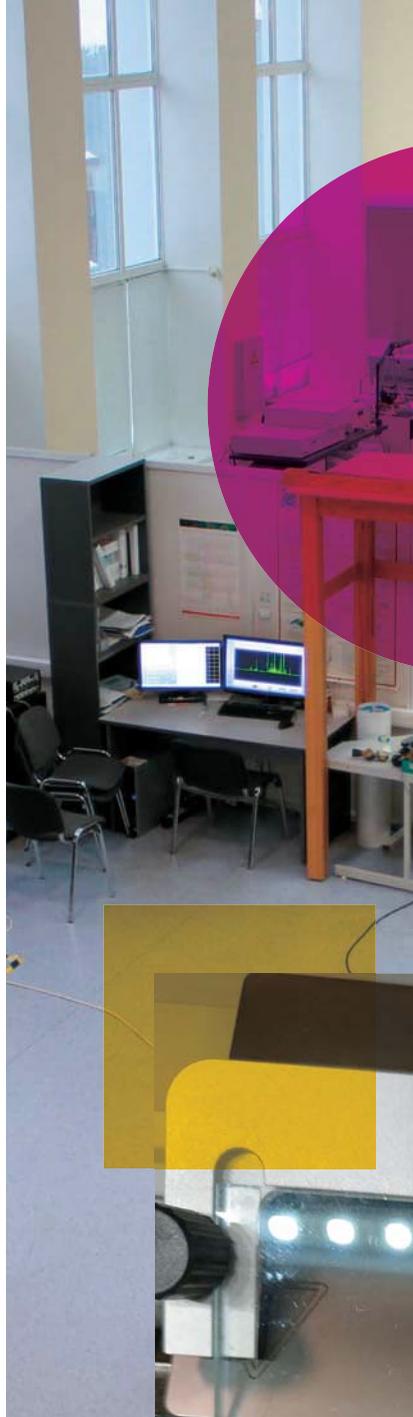
меняется в небольших пределах. Однако при патологии метаболомный профиль пораженной ткани может резко измениться. Изучая динамику состава и концентрации метаболитов, можно понять молекулярные основы возникновения множества заболеваний или, по крайней мере, выявить их биомаркеры.

Сегодня в метаболомике выделяют три направления. *Качественная* метаболомика «опознает» метаболиты в ткани вне зависимости от их концентрации. Этот подход полезен на начальных этапах исследований, а также в ряде специфических приложений (например, в антидопинговых лабораториях). Самое большое число работ выполняется с применением *полуколичественного* подхода, при котором сравниваются исследуемый и контрольный образцы (например, патологической и здоровой тканей). Но наиболее информативный

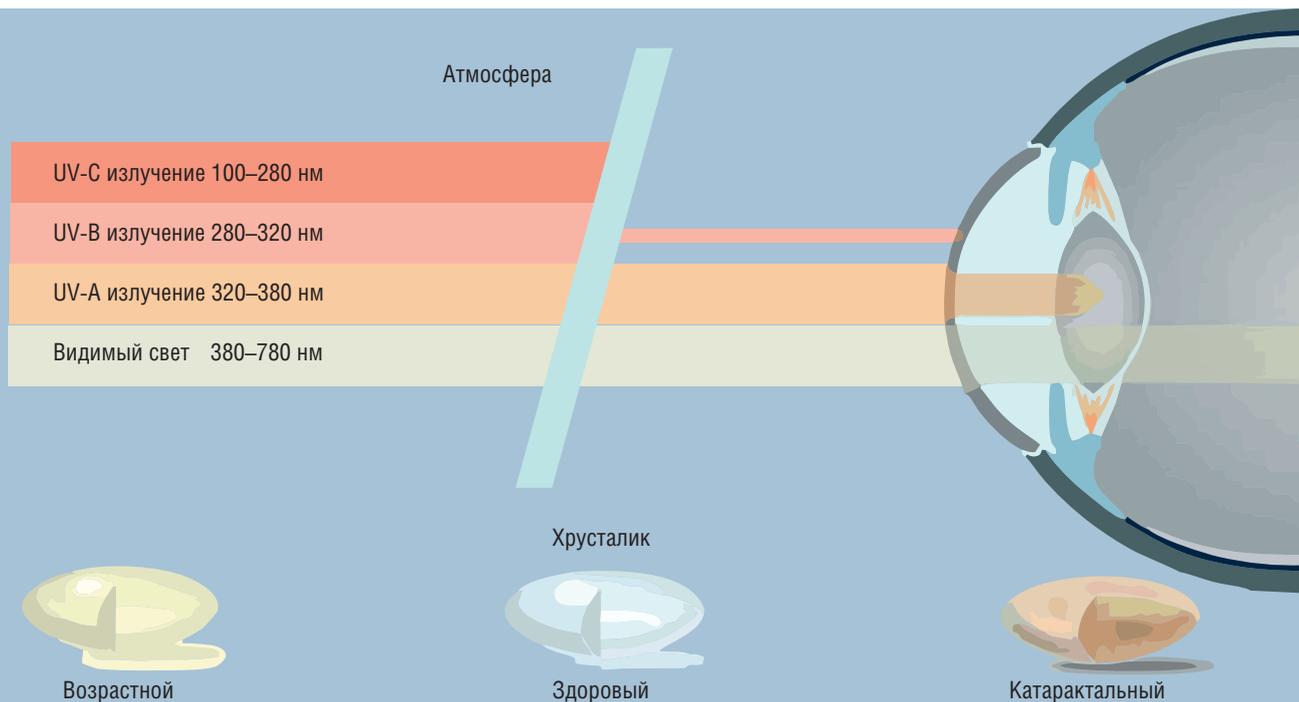
и вместе с тем трудоемкий подход – *количественный*, при котором измеряются абсолютные значения концентраций метаболитов в исследуемой ткани.

Разработкой и применением методов количественной метаболомики для решения конкретных задач в биологии и медицине занимаются исследователи из лаборатории протеомики и метаболомики новосибирского Института «Международный томографический центр» СО РАН. Так, с помощью этого подхода удалось выяснить причины возникновения катаракты, обнаружить потенциальные кишечные пребиотики, установить биомаркеры трудноизлечимых опухолей мозга и добиться успеха в решении задачи, важной для криминологии, – установления точного времени наступления смерти.

Наиболее универсальные и эффективные платформы для получения метаболомных данных – масс-спектрометрия (МС) и спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР). С помощью ЯМР можно просто и надежно определять концентрацию каждого соединения, обнаруженного в образце, так как она прямо пропорциональна интенсивности сигналов в ее спектре. Однако этот метод имеет относительно невысокую чувствительность. Масс-спектрометрия в сочетании с высокоэффективной жидкостной хроматографией (ВЭЖХ) является гораздо более чувствительным методом, позволяющим за одно измерение регистрировать в образце сотни и даже тысячи метаболитов. С помощью МС высокого разрешения можно довольно просто производить идентификацию метаболитов по точной массе, изотопному распределению и фрагментным ионам. Однако количественные МС-измерения гораздо более трудоемки, чем ЯМР, так как требуют построения калибровочных кривых для каждого исследуемого вещества и дают менее надежные результаты. Поэтому для детального количественного метаболомного профилирования биологических образцов более плодотворно сочетать разные методы



В МТЦ СО РАН разработан оригинальный метод гомогенизации эластичных тканей, основанный на применении микротом-криостата (справа). Образец замораживается в ледяном блоке, нарезается тонкими (20 мкм) слоями, а затем гомогенизируется в блендере. Использование этого метода не приводит к нагреву образца и к потерям материала, поэтому оптимально для количественной метаболомики эластичных тканей



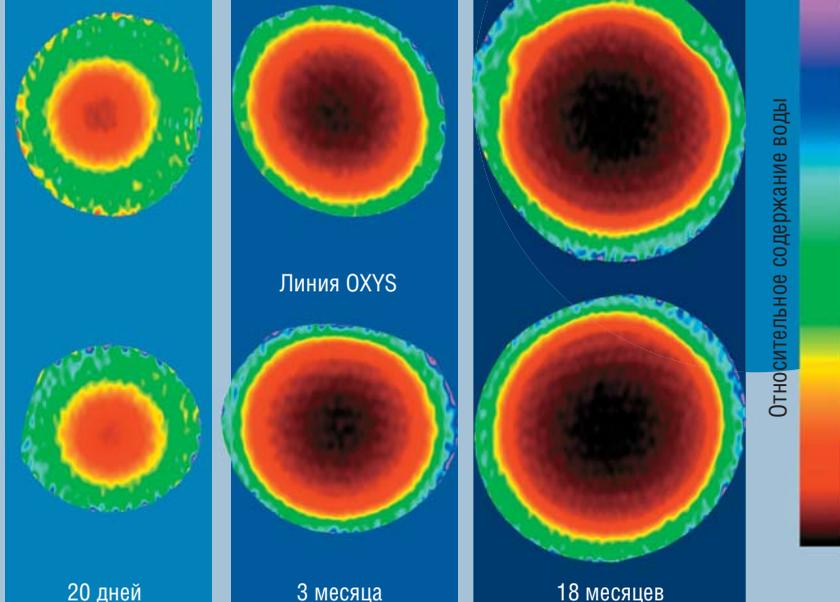
Как уберечься от катаракты

Хрусталик глаза представляет собой биологическую линзу. Чтобы успешно выполнять свои оптические функции, он должен быть гибким, прозрачным и иметь высокий коэффициент преломления света. Однако сегодня более половины людей во всем мире старше 65 лет страдает *возрастной ядерной катарактой*, или помутнением центра хрусталика, что является основной причиной слепоты.

Большая часть хрусталика состоит из длинных шестигранных клеток-волокон, лишенных ядер и органелл и заполненных большим количеством специальных структурных белков – *кристаллинов*. Но у этой совершенной конструкции есть и недостаток: волокна хрусталика практически не имеют метаболической

В течение жизни на хрусталик глаза действует много вредных факторов, в первую очередь ультрафиолетовое излучение Солнца, запускающее фотохимические реакции, нарушающие структуру белков. Однако у хрусталика есть многостадийная система защиты. Первый уровень – УФ-фильтры, которые поглощают большую часть света ультрафиолетового диапазона, переводя его в тепло. Дальше за дело берутся антиоксиданты, в первую очередь аскорбиновая кислота и глутатион. Аскорбат способен предотвращать образование свободных радикалов, которые могут привести к модификации белков хрусталика. А в случае когда он не справился, на помощь приходит глутатион, который восстанавливает радикалы до исходного состояния. По мере старения эта система защиты ослабляется

МРТ-исследования транспорта малых молекул в хрусталике глаза крыс линии Wistar и преждевременно стареющих животных линии OXYS (созданной в ИЦИГ СО РАН, Новосибирск) дали неожиданные результаты. Оказалось, что с возрастом и при развитии катаракты содержание и скорость диффузии молекул воды и других малых молекул не меняются. Вероятно, изменение в содержании таких соединений, как аминокислоты и молекулярные УФ-фильтры, можно объяснить существованием «барьера», который задерживает большие по размеру молекулы.
 По: (Dobretsov, Snytnikova, Kopyug, 2013)



На сегодня единственным средством восстановления зрения при катаракте является оперативное удаление хрусталика и замена его на искусственный. Неполнота знания о механизмах развития катаракты затрудняет поиск лекарственных препаратов и методов, способных предотвращать ее развитие и восстанавливать прозрачность хрусталика

активности, в том числе в них не происходит обновления структурных белков. Да и сами такие клетки не обновляются: «настоящие» клетки, обеспечивающие рост хрусталика в течение жизни, имеются лишь в его *эпителиальном слое*, состоящем из одного слоя плоских неороговевающих клеток. Поэтому в центральной части хрусталика в любое мгновение нашей жизни находятся все те же волокна, с которыми мы родились, и с теми же белками.

Со временем белки хрусталика «стареют», накапливая многочисленные модификации, в результате чего окрашиваются, теряют растворимость и слипаются. Выпадающие в осадок большие белковые агрегаты начинают рассеивать свет, что, как считается, и приводит к катаракте. Но хотя механизм этого заболевания понятен, первоначальные причины его возникновения до сих пор не ясны.

Одна из возможных причин – стресс. Известно, что любая биологическая ткань подвержена стрессам: окислительному, осмотическому, в результате действия солнечной радиации и т. д. Поскольку в клетках хрусталика не работает большинство обычных

клеточных механизмов, то защищаться они могут только с помощью метаболитов (антиоксидантов, осмолитов, УФ-фильтров), которые должны где-то синтезироваться и медленно диффундировать к центру хрусталика. И чтобы понять механизмы развития катаракты, необходимо установить происхождение этих соединений.

Как известно, хрусталик со всех сторон омывается *внутриглазной жидкостью*, секретируемой *цилиарным телом* (частью средней, или сосудистой, оболочки глаза, на которой подвешен хрусталик). Именно эта жидкость в данном случае осуществляет функции крови – снабжает питательными веществами и выводит отходы. При сравнении метаболизма состава плазмы крови и внутриглазной жидкости выяснилось, что они очень близки за одним важным исключением: концентрация *аскорбиновой кислоты*, важнейшего антиоксиданта, в крови в сотни раз меньше.

Дело в том, что в процессе эволюции предки человека, как и другие высшие приматы, утратили ген одного из ферментов, ответственного за синтез аскорбиновой кислоты. Компенсировать этот дефект можно за счет аскорбата, поступающего с пищей, в первую очередь с фруктами и корнеплодами. Но хрусталик требует гораздо больше аскорбиновой кислоты, чем другие ткани, поэтому в глазу имеются специфические насосы, забирающие аскорбат из крови и накачивающие его во внутриглазную жидкость. Дальнейшее проникновение аскорбата в хрусталик происходит за счет обычной диффузии.

При следующем шаге – сравнении метаболомного состава внутриглазной жидкости и хрусталика – выяснилось, что основными антиоксидантами в нем являются не только аскорбиновая кислота, но и пептид *глутатион*. Ответственным за поддержание внутриклеточного давления оказался шестиатомный спирт *мио-инозитол*. А роль УФ-фильтров играет набор производных *кинурина*, продукта метаболизма аминокислоты триптофана. Концентрация всех этих соединений (за исключением аскорбата) в хрусталике оказалась во много раз выше. Из этого логично следует, что большинство «защитных» соединений хрусталика не приходит извне, а синтезируется в самом хрусталике, точнее, в его эпителиальных клетках.

Когда исследователи сравнили здоровые и катарактальные хрусталики людей одного возраста, то в последних было обнаружено гораздо меньше осмолитов, антиоксидантов и УФ-фильтров. Так появилась гипотеза, согласно которой причиной развития катаракты является снижение функции эпителиальных клеток. Это означает, что оптимальным подходом к терапевтическому лечению и профилактике катаракты может стать не «накачка» хрусталика антиоксидантами, а восстановление нормальной работы эпителиальных клеток. Это гораздо более сложная задача, решение которой, вероятно, лежит в области клеточных технологий. Например, существенно улучшить состояние стареющего хрусталика сможет подсадка в него здоровых эпителиальных клеток.

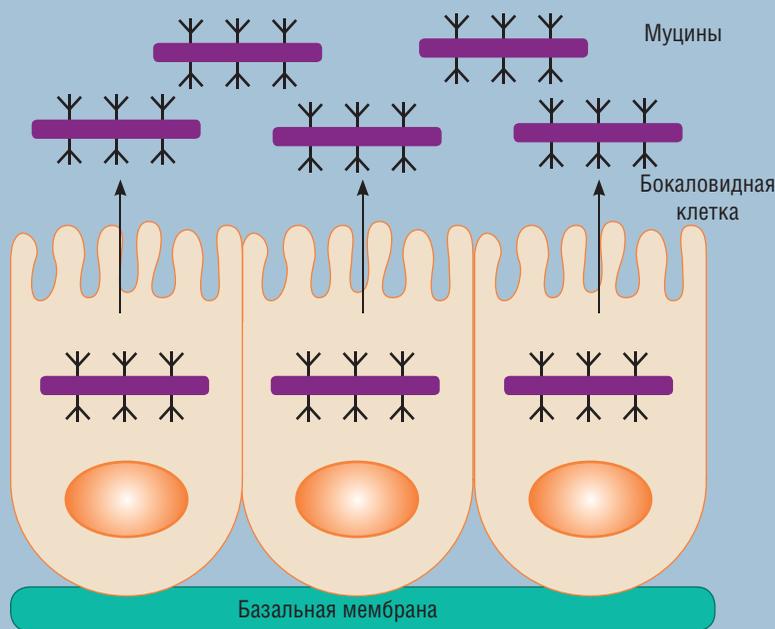
От микробиома до глиомы

В арсенале современной биомедицины важное место занимают подопытные животные, которые служат экспериментальными моделями заболеваний человека. Именно на таких объектах активно ведутся исследования по выяснению механизмов возникновения тех или иных патологий, а также отработка способов их профилактики и лечения.

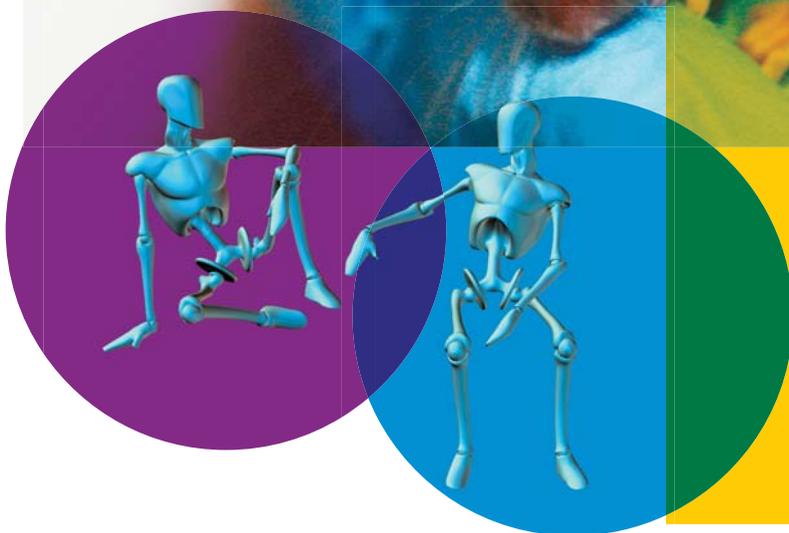
Например, лабораторные мыши с врожденным колитом и с воспалением кишечника в активной фазе являются моделями пациентов с наследственной и с приобретенной формами заболевания, а также с колоректальным раком. Подобные модели сейчас используют для поиска эффективных про- и пребиотиков, а также для отработки методов лечения путем манипуляций с кишечной микрофлорой.

Одна из работ по метаболомному профилированию тканей и сыворотки крови модельных животных, которые ведутся совместно с новосибирскими Институтом цитологии и генетики СО РАН и Научно-исследовательским институтом физиологии и медицины, посвящена взаимодействию между организмом-хозяином и его кишечным микробиомом на примере модельных мышей с воспалением кишечника.

В основу этого исследования легла идея о том, что при врожденном колите и колоректальном раке во многих случаях уменьшается количество «желеобразной» выстилки кишки, состоящей преимущественно из *муцина-2*, основного кишечного *протеогликана* – сложного высокомолекулярного соединения из белка



Муцины, которые производят эпителиальные клетки почти всех животных и человека, имеют гелеобразную консистенцию и входят в состав секрета всех слизистых желез. Муцины, в первую очередь муцин-2, секретируются бокаловидными клетками слизистой оболочки кишечника. Вместе с небольшим количеством муциновых белков они формируют в просвете кишки гель над поверхностью кишечного эпителия, защищая его от бактерий и токсинов.
По: (Kufe, 2009)



Метаболомное профилирование тканей и сыворотки крови подопытных животных – экспериментальных моделей заболеваний человека – позволяет получить знания, необходимые для понимания механизмов биохимических процессов, протекающих в организме в норме и патологии, которые можно в дальнейшем использовать для диагностики, профилактики и терапии заболеваний

и гетерополисахарида. А ведь этот мукозальный слой – наиболее благоприятное место обитания для симбиотических бактерий.

Основное взаимодействие кишечных бактерий и муцина-2 происходит за счет гликозидных («сахарных») цепей, содержащих, наряду с другими компонентами, остатки моносахаров. Поэтому исследователи предположили, что именно эти компоненты могут во многом определять структуру микробиоты кишечника, в первую очередь толстой кишки, где муцина-2 синтезируется особенно много.

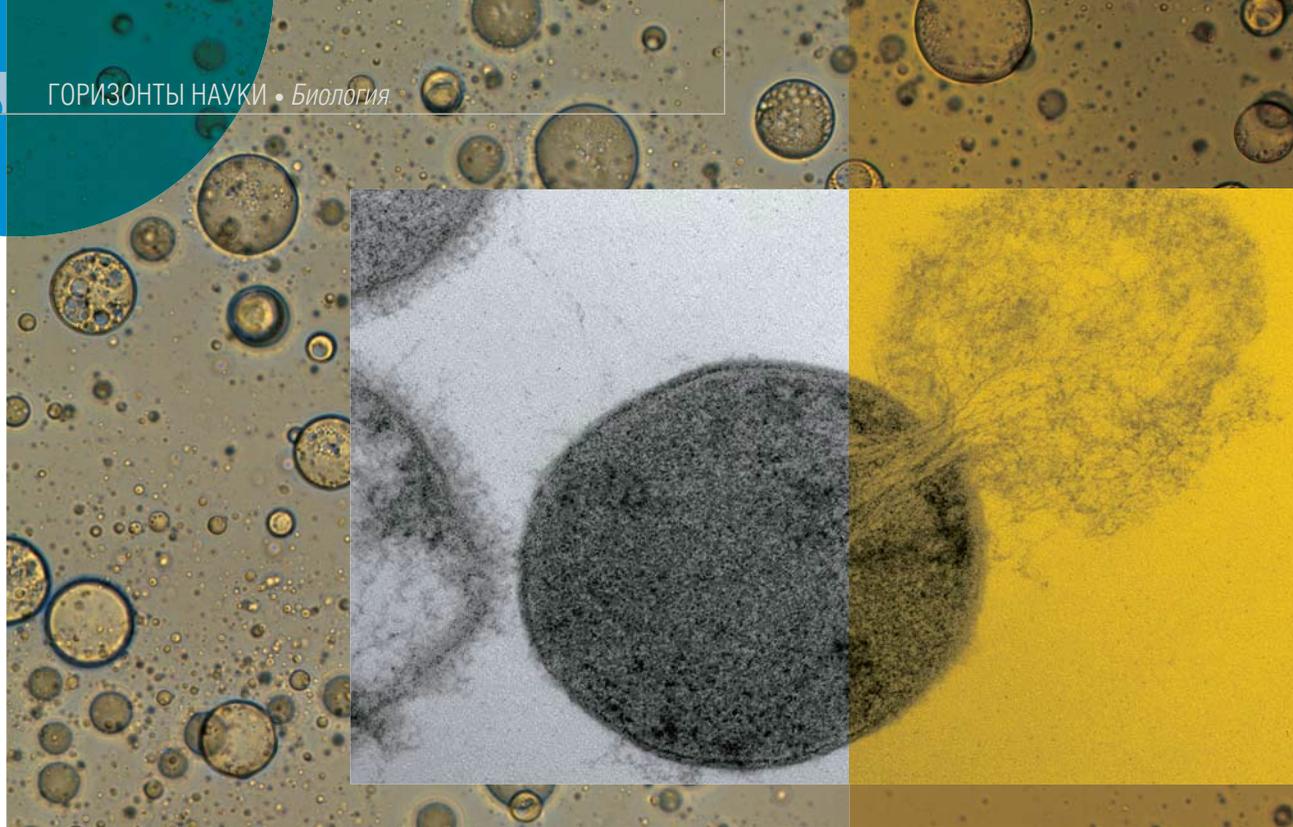
Влияние на микрофлору ряда моносахаридов изучается на двух мышинных моделях рака кишки: на фоне врожденного колита и воспаления кишки в активной фазе, вызванного химическим агентом. Ученым уже удалось выявить положительный эффект применения одного из моносахаридов – *фукозы*, который приводит к нормализации в сыворотке крови уровня аминокислоты триптофана и изменению бактериального сообщества, в котором возрастает численность

триптофан-продуцирующих бактерий, а также к исчезновению у подопытных животных поведенческих отклонений, возникших на фоне воспалительного процесса (Borisova *et al.*, 2020).

Это лишь первый шаг в изучении потенциальных защитных возможностей сахаров в отношении микрофлоры хозяина в норме и патологии. Однако в будущем подобные работы помогут создавать из отдельных компонентов пребиотика с заранее известным эффектом.

Метаболомный анализ тканей модельных животных может помочь и в создании диагностических средств в случае наиболее распространенного рака головного мозга у взрослых – *глиомы*. Эти высокоагрессивные опухоли на сегодня практически не поддаются терапевтическому лечению: клетки глиом способны быстро перестраивать метаболизм и меняться, адаптируясь к окружающей среде.

Сравнив метаболомный состав тканей здоровых животных и животных с привитой культурой опухолевых



клеток линии глиобластомы человека, исследователи обнаружили, что метаболомные профили здоровых и патологических тканей значительно отличаются по концентрациям целого ряда метаболитов.

Результаты всех этих исследований также показывают, что динамика метаболических изменений в пораженных тканях отражается в метаболоме сыворотки крови. Таким образом, кровь можно использовать для метаболомного скрининга как воспалительных, так и онкологических заболеваний. Применяемый в настоящее время в медицинских лабораториях анализ крови, как правило, включает в себя определение концентраций всего лишь нескольких метаболитов (например, глюкозы, креатинина, мочевины). Если число этих соединений увеличить до нескольких десятков, то появится возможность ранней диагностики гораздо более широкого круга заболеваний, а главное, значительно повысится точность и достоверность диагноза.

Холмсу и не снилось

Уже сейчас в детективных сериалах и на страницах романов можно встретить описания того, как применяются в криминалистике методы метаболомики, в том числе для решения одной из главных задач криминалистики – установления точного времени наступления смерти, что часто имеет решающее значение для раскрытия преступления.

Для этой цели криминалисты традиционно измеряют температуру тела, исследуют процесс трупного

После остановки энергозависимых натрий-калиевых насосов осмотическое давление приводит к разрыву клеточной мембраны, и метаболиты из клетки попадают в межклеточное вещество, например, в сыворотку крови. На фото – клетка *Streptococcus pyogenes*, которая подвергалась лизису (растворению) под действием фермента PlyC. Credit: Daniel Nelson, UMD

окаменения и образования трупных пятен, изучают реакции скелетных мышц на раздражители. «Маркерами» давности смерти может служить и степень разложения, а также присутствие в теле живых организмов, например, личинок насекомых. Сейчас активно используют и более «научные» инструменты, такие как исследование изотопов, степени деградации ДНК и других макромолекул. Однако все эти методы недостаточно точны и универсальны.

Криминалисту проще всего работать с различными биологическими жидкостями, что позволяет упростить процедуру работы с образцом и сэкономить время. Поэтому выбор стоит между кровью, мочой, суставной, спинномозговой и глазными жидкостями. При этом моча имеет очень изменчивый состав, во многом зависящий от внешних условий, а суставной и спинномозговой жидкостей мало, и их сложно извлечь. В этом смысле более перспективны сыворотка крови, стекловидное тело – желеобразное наполнение глазного яблока, и внутриглазная жидкость (ВГЖ), омывающая хрусталик глаза. Два последних образца достаточно просто получить в чистом виде.

Известно, что после смерти в биологических жидкостях происходят значительные изменения, которые определяются тремя основными факторами: запуском *анаэробных* (без доступа кислорода) процессов; разрушением клеток из-за прекращения работы натрий-калиевых насосов, регулирующих внутриклеточное давление; деятельностью бактерий. Эти изменения метаболомного состава биологических жидкостей открывают возможность для установления посмертного интервала. С точки зрения метаболомики оптимальными «биомаркерами» времени смерти были бы метаболиты, концентрации которых в жидкости организма изменялись бы монотонно (а лучше всего линейно) в течение относительно длительного периода после прекращения жизнедеятельности.

Новосибирские исследователи начали изучение посмертных изменений на модельных животных – кроликах (Zelentsova *et al.*, 2016). У каждого животного забирались пробы трех биологических жидкостей с разными промежутками времени после смерти, в которых были измерены точные концентрации нескольких десятков метаболитов. На основе динамики изменений концентрации все эти соединения были разделены на несколько групп: «концентрация не меняется», «концентрация растет», «концентрация падает» и «изменения носят случайный характер».

В результате было выявлено несколько веществ (включая холин, гипоксантин и глицерин), которые показывали значительный (в десятки и сотни раз) и почти линейный рост концентрации со временем. При этом выяснилось, что состав сыворотки крови менялся гораздо более хаотично по сравнению со стекловидным телом и ВГЖ. Следовательно, именно глазные жидкости наиболее перспективны для дальнейших исследований.

Эти результаты были затем проверены на образцах сыворотки крови, внутриглазной жидкости и стекловидного тела людей с разным временем наступления смерти. Образцы были получены из банка, собранного совместно с Новосибирским областным клиническим бюро судебно-медицинской экспертизы. Количественный метаболомный анализ подтвердил, что наиболее подходящими жидкостями являются ВГЖ и стекловидное тело, а в число наиболее перспективных биомаркеров также входят гипоксантин и холин.

В конечном итоге на основе данных по изменению концентраций метаболитов была разработана математическая модель, учитывающая концентрации сразу нескольких биомаркеров, что позволяет увеличить точность определения давности наступления смерти.

Работа выполнена при поддержке РФФИ
(гранты № 18-29-13023, 18-33-20097 и 18-34-00137)

Даже из немногих примеров, приведенных в этой статье, становится ясно, что количественная метаболомика может быть использована для исследования самого широкого круга биологических объектов – от клеточных культур до человеческих тканей, и успешно применена для решения разнообразных задач биологии и медицины.

В сущности, эта дисциплина делает пока самые первые шаги. Но есть все основания считать, что уже в недалеком будущем по метаболомному профилю тканей можно будет не только диагностировать заболевания человека, но и выбирать оптимальный путь их лечения.

Литература

Borisova M. A., Snytnikova O. A., Litvinova E. A., et al. *Fucose ameliorates tryptophan metabolism and behavioral abnormalities in a mouse model of chronic colitis* // *Nutrients*. 2020. V. 12. P. 445.

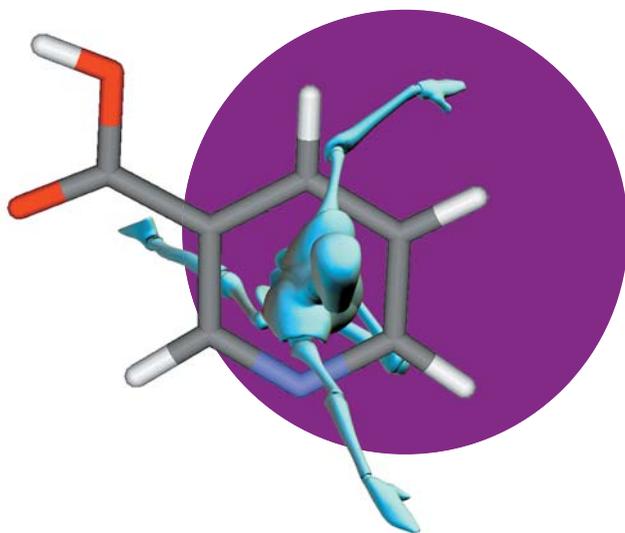
Snytnikova O. A., Khlichkina A. A., Yanshole L. V., et al. *Metabolomics of the human aqueous humor* // *Metabolomics*. 2017. V. 13(1). P. 5.

Tamara S. O., Yanshole L. V., Yanshole V. V., et al. *Spatial distribution of metabolites in the human lens* // *Exp. Eye Res.* 2016. V. 143. P. 68–74.

Tsentulovich Yu. P., Verkhovod T. D., Yanshole V. V., et al. *Metabolomic composition of normal aged and cataractous human lenses* // *Exp. Eye Res.* 2015. V. 134. P. 15–23.

Yanshole V. V., Yanshole L. V., Snytnikova O. A., and Tsentulovich Yu. P. *Quantitative metabolomic analysis of changes in the lens and aqueous humor under development of age-related nuclear cataract* // *Metabolomics*. 2019. V. 15(3). P. 29.

Zelentsova E. A., Yanshole L. V., Snytnikova O. A., et al. *Post-mortem changes in the metabolomic compositions of rabbit blood, aqueous and vitreous humors* // *Metabolomics*. 2016. V. 12. N. 11. P. 172.



РОДИТЬСЯ БАОБАБОМ



По самым осторожным оценкам, баобаб живет около тысячи лет. Однако возраст одного дерева диаметром 4,5 м, определенный методом радиоуглеродного анализа, составил более 4,5 тыс. лет. © *Andrea Pass*



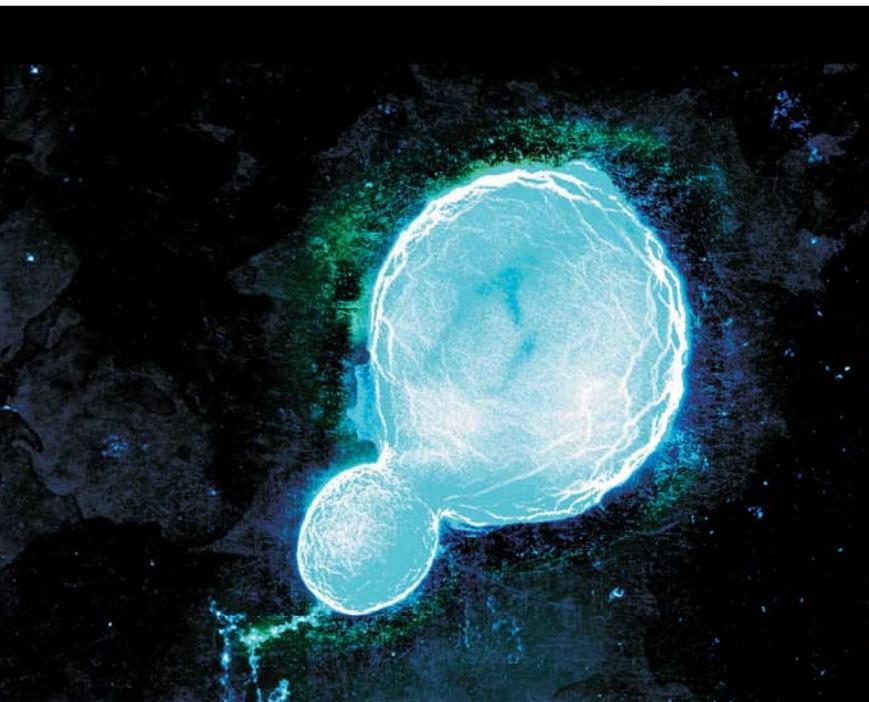
ГРАФОДАТСКИЙ Александр Сергеевич – член-корр. РАН, профессор, заведующий отделом разнообразия и эволюции геномов, лаборатории цитогенетики животных Института молекулярной и клеточной биологии СО РАН (Новосибирск). Лауреат премии имени А. А. Баева (1995). Автор и соавтор 234 научных публикаций

ТРИФОНОВ Владимир Александрович – доктор биологических наук, заведующий лабораторией сравнительной геномики Института молекулярной и клеточной биологии СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор более 110 научных публикаций

Зависть, возможно, наимогущественнейший фактор биологической и социальной эволюции человека. Присядет он в тени, к примеру, баобаба и думу думает: «Когда наше племя пришло сюда, этот старейший баобаба стоял, под ним сидел мой прапрадед, и прадед сидел, и дед, и отец. Вот теперь сижу я, и сын будет сидеть, и внук, и правнук. Потом все умрут, или племя уйдет, а дерево все будет жить? Обидно, да!». Завистливый интерес человечества к видам долгоживущим совершенно понятен: вдруг удастся узнать нечто, что позволит и нам жить дольше, как тот же баобаба. Именно поэтому большое внимание ученых привлекает огромное количество природных моделей как замедленного, так и ускоренного старения. И, как при изучении многих других биологических феноменов, чем дальше эти «модели» отстоят от привычных лабораторных животных, тем более удивительные способы решения проблемы старения они используют

Ключевые слова: долгожительство, механизмы старения, продолжительность жизни, биоразнообразие, природные модели.
Key words: longevity, ageing process, lifespan, biodiversity, biological models

© А. С. Графодатский,
В. А. Трифонов, 2019



У пекарских дрожжей от крупной материнской клетки отпочковываются мелкие дочерние. Сама материнская клетка стареет и после определенного числа клеточных делений погибает.
Фото Е. Киселевой
(ИЦиГ СО РАН, Новосибирск)

Чаще всего термин *старение* применяется для многоклеточных организмов. Считается, что большинство одноклеточных потенциально бессмертны, так как при размножении они делятся симметрично на два организма, идентичных родительскому. Однако в последнее время даже у некоторых бактерий были открыты процессы неравного деления. Так, обитатель пресноводных водоемов бактерия *Caulobacter crescentus* делится асимметрично, формируя одну крупную клетку, прикрепленную к субстрату, и мелкую, свободно плавающую в среде. Со временем первая «материнская» клетка замедляет процесс деления, выказывая признаки старения (Askermann *et al.*, 2003).

При размножении у пекарских дрожжей от крупной материнской клетки отпочковываются мелкие дочерние, причем сама материнская клетка, претерпев определенное число делений, погибает. Признаками старения дрожжевой клетки служат увеличение размера, потеря тургора (внутриклеточного давления), удлинение клеточного цикла, ослабление синтеза белка, накопление внехромосомной ДНК и др. (Clay and Barral, 2013). Интересно, что материнские клетки избирательно отдают своим «дочерям» более эффективные митохондрии (органеллы, ответственные за производство энергии в клетке).

У другого вида дрожжей – пивных – клетки делятся симметрично и потенциально бессмертны, но лишь в благоприятных условиях. При тепловом или окислительном стрессе в одну из дочерних клеток собираются все крупные нефункциональные агрегаты белков – такая клетка в последующем погибает (Coelho *et al.*, 2013). Так что даже одноклеточные организмы могут служить

важными природными моделями для исследования процессов старения.

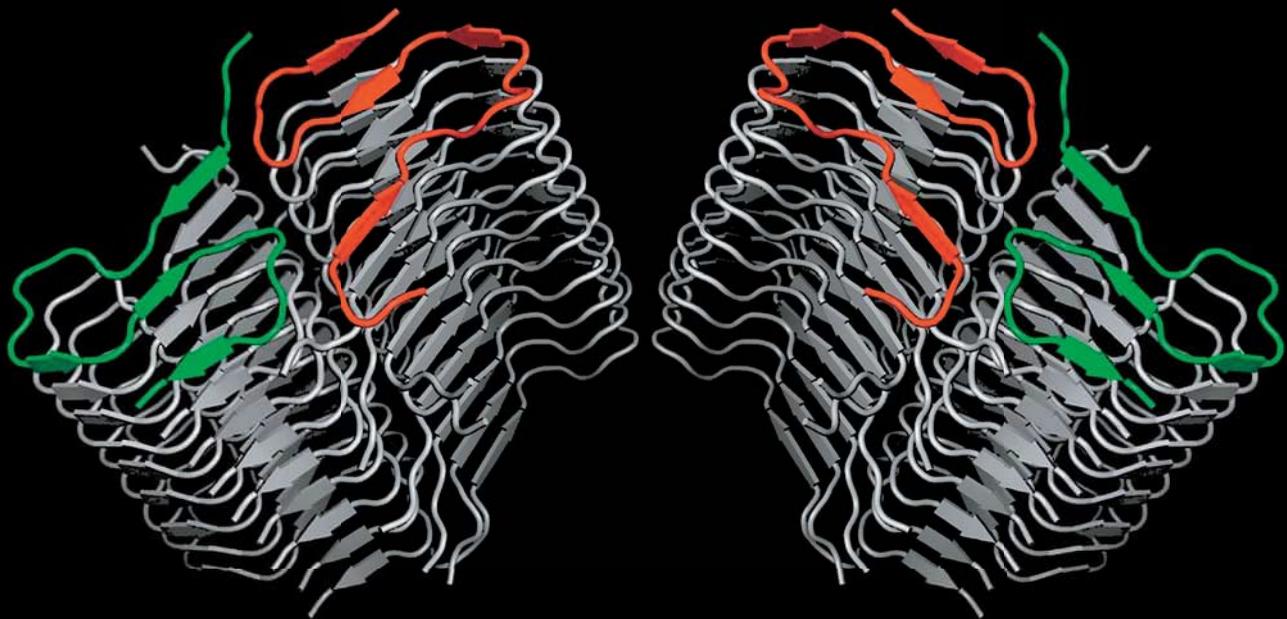
У многоклеточных также есть потенциально бессмертные клетки – половые, а вот соматические клетки запрограммированы на смерть. Одной из важных черт старения у этих организмов является постепенная утрата стволовых клеток, которые способны к самообновлению и в ходе дифференцировки могут превращаться во все другие виды соматических клеток. Поэтому утрата стволовых клеток очень замедляет или делает невозможным обновление различных тканей.

Как стареет клетка

В настоящее время исследователи все больше задаются вопросом, как происходит старение на уровне одной клетки. Рассмотрим несколько важнейших механизмов, вовлеченных в этот процесс.

Во-первых, это нарушения первичной структуры и эпигенетического (не затрагивающего структуру) статуса геномной ДНК. Огромное количество как внешних, так и внутренних факторов влияют на геном, вызывая множество мутаций ДНК: точечные замены отдельных нуклеотидов, двухцепочечные разрывы, хромосомные перестройки (например, *инверсии* – поворот участка хромосомы на 180°), укорочение концевых (теломерных) районов хромосом и т. д.

Системы репарации (ремонта ДНК) позволяют успешно справляться со многими такими нарушениями – от надежности их работы зависит способность организма противостоять естественным повреждениям генома. Ослабление систем репарации неизменно ведет



Компьютерная модель фибрилл, образованных амилоидным пептидом Аβ42, дает представление об организации и составе амилоидных бляшек в мозге пациентов с болезнью Альцгеймера. Фото А. Ю. Бакулиной (НГУ, Новосибирск)

к сокращению продолжительности жизни. Особенно чувствительна к мутагенным процессам ДНК митохондрий, так как процессы репарации в этих клеточных органеллах ослаблены, к тому же для них характерны высокие концентрации активных форм кислорода и других опасных метаболитов.

В последнее время довольно большая роль в клеточном старении отводится таким эпигенетическим процессам, как модификация *гистонов* – обширного класса белков клеточного ядра, участвующих, в том числе, в упаковке нитей ДНК, а также *метилирование* (присоединение метильной группы ($-CH_3$) без изменения нуклеотидной последовательности) ДНК (Han and Brunet, 2012).

Вторым важным механизмом старения является накопление белков с неправильной структурой. Агрегация неправильно свернутых белков с образованием *амилоидов* связана с развитием возрастных прогрессирующих нейродегенеративных расстройств, таких как болезни Альцгеймера и Паркинсона.

В-третьих, при клеточном старении изменяются *сигнальные пути* – молекулярные механизмы, обеспечивающие передачу сигналов внутри клетки. Например, так называемого каскада *инсулина/инсулиноподобного фактора роста*, который влияет на множество клеточных процессов, таких как энергетический обмен,

Есть много генов, активность которых с возрастом закономерно меняется по причинам, связанным с эпигенетическими изменениями, в частности, с метилированием ДНК, которое препятствует считыванию с нее генетической информации. Так, на сегодня известно около 400 эпигенетических маркеров (сайтов CpG-динуклеотидов), уровень метилирования которых отражает процессы старения организма. У большинства таких генов значение этого показателя с возрастом растет, а их активность, соответственно, падает. К этой группе относятся, например, гены, отвечающие за формирование нервных синапсов и дифференцировку нейроэпителиальных клеток. У других генов уровень метилирования с возрастом, напротив, падает. Эти гены имеют отношение к дифференцировке лейкоцитов и метаболизму нуклеиновых кислот (Horvath, 2013; Thomson, von Holdt, Horvath *et al.*, 2017 и др.)

ответ на стресс и др. Этот путь вовлечен в процессы клеточного старения у широкого круга организмов, включая кишечнорастворимых, круглых червей, насекомых и млекопитающих.

Что касается окислительного стресса, который, как показано в ряде работ, вносит значительный вклад в процессы старения, то здесь ситуация неоднозначна. Имеются экспериментальные данные, что небольшие «порции» окислительного стресса, получаемые в результате физических упражнений или импульсного голодания, напротив, тренируют антиоксидантные защитные механизмы. И, соответственно, ведут к увеличению продолжительности жизни.



5 000 лет

Одно из деревьев-долгожителей – сосна остистая межгорная. Продолжительность ее жизни достигает нескольких тысячелетий. © Creative Commons

Многоклеточные «кощеи»

Все многоклеточные организмы относятся к так называемым *эукариотам* – организмам с оформленным клеточным ядром. И даже среди этих высших организмов мы сталкиваемся с феноменом полного потенциального бессмертия, характерного для *прокариотов* (бактерий и архей).

Такие «кощеи бессмертные» встречаются у некоторых типов беспозвоночных животных, лишенных билатеральной симметрии. Например, у гидроидных полипов/медуз из рода *Turritopsis*. Представители вида *Turritopsis dohrnii* считаются бессмертными, потому что не проявляют признаков старения, связанных с возрастом. На «юношеской» стадии они представляют собой неподвижную форму – *полип*, а на следующей стадии полового размножения – свободно плавающую *медузу*. Самое удивительное, что после размножения эти организмы не умирают, а превращаются обратно в незрелых полипов. И такой цикл может повторяться многократно.

Абсолютный рекорд по долгожительству среди многоклеточных принадлежит антарктическим губкам: некоторые такие особи преодолели рубеж в 23 тыс. лет! *Справа вверху* – эндемичная байкальская древовидная губка. *Фото М. Файерабенда*

У этих многоклеточных животных всегда имеются стволовые клетки, способные дифференцироваться в клетки различных тканей и участвовать в регенерации любых органов. Вероятно, именно это и дает им бессмертие. Однако в процессе эволюции у более сложноорганизованных форм эта способность была утрачена, что, скорее всего, было связано с необходимостью бороться со злокачественным перерождением клеток в раковые.



до 25 000 лет

При этом между сложностью организации и продолжительностью жизни прямых связей не обнаруживается. Так, если *губки*, одни из наиболее примитивных многоклеточных животных, живут до 15 тыс. лет, а киты, относящиеся к млекопитающим, лишь до 200 лет, то не слишком сложно устроенный *круглый червь* *Caenorhabditis elegans* вообще не имеет стволовых клеток и живет всего пару недель.

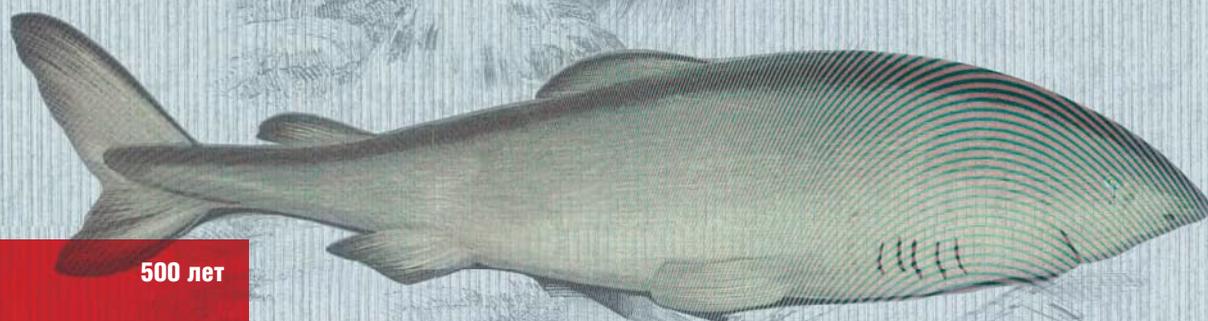
Вообще среди многоклеточных организмов встречаются самые разные, порой причудливые варианты. Например, *членистоногие*, самая многочисленная группа животных, со всеми их метаморфозами, личинками, куколками, гусеницами и имаго. Там много всего и разного, в том числе и в продолжительности жизни на каждой стадии развития. Или растения с их особой биологией. Именно деревья, многие из которых живут сотни и тысячи лет, дали название нашей статье в перифразе известной песни Владимира Высоцкого.

Но сегодня речь пойдет не о них. Ниже мы рассмотрим некоторые примеры из многообразия продолжительности жизни у позвоночных животных, к которым

Европейский протей – житель подводных пещер. Эта маленькая саламандра имеет длину всего 25–35 см и весит 15–20 г. При этом продолжительность его жизни на порядок больше, чем у близких видов. Есть мнение, что все дело в его митохондриях, которые почти не образуют активные формы кислорода, способные повреждать клеточные макромолекулы. © Bernhard Wintersperger



100 лет



500 лет

В 2019 г. была обнаружена гренландская полярная акула, возраст которой был оценен в полтысячи лет. Расчет простой: эти акулы растут всего на 1 см в год, а длина особи-долгожителя составила 5,4 м. Если оценка возраста справедлива, то эта акула родилась, когда в России правил Василий III, отец Ивана Грозного.

Рис. из кн. Дж. Куша «История рыб Британских островов» (1877). © Public domain

ПОЧЕМУ СЛОНЫ РЕДКО БОЛЕЮТ РАКОМ

Крупные долгоживущие млекопитающие, такие как слоны и киты, относительно редко болеют раком. Этот феномен был замечен оксфордским профессором Р. Пето при проверке идеи, что каждая клетка при жизни организма имеет равную вероятность переродиться в раковую. Согласно «парадоксу Пето», в организме крупного животного больше клеток, и оно, как правило, дольше живет. А при большом числе клеточных делений велика вероятность «сбоев» в процессе удвоения ДНК, что напрямую связано с вероятностью развития рака. Однако оказалось, что от онкологических заболеваний умирает менее 5% слонов, что в 4 раза меньше по сравнению с людьми.

Несколько лет назад было обнаружено, что у слонов имеется несколько десятков копий гена, кодирующего белок p53 (у человека их всего две). Этот белок не дает делиться клеткам с «неотремонтированными» повреждениями ДНК, запускает процесс клеточного самоубийства (апоптоза). Оказалось, что в ответ на повреждения ДНК, вызванные ионизирующей радиацией, процесс апоптоза у слонов действительно идет более интенсивно, чем у человека.

Недавно при анализе геномов 53 видов млекопитающих ученые обратили внимание еще на один ген – *LIF*, кодирующий белковый фактор, ингибирующий развитие лейкемии (Abegglen, Caulin, Chan *et al.*, 2015). Выяснилось, что, хотя у подавляющего большинства исследованных организмов

имеется только одна пара этих генов, в геноме африканского слона, американского ламантина и капского дамана число дополнительных копий этого гена достигает десятка. Накопление копий того или иного гена – широко распространенное явление. Такие копии часто несут ошибки и нефункциональны, поэтому их называют псевдогенами, или даже «мертвыми генами». Однако у предков слонов один из этих псевдогенов каким-то образом «ожил», за что и получил прозвище гена-«зомби».

В нормальных условиях ген *LIF6* практически не работает, но белок p53 активирует его, когда «принимает решение» убить клетку. Белок, кодируемый *LIF6*, вызывает нарушения работы митохондрий – клеточных «энергостанций», тем самым запуская процесс апоптоза, правда, по не до конца понятному механизму. Таким образом, белок *LIF6* совместно с p53 уничтожают потенциально раковые клетки слонов задолго до того, как они начинают представлять собой реальную опасность.

Похоже, что ген-«зомби» *LIF6* вновь заработал у предков современных слонов примерно 25–30 млн лет назад, когда размеры этих животных были не так велики. Не исключено, что именно формирование этого нового, дополнительного метода защиты от рака стало ключевым элементом, позволившим слонам стать самыми крупными сухопутными и к тому же долгоживущими млекопитающими

относится человек. Многие из этих видов уже стали или могут стать живыми «моделями» для детального изучения феномена старения, полезными применительно к долгожительству у нас с вами.

Коротко- и долгожители

Среди *позвоночных* особым долгожительством отличаются рыбы. Чемпион среди них – *гренландская полярная акула*, суперхищник, который может дожить до 400 лет. Да и половозрелости представители этого вида достигают лишь к возрасту 150 лет. До 150 и более лет доживают *приполярные морские окуни*. Интересно, что все эти рыбы – живородящие. Сравнительно долго живут и многие другие виды акул, а также *осетровые* и *сомы* (50–150 лет). В то же время среди рыб есть виды, живущие лишь несколько месяцев, например, представители семейства *нотобранхиевых* и *бычки*.

Гренландский кит – второе по величине млекопитающее в мире после синего кита: вес 100 т. Средний возраст пойманных особей близок к полувеку. Максимальная зарегистрированная продолжительность жизни, оцененная на основе изменений в хрусталике глаза, составляет более 200 лет. Это делает гренландских китов рекордсменами по продолжительности жизни среди млекопитающих. *Рис. из кн. Н. С. Кэри, Я. Ли «Американская естественная история» (1826–1828).*
© Public domain

Среди *амфибий* дольше всех (более 100 лет) живет *протей* – слепое хвостатое существо, обитающее лишь в холодных озерах и реках пещер на Балканах. Долгожителями среди *рептилий* являются *черепахи* (галапагосская черепаха достигает возраста 170 лет), *крокодилы*, продолжительность жизни которых более полувека, и *комодский варан*.

Относительно долго живет и большая часть видов птиц. Рекордсмены среди них – обитатель Австралии *какаду инка*, живущий более 80 лет, а также *андский кондор* (79 лет).

Среди уникального отряда *яйцекладущих* млекопитающих обращает на себя внимание *ехидна*, которая живет полвека – вдвое дольше *утконосов*. У *сумчатых* рекордсмены по долгожительству – *вомбат* и *гигантский кенгуру*, которые живут по 25–30 лет.

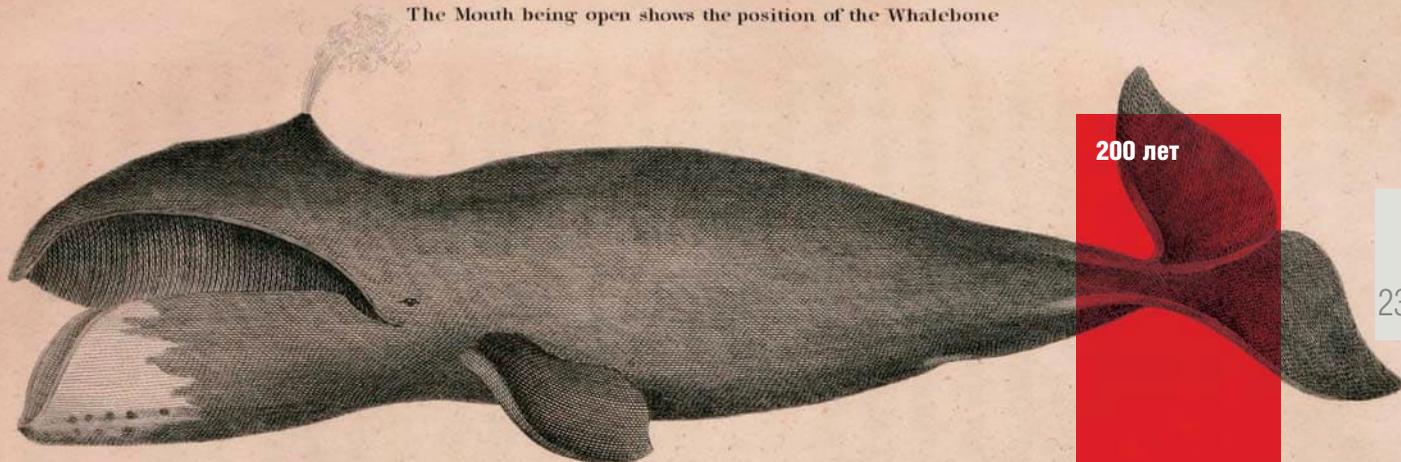
Среди *афротерий* – особого надотряда *плацентарных* млекопитающих, независимо сформировавшихся в Афро-Аравии, дольше всех живут виды, приспособившиеся к водному образу жизни (*ламантины* и *дюгоны*), а также *слоны*, доживающие до 65 лет (к тому же число врагов у этих животных, в силу их размеров, также ограничено). Обращает на себя внимание и такая особенность слонов и сирен, как постоянная смена зубов на новые, т. е. сохранение высокой потенции клеток соответствующих тканей.

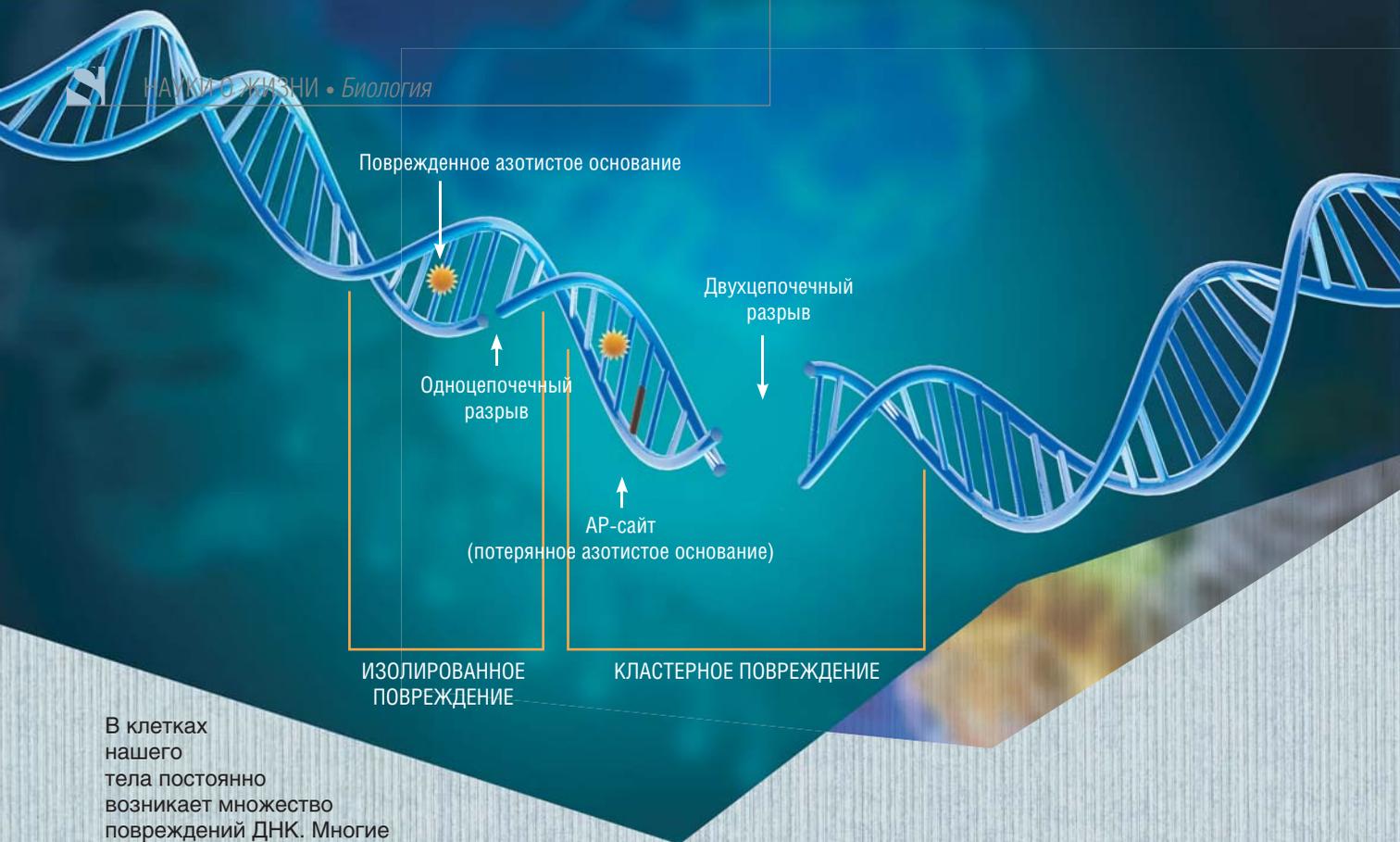
В эту группу входят также *тенреки*, небольшие, похожие на ежей животные, большинство которых

BALÆNA MYSTICETUS, OR COMMON WHALE

58 Feet long

The Mouth being open shows the position of the Whalebone





В клетках нашего тела постоянно возникает множество повреждений ДНК. Многие такие повреждения вызваны агентами, образующимися в ходе нормальных метаболических и физиологических процессов. Среди всех повреждений наиболее опасными являются двухцепочечные разрывы, а также кластерные повреждения, которые обычно возникают под действием ионизирующего излучения и лекарственных препаратов.

По: (Косова, Лаврик, Ходырева, 2014)

ХОЧЕШЬ ЖИТЬ ДОЛГО? РЕМОТИРУЙ СВОЮ ДНК

Факт первый, пессимистичный: в клетках нашего тела постоянно возникает множество повреждений ДНК – наследственного материала, который управляет сложнейшими процессами жизнедеятельности. Факт второй, оптимистичный: свое самое сокровенное клетки умеют защищать с помощью специальных систем *репарации* («ремонта») ДНК. Но с возрастом их эффективность снижается, что приводит к накоплению в клетках геномных перестроек и других патологических изменений.

Ученые давно предположили, что репарация ДНК играет важную роль в процессах, обеспечивающих долголетие организма. Известно, что мутации в генах, кодирующих ферменты репарации, вызывают ускоренное старение не только у лабораторных животных, но и у людей. А у долгоживущих животных обнаружена более высокая устойчивость к генотоксическому стрессу. Однако требуется получить прямые доказательства связи эффективности репарации ДНК и продолжительности жизни, а также

разобраться в молекулярных механизмах, которые эту связь опосредуют.

Дело это непростое, так как в работе систем репарации участвует много белков: как тех, что непосредственно осуществляют «ремонт», так и косвенно участвующих в этом процессе. При этом попытки повысить эффективность репарации, усиливая активность соответствующих ферментов, оказались в основном неудачными. Единственным исключением стал ген *SIRT6*, кодирующий белок сиртуин-6: увеличение активности этого гена повышало эффективность репарации двухцепочечных разрывов ДНК, не вызывая негативных побочных эффектов. Ген *SIRT6* еще часто называют «геном долголетия», потому что лабораторные мыши с «выключенным» *SIRT6* живут меньше, а со сверхактивным – дольше, чем обычные особи.

Недавно ученые проанализировали эффективность работы систем репарации у 18 видов грызунов (Tian, Firsanov, Zhang, 2019). Эта группа млекопитающих служит удобной моделью для проведения сравнительных исследований процессов старения, так как при большой эволюционной близости грызуны отличаются чрезвычайным разнообразием продолжительности жизни: от 3 (мыши) до 32 лет (голые землекопы и бобры). Исследователи уделили внимание не только репарации двухцепочечных разрывов ДНК, но и *эксцизионной репарации* нуклеотидов, с помощью которой удаляются объемные повреждения, искажающие структуру двойной спирали ДНК.

Выяснилось, что эффективность работы эксцизионной репарации не связана явным образом с продолжительностью

жизни. Но эти данные нельзя считать окончательными, так как исследователи сравнивали виды, ведущие разный образ жизни. А основная причина объемных повреждений ДНК – солнечный ультрафиолет, поэтому на вектор отбора мог повлиять ночной или дневной характер активности животных.

Что касается репарации двухцепочечных разрывов ДНК, то они влекут за собой такие серьезнейшие последствия, как остановка клеточного деления и даже гибель клетки. Если разрывы неправильно отремонтировать, могут произойти перестройки не только последовательности отдельных генов, но и самой структуры хроматина, основы хромосом. Итог – глобальные нарушения работы генов и, как следствие, дисфункция тканей и органов, что несовместимо с долгой жизнью.

Ученые выяснили, что белок сиртуин-6, участвующий в репарации двухцепочечных разрывов ДНК, действительно работает более эффективно у долгоживущих грызунов. Проанализировав структуру этого белка у мыши и бобра, они определили, что разница обеспечивается всего пятью звеньями-аминокислотами!

С помощью методов геномной инженерии исследователи вставили в клетки человека с «выключенным» геном *SIRT6* соответствующие гены бобра или мыши и получили ожидаемый эффект: клетки с «бобровым» геном эффективнее боролись с повреждением ДНК по сравнению с клетками, содержащими «мышиный» *SIRT6*. А на плодовых мушках (дрозофилах), любимом экспериментальном объекте генетиков, ученые доказали, что «бобровый» ген не только лучше справляется с повреждениями ДНК в культуре клеток, но и увеличивает продолжительность жизни целостного организма. В дальнейшем ученые планируют изучить *SIRT6* у видов, которые живут дольше человека, таких как гренландский кит



80 лет

Какаду инка – редкий, охраняемый вид, обитающий на юге и западе Австралии. Эти долгожители среди попугаев могут жить до 80 лет. © Arjan Haverkamp

изолированно обитают на Мадагаскаре еще с мелового периода. Было бы крайне интересно сравнить геномы, особенности клеточной дифференцировки и другие характеристики у этих видов, так как продолжительность жизни у них различается в шесть раз.

Среди *неполнозубых* достаточно долго живут ленивцы – более 40 лет. Большую часть жизни они проводят на деревьях, почти не двигаясь, а в случае надобности передвигаются со скоростью 1–3 м в минуту. Мозг у них без извилин, а пищеварительная система и мочевой пузырь устроены так, что потребность в удовлетворении естественных потребностей возникает лишь раз в неделю. Даже *оцелоты* и орлы-*гарпии*, способные добыть ленивцев на деревьях, нападают на них достаточно редко. Не жизнь, а именины сердца, мечта Диогена. А вот жизнь более активных наземных *неполнозубых*, *муравьедов* и *броненосцев*, почти вдвое короче.

Относительно недавно выяснилось, что киты суть *парнокопытные* животные, поменявшие опасную жизнь на суше на более комфортное и, следовательно, более долгое существование в морях и океанах. Именно среди китообразных мы отмечаем такой вид, как *гренландский кит* – рекордсмен по долгожительству среди млекопитающих (Moskalev *et al.*, 2017).

Долго живут и *бегемоты*, ближайшие условно наземные родственники китов. Следует отметить, что они самые опасные для человека звери Африки. Именно при столкновении с бегемотами погибает гораздо больше людей, чем от зубов и когтей других видов. Недавно было обнаружено, что они способны полакомиться свежей (и тухлой) крокодилятиной, антилопятиной и льявятиной. А уж потом мирно щипать травку по берегам болот и рек. Губами, так как зубы используют исключительно для кровавых драк и нападения на других животных.

Довольно долго живут *непарнокопытные* – лошади, носороги и тапиры, и лошадь, достигающая возраста под 60 лет, среди них лидирует.

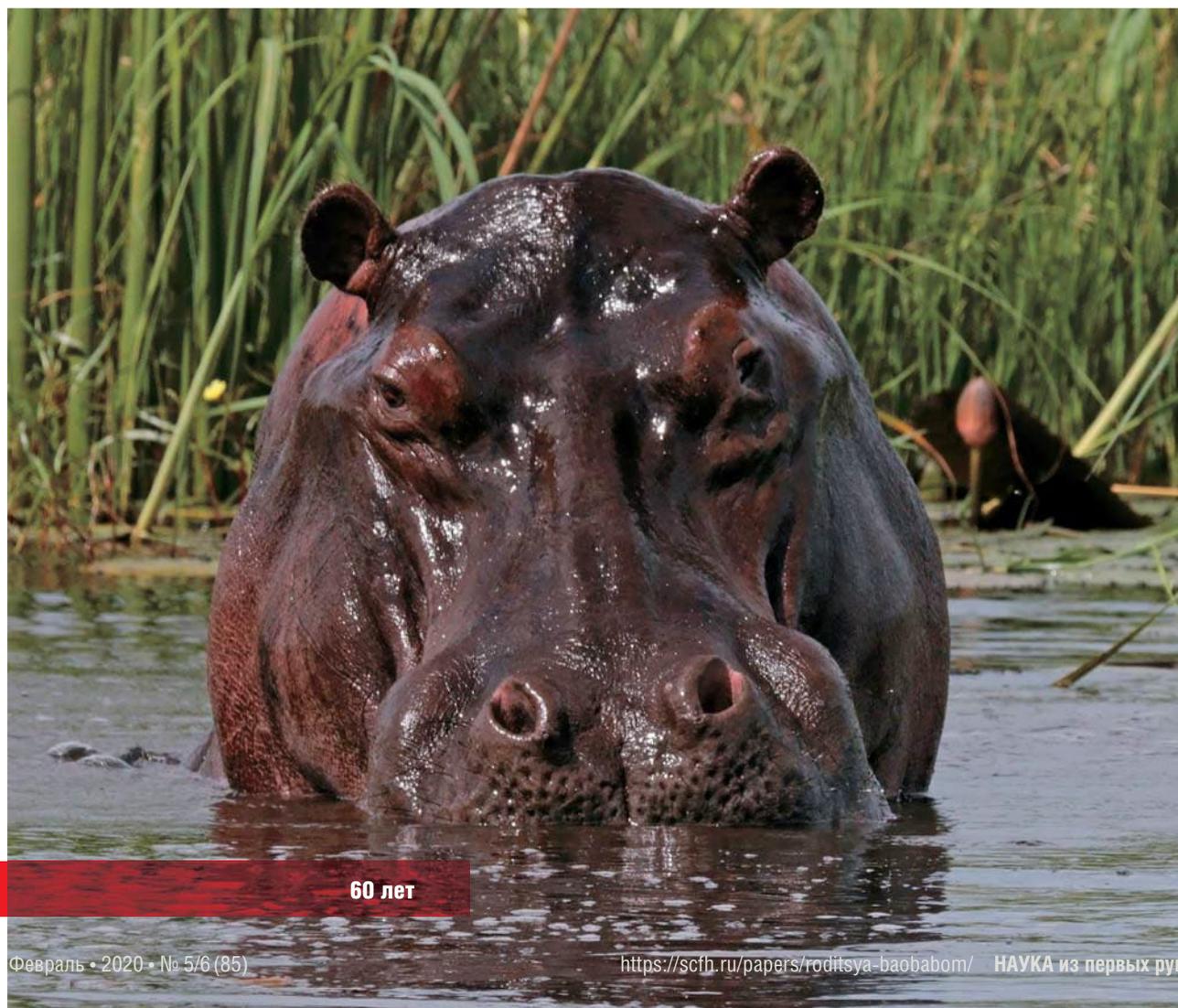
Среди хищников долго живут *ластоногие*, сменившие опасную жизнь на суше на более комфортную в морях и океанах. А среди ластоногих дольше всех живет *байкальская нерпа*, сумевшая далеко уйти не только от наземных, но и морских хищников. Долго живут медведи, ну да и кто сможет возразить *белому медведю*

в его желании пожить до сорока с хвостиком? *Кошачьи* в целом живут дольше *собачьих*.

Летучие мыши – группа, резко сменившая среду обитания и сказавшая «до свидания» всем наземным агрессорам. Рекордсмен по долгожительству – *сибирская ночница Брандта*, летучее существо весом меньше 10 г, которое может жить 40 лет. Но и большинство других видов рукокрылых живут много дольше, чем их насекомоядные предки и родственники.

А вот жизнь истинных *насекомоядных* насыщена (круглосуточный секс и еда), но очень коротка. В три раза дольше землероек (до 12 лет) жили *ядовитые кубинский* и *гаитянский щелезубы*, пока на острова их обитания не завезли кошек, собак и мангустов, истребивших этих животных практически полностью. Почти столько же могут прожить и *ежи*, к тому же имеющие хорошо известную естественную и эффективную защиту от нападений хищников.

Среди *зайцеобразных* вдвое дольше (аж до 18 лет!) по сравнению с пищухами и кроликами живут именно зайцы, в частности, *заяц-беляк*.



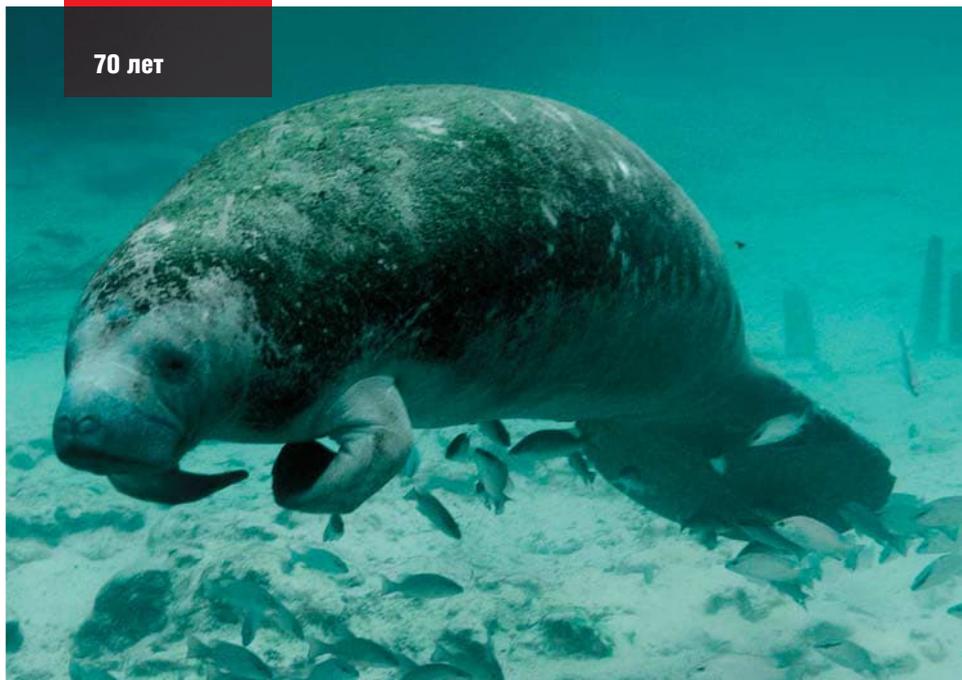
60 лет

70 лет

В поисках лучшей, более безопасной жизни сухопутные предки китов, сирен и ластоногих отправились жить в водную среду. В результате продолжительность жизни ламантинов (справа), обитателей как пресных, так и морских вод, достигает почти 70 лет. © Ramos Keith

Эндемичный житель «пресноводного океана» – байкальская нерпа (внизу), может прожить более полувека, если избежит участи стать шапкой. Фото А. Натягановой (Иркутск)

До 60 лет может дожить и бегемот, ближайший условно «наземный» родственник китов, ведущий полуводный образ жизни (слева внизу). © Charles J. Sharp



50 лет





Ночница Брандта: масса тела 5–10 г, продолжительность жизни – 40 лет.
© Herman Lankreijer

работе двух десятков генов. Среди них – ген *SETX*, кодирующий фермент хеликазу, разделяющую цепи двойной спирали ДНК. А также ген *ATM*, который кодирует *протеинкиназу*: при двунитчатых разрывах ДНК этот фермент активирует белки, участвующие в остановке клеточного цикла и запуске репарации ДНК или апоптоза.

Кстати, у человека дефекты этих двух генов ведут к развитию *атаксий* – нейродегенеративных заболеваний, механизм развития которых связан с ускоренным укорочением теломер. Поэтому вполне вероятно, что кодируемые ими белки действительно способствуют сохранению стабильности теломер у долгоживущих летучих мышей

СЕКРЕТ ДОЛГОЛЕТИЯ РУКОКРЫЛЫХ?

Среди изученных на сегодняшний день рукокрылых особенным долголетием отличаются представители рода ночниц, или короткоухих летучих мышей. Эти небольшие (весом от 2 до 45 г) животные живут более 20–30 лет. Большой научный коллектив более 60 лет занимался изучением четырех видов таких рукокрылых долгожителей, взяв пробы тканей от почти полутысячи меченых особей (Foley, Hughes, Huang *et al.*, 2019). Исследователей особенно интересовала длина *теломер* – защитных структур на концах хромосом. В клетках человека и большинства млекопитающих теломеры уменьшаются с каждым клеточным делением. Когда они становятся достаточно короткими, клетка стареет и умирает. Исключение – стволовые и раковые клетки, в которых фермент *теломераза* постоянно наращивает укорачивающиеся теломерные участки ДНК. В нормальных же клетках теломераза неактивна. Оказалось, что у *длинноухой* и, особенно, большой *ночницы* теломеры с возрастом не уменьшаются, а теломераза никак не участвует в поддержании их длины. Укорочение теломер принято рассматривать как один из механизмов защиты от злокачественного перерождения клеток, однако представители этих видов редко болеют раком.

Чтобы выяснить механизм поддержания длины теломер у летучих мышей, ученые провели сравнительный анализ генома большой ночницы и полусотни других млекопитающих, а также уровня активации более двухсот генов, связанных с функционированием теломер. Оказалось, что своими длинными теломерами малая ночница обязана работе двух десятков генов. Среди них – ген *SETX*, кодирующий фермент хеликазу, разделяющую цепи двойной спирали ДНК. А также ген *ATM*, который кодирует *протеинкиназу*: при двунитчатых разрывах ДНК этот фермент активирует белки, участвующие в остановке клеточного цикла и запуске репарации ДНК или апоптоза. Кстати, у человека дефекты этих двух генов ведут к развитию *атаксий* – нейродегенеративных заболеваний, механизм развития которых связан с ускоренным укорочением теломер. Поэтому вполне вероятно, что кодируемые ими белки действительно способствуют сохранению стабильности теломер у долгоживущих летучих мышей

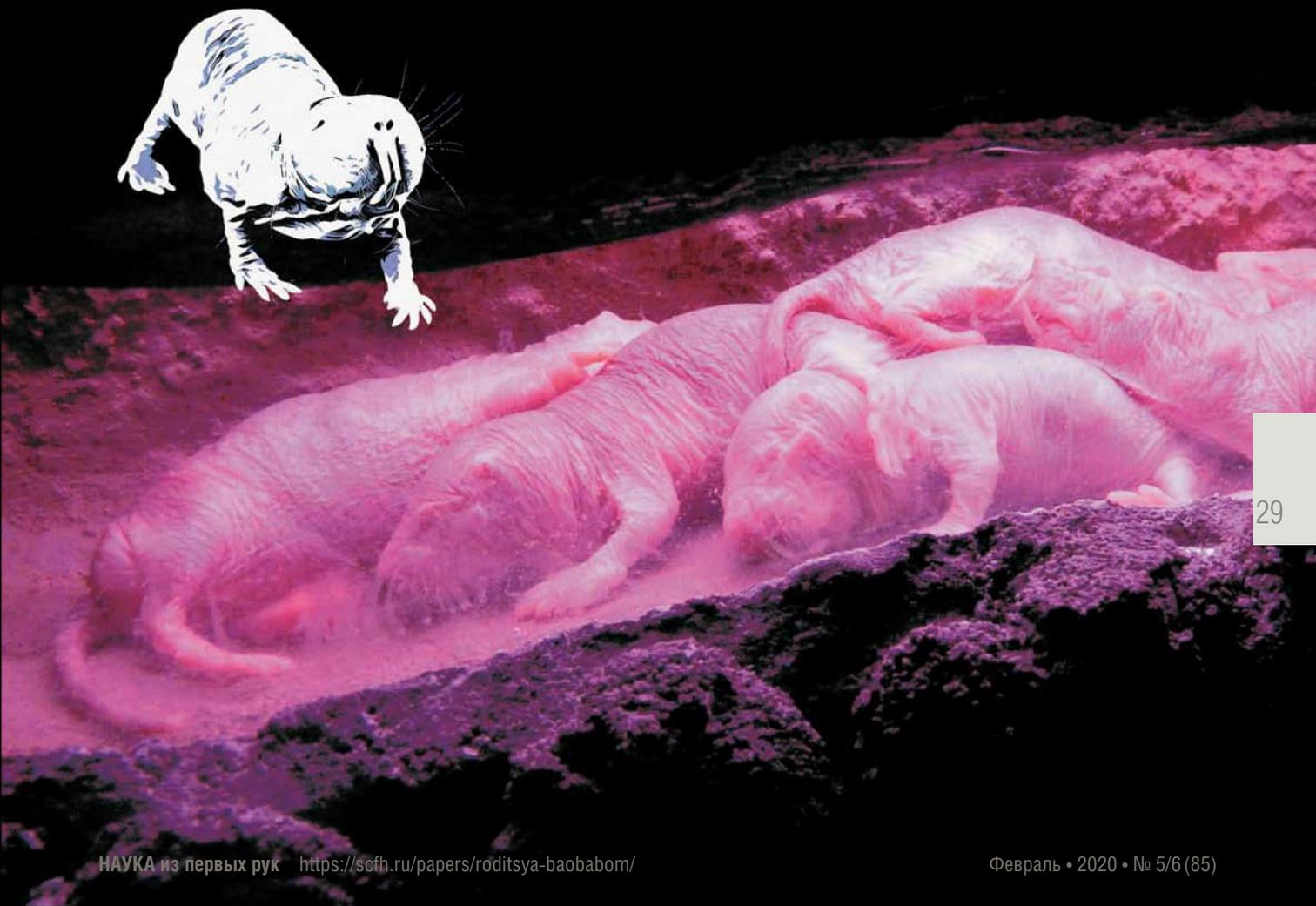
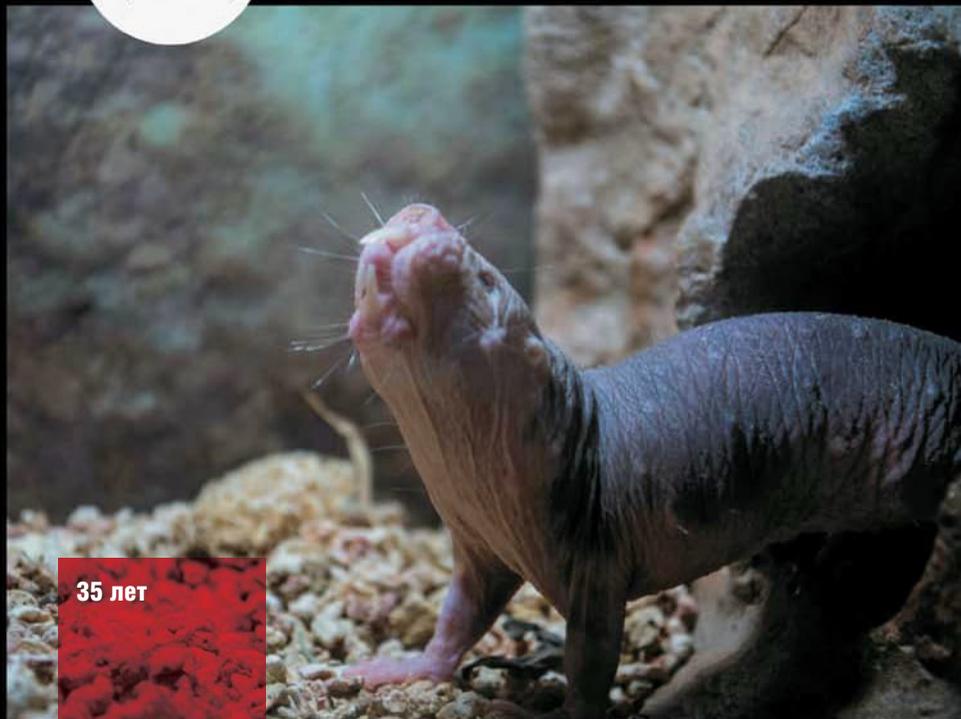
Долго живут *дикообразы* с их колючками, белки, забравшиеся на деревья, и *бобры*, освоившие водную среду. И очень мало (2–4 года) живут виды самой многочисленной группы среди млекопитающих – *мышевидных грызунов*.

Рекордсмен среди грызунов – *голый землекоп*, со всеми его уникальными и многократно описанными особенностями активации множества генов, систем репарации и т. д. Однако следует помнить и то, что землекопы имеют особую форму «социальной защиты» своих колоний, с кастовым подразделением особей. Жизнь многих «колонистов» может быть короткой, окончившись в желудке змей, что, однако, дает другим особям возможность жить экстремально долго – свыше 30 лет, что является рекордом для мелких грызунов. Было бы крайне интересным в каждом исследовании особенностей организации и функционирования геномов и клеток голого землекопа сравнивать этот вид не только с мышью, но и с животными, гораздо более ему близкими. Например, с *пескороями*, жизнь которых существенно короче (около 11–15 лет).

Как же обстоят дела с нами? *Тунайи*, близкие к древнейшим предкам приматов, и полуобезьяны живут заметно меньше, чем *настоящие обезьяны*. Максимальный возраст последних – около 40 лет. *Человекообразные обезьяны*, включая *гibbonов*, живут уже достаточно долго, около 60 лет. Очевидно, это и есть максимальный биологический возрастной ресурс для человека, при этом по последним оценкам средняя продолжительность жизни для нашего вида близка к 38 годам (Maune *et al.*, 2019). Последующие



Если бы мы имели такую продолжительность жизни (до 32 лет), как голый землекоп, то, с учетом размера, жили бы по 600 лет. Большую часть своей жизни эти животные не выказывают обычных признаков старения, оставаясь устойчивыми к раковым, сердечно-сосудистым и нейродегенеративным заболеваниям, и сохраняют способность к размножению.
© Tim Evanson и Javier Abalos





120 лет

В отделе разнообразия и эволюции геномов ИМКБ СО РАН собрана уникальная коллекция клеточных культур различных позвоночных, в том числе редких и исчезающих видов, многие из которых обладают уникальными механизмами долголетия (голый землекоп, ленивец, серый кит, сибирский осетр, ночница Брандта и др.).

Фото А. Проскуряковой (ИМКБ СО РАН, Новосибирск)

Последние несколько тысячелетий мы наблюдаем картину великой битвы *Homo* с *Sapiens*. Мы активно истребляем не только самих себя, но и все вокруг.

С 1900 г. человек уничтожил более 40% видов амфибий, треть видов «бессмертных» кораллов, более трети видов морских млекопитающих. Только начиная с XVI в. мы стали причиной исчезновения 680 видов позвоночных, в том числе 10% одомашненных пород млекопитающих, используемых ранее для производства продовольствия. Как минимум тысяча пород животных находится сейчас под угрозой исчезновения. Таким образом, сведя число естественных врагов практически к нулю, человек приобрел одного нового могучего врага в лице самого себя. Похоже, пришло время договариваться, в том числе и о том, есть ли хоть какой-то смысл в увеличении нашей собственной «продолжительности жизни» сверх отпущенной нам природой

60 лет нашей жизни, до достижения максимального зафиксированного возраста в 120 лет, очевидно, имеют «надбиологический» характер и опосредуются изменениями социальной структуры общества, достижениями медицины и т. д.

Является ли последнее благом, вопрос очень спорный. Природа поставила могучие барьеры для бесполезного, с биологической точки зрения, долголетия. Прежде всего это онкология. Этот барьер существенно ограничивает и любые попытки «омоложения» и «улучшения» генома. Встроил стволовые клетки туда, где свои ткани исчерпали свой потенциал, либо отредактировал работу каких-либо генов – природа ответит тебе ростом раковых заболеваний. Не лезь в работающий механизм с кувалдой, не ломай то, что не ты построил.

Но и ограничивать человеческое любопытство и жажду деятельности бессмысленно. Мы не такие. Медузы – бессмертные, говорите? А что если затопить в месте их обитания баржу с хлором, а на поверхности разлить сырую нефть?

Но пока человечество оставило его ученой биологической части объекты для исследования и сравнения, напрашиваются следующие выводы, по крайней мере для позвоночных животных. Долголетие суть

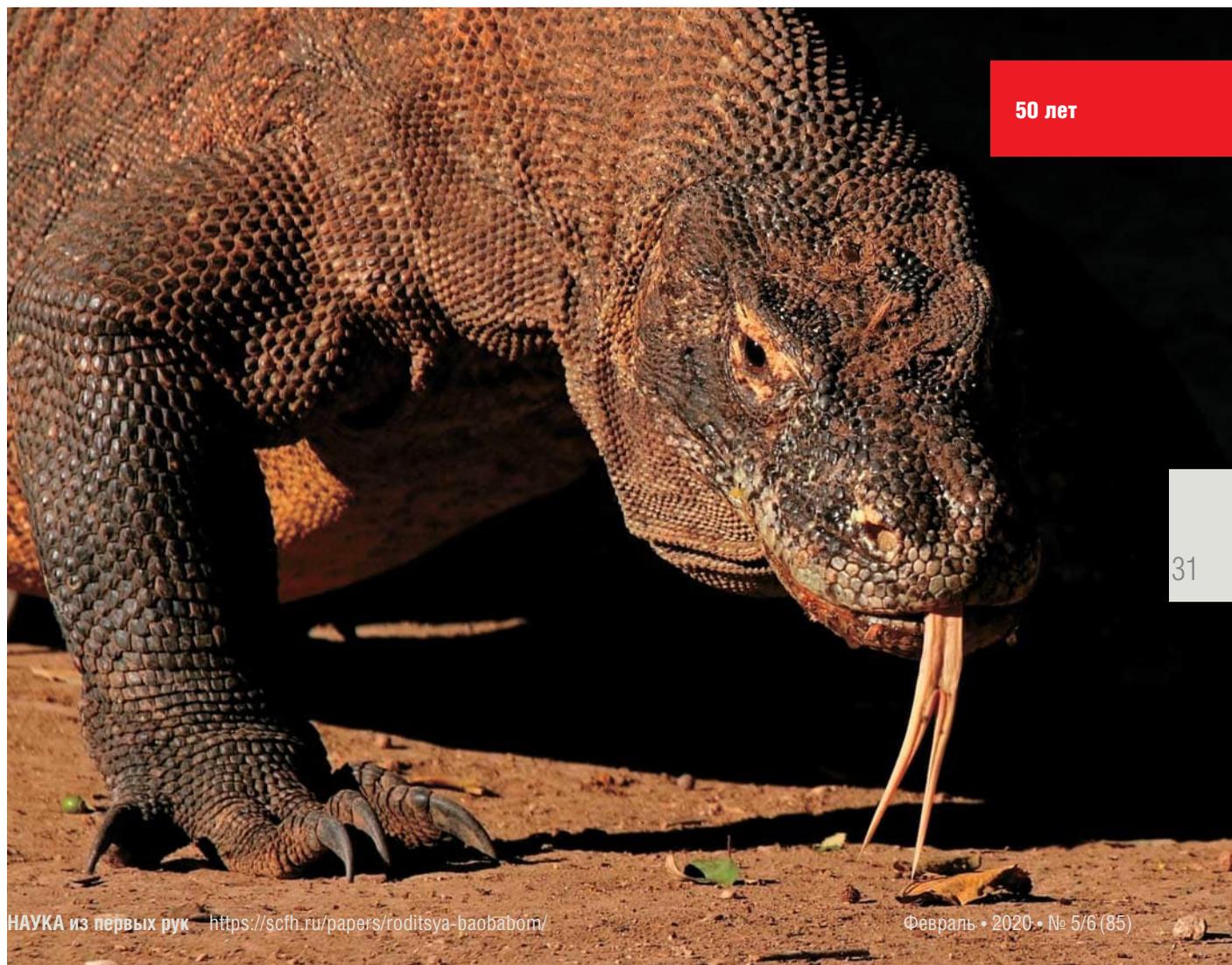
попытка определенных видов и групп резко уменьшить число своих врагов. С этой целью сухопутные предки китов, сирен и ластоногих отправились жить в океан; птицы и летучие мыши поднялись в воздух. Многие виды сами стали суперопасными существами (акулы, медведи, бегемоты) или резко увеличили свои размеры (например, слон), либо залезли на деревья, как приматы и белки. Или скрылись в недоступных пещерах и норах, как протей и голый землекоп, либо вообще «притворились ветошью», как ленивец. Отсюда понятно, что увеличение продолжительности жизни – одна из стратегий выживания видов. Но, очевидно, не лучшая.

Самая многочисленная группа среди млекопитающих, по сути «завоевавшая мир», это мышевидные грызуны, жизнь которых весьма коротка. Для того чтобы понять суть эволюционного успеха, достаточно сравнить количество и распространенность домовых мыши, уязвимой, подверженной всем возможным типам рака, очень недолго живущей, и распространенность и количество живущих особей у голого землекопа. Человек – единственный вид среди позвоночных, пытающийся реализовать обе стратегии выживания: быть одновременно и многочисленной мышью, и малочисленным «бессмертным» землекопом.

На индонезийском о. Комодо живет самая крупная на планете ящерица – комодский варан. Питаются гигантские рептилии в основном падалью, но могут напасть и на диких баранов, водяных буйволов и одичавших коз. Продолжительность жизни в природе – немногим более полувека. Геном «последнего дракона» – так называют местные жители это животное, занесенное в Международную Красную книгу, был досконально изучен с участием сотрудников отдела разнообразия и эволюции животных ИМКБ СО РАН (Lind *et al.*, 2019).
© Charles J. Sharp

Литература

- Ackermann M., Stearns S. C., Jenal U. Senescence in a bacterium with asymmetric division // *Science*. 2003. V. 300. N. 5627. P. 1920.
- Clay L. and Barral Y. New approaches to an age-old problem // *Curr. Opin. Biotechnol.* 2013. V. 24. P. 784–789.
- Coelho M., Dereli A., Haese A. *et al.* Fission yeast does not age under favorable conditions, but does so after stress // *Curr. Biol.* 2013. V. 23(19). P. 1844–1852.
- Evdokimov A. N., Kutuzov M. M., Petrusheva I. O. *et al.* Naked mole rat cells display more efficient excision repair than mouse cells // *Aging-US*. 2018. V. 10. N. 6. P. 1454–1473.
- Han S., Brunet A. Histone methylation makes its mark on longevity // *Trends Cell Biol.* 2012. V. 22(1). P. 42–49.
- Lewin H. A., Robinson G. E., Kress W. J. *et al.* Earth BioGenome Project: Sequencing life for the future of life // *PNAS*. 2018. V. 115. P. 4325–4333.
- Lind A., Lai Y. Y., Mostovoy Y. *et al.* A high-resolution, chromosome-assigned Komodo dragon genome reveals adaptations in the cardiovascular, muscular, and chemosensory systems of monitor lizards // *Nat. Ecol. Evol.* 2019. V. 3(8). P. 1241–1252.
- Moskalev A. A., Kudryavtseva A. V., Graphodatsky A. S. *et al.* De novo assembling and primary analysis of genome and transcriptome of gray whale *Eschrichtius robustus* // *BMC Evol. Biol.* 2017. V. 17(258). DOI: 10.1186/s12862-017-1103-z.



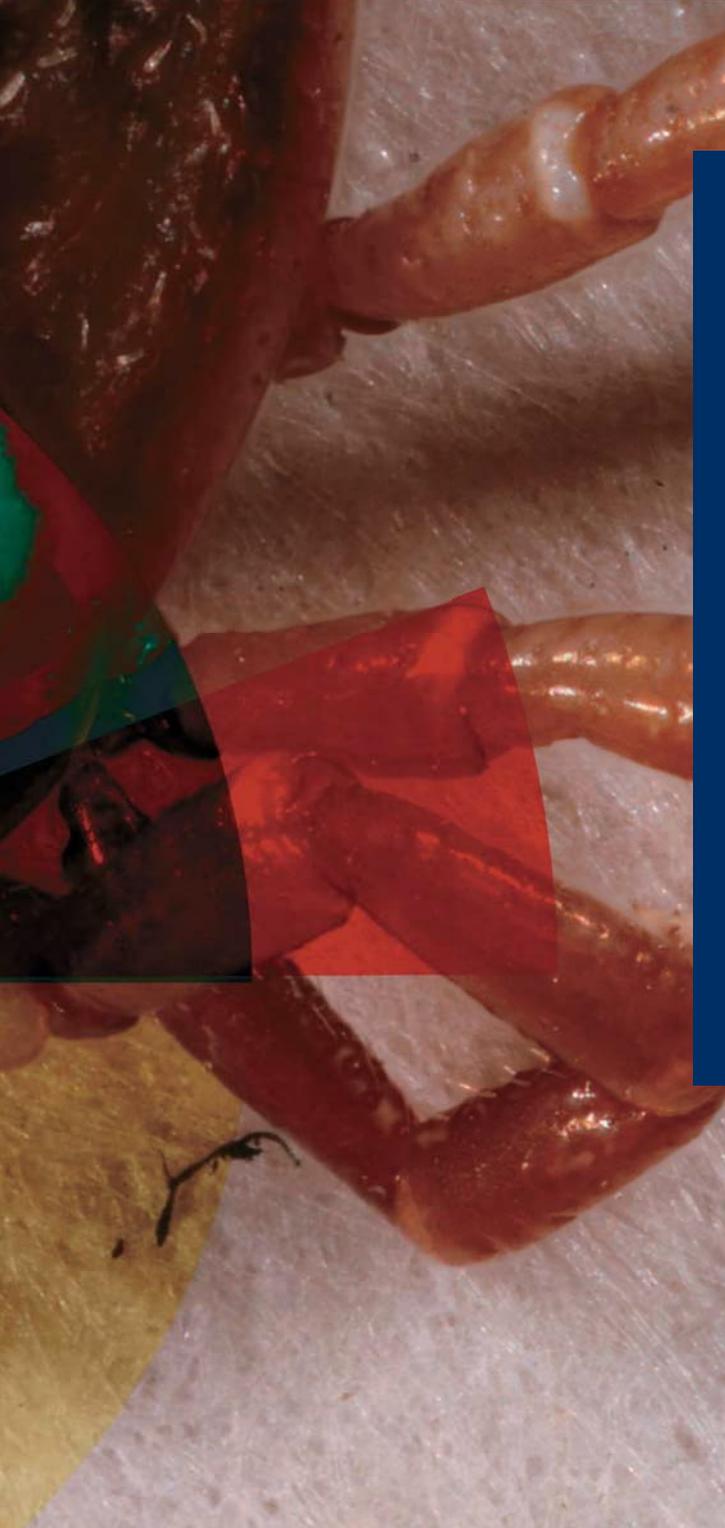
50 лет



Клещи, которые

НАС кусают





Каждый год сотни тысяч людей обращаются в медицинские учреждения в связи с укусом клеща. Для этих кровососущих паразитов человек лишь случайная «добыча», однако клещи служат переносчиками целого арсенала возбудителей заболеваний человека и животных. С проблемой клещевых инфекций могут столкнуться все, кто бывает на природе, включая наших домашних питомцев; страдают от клещевых инфекций и сельскохозяйственные животные. Цель этой статьи – ближе познакомить читателей с повадками и образом жизни иксодовых клещей, в первую очередь распространенных на территории нашей страны, которые могут переносить около трех десятков заболеваний, включая клещевой энцефалит и боррелиоз. В последние годы проблема клещевых инфекций усугубляется тем, что ареал этих клещей как в России, так и в других странах мира быстро расширяется

Иксодовые клещи встречаются во всех частях света, включая острова и побережья Арктики и Антарктики, и в различных климатических зонах – от таежной до пустынной (Балашов, 1998). Среди них имеются как достаточно «всеядные», так и высокоспециализированные виды, которые прокармливаются только на птицах, рукокрылых или мелких млекопитающих (Estrada-Pena *et al.*, 2017).

Основной вред от клещей для животных-прокормителей связан с непосредственным паразитированием на особях большого числа клещей, что может приводить к высокой кровопотере либо тяжелой интоксикации в результате попадания в организм слюны паразита. Известны случаи падежа диких животных из-за массового паразитирования на них иксодовых клещей: диких антилоп в национальном парке Зимбабве, молодняка белохвостых оленей в США, лосей в Канаде и на севере США.

«Заклещеванность» сельскохозяйственных животных также может быть очень высока при отсутствии специальной противоклещевой обработки.

В композиции использовано фото самки распространенного в США иксодового клеща *Amblyomma cajennense*, переносчика возбудителей пятнистой лихорадки Скалистых гор. *Public domain*

Ключевые слова: иксодовые клещи, паразит, жизненный цикл, ареал, клещевые инфекции.

Key words: Ixodidae ticks, parasite, life cycle, areal, tick-transmitted diseases



ТИКУНОВА Нина Викторовна – доктор биологических наук, заведующая лабораторией молекулярной микробиологии Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 200 научных работ и 22 патентов

ВЛАСОВ Валентин Викторович – академик РАН, научный руководитель Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск), заведующий кафедрой молекулярной биологии и биотехнологии Новосибирского государственного университета. Лауреат Государственной премии РФ (1999). Автор и соавтор более 500 научных работ и 30 патентов

РАР Вера Александровна – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории молекулярной микробиологии Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 76 научных работ

ТКАЧЕВ Сергей Евгеньевич – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории молекулярной микробиологии Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 97 научных работ

© В.В. Власов, В.А. Рар, С.Е. Ткачев, Н.В. Тикунова, 2019

Так, на одной особи крупного рогатого скота одновременно могут прокармливаться несколько десятков, а за сезон – несколько сотен клещей; суммарные кровопотери при этом исчисляются литрами! Описаны даже случаи гибели овец в результате паразитирования на них нескольких сотен клещей (Балашов, 1998).

Что касается человека и его домашних питомцев, таких как собаки, то для них основная опасность клещей заключается в высоком риске инфицирования в случае даже единичного укуса. Иксодовые клещи переносят возбудителей вирусных, бактериальных и протозойных инфекций, которыми могут заразиться люди. Искоренить подобные заболевания невозможно, так как их очаги существуют в природе независимо от человека, а сами переносчики являются неотъемлемой частью природных экосистем. И чтобы уберечься от клещей, нужно знать поведение и экологию нашего потенциального «врага».

Знакомьтесь: иксодовый клещ

У многих иксодовых клещей вместо глаз имеются лишь светочувствительные клетки, поэтому для «охоты» они используют другие органы чувств.

На дальних расстояниях главную роль играет многофункциональный *орган Галлера*, с помощью которого клещи способны воспринимать изменение концентрации углекислого газа, специфические компоненты запаха потенциального хозяина (сероводород, аммиак) и его тепловое излучение на расстоянии до 10 м. Добравшись до «жертвы», клещи определяют наиболее подходящее место для присасывания с помощью чувствительных *сенсилл*, состоящих из кутикулярного волоска и рецепторных клеток, которых особенно много на лапках и ротовом аппарате.

Парные слюнные железы клеща выделяют секрет, содержащий много биологически активных компонентов,

Личинки и нимфы таежных клещей прокармливаются на мелких зверьках. Излюбленное место их локализации на прокормителе – ушные раковины, где близко расположены крупные кровеносные сосуды, кожа тоньше, а шерсти меньше. Объем выпитой ими крови может в несколько раз превышать их собственный вес.

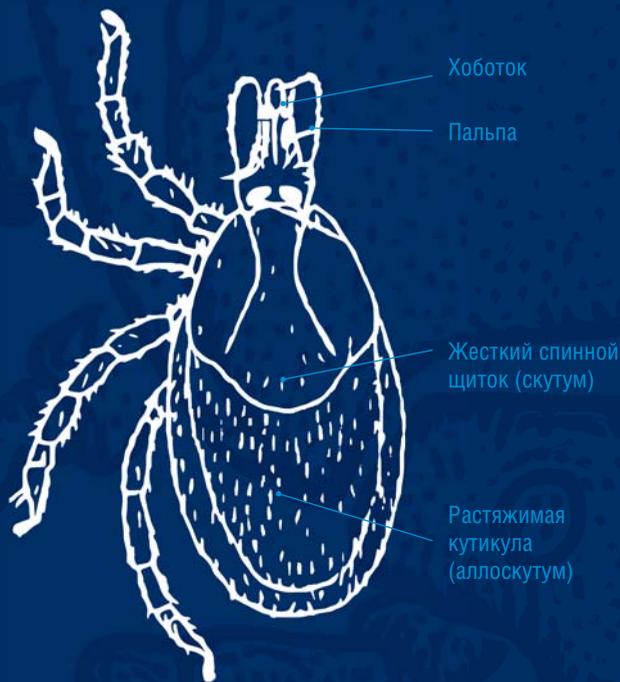
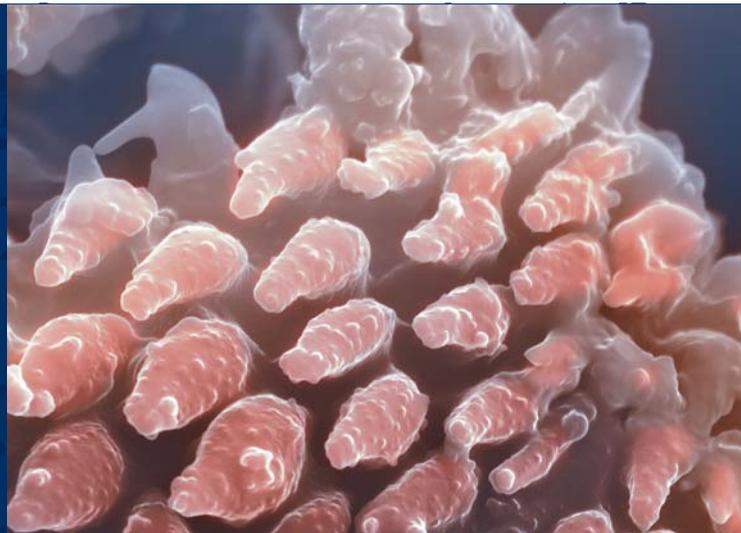
Фото В. Глупова (ИСиЭЖ СО РАН, Новосибирск)

Клещей часто ошибочно называют насекомыми, однако отличить потенциально-го кровососа от безобидного жука легко: у взрослых клещей имеется восемь ног, как у пауков, а не шесть, как у насекомых. Вместе с пауками клещи составляют класс паукообразных (Arachnida), который наряду с ракообразными, насекомыми и многоножками входит в тип членистоногих (Arthropoda). На сегодня известно более 50 тыс. разных видов клещей, и все они являются паразитами, хотя далеко не все представляют опасность для человека или домашних животных.

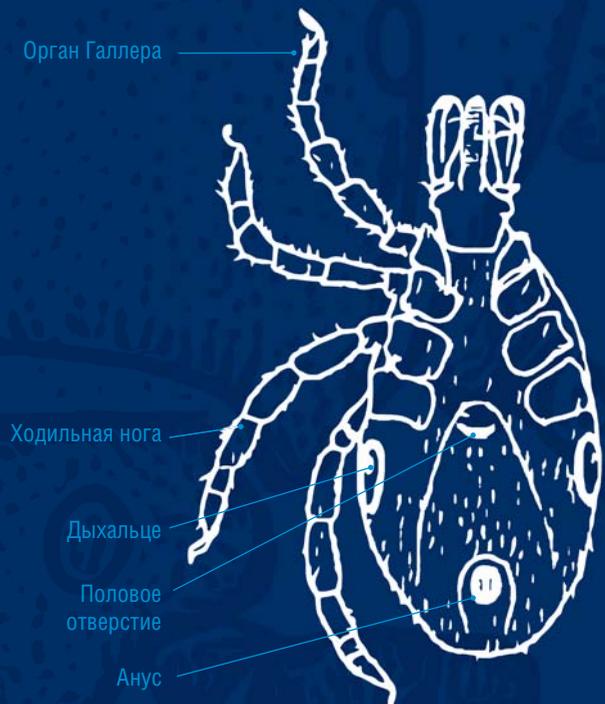
В семейство иксодовых клещей Ixodidae входит шесть основных родов: *Ixodes* (249 видов), *Haemaphysalis* (166), *Amblyomma* (142), *Rhipicephalus* (79), *Dermacentor* (36), *Hyalomma* (25 видов). Латинское название каждого клеща состоит из двух частей: указания рода и вида, а хорошо изученные виды имеют и русское название. Например, клещ таежный (*Ixodes persulcatus*), клещ луговой (*Dermacentor reticulatus*).

Иксодовые клещи – наиболее крупные из всех клещей: взрослые особи достигают 2–13 мм в длину. У наиболее распространенного в России таежного клеща *I. persulcatus* длина тела голодной самки составляет 3–4 мм, самца – 2–3 мм, нимфы – 1,2–1,7 мм и личинки – менее 1 мм. Размер напитавшихся клещей значительно больше





ВИД СО СПИННОЙ СТОРОНЫ



ВИД С БРЮШНОЙ СТОРОНЫ

Почти у всех клещей, за исключением принадлежащих к родам *Ixodes* и *Haemaphysalis*, имеется пара глаз. Ноги состоят из 6 подвижно соединенных члеников. На конце лапки находятся два коготка, а расположенная между ними подушечка выполняет роль присоски. На лапках первой пары ног находятся основные сенсорные органы клещей – органы Галлера. Клещ фиксируется на теле хозяина с помощью зубцов на ногах и выростах на основании головки, между которыми зажимаются волосы животного.

Вытянутые ротовые части на головке образуют хоботок, от основания которого отходят пальпы с хеморецепторными и механорецепторными волосками. С нижней стороны на хоботке находятся параллельные ряды направленных назад зубцов. «Челюсти» (хелицеры) состоят из длинного «ствола», из которого, как из футляра, выдвигаются подвижные «пальцы», которыми клещи прорезают кожу хозяина. Вверху – «головка» таежного клеща (вид с брюшной стороны) и выросты на ее основании.

Сканирующий электронный микроскоп. Фото Е. Митрофановой (ИВЭП СО РАН, Барнаул)

которые действуют обезболивающе, препятствуют свертыванию крови, подавляют иммунные реакции хозяина, стимулируют выделение гистамина клетками хозяина и т. п. Они также могут секретировать компоненты цементного футляра, участвующего в фиксации клеща на теле хозяина.

Еще одна уникальная функция слюнных желез – осморегуляция. При угрозе пересыхания в предротовую полость клеща секретируется гигроскопичная слюна, которая адсорбирует молекулы воды из воздуха, что

Западный черноногий клещ *Ixodes pacificus* распространен на западном (тихоокеанском) побережье США, где служит основным переносчиком возбудителей клещевого боррелиоза (болезни Лайма). На фото – вид со спинной и брюшной стороны. © CC BY 2.0, фото Don Loarie

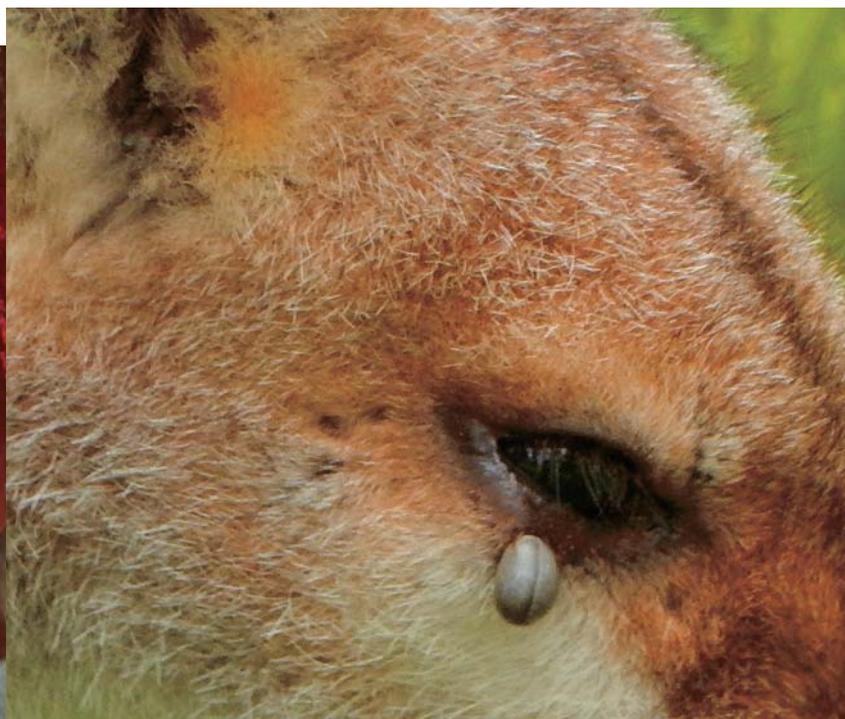
позволяет клещу сохранять в организме необходимую влагу и оставаться жизнеспособным в течение многих месяцев между приемами крови. И, напротив, при питании кровью клещ способен возвращать около 70% «лишней» поглощенной воды и солей путем слюноотделения в месте укуса. В результате объем слюны, выделяемой клещом за весь период кормления, существенно превышает массу тела напитавшегося клеща (Biology of Ticks, 2014).

Для большинства иксодовых клещей характерен *пастбищно-подстерегающий тип* паразитизма: голодные особи поднимаются на растительность, где и подстерегают проходящих мимо потенциальных хозяев. Приняв нужные сигналы, клещ переходит в состояние «активного подстерегания», совершая колебательные движения вытянутой вперед первой парой ног вплоть до прямого контакта с животным-прокормителем.



Тело иксодового клеща состоит из двух отделов: несегментированного туловища, несущего ноги (6 у личинок, 8 у нимф и взрослых самцов и самок), и головки. На спинной стороне имеется твердый щиток, который у самок, нимф и личинок покрывает только переднюю треть либо половину тела. Остальная часть покрыта растяжимой кутикулой, которая у голодных особей образует систему параллельных микроскладок, направленных во время питания

Для многих клещей из рода *Ixodes* характерен *гнездово-норный тип* паразитизма, когда голодные особи на всех стадиях развития нападают на потенциальных хозяев в норах и гнездах; у некоторых отмечен смешанный тип паразитизма. Есть и клещи, адаптированные к проживанию в домах, например, собачий клещ *Rhipicephalus sanguineus* (Балашов, 1998; Якименко, 2013; Biology of Ticks, 2014).



Иксодовый клещ, напившийся крови на животном-хозяине.
© CC BY 2.0 Michael Coghlan

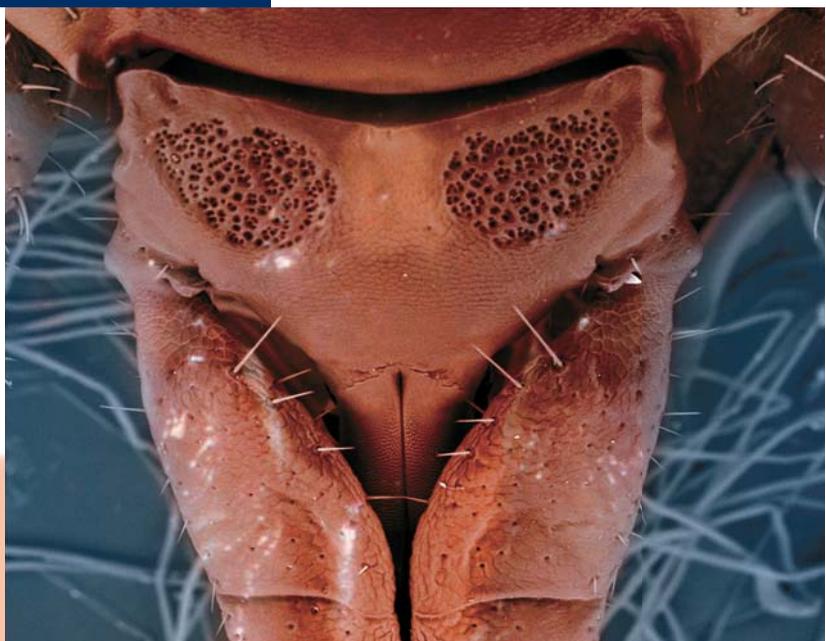
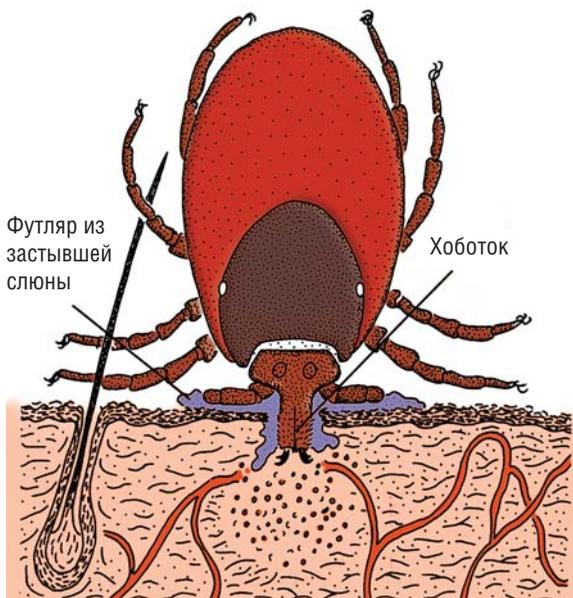
И стол, и дом

Прицепившись к хозяину, клещи активно ищут подходящее место для прикрепления, желательнее там, где хозяину избавиться от них труднее, например, на ушах и голове грызунов. На ежах с их иголками клещи распределены более равномерно, зато на приматах их практически нет. В регионах с сухим и жарким климатом клещи чаще присасываются к защищенной от солнца нижней части туловища. Их можно найти даже в ротовой полости слонов и в ноздрях гиппопотамов и верблюдов.

К людям клещи присасываются в самых разных местах: в подмышечных областях, реже на груди, животе, руках, ягодицах и ногах, а также на голове, особенно у детей.

Клещи прикрепляются к коже хозяина своими ротовыми органами, прорезают ее и отсасывают с помощью хоботка кровь, воспалительный инфильтрат и продукты

Присосавшийся иксодовый клещ работает, как хорошо отлаженный насос: в минуту он делает от 2 до 60 актов всасывания, строго разделенных актами впрыскивания слюны. Слева – взрослая самка иксодового клеща, питающаяся на лошади (по Estrada-Pena et al., 2017). Справа – «головка» таежного клеща (вид со спинной стороны). Сканирующий электронный микроскоп. Фото С. Ткачева (ИХБФМ СО РАН, Новосибирск)



растворения тканей, чередуя этот процесс с введением в ранку слюны.

Кормятся иксодовые клещи медленно: личинки питаются 3–5 дней, самки – 5–15 дней. За время кормления масса их тела увеличивается на один-два порядка: самки наиболее крупных видов могут поглощать до 8–10 мл крови!

После окончания питания личинки и нимфы отпадают от хозяина и линяют, переходя на следующую стадию развития. У взрослых клещей питание связано с размножением. Партнеры, как правило, встречаются на своем хозяине – голодные самцы и самки клещей не способны спариваться, за исключением клещей рода *Ixodes*. Самец может находиться на хозяине несколько месяцев и за это время оплодотворить несколько десятков самок. Самка спаривается только один раз, после чего быстро набирает массу, отпадает от хозяина и через некоторое время (от нескольких дней до месяцев) откладывает яйца (от 800 до 20 000 в зависимости от вида), после чего погибает (Балашов, 1998; Biology of Ticks, 2014).

В большинстве случаев развитие иксодовых клещей проходит со сменой хозяина на каждой стадии жизненного цикла. Их прокормителями служат птицы, рептилии и, в первую очередь, млекопитающие, особенно грызуны. Так, таежный клещ паразитирует примерно на 170 видах птиц, 100 видах млекопитающих и нескольких видах рептилий.

Среди клещей наиболее прожорливы взрослые самки, которые могут проглотить до 8–10 мл крови.

Справа вверху – голодный самец желтого собачьего клеща *Amblyomma aureolatum* из Бразилии. Внизу – сытая самка однозвездного клеща *Amblyomma americanum* из США.

Public Domain

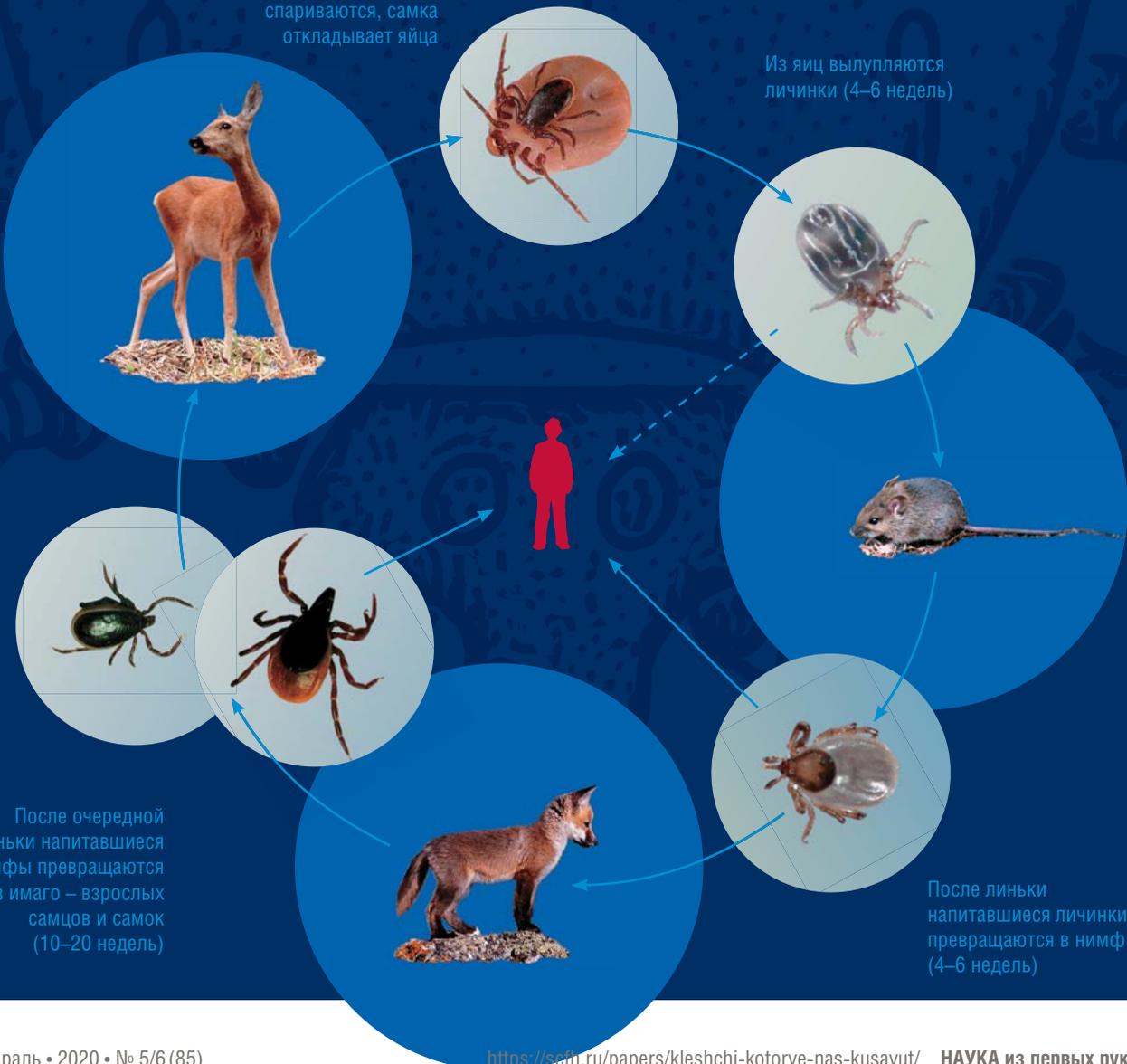


на стр. 42



Напитавшиеся имаго спариваются, самка откладывает яйца

Из яиц вылупляются личинки (4–6 недель)



После линьки напитавшиеся личинки превращаются в нимфы (4–6 недель)

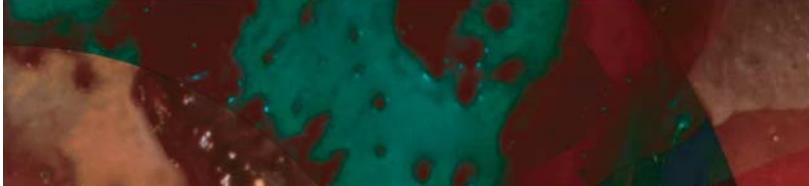
После очередной линьки напитавшиеся нимфы превращаются в имаго – взрослых самцов и самок (10–20 недель)

Жизненный цикл клещей сложен. Из яиц, отложенных самкой, вылупляются личинки (еще шестиногие), которые после линьки превращаются в нимф, а нимфы – во взрослых особей, называемых имаго. Длительность жизненного цикла для разных видов иксодовых клещей может составлять от одного до шести и более сезонов (лет).

На каждой стадии цикла клещ должен однажды напиться крови, причем личинка, нимфа и имаго прокармливаются на разных животных-хозяевах. Личинка напивается крови небольшого животного (грызуна или птицы).

Нимфа должна найти и атаковать животное, большее по размеру (белку, ежа, зайца). Взрослый клещ питается на других, еще более крупных животных, таких как лось или олень.

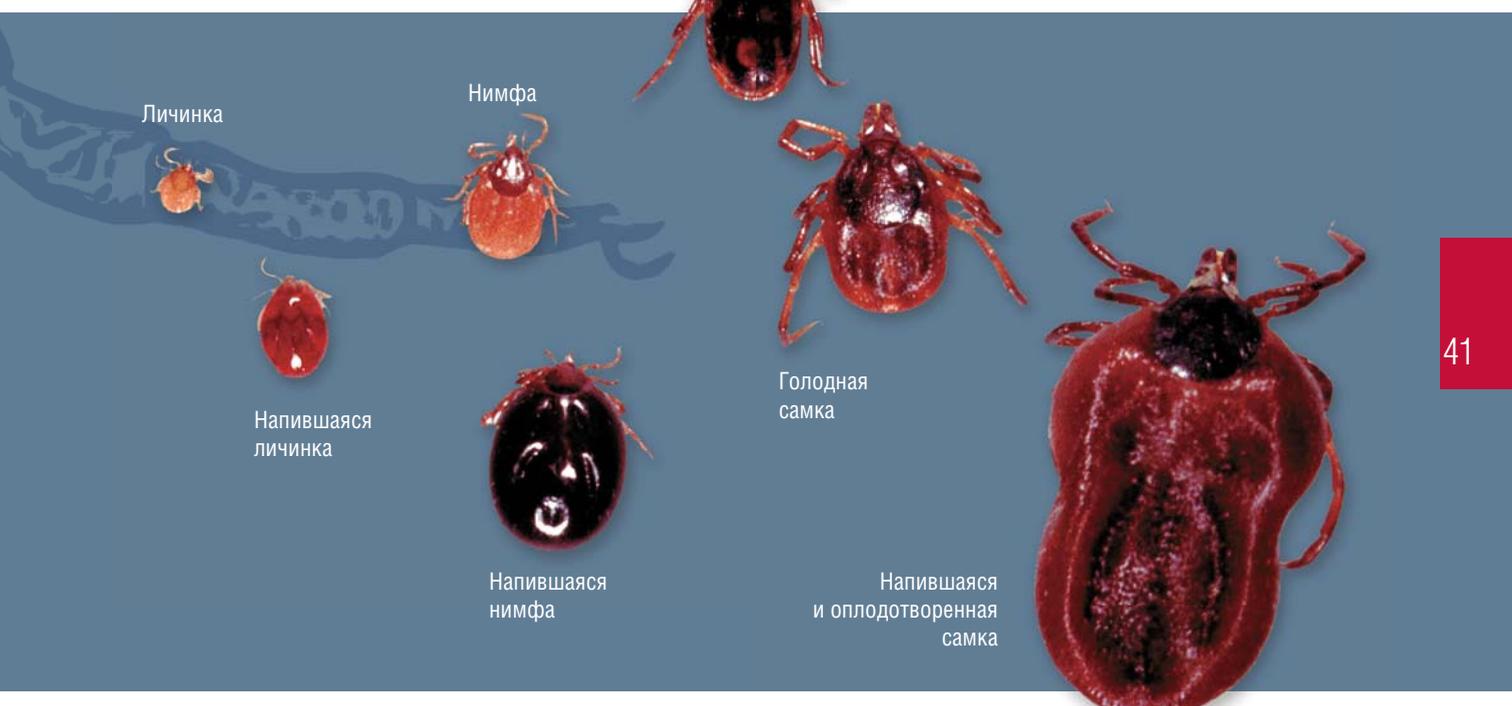
Однако некоторые виды клещей приспособились осуществлять полный цикл развития на одном животном-хозяине, которого покидает только напившаяся крови самка



Голодные самцы и самки клещей не способны спариваться (за исключением клещей из рода *Ixodes*).
© CC BY-SA 2.0, фото sz.u.

Стадии жизненного цикла иксодовых клещей на примере широко распространенного вида – европейского лесного, или собачьего клеща *Ixodes ricinus*.

© CC BY-SA 3.0, фото Alan R. Walker





Таежный клещ *Ixodes persulcatus* – самый распространенный клещ на территории России: ареал простирается от северо-западных районов (Ленинградская область, Карелия) через всю страну до Дальнего Востока. Обитает в таежных, лесных и лесостепных биотопах; встречается в предгорной лесостепи и горно-лесном поясе до высоты 2000 м (Филиппова, 1977). Взрослые особи активны с ранней весны до середины лета, личинки и нимфы – в течение всего теплого сезона. *Ixodes persulcatus* наиболее опасен для людей, так как переносит возбудителей самых тяжелых форм клещевого энцефалита. Этот вид клещей также является переносчиком возбудителей клещевого боррелиоза и возвратных лихорадок (*Borrelia miyamotoi*) (Коренберг, 2013). Заражение может происходить в результате присасывания не только самок, но и самцов, присасывающихся на непродолжительное время, и, в редких случаях, нимф. Самец (слева) и самка (справа) таежного клеща *Ixodes persulcatus*. Фото В. Панова (ИСИЭЖ РАН, Новосибирск) и С. Ткачева

Как правило, на небольших животных, перемещающихся в нижних ярусах, нападают личинки и нимфы, а на крупных животных – взрослые клещи (Балашов, 1998; Biology of Ticks, 2014).

Расширяя границы

За последние десятилетия ареал иксодовых клещей изменился и расширился. Так, если раньше считалось, что в России проблема клещевых инфекций актуальна лишь для Сибири и Дальнего Востока, то теперь она хорошо знакома и жителям западных регионов страны. Клещи все шире распространяются и в других регионах планеты: в США и Канаде, в Китае и странах Юго-Восточной Азии, Южной Америке.

Как считают ученые, одна из причин этого явления – потепление климата. Было неоднократно показано, что мигрирующие птицы могут переносить клещей на большие расстояния (Sparagano *et al.*, 2015). Но если



На территории России обнаружено около 60 видов клещей из семейства Ixodidae, однако наибольшую опасность представляют клещи рода *Ixodes*, основные переносчики вируса клещевого энцефалита, возбудителей иксодового клещевого боррелиоза (болезни Лайма) и боррелий из группы возвратных лихорадок. Клещи родов *Dermacentor*, *Haemaphysalis* и *Rhipicephalus* являются основными переносчиками патогенных видов риккетсий, а *Hyalomma* – вируса конго-крымской геморрагической лихорадки (Филиппова, 1977, 1997)

раньше клещи не могли прижиться на северных территориях, сейчас ситуация изменилась. Во многих регионах планеты зимы стали короче и мягче, и клещи легче переносят зимовку.

Так, в Швеции и Норвегии за период 1994–2008 гг. граница встречаемости клещей подвинулась более чем на 200 км к северу вдоль Балтийского побережья (Jaenson *et al.*, 2012). На североамериканском континенте клещи стали встречаться почти на 1000 км севернее по сравнению с периодом 1943–1983 гг. А в горах на севере Чехии, где температура за четыре десятилетия выросла на 1,4°, клещи появились на высоте до 1300 м над уровнем моря. В России в 1960-х гг. таежный клещ встречался только в южных районах Республики Коми, теперь же он обнаруживается и в центральных: за последние сорок лет северная граница его ареала переместилась на 150–200 км (Локтев, 2015).

Вторая возможная причина изменения ареала клещей – смена экологической обстановки, вызванная деятельностью человека. К примеру, натуралисты, путешествовавшие в США в середине XVIII в., отмечали там большое количество клещей. Но столетие спустя из-за развития сельского хозяйства резко упала численность белохвостых оленей – основных прокормителей *черноногих клещей*, что привело к снижению численности этих паразитов. Однако во второй половине прошлого века численность и животных-хозяев, и самих клещей возросла многократно. Соответственно выросло и число нападений клещей на человека, поскольку горожане стали все больше времени проводить на природе.

В последнее время в Западной Сибири значительно расширился к северу ареал *клеща Павловского*, и причина этого события остается неясной. Еще в конце прошлого века его ареал находился только на территории Алтая и других горных районов (Салаирский кряж, Кузнецкий Алатау). Сейчас же он встречается в большинстве из исследованных равнинных районов Новосибирской и Томской областей, при этом в некоторых районах, преимущественно с высокой антропогенной нагрузкой, клещ Павловского почти полностью вытеснил *таежного клеща* (Ливанова и др., 2011; Романенко, 2011).

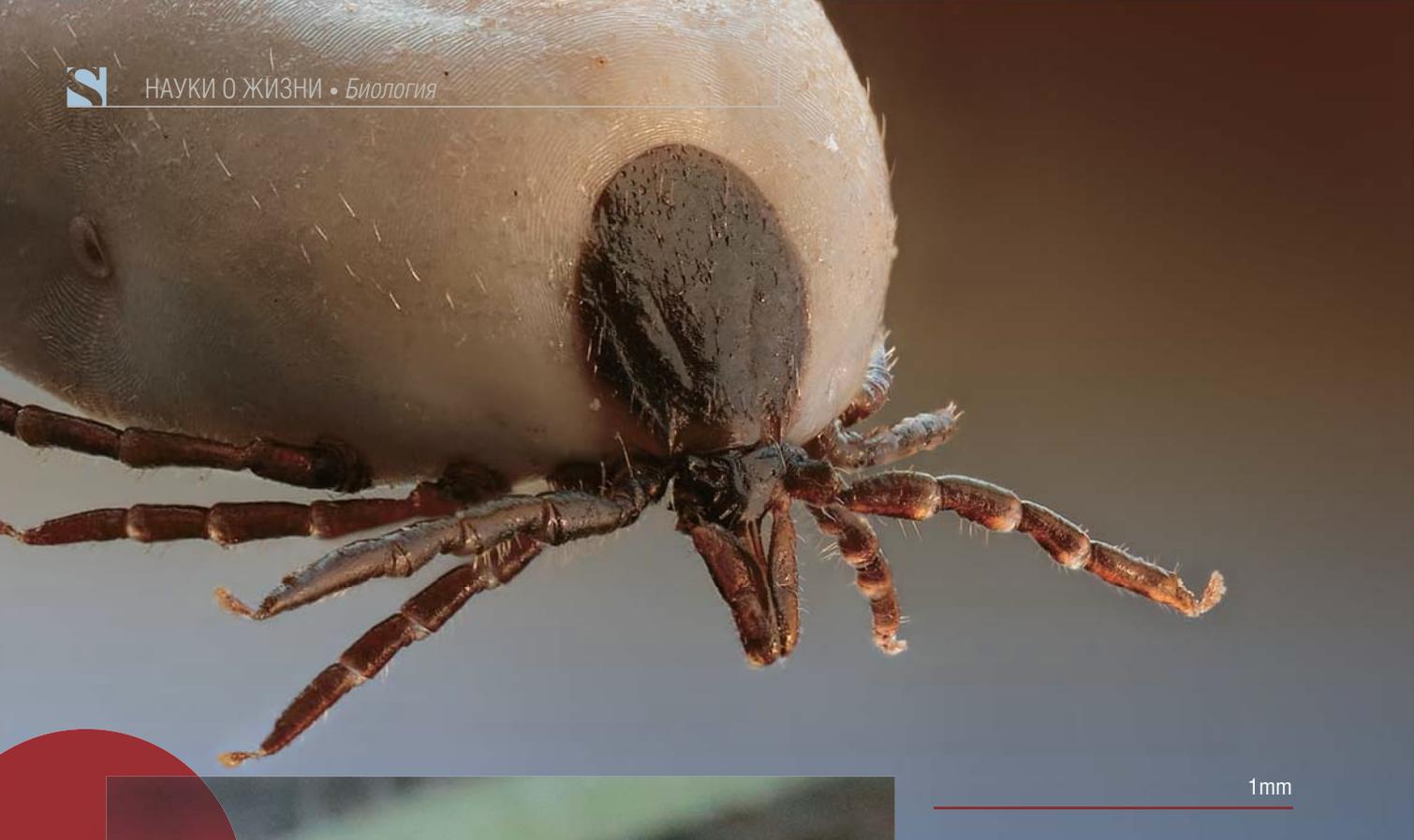
Возможно, это изменение ареала связано с многолетними противоклещевыми обработками местности вокруг крупных городов, которые проводились в 1960–1980-х гг. Когда эти места стали вновь заселяться клещами,

Клещи рода *Dermacentor*, обитающие на территории Сибири и Дальнего Востока, являются основными переносчиками риккетсий – возбудителя сибирского клещевого тифа. Некоторые виды также выступают переносчиками вируса омской геморрагической лихорадки и возбудителей Ку-лихорадки. Взрослые особи прокармливаются преимущественно на крупных диких и сельскохозяйственных животных и иногда могут на них зимовать. Из-за высокой численности они могут наносить значительный ущерб животноводству. Кроме того, они переносят возбудителей пироплазмоза лошадей и анаплазмоза крупного и мелкого рогатого скота. *D. reticulatus* является переносчиком пироплазм *Babesia canis*, вызывающих пироплазмоз собак. Это тяжелое заболевание без своевременного лечения чаще всего приводит к смерти животного.

Справа – клещи *D. nuttalli* на «охоте». Основная часть ареала этих клещей находится в Китае и Монголии. В России встречается на изолированных территориях на Алтае, в Красноярском крае и Забайкалье; приручен к сухим степям, горным котловинам (Филиппова, 1997).

Фото В. Якименко (Омский НИИ природно-очаговых инфекций)





1mm



Сытая и голодная самки европейского лесного клеща *Ixodes ricinus*.
 ©CC BY-SA 2.5,
 фото Richard Bartz;
 ©CC BY-SA 3.0, фото NOBBI

Европейский лесной клещ *Ixodes ricinus* – наиболее изученный, часто встречающийся клещ на территории Европы. В умеренном климате Европы и России клещи активны в весенне-летне-осенний сезоны, достигая максимальной численности весной и осенью. Они очень чувствительны к пересыханию, поэтому обитают преимущественно в лиственных, хвойных и смешанных лесах со средним или высоким количеством осадков. Служат переносчиками вируса клещевого энцефалита, боррелий, риккетсий, возбудителя гранулоцитарного анаплазмоза человека и др. (Филиппова, 1977; Rizzoli *et al.*, 2014)

I. pavlovskiy получил преимущество, так как его жизненный цикл короче, и он может прокармливаться на птицах, численность которых в антропогенных очагах выше по сравнению с численностью крупных млекопитающих, основных прокормителей таежного клеща.

В некоторых случаях ареал обитания клещей расширяется в южном направлении. Так, в Западной Сибири в 1960–1970-х гг. ареал *лугового клеща* сместился на юг, из лесной в лесостепную зону. Причиной могло послужить сочетание сразу нескольких факторов: акарицидные обработки лесов и изменение структуры популяций грызунов – основных прокормителей клеща (Якименко, 2013).

МЕЖВИДОВЫЕ СОЮЗЫ

Клещ Павловского *Ixodes pavlovskyi* был впервые обнаружен на Дальнем Востоке России в середине прошлого века. Ареал состоит из двух разъединенных частей – восточной и западной, расположенных на Дальнем Востоке и в Западной Сибири. По морфологии, генетическим признакам и активности схож с таежным клещом. Служит переносчиком тех же самых инфекционных агентов, что и таежный, хотя их встречаемость в этих двух видах клещей существенно различается (Rar *et al.*, 2017).

Перемещение на север ареала популяции клеща Павловского совпало с еще одним феноменом – обнаружением его гибридов с таежным клещом. Межвидовая гибридизация – достаточно распространенный феномен среди близкородственных видов иксодовых клещей. Однако в подавляющем большинстве случаев эти межвидовые гибриды не способны к размножению.

Так, на территории России и Эстонии в местах, где перекрываются ареалы таежного и европейского лесного клещей, были обнаружены клещи с морфологическими и генетическими признаками гибридов (Bugmyrin *et al.*, 2015). Однако потомство, полученное при лабораторном скрещивании этих двух видов, оказалось нефертильным. Весь ареал клеща Павловского расположен внутри области распространения таежного клеща, и молекулярно-генетический анализ выявил клещей с гибридным генотипом во всех местах обитания клеща Павловского в Томской и Новосибирской областях и Республике Алтай. Кое-где относительная численность гибридов превышала 30%, при этом среди них были гибриды как первого, так и второго поколения (Kovalev *et al.*, 2015; Rar *et al.*, 2019). Все это говорит о том, что эти два вида клеща способны не только скрещиваться, но и давать плодовитое потомство.

Клещи рода *Haemaphysalis* обитают преимущественно в субтропической и тропической зонах. В России встречаются в основном в Крыму, Краснодарском крае, Прикаспии, а также на юге Сибири и Дальнего Востока. Наибольшую опасность для людей представляют *H. concinna* и *H. japonica*, являющиеся переносчиками риккетсий, вызывающих дальневосточный клещевой риккетсиоз и сибирский клещевой тиф. *H. longicornis*, встречающийся в России только на Дальнем Востоке (его основным прокормителем является пятнистый олень), выступает переносчиком вируса Повассан, способного вызывать энцефалит, и вируса тяжелой лихорадки с синдромом тромбоцитопении (Филиппова и др., 1997).

На фото – клещ *H. concinna* (вид с брюшной стороны).
©CC BY-SA 4.0, фото Bramborica

На основе моделирования изменений климата и биотопов в результате деятельности человека было показано, что в XXI в. можно ожидать сокращение ареала таежного клеща на территории государств, граничащих с Россией с запада, а к концу века этот процесс будет идти и в европейской части России (Ясюкевич, 2019). Предположительно, в Московской области и областях, граничащих с ней на западе и северо-западе, таежный клещ исчезнет. Аналогичный процесс будет идти и в областях, лежащих к югу, где из-за потепления климата лес будет отступать, уступая более сухим местообитаниям.

При этом есть предпосылки к существенному расширению ареала таежного клеща в Камчатском крае и его появлению в Магаданской области, и эти прогнозы уже начинают сбываться. Так, таежные клещи недавно были обнаружены в окрестностях г. Магадан (Докучаев, 2015). На полуострове Камчатка эти клещи встречаются достаточно давно. При этом там не было найдено личинок или нимф, что явилось бы косвенным свидетельством того, что на этой территории таежный клещ может проходить полный жизненный цикл (по данным ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Камчатском крае» за 2019 г.). Вероятно, пока клещей заносит туда перелетные птицы.



Клещевые инфекции наступают

Расширение ареала иксодовых клещей закономерно привело к активизации природных очагов инфекций, переносимых клещами. Повсеместно растет число клещей, зараженных инфекционными агентами, – их встречают даже в парках крупных городов.

С проблемой клещевого боррелиоза в последние годы столкнулись Япония, Турция и Корея. Существенно увеличилась зараженность иксодовых клещей в Беларуси: за 10 лет зараженность *европейского лесного* и лугового клеща вирусом клещевого энцефалита в отдельных областях выросла в разы, а зараженность европейского лесного клеща возбудителем клещевого боррелиоза – с 13 до 35% (в отдельных регионах до 60%) (Бычкова и др., 2015).

В последнее десятилетие расширился ареал клещевого энцефалита в России. Это заметнее всего в Сибирском федеральном округе: в Красноярском крае, Новосибирской и Омской областях, Республиках Тыва и Хакасия этот ареал увеличился на одну административную территорию. К примеру, к 22 районам Новосибирской области, эндемичным по клещевому энцефалиту, прибавился Чановский район.

На полуострове Камчатка вирус клещевого энцефалита пока не обнаружен. Однако в ряде районов в клещах была обнаружена ДНК возбудителей

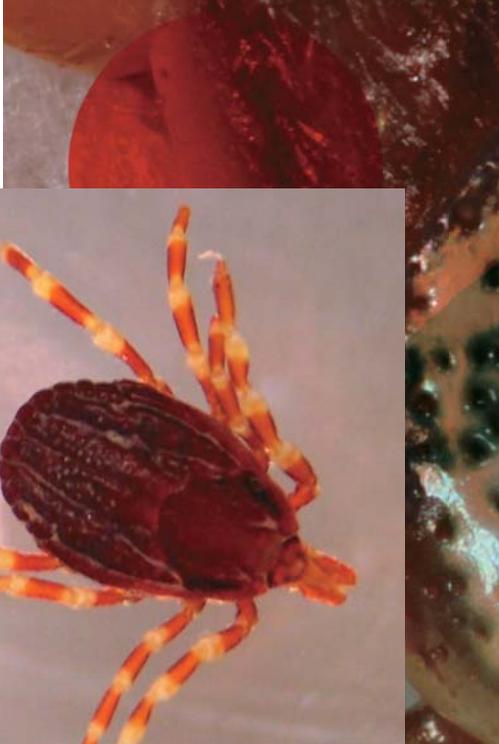
клещевого боррелиоза, риккетсий и возбудителей гранулоцитарного анаплазмоза человека (по данным ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Камчатском крае» за 2019 г.). А три камчатских района были признаны эндемичными по туляремии, возбудители которой также могут переноситься иксодовыми клещами.

В Западной Сибири в межвидовых гибридах между таежным клещом и клещом Павловского были обнаружены те же инфекционные агенты, что и в клещах родительских видов. В результате разных вариантов скрещивания генетическая вариабельность клещей в природном очаге, где одновременно обитают родительские виды и их гибриды, будет существенно выше обычной. Это может привести к увеличению периода активности клещей, расширению круга их потенциальных хозяев и даже повышению разнообразия (в том числе генотипического) инфекционных агентов, переносимых клещами. Так как клещи с гибридным генотипом могут оказаться более приспособленными к различным условиям обитания, можно ожидать дальнейшего расширения их ареала и, соответственно, ареалов переносимых ими патогенов.

Есть и еще одна, субъективная причина резкого увеличения числа регистрируемых клещевых укусов и заболеваний. Раньше большинство пострадавших



Клещ *Ixodes trianguliceps* паразитирует только на мелких млекопитающих, к людям и крупным млекопитающим не присасывается. При этом его ареал пересекается с ареалом других клещей рода *Ixodes*, нападающих на людей, а их прокормителями служат одни и те же виды животных. Поэтому *I. trianguliceps* может заражать людей опосредованно, через клещей других видов (Филиппова, 1977; Якименко, 2013). Слева – сытые самка и нимфа *I. trianguliceps* на полевке. Фото В. Якименко (Омский НИИ природно-очаговых инфекций)



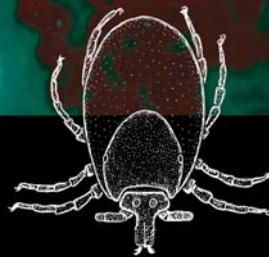
Клещи рода *Hyalomma* относятся к пустынным видам. *H. marginatum* (вверху) обитает на юге европейской части России. Личинки и нимфы питаются на птицах и грызунах, взрослые особи – на копытных. *H. marginatum* является основным переносчиком вируса конго-крымской геморрагической лихорадки – опасного заболевания с летальностью 16%.
Public domain

выбрасывали укусивших их клещей и редко обращались к врачам. Сегодня многие из них сдают клещей на анализ и обращаются за профилактическим лечением. Все эти случаи учитываются медицинской статистикой, хотя, по мнению специалистов, и сегодня эти данные значительно занижены.

Относительно проблемы клещевых инфекций сегодня можно сказать одно: она есть, и она масштабна. Клещи наступают, пострадавших все больше. Обидно, что происходящие изменения экологической обстановки и хозяйственная деятельность человека часто оказываются губительными для множества полезных членистоногих, таких как шмели и пчелы. А вот кровососущим клещам все идет на пользу. И они приносят все новые беды.

Степной клещ *Dermacentor marginatus* обитает в степных и лесостепных биотопах в южной части Европы, европейской части России и в Западной Сибири до Красноярского края на востоке. Служит переносчиком возбудителей сибирского клещевого тифа и Ку-лихорадки. Фото В. Якименко (Омский НИИ природно-очаговых инфекций)





Однозвездный клещ *Amblyomma americanum* широко распространен в юго-восточной части США. Этот клещ известен как переносчик нескольких видов эрлихий, возбудителя туляремии и недавно открытых вирусов *Heartland* и *Bourbon*.
Public Domain

Клещи, обитающие в Северной Америке (США), также переносят широкий круг инфекционных агентов, вызывающих клещевой боррелиоз (болезнь Лайма), гранулоцитарный анаплазмоз человека, моноцитарный эрлихиоз человека, бабезиоз, пятнистую лихорадку Скалистых гор (наиболее тяжелой формы риккетсиоза в мире) и др. Вирусного клещевого энцефалита на территории США нет, однако там в клещах встречается родственный вирус Повассан. Американские виды клещей отличны от евразийских за исключением бурого собачьего и длиннорогого клещей, которые встречаются на обоих континентах

Яркий пример – зимний клещ (*Dermacentor albipictus*), паразитирующий на лосях в Канаде и на севере США. Ситуация с ним становится катастрофической: из-за потепления климата клещи лучше выживают зимой, становятся активными раньше, и у них оказывается больше времени на поиск жертвы. Зимние клещи всегда были проблемой лосей, но никогда их не было так много. Облепленные клещами анемичные животные трутся о деревья так, что теряют мех, – таких животных называют «лосями-призраками». Когда рождается лосенок, голодные клещи перемещаются с матери

на новорожденного. В результате массовой инвазии погибает более половины молодняка, и на трупах обнаруживают до 100 тыс. клещей! Биологи опасаются, что лоси вообще могут исчезнуть на Среднем Западе США (Балашов, 1998).

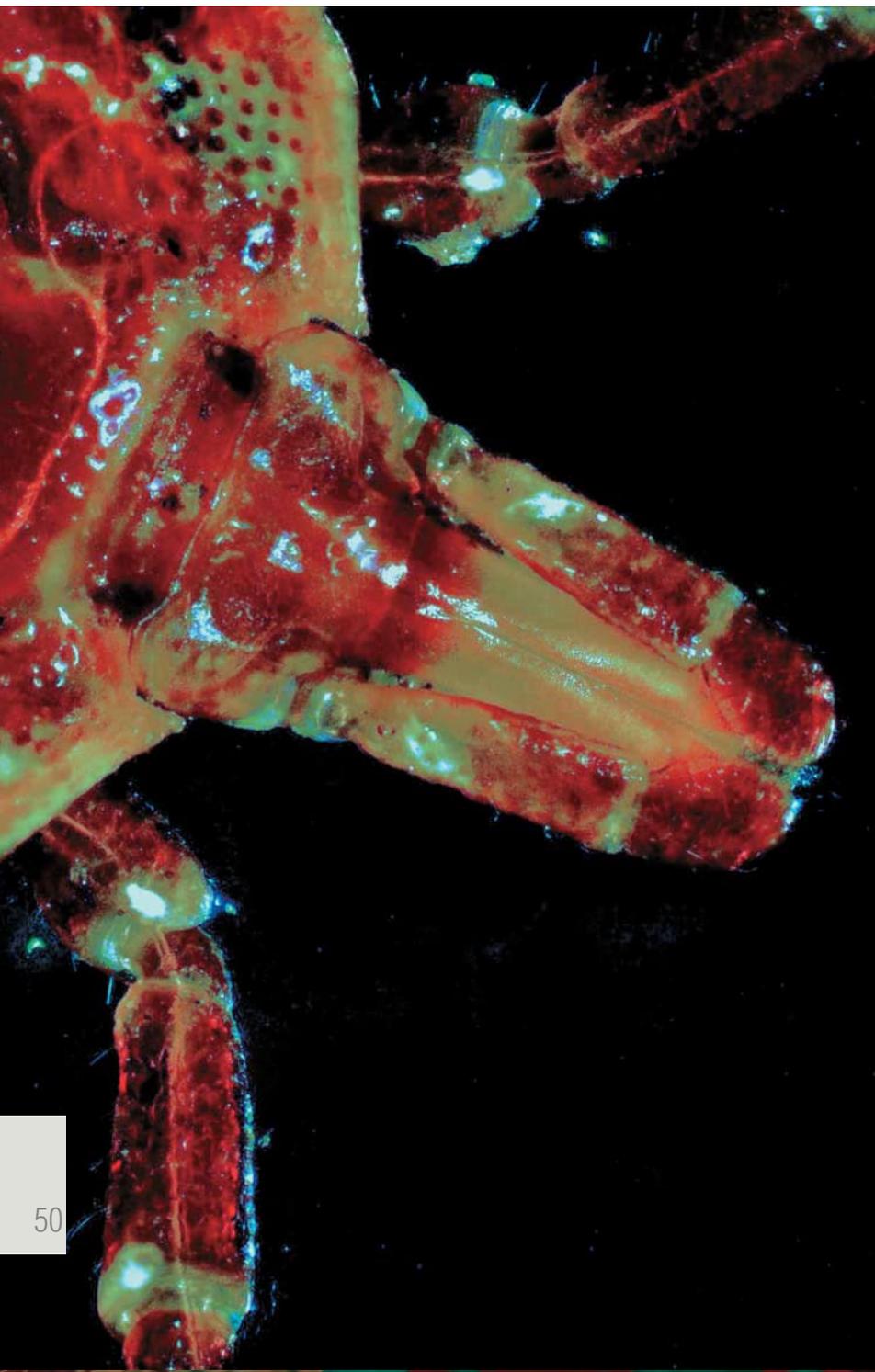
Но клещи не только расширяют ареалы своего традиционного обитания – они осваивают и совершенно новые территории. Так, в 2017 г. в американском штате Нью-Джерси обнаружили быстро растущую популяцию невиданных ранее *азиатских длиннорогих клещей* (*Haemaphysalis longicornis*), обычно встречающихся



Американский собачий клещ *Dermacentor variabilis* (внизу) широко распространен в западной части США и Канады к востоку от Скалистых гор и на тихоокеанском побережье. Этот клещ является основным переносчиком *Rickettsia rickettsii* – возбудителя пятнистой лихорадки Скалистых гор, и возбудителя туляремии.
На фото внизу – самец и самка *D. variabilis*. © CC BY-SA 2.0, фото NIAID и Sam Droege

Головка иксодового клеща из рода *Dermacentor*. На его хоботке расположены ряды зубцов, направленных назад, из-за чего его очень трудно вытащить.
© CC BY-SA 4.0, фото Dack9





в Юго-Восточной Азии (Китае, Японии и Австралии). Сейчас эти клещи, являющиеся переносчиками инфекций, в том числе клещевого риккетсиоза, распространились уже в 17 штатах США. «Мигранты» из Азии чрезвычайно быстро размножаются. Дело в том, что у этого вида клещей даже неоплодотворенная самка может откладывать до 2 тыс. яиц в одной кладке непосредственно на животном-хозяине. Быстро расплодившись, эти клещи представляют реальную угрозу даже для крупного рогатого скота.

Регистрируемое сегодня во многих регионах мира расширение ареалов разных видов клещей, способных переносить возбудителей инфекционных заболеваний человека и сельскохозяйственных и домашних животных, – явление угрожающее. Оно требует не только тщательного изучения вновь возникающих природных очагов этих заболеваний с научной точки зрения, но и повышенного внимания служб систем здравоохранения и санитарно-эпидемиологического контроля разных стран.

Обширный ареал лугового клеща *Dermacentor reticulatus* включает территорию Европы, европейской части России и Западной Сибири. Часто встречается в лесопарковых зонах и на окраинах городов (на пустырях). Имеет два пика активности – весенний и осенний. Наибольшую опасность представляет для собак, поскольку является переносчиком возбудителей, вызывающих у них тяжелое, угрожающее жизни заболевание – пироплазмоз собак. В Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, где *D. reticulatus* отсутствует, случаи пироплазмоза собак не описаны. Это фото сделано в Московской области.

© CC BY-SA 4.0, фото А. Яковлева

Головка самки американского однозвездного клеща *Amblyomma americanum*. На микроскопическом изображении хорошо видны детали ее колюще-сосущего ротового аппарата.
CC BY-SA 4.0, фото MostlyDross

Литература

Балашов Ю. С. Иксодовые клещи – паразиты и переносчики инфекций. СПб.: Наука, 1998. 287 с.

Коренберг Э. И., Помелова В. Г., Осин Н. С. Природноочаговые инфекции, передающиеся иксодовыми клещами // Под ред. А. Л. Гинцбурга и В. Н. Злобина. М., 2013. 463 с.

Романенко В. Н. Многолетняя динамика численности и видового состава иксодовых клещей (Ixodidae) на антропогенно нарушенных и естественных территориях // Паразитология. 2011. Т. 45. № 5. С. 384–391.

Филиппова Н. А. Иксодовые клещи подсемейства Ixodinae. Фауна СССР. Паукообразные. Л.: Наука, 1977. Т. 4, вып. 4. 396 с.

Филиппова Н. А. Иксодовые клещи подсемейства Amblyominae. Фауна России и сопредельных стран. Паукообразные. СПб.: Наука, 1997. Т. 4, вып. 5. 430 с.

Якименко В. В., Малькова М. Г., Шпынов С. Н. Иксодовые клещи Западной Сибири. Фауна, экология, основные методы исследования. Омск: Омский научный вестник, 2013. 240 с.

Vugtyrin S. V., Belova O. A., Ieshko E. P., et al. Morphological differentiation of *Ixodes persulcatus* and *I. ricinus* hybrid larvae in experiment and under natural conditions // Ticks

Tick Dis. 2015. V. 6. P. 129–133. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2014.11.001>.

Estrada-Pena E., Mihalca A. D., Petney T. N. Ticks of Europe and North Africa. A Guide to Species Identification // Springer. 2017. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-63760-0>

Biology of ticks. Edited by Daniel E. Sonenshine and R. Michael Roe. Oxford University Press, 2014. 496 p.

Kovalev S. Y., Mikhaylishcheva M. S., Mukhacheva T. A. Natural hybridization of the ticks *Ixodes persulcatus* and *Ixodes pavlovskyi* in their sympatric populations in Western Siberia // Infect. Genet. Evol. 2015. V. 32. P. 388–395.

Rar V., Livanova N., Tkachev S., et al. Detection and genetic characterization of a wide range of infectious agents in *Ixodes pavlovskyi* ticks in Western Siberia, Russia // Parasit Vectors. 2017. V. 10(1). P. 258. doi: 10.1186/s13071-017-2186-5.

Rar V., Livanova N., Sabitova Y., et al. *Ixodes persulcatus/pavlovskyi* natural hybrids in Siberia: Occurrence in sympatric areas and infection by a wide range of tick-transmitted agents // Ticks Tick Borne Dis. 2019. V. 10(6):101254. doi: 10.1016/j.ttbdis.2019.05.020.



Инфекционные заболевания, переносимые иксодовыми клещами, являются серьезной проблемой для многих стран мира. Так, в нашей стране клещи ежегодно кусают около полумиллиона человек, из которых более двух тысяч заболевают клещевым энцефалитом – тяжелым вирусным заболеванием с поражением нервной системы, иногда приводящим к летальному исходу. С проблемой клещевых инфекций сталкиваются все, кто по роду своей деятельности часто бывает на природе: лесозаготовители и геологи, охотники и рыболовы, жители сельской местности, а также садоводы, туристы и просто любители пешеходных прогулок. В этой статье, которая продолжила серию публикаций, посвященных иксодовым клещам как переносчикам болезней, описаны возможные риски для человека стать жертвой этих кровососущих членистоногих и способы защиты от них. Такая информация будет полезна любому жителю России, который хочет уберечь себя и своих близких от вполне реальных проблем в будущем

КЛЕЩИ: держим Обороны

На фото – таежный клещ *Ixodes persulcatus*, самый распространенный иксодовый клещ на территории России. Он часто служит переносчиком различных инфекционных агентов, от вирусов и бактерий до простейших. Фото В. Якименко



ТИКУНОВА Нина Викторовна – доктор биологических наук, заведующая лабораторией молекулярной микробиологии Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 200 научных работ и 22 патентов

РАР Вера Александровна – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории молекулярной микробиологии Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 76 научных работ

ВЛАСОВ Валентин Викторович – академик РАН, научный руководитель Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск), заведующий кафедрой молекулярной биологии и биотехнологии Новосибирского государственного университета. Лауреат Государственной премии РФ (1999). Автор и соавтор более 500 научных работ и 30 патентов

ТКАЧЕВ Сергей Евгеньевич – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории молекулярной микробиологии Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 97 научных работ

© В.В. Власов, В.А. Рар, С.Е. Ткачев, Н.В. Тикунова, 2019

Прежде чем говорить о мерах по защите от *иксодовых клещей*, вспомним самые важные факты относительно образа жизни этих членистоногих. Кстати, клещей часто ошибочно называют насекомыми, однако отличить возможного паразита от безобидного жука можно по числу ног: у взрослых клещей их восемь, как у пауков, их дальних «родственников» по классу паукообразных, а не шесть, как у насекомых.

Жизненный цикл иксодового клеща включает три стадии, не считая яйца: личинка (шестиногая!), нимфа и взрослая особь (*имаго*). И на каждой стадии своего развития клещ обязательно должен однажды выпить крови, причем личинка, нимфа и имаго обычно прокармливаются на разных животных-хозяевах.

Многие потенциальные «жертвы» клещей, в первую очередь мелкие грызуны, являются природными резервуарами так называемых *природно-очаговых инфекций*. Поэтому на каждом этапе своей жизни клещ вместе с кровью животного-хозяина может либо сам получить возбудителей

Ключевые слова: иксодовые клещи, клещевые инфекции, клещевой энцефалит, иммуноглобулин, вакцинация, акарицид.

Key words: Ixodes ticks, tick-transmitted infections, tick-borne encephalitis, immunoglobuline, vaccine, acaricide

Типичное местообитание иксодовых клещей в окрестностях новосибирского Академгородка. Западная Сибирь.
Фото В. Панова

В состоянии «активного подстерегания» голодный клещ совершает колебательные движения вытянутой вперед первой парой ног, пока не войдет в контакт с жертвой.
© CC BY 2.0, фото John Tann



этих инфекций, либо, наоборот, заразить хозяина через секрет своих слюнных желез. И хотя как «кровососы» иксодовые клещи не представляют для людей особой опасности, при укусе они могут передать патогенные вирусы и бактерии, опасные для человека.

Переносчиками патогенов служат не только взрослые самки, которые присасываются на долгое время, но и самцы, которым требуются гораздо меньшие объемы крови, и малозаметные небольшие нимфы. Кстати, заразиться вирусом клещевого энцефалита можно даже через сырое молоко коз, на которых прокармливались инфицированные клещи.

В наших средних широтах иксодовые клещи выходят «на охоту» обычно в марте-апреле. Шанс встретиться с ними появляется уже в первые теплые дни, когда дневная температура достигает 4–5 °С. Конечно, самая эффективная мера защиты от клещей – это сокращение времени пребывания в опасных зонах, но продолжительность теплого сезона у нас и так невелика. Поэтому нужно научиться правильно и эффективно пользоваться защитной одеждой, использовать средства «химзащиты», а при посещении мест возможного обитания клещей регулярно проводить проверку на их наличие и быстро удалять уже прикрепившихся, чтобы предотвратить передачу инфекционных агентов.

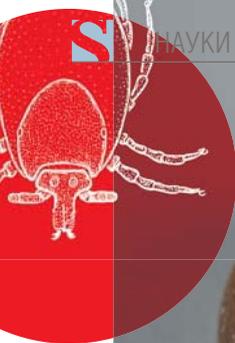
Советы, приводимые ниже, помогут всем любителям природы встретить «сезон клеща» во всеоружии.

Принято считать, что человек, заболевший клещевым энцефалитом или боррелиозом, не заразен для окружающих. Однако в случае кормящей матери существует потенциальная опасность, что ребенок может заразиться через грудное молоко. Исследователи из СО РАН в экспериментах на лабораторных мышах показали, что вирус клещевого энцефалита может передаваться и половым путем. У здоровых самок, забеременевших от инфицированных самцов, эмбрионы росли гораздо медленнее, чем обычно, и в их тканях был выявлен вирус клещевого энцефалита

Личинки и нимфы таежных клещей цепляются за пробегающих рядом мелких зверьков, используя свой ротовой аппарат и для прикрепления, и для питания. Излюбленное место их локализации – ушные раковины. *Фото В. Глупова*

На фото внизу – самка таежного клеща «на охоте». Фото В. Панова





За время кормления масса тела иксодовых клещей увеличивается на один-два порядка.

© CC BY3.0, фото Thomas Zimmermann

Клещи на охоте

Для жизни этим членистоногим необходима высокая влажность воздуха, поэтому их можно встретить в лесной подстилке, густой траве и даже бытовом мусоре. Поэтому садоводам рекомендуют каждую осень убирать листву и сухую траву, в которой клещи могут перезимовать.

Предпочитаемые места обитания – лесные полянки, поросшие папоротником и мхом; опушки леса, переходящие в луг, овраги с ручейками и склоны, покрытые высокой травой и небольшими деревьями. Во всех этих местах обитают основные прокормители клещей – небольшие животные (полевки, мыши, белки, зайцы), копытные и др. Клещей можно встретить не только в лиственных лесах с богатым травостоем, но и в хвойных – в гудах хвороста, которые любят мелкие лесные обитатели.

Вопреки распространенному мнению, клещи не нападают на людей с деревьев. Голодные особи поднимаются на травинки и кусты, где и подстерегают проходящих мимо потенциальных хозяев. Для человека немалую опасность могут представлять покрытые растительностью обочины лесных тропинок и дорог, поэтому лучше держаться их центра, подальше от высокой травы.

Для обнаружения возможного хозяина клещи используют *орган Галлера*, с помощью которого они воспринимают изменения концентрации углекислого газа,

«КОНТЕЙНЕРЫ» С ПАТОГЕНАМИ

Иксодовые клещи служат переносчиками широкого круга возбудителей вирусной, бактериальной и протозойной природы. Наиболее опасным из них на территории России является *вирус клещевого энцефалита*, способный вызвать тяжелую нейроинфекцию и даже смерть заболевшего. Наиболее высокий уровень заболеваемости и смертности от этой болезни регистрируется в Сибирском федеральном округе.

Самым распространенным заболеванием, передаваемым иксодовыми клещами в умеренных широтах Евразии, является *иксодовый клещевой боррелиоз (болезнь Лайма)*, который вызывается целой группой бактерий родственных видов из комплекса *Borrelia burgdorferi* (Коренберг и др., 2013). Это мультисистемное заболевание с широким спектром кожных, суставных, неврологических и сердечно-сосудистых проявлений; характерным признаком на ранних стадиях является первичная мигрирующая эритема. Клещи могут передать и другой вид боррелий – *B. miyamotoi*, генетически близкий возбудителям *клещевых возвратных лихорадок*. Это заболевание впервые было описано на территории России (Platonov *et al.*, 2011). В отличие от Лайм-боррелиоза, оно протекает в лихорадочной форме без развития эритемы. Современные тест-системы не обеспечивают надежной диагностики боррелиозов, и при отсутствии эритемы диагностировать заболевание трудно. Важной группой бактериальных инфекций, передаваемых клещами, являются *риккетсиозы*, вызываемые бактериями, являющимися внутриклеточными паразитами.

В европейской части России отмечена *астраханская пятнистая лихорадка*, вызываемая каспийским подвигом *Rickettsia conorii*, который переносится клещами *Rhipicephalus pumilio* (Рудаков, 2016). В Сибири – *сибирский клещевой тиф*, возбудителем которого является *R. sibirica*, а на Дальнем Востоке риккетсиоз чаще вызывается *R. heilongjiangensis* (Mediannikov *et al.*, 2004). Недавно на территории Западной Сибири были зафиксированы случаи риккетсиозов с нетипичной симптоматикой, в частности, с отсутствием характерной сыпи. Оказалось, что эти инфекции были вызваны *R. raoultii* – широко распространенным видом риккетсий, ранее считавшимся непатогенным, и *R. helvetica* (Igolkina *et al.*, 2018).

Иксодовые клещи также выступают переносчиками простейших гемопаразитов – представителей родов *Babesia* и *Theileria*. Бабезии вызывают у людей острые инфекции, в том числе с летальным исходом. В России случаев бабезиоза у людей не отмечено, но тяжелые бабезиозы и тейлериозы широко распространены у домашних и сельскохозяйственных животных (прежде всего собак и лошадей)



СТИМУЛ

- Свежий пот (лицо)
- Свежий пот (спина)
- Свежий пот (грудь)
- Свежий пот (подмышки)
- Двухдневный пот (подмышки)
- Температурно-запаховый стимул (палец)



специфические компоненты запаха и тепловое излучение на расстоянии до 10 м. Большинство клещей цепляются за ноги человека, а затем ползут вверх по телу в поисках места для присасывания. Поэтому во время лесных прогулок рекомендуется каждые полчаса проводить взаимные или самостоятельные осмотры, чтобы удалить обнаруженных клещей.

Какие люди наиболее привлекательны для клещей? Специалисты из новосибирского Института систематики и экологии животных СО РАН в экспериментальных исследованиях показали, что, хотя клещей больше привлекают запахи особей женского пола, именно мужчины собирают на себя больше клещей. Дело в том, мужчины больше потеют, выделяют больше тепла и углекислого газа, поэтому они являются более заметной целью и, соответственно, более частым объектом нападения клещей.

Высок риск укуса клещами и у детей 5–13 лет, которые много времени проводят на улице. Поэтому, выбирая места для игр, следует избегать участков с густой травой и кустами.

Личинки, нимфы и взрослые иксодовые клещи прокармливаются на разных животных-хозяевах. Нимфа может атаковать не только мелких грызунов, но и более крупных животных, таких как белка, заяц или кролик.
© CC BY 2.0, фото daveynin

Эксперименты по изучению поведенческой реакции иксодовых клещей на запаховые стимулы показали, что среди образцов пота молодых мужчин, собранных на фильтровальную бумагу, наиболее привлекательными оказались образцы из подмышечной области. Более высокую привлекательность для клещей имели и «несвежие» образцы мочи лабораторных мышей. В природе такие мочевые метки оставляют при мечении территории взрослые самцы мелких млекопитающих, чей иммунитет обычно подавлен высоким уровнем мужского полового гормона тестостерона. Привлекательность таких «несвежих» образцов пота и мочи может быть связана с их бактериальной трансформацией.
По: (Мошкин и др., 2007)





Чтобы избежать нападения иксодовых клещей, нужно правильно одеваться. Одежду лучше носить однотонную и светлую, на которой легче заметить клеща. Куртка должна иметь плотно прилегающие к запястьям манжеты и капюшон; рубашку нужно заправить в брюки, а брюки – в носки; не следует носить обувь с открытым носком или сандалии. «Правильная» одежда нужна не только для прогулок по лесу, но и для работ во дворах и садовых участках, где высок риск встретиться с клещами. Для охотников и рыбаков производятся специальные противоклещевые костюмы, пропитанные акарицидами и снабженные складками-ловушками, препятствующими передвижению клещей вверх

Чтобы оценить численность иксодовых клещей, исследователи собирают их на стандартные «флаги» – отрезки белой вафельной ткани размером 60 на 100 см. Окрестности новосибирского Академгородка. Фото В. Панова

Клещи способны проникать к телу жертвы через самые разные преграды: практика показывает, что ни специальная одежда, ни репелленты не гарантируют 100 % защиты. Спрятавшись в одежде, спальнике и других походных принадлежностях, клещи могут напасть на человека уже после возвращения из леса. В зависимости от влажности, они способны в течение многих дней выживать в жилище человека. Поэтому, вернувшись домой, следует внимательно осмотреть себя, детей, домашних животных и снятую одежду. Последнюю желательно выстирать в горячей воде и высушить или прогладить. Клещи могут пережить стирку при 40 °С, но при 65° и в сушилке погибают.

Так, клещи способны на расстоянии нескольких метров определить местонахождение человека по его инфракрасному излучению с помощью особого сферического образования с отверстием на передней части. Репелленты типа ДЭТА нарушают работу этого «инфракрасного прицела» (Caro & Salgado, 2019).

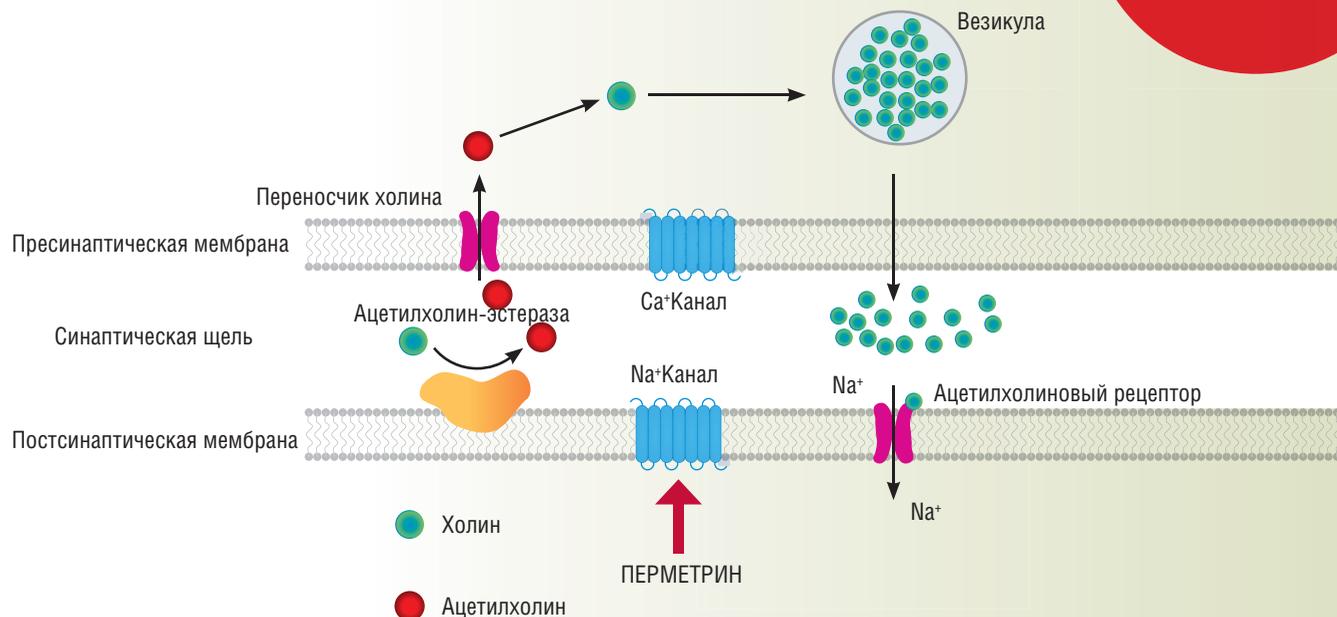
К акарицидным препаратам относятся *пиретрины* – природные инсектициды, содержащиеся в цветках некоторых многолетников из семейства сложноцветные, таких как некогда знаменитая персидская (далматская) ромашка. Природные пиретрины нестабильны на свету, и хотя они способны быстро парализовать членистоногих, многие из пораженных особей могут справиться с токсином и выжить. Поэтому пиретрины часто используют в комбинации с такими веществами, как *пиперонилбуттоксид*, который ингибирует ферменты, их расщепляющие.

Защитные доспехи

Для защиты от клещей используют *репелленты*, отпугивающие этих членистоногих, и *акарицидные препараты*, их убивающие. При этом надо помнить, что клещи не являются насекомыми, и многие средства защиты от комаров и мошек в данном случае не работают.

Для защиты от клещей эффективны репелленты на основе ДЭТА, препарата широкого спектра действия, который можно наносить на кожу. Эффективность репеллента будет зависеть от концентрации действующего начала, температуры воздуха и силы ветра, а также уровня потоотделения.

Недавние исследования показали, что ДЭТА, как и ряд других репеллентов, нарушают у клещей функции упомянутого выше органа Галлера.



Наиболее эффективным способом уничтожения клещей являются пестициды. Они обеспечивают надежный контроль, просты в применении и недороги. Для противоклещевой обработки достаточно небольшого количества препарата, применяемого в нужное время года. Их главный недостаток – высокая токсичность по отношению к нецелевым организмам: пестициды убивают не только клещей, но и множество полезных насекомых (пчел, муравьев, божьих коровок), а также могут нанести вред здоровью диких и домашних животных и самого человека. Опрыскивание пестицидами обычно проводят ранней весной. Как правило, обрабатываются территории домов отдыха, детских лагерей, парков, лесных участков в городах и кладбищ. Наиболее часто для борьбы с иксодовыми клещами используют препараты на основе синтетических пиретроидов, такие как «Цифокса», «Таран», «Байтекс». А «Супер Сипаз» можно применять для уничтожения не только взрослых иксодовых клещей, но и их личинок

В процессе передачи нервного импульса между двумя нейронами должен происходить перенос ионов натрия через постсинаптическую мембрану. Синтетические пиретроиды, перметрин в частности, относятся к нейротропным ядам. При попадании в организм членистоногих они избирательно связываются с липофильным окружением мембраны со стороны внутренней створки натриевого канала нервных клеток (Ткачев, 2004). В результате происходят деполяризации мембраны и существенное замедление открытия или закрытия натриевого канала, что приводит к изменению скорости тока ионов натрия. Передача нервного импульса нарушается, наступает паралич организма, что заканчивается его гибелью

Сегодня в качестве основы для акарицидных препаратов обычно применяют синтетические, химически модифицированные аналоги пиретринов – *пиретроиды*. Такие соединения, особенно второго и третьего поколения, менее летучи и более стабильны на свету, чем природные, а также имеют более высокую противоклещевую активность.

Как и пиретрины, все пиретроиды очень токсичны для рыб и других водных организмов, но, как правило, не так вредны для млекопитающих и птиц. Пиретроиды, эффективные против клещей, оказывают на них парализующее действие: клещи отпадают от одежды, обработанной препаратом, и гибнут.

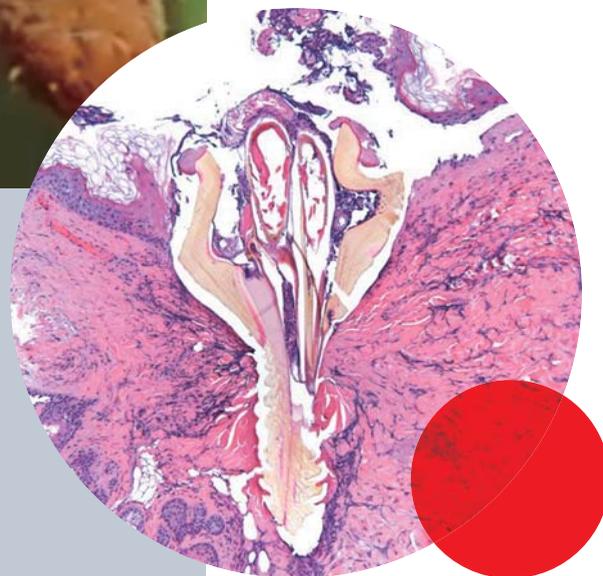
Препараты на основе пиретроидов обычно выпускаются в виде аэрозолей, которые не наносят непосредственно на кожу, а применяют только для обработки одежды, причем на открытом воздухе. Проводить обработку рекомендуется заранее: слегка увлажнить аэрозолем одежду и просушить ее на воздухе перед тем, как надеть. Препарат сохраняется долго, поэтому обработку нужно повторять не чаще, чем раз в две недели.

В России в качестве средств индивидуальной защиты от клещей на основе пиретроидов производятся аэрозоли различных брендов, таких как «Пикник», «Торнадо», «Гардекс», «Перманон», «Фумитокс», «Бриз», «Комарофф» и др.; «Рефтамид таежный», а также «Претикс» (в виде мелового бруска). Есть и препараты, содержащие сразу два разных действующих



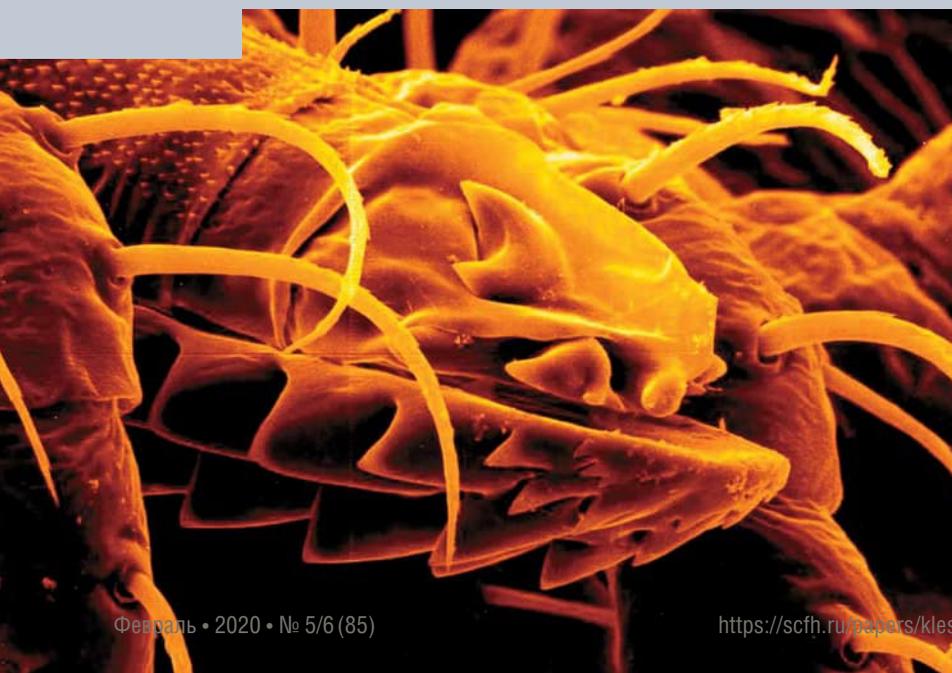
Сложноустроенный ротовой аппарат присосавшегося иксодового клеща (слева) работает, как насос, делая в минуту 2–60 актов всасывания, разделенных актами впрыскивания слюны.
© CC BY 2.0, фото Pw95

На фото внизу – микроскопическое изображение рта клеща с прикрепленными зубцами, проникшего в дерму, нижний слой кожи животного-прокормителя.
© CC BY 2.0, фото LozeauMD



вещества, включая ДЭТА, – это аэрозоли «Кра-Реп» и «Москитол-антиклещ». При правильном применении их эффективность будет максимальной.

На рынке предлагаются и различные средства против клещей с недоказанной эффективностью. Например, препараты на основе эфирных масел действительно обеспечивают кратковременную защиту от комаров и мошек, но данных об их противоклещевой активности нет. Также не отпугивают клещей и широко рекламируемые ультразвуковые устройства. Даже пропитанные ДЭТА браслеты могут лишь помешать клещу переползти



Из-за особого, «зубчатого дизайна» ротового аппарата (слева) присосавшихся клещей, как правило, трудно удалить. *Public domain*

по руке или ноге, да и то, если они плотно прилегают к конечности.

Есть и более анекдотические рекомендации. Например, что от клещей защищает поедание чеснока и прочих пахучих продуктов, вплоть до виски и самогона. Но научной проверки подобные поверья не проходили. К той же области относятся советы на несколько



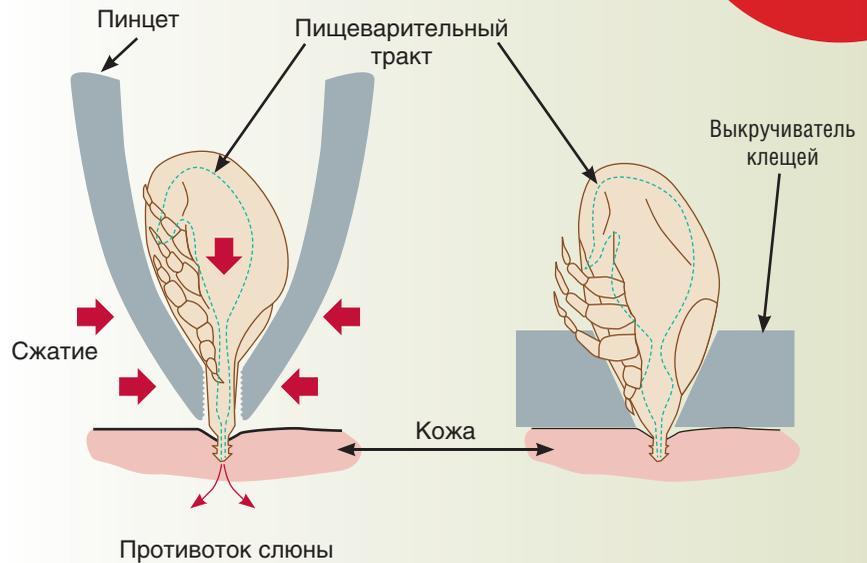
минут положить верхнюю одежду на лесной муравейник либо засыпать ее пеплом от костра. Не исключено, что если вся одежда будет опрыскана едкой, остро пахнущей жидкостью, такой как муравьиная или уксусная кислота, то клещам это действительно не понравится, как, впрочем, и самим людям. Но защитное действие в данном случае вряд ли будет эффективным и долговременным.

Впрочем, стопроцентной гарантии защиты от клещей не дадут даже самые лучшие противоклещевые средства. Хотя бы потому, что покрыть ими всю поверхность тела практически нереально, а клещи чрезвычайно искусны в преодолении преград. Практика показывает, что вы можете обнаружить клеща на теле совершенно неожиданно и в любом месте. А так как укусы клещей, как правило, безболезненны (вместе со слюной клещ вводит под кожу анестезирующие вещества), то, чтобы обнаружить присосавшегося клеща, требуется тщательная проверка всего тела.

Укусил клещ – что делать?

Вы обнаружили на себе клеща – что дальше? Не пытайтесь раздавить снятого клеща руками – через микротрещины кожи вирусы и другие патогенные агенты могут попасть в кровь. Если клещ уже присосался, его нужно удалить как можно быстрее, чтобы снизить риск инфицирования. Для удаления клещей продаются специальные приспособления – нечто вроде маленького гвоздодера («ложечки» с прорезью), которым можно подцепить клеща и удалить вращательным движением. Такое приспособление можно легко изготовить самостоятельно из кусочка пластиковой бутылки.

Клеща можно удалить и с помощью пинцета с тонким концом, захватив его как можно ближе



При удалении присосавшихся клещей пинцетом их ни в коем случае нельзя сжимать с боков (слева), чтобы не вызвать противотока слюны из клеща под кожу хозяина, так как это несет опасность дополнительного инфицирования патогенами

к поверхности кожи. Тянуть нужно осторожно, чтобы не повредить ротовые части. Вытащить клеща можно также с помощью петли из нитки, затянутой на голове клеща как можно ближе к коже, а затем постепенно тянуть нитку, скручивая ее в одном направлении. Если же клещ присосался в неудобном месте, а помочь в его удалении некому, то удалите его, как сможете, даже если при этом целостность его покровов будет нарушена.

При аккуратном удалении клеща части его ротового аппарата редко остаются в коже, но иногда такое случается. На вероятность заболеть это не повлияет, однако остатки клеща в месте укуса могут вызывать раздражение и воспаление. Поэтому лучше удалить их сразу, как это делают с обычными занозами, и продезинфицировать пораженное место спиртом или другим дезинфицирующим средством (в место укуса можно втереть и мазь с антибиотиком). Если позже у вас разовьются признаки вторичной инфекции, как при занозе, нужно обратиться к врачу.

Вероятность заболеть после укуса клеща определяется многими факторами. Например, тем, как долго на теле находился клещ, насколько он заражен, как работает иммунная система самого человека. К примеру, есть мнение, что для передачи возбудителей боррелиоза от клеща к человеку требуется до 48 часов, и по международным рекомендациям клеща вообще нет смысла сдавать на анализ, если он присосался менее чем на 36 часов. Но хотя вероятность заражения при этом действительно меньше, она не нулевая. Практика показывает, что человек может быть заражен даже в результате кратковременного присасывания клещей.

Снятого клеща желательно сдать в лабораторию для исследования. Клещ должен быть либо живым (в этом случае его помещают в закрытую емкость или полиэтиленовый пакет с кусочком влажной ваты или лесной зелени и хранят в холодильнике), либо в замороженном виде.

«ЭКОКОНТРОЛЬ» ЗА КЛЕЩАМИ

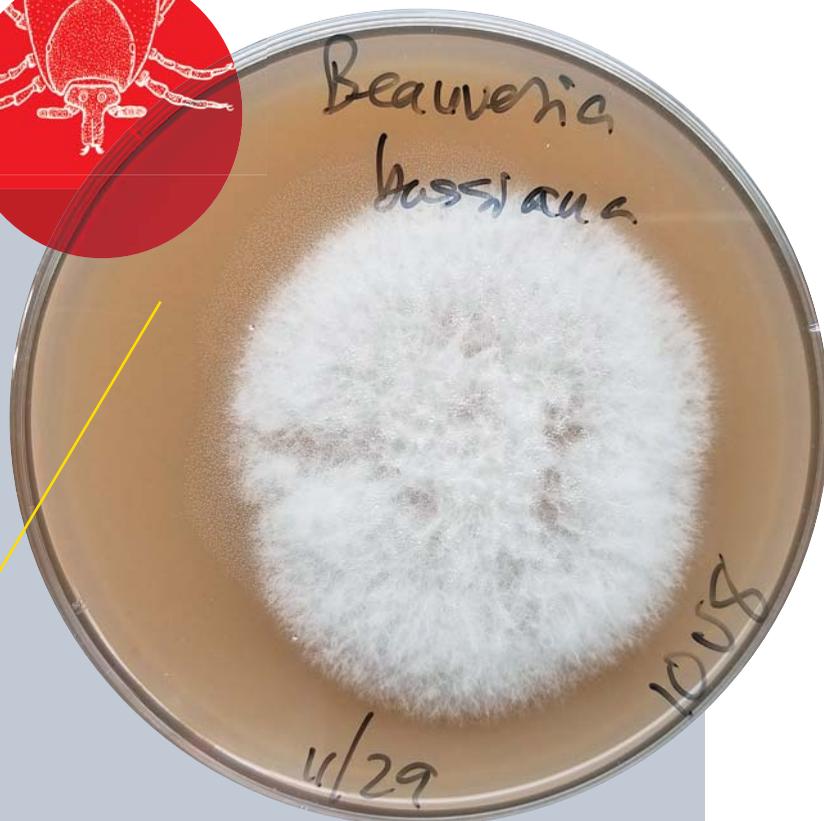
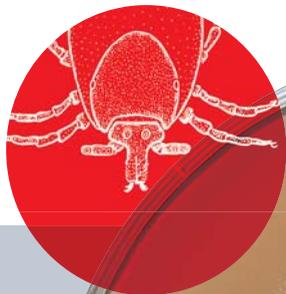
У иксодовых клещей мало естественных врагов, которых можно было бы использовать как агентов биологического контроля за популяциями.

Американские исследователи показали, что в нескольких географически изолированных районах Новой Англии, где много оленей и черноногих клещей (близких родственников наших таежных клещей), на последних нападает паразитическая оса *Ixodiphagus hookeri* (Renjie, Hyland, Oliver, 1998). Но в целом ее влияние на численность клещей невелико, как и остальных мелких членистоногих хищников и птиц. Напившиеся кровью самки черноногого клеща могут поражаться некоторыми видами паразитических круглых червей (нематод), но нематоды плохо переносят низкие температуры, характерные для нашего климата.

Более многообещающими агентами являются патогенные грибы, такие как *Beauveria bassiana* и *Metarhizium anisopliae*, которые доказали свою эффективность против черноногих клещей при обработке периметров жилых районов (Greeshma Rao UB and Narladkar, 2018).

M. anisopliae – это почвенный гриб, который способен поражать насекомых и клещей. Споры гриба прикрепляются к поверхности хозяина и прорастают внутрь, образуя нити грибницы и выделяя токсины. Один из штаммов этого

Энтомопатогенный гриб *Bauveria bassiana*, растущий в культуре на среде из агара. *Bauveria bassiana* планируется использовать как основу препаратов для контроля за популяциями иксодовых клещей. *Public domain*



гриба стал основой для биопестицида против клещей, который разрабатывает американская компания *Novozymes Biologicals Inc.* Испытания, проведенные в 2007 г. в Коннектикуте и Нью-Джерси, показали, что его можно использовать для контроля за численностью нимф черноногого клеща. В стадии разработки находится гранулированный продукт против клещей, содержащий споры этого гриба. Достоинства нового препарата в том, что он обладает минимальной активностью в отношении нецелевых организмов, поэтому не наносит вреда полезным насекомым, таким как медоносные пчелы, а также дождевым червям.

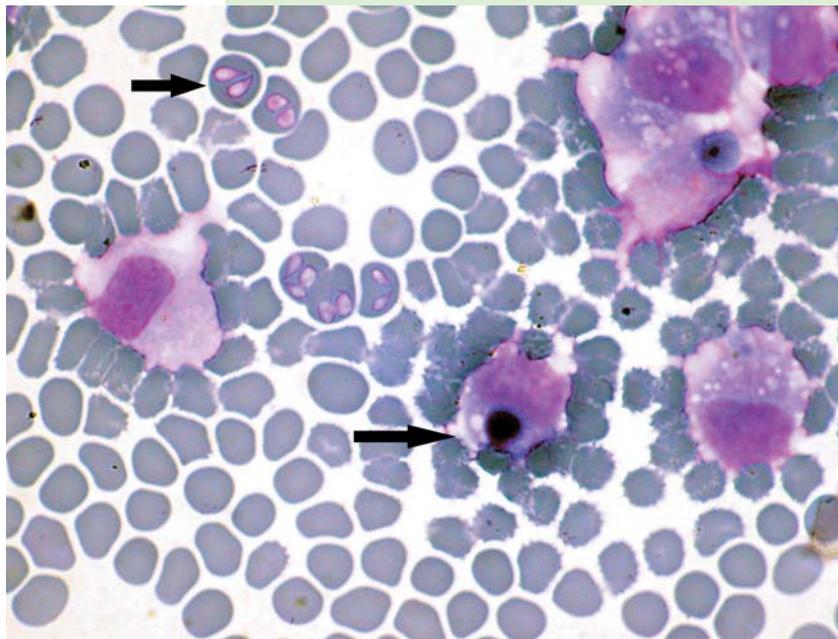
Появление эффективных методов управления геномами открыло новые возможности для воздействия на сам резервуар клещевых инфекций. Так, ученые из Массачусетского технологического института (США) с помощью технологии «генного драйва» (в этом случае определенные гены специально «программируются» для быстрого распространения в популяции животных) приступили к реализации проекта «Мыши против клещей» (Buchthal *et al.*, 2019). В США основными прокормителями личинок и нимф служат *белоногие мыши*. Ученые предложили ввести в состав их генома ген, обеспечивающий постоянный синтез антител, инактивирующих возбудителей болезни Лайма (клещевого боррелиоза). Этот ген встроен в состав конструкции, которая обеспечивает его передачу всем потомкам генно-модифицированной мыши. Скрещивание таких мышей с их дикими собратьями должно привести к тому, что вскоре почти все животные в популяции будут носителями этого гена. В организмах этих мышей боррелии не смогут выживать, резервуар инфекции исчезнет или значительно сократится, что приведет к снижению уровня зараженности клещей

Во всех российских специализированных лабораториях клещей исследуют методом ПЦР на наличие РНК вируса *клещевого энцефалита* и ДНК возбудителя *иксодового клещевого боррелиоза*; в некоторых – еще и на наличие ДНК возбудителей риккетсиозов и других более редких заболеваний (*гранулоцитарного анаплазмоза* и *моноцитарного эрлихиоза*).

Но даже если в клеще будет обнаружен какой-либо инфекционный агент, это не означает, что укушенный обязательно заболеет соответствующей инфекцией. В любом случае в течение месяца после присасывания клеща нужно внимательно следить за своим здоровьем, по возможности не выезжая в места, где вам не смогут оказать медицинской помощи.

Если в случае отрицательных анализов на клещевой энцефалит и боррелиоз у вас повысилась температура и появились другие «гриппоподобные» симптомы, следует проконсультироваться с инфекционистом. Может быть, это начало развития другой клещевой инфекции либо результат укуса еще одного клеща, который остался незамеченным. В любом случае, находясь в весенне-летнее время в регионах, где высок риск заражения, нужно проявлять особое внимание к своему самочувствию.

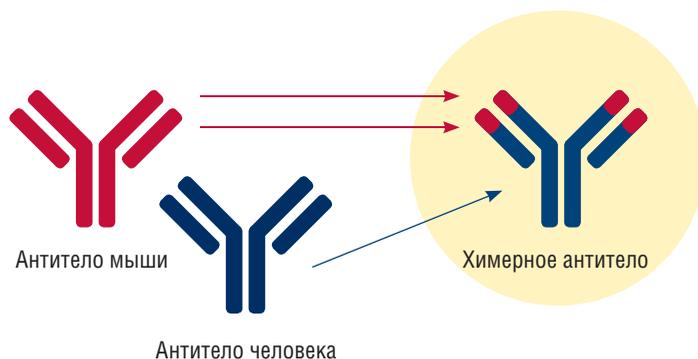
Относительно профилактического применения антибиотиков после укусов клещей нет единого мнения. Как правило, в США и в большинстве европейских стран оно не рекомендуется. В 2019 г. Американское общество инфекционных заболеваний предложило проводить профилактическую антибиотикотерапию боррелиоза лишь при высоком риске заражения, если случай произошел в регионе распространения клещевого боррелиоза, а присосавшийся клещ находился на теле более 36 часов. При проявлении



В крови собаки из Южной Африки обнаружены разные возбудители инфекций, переносимых клещом *Rhipicephalus sanguineus*: в эритроцитах – простейшие бабезии, в лейкоцитах – бактерии эрлихии.
© CC BY 3.0, фото Alan R Walker



В клещах из Доминиканской Республики, «законсервированных» в янтаре около 100 млн лет, были обнаружены клетки, похожие на риккетсий – бактерий, которые и сегодня служат возбудителями ряда клещевых инфекций.
© CC BY 2.0, фото George Poinar, Jr. (Oregon State University)



Ученые из ИХБФМ СО РАН присоединили к моноклональному антителу человека небольшой фрагмент антитела мыши, прочно связывающего вирус клещевого энцефалита. Уровень гуманизации полученного химерного антитела – более 96 %

ХИМЕРНЫЕ АНТИТЕЛА ПРОТИВ ВИРУСА КЛЕЩЕВОГО ЭНЦЕФАЛИТА

На сегодня эффективных средств лечения вирусного клещевого энцефалита не существует. Для лечения заболевших и для экстренной профилактики (для предотвращения развития заболевания у людей, укушенных клещами) используют препараты *противоклещевого иммуноглобулина*. Эти защитные белки (*антитела*) получают из сыворотки доноров, имеющих иммунитет против вируса энцефалита. В РФ применяют препараты иммуноглобулина, производимые в НПО «Вирион» (томском филиале НПО «Микроген»), а также на некоторых станциях переливания крови.

Препараты сывороточного противоклещевого иммуноглобулина обладают умеренным терапевтическим эффектом, при этом у них есть ряд недостатков. Во-первых, из-за невысокого содержания противоклещевых антител в донорской крови пациенты получают относительно высокие дозы препарата, в составе которого в их организм попадает много нецелевых антител и других белковых молекул. Это может приводить к аллергическим реакциям и другим побочным эффектам.

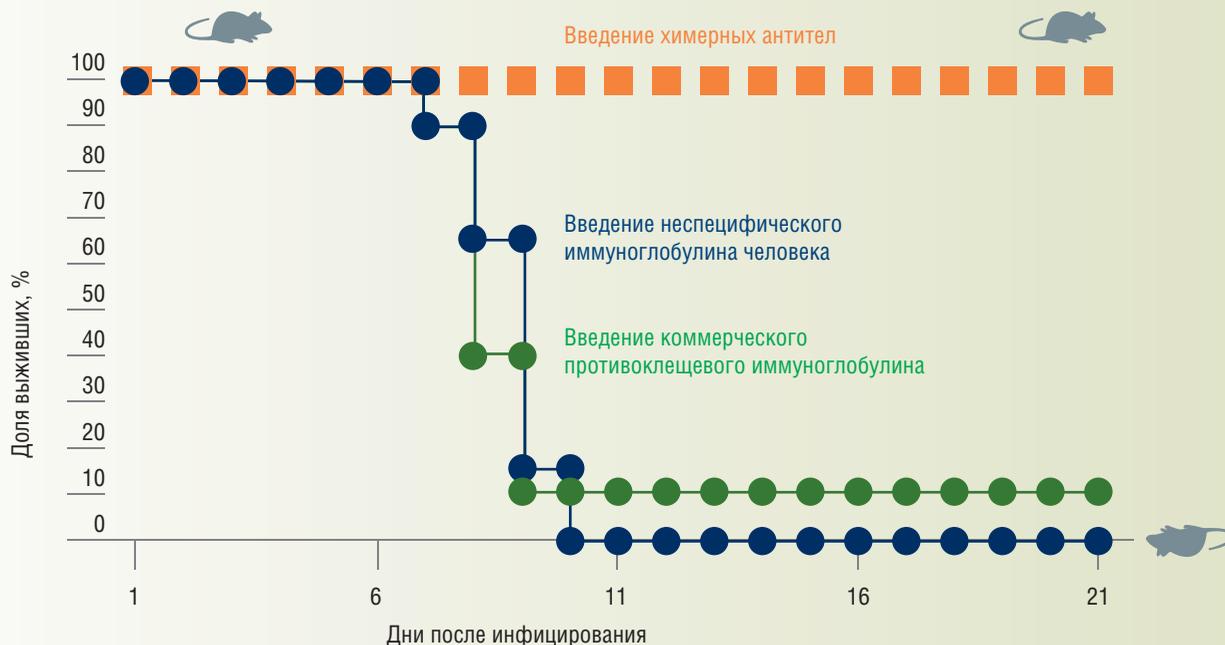
Во-вторых, из-за технологических трудностей практически невозможно выпускать стандартизованные партии сывороточных иммуноглобулинов, в которых соотношение концентраций суммарного белка и защитных антител не менялось бы от партии к партии. Наконец, применение любых препаратов на основе донорской крови всегда связано с определенным риском, так как сейчас кровь проверяют только на наличие ВИЧ и вирусов гепатита В и С, а в последние годы исследователи открывают все новые и новые вирусные патогены.

Использование препаратов сывороточного противоклещевого иммуноглобулина в нашей стране оправдано, так как клещи в Сибири и на Дальнем Востоке являются переносчиками особо опасных штаммов вируса клещевого энцефалита. А противоклещевой иммуноглобулин позволяет предотвратить развитие тяжелой, с возможностью летального исхода формы этой болезни. В европейских странах, где возбудителем клещевого энцефалита является европейский субтип вируса, болезнь протекает в мягкой

форме. Для ее лечения обычно применяют лишь симптоматические, поддерживающие способы терапии, поэтому там смогли отказаться от производства и применения препарата на основе донорской крови.

Неудивительно, что именно у российских ученых возникла идея создания технологии производства «чистых» антител, нейтрализующих вирус клещевого энцефалита, без использования компонентов донорской крови или крови животных. Сама идея создания лекарственных препаратов на основе полноразмерных антител – молекул, которые организмы позвоночных давно и успешно используют для борьбы с патогенами, кажется, на первый взгляд, легко реализуемой. В последние десятилетия на этой основе были созданы десятки высокоэффективных препаратов нового поколения, преимущественно для лечения онкологических и аутоиммунных заболеваний. Однако лишь в самые последние годы появились технологии, позволяющие почти гарантированно получать *рекомбинантные* (гибридные) антитела человека против различных инфекционных агентов. С помощью этих технологий в Институте химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск) было разработано химерное антитело против вируса клещевого энцефалита. Оно представляет собой иммуноглобулин человека с встроенным в него фрагментом антитела мыши, прочно связывающим вирусную частицу. Доля «человеческой» части молекулы – более 96 %.

Доклинические испытания препарата успешно завершены. В экспериментах на лабораторных животных было показано, что введение рекомбинантных антител способно обеспечить эффективную защиту от сотен смертельных доз вируса клещевого энцефалита. На сегодня уже получен стабильный штамм СНО (это одна из самых распространенных в фарминдустрии клеточных линий млекопитающих, ведущая начало от клеток яичников китайского хомячка), продуцирующий новое противоклещевое антитело, и отработаны способы очистки этого антитела. На очереди проведение клинических испытаний и организация производства



В доклинических испытаниях химерного противоклещевого антитела использовались двухнедельные мыши, зараженные смертельной дозой вируса клещевого энцефалита. Через сутки после заражения одной группе животных вводили препарат антител, другой – коммерческий противоклещевой иммуноглобулин, третьей – неспецифический иммуноглобулин человека в качестве контроля. В результате все животные из первой группы выжили, а из контрольной – погибли. Коммерческий препарат из сыворотки крови защитил лишь 10 % животных. Препарат на основе химерных антител примерно с одинаковой эффективностью защищал мышей от вирусов клещевого энцефалита, принадлежащих к дальневосточному, сибирскому и западному субтипам

мигрирующей эритемы пациент получает стандартный курс антибиотикотерапии.

В РФ врачи рекомендуют профилактический курс антибиотикотерапии, если в клеще были выявлены боррелии. При этом надо учитывать, что, к примеру, в Сибирском регионе до половины иксодовых клещей могут быть переносчиками этих патогенов, а боррелиозы относительно часто имеют безэритемную форму, что затрудняет постановку диагноза. Возможно, именно из-за разных подходов к профилактическому приему антибиотиков в нашей стране значительно меньше случаев хронического боррелиоза, чем в Европе, где лечение начинают только после подтверждения диагноза. Как известно, многие заболевания легче вылечить, начав лечение на ранней стадии.

В случае конкретного человека надо учитывать много факторов. Вряд ли имеет смысл проводить профилактическую антибиотикотерапию молодому охотнику, которого клещи кусают почти каждый день. А вот пожилому пациенту, с ослабленной иммунной системой, которого клещ укусил впервые, она, вероятно, показана. Особое внимание нужно уделять детям, за которыми

после укуса должно быть установлено медицинское наблюдение, и терапевт должен принять решение с учетом всех факторов.

От клещей и переносимых ими инфекций следует оберегать и домашних животных. Наиболее часто контактируют с клещами собаки, даже несмотря на активную профилактику, включающую использование противоклещевых ошейников, пропитанных акарицидами, и спреев. Собаки могут заболеть боррелиозом, а в европейской части России и на юге Западной Сибири наиболее серьезную проблему представляет *пироплазмоз* (он же *бабезиоз*) собак (Cassio *et al.*, 2002; Rar *et al.*, 2005).

Это заболевание при отсутствии лечения почти всегда заканчивается летальным исходом, и меры для спасения животного необходимо принимать незамедлительно. Если вы нашли на собаке присосавшегося клеща, понаблюдайте за ней. Инкубационный период пироплазмоза составляет от 1 дня до 3 недель. Если собака становится вялой, с неохотой передвигается, отказывается от прогулок, пищи, и у нее повышается температура выше 39,5° – это уже повод для тревоги,

Самый надежный способ избежать клещевого энцефалита – вовремя вакцинироваться. Первая вакцина против клещевого энцефалита была разработана в СССР почти сразу после открытия этого вируса в 1937 г. Она представляла собой инактивированную формальдегидом суспензию мозгов мышей, зараженных вирусом штамма Софьин, выделенным из мозга пациента, погибшего от клещевого энцефалита в Приморье. В 1939 г. клинические испытания первой противоклещевой вакцины были успешно завершены, доказав ее высокую эффективность. Во время разработки этой вакцины заразились клещевым энцефалитом и погибли врач-вирусолог Н. В. Каган и лаборант Н. Уткина.

Начиная с 1958 г. модифицированный вариант этой вакцины стали применять в СССР во всех регионах, где встречался клещевой энцефалит. К концу 1980-х гг. была разработана противоклещевая вакцина на основе высокоочищенного концентрированного вируса Софьин,

наработанного на культуре клеток. С тех пор в СССР, а затем и в РФ было произведено несколько десятков миллионов доз этой вакцины.

Сейчас в стране производятся три вакцины: «Вакцина клещевого энцефалита культуральная очищенная концентрированная инактивированная сухая», «Клещ-Э-Вак» и «Энцевир». Все российские вакцины надежно защищают от заражения вирусным клещевым энцефалитом; разработаны их варианты для детей, начиная с раннего возраста.

Первая европейская противоклещевая вакцина *FSME-Immun* была разработана в 1976 г., а в 1991 г. в Германии была зарегистрирована вторая европейская противоклещевая вакцина *Encepur*. Обе вакцины производятся на основе инактивированного вируса клещевого энцефалита, принадлежащего к европейскому субтипу вируса, обычно вызывающему лишь легкие формы болезни



Таежный клещ *Ixodes persulcatus*, ареал которого простирается от северо-западных районов через всю страну до Дальнего Востока, наиболее опасен для людей, так как может служить переносчиком субтипов вируса клещевого энцефалита, способных вызвать самые тяжелые формы этой болезни.
Фото С. Ткачева



даже если вы не заметили укуса. При отсутствии или запоздалом лечении собака с каждым днем слабеет, могут развиваться паралич задних конечностей и другие тяжелые нарушения.

Диагностика пироплазмоза основана на микроскопическом обнаружении бабезий в мазках крови. Наиболее эффективным препаратом является *имидокарб*, а в случае запоздалой диагностики дополнительно прописывается курс антибиотика *доксциклина*. К сожалению, у животного не возникает стойкого иммунитета к пироплазмозу, поэтому собаки могут повторно заболеть в течение одного сезона. Сейчас имеется несколько разных вакцин от пироплазмоза, которые не оказывают полного защитного действия, но уменьшают число летальных исходов у животных.

Если вы ведете активный образ жизни, часто выезжаете на природу для отдыха или в силу своей профессиональной деятельности, то должны знать, что на сегодня нет способов гарантировать стопроцентную защиту от нападения иксодовых клещей и переносимых ими болезней в местах, эпидемиологически неблагоприятных по клещевым инфекциям. Но можно существенно снизить вероятность укуса инфицированного клеща, если следовать ряду несложных правил.

Если же нападения клеща избежать не удалось, то главное – не паниковать! И не терять время: чем раньше клещ будет удален и отдан на анализ на наличие опасных для человека патогенов, тем раньше, в случае необходимости, можно будет начать экстренную профилактику или терапию. И не забывайте, что вакцинация против клещевого энцефалита является единственным надежным способом защиты от этой самой опасной на территории России вирусной клещевой инфекции.

Вооруженные необходимыми знаниями, мы можем минимизировать вероятность встреч с иксодовыми клещами и увеличить свои шансы остаться здоровыми даже в том случае, если избежать их не удастся.

Литература

Власов В. В., Тикунова Н. В. Хронический клещевой боррелиоз: несуществующая болезнь или неверный диагноз? // *НАУКА из первых рук*. 2019. Т. 84. № 4. С. 32–41.

Коренберг Э. И., Помелова В. Г., Осин Н. С. *Природноочаговые инфекции, передающиеся иксодовыми клещами*. М., 2013. 464 с.

Рудаков Н. В. *Риккетсии и риккетсиозы. Руководство для врачей*. Омск: Омский научный вестник, 2016. 424 с.

Сомова Л. М., Фролова М. П., Погодина В. В., Леонова Г. Н. *Патология нейротрофических инфекций, вызываемых вирусами комплекса клещевого энцефалита (монография-атлас)*. М.: Синтерия, 2018. 346 с.

Carr A. L., Salgado V. L. Ticks home in on body heat: A new understanding of Haller's organ and repellent action // *PLoS One*. 2019. V. 14(8). P. e0221659. doi: 10.1371/journal.pone.0221659.

Caccio S. M., Antunovi B., Moretti A., et al. Molecular characterisation of *Babesia canis canis* and *Babesia canis vogeli* from naturally infected European dogs // *Vet. Parasitol.* 2002. V. 106. P. 285–292.

Igolkina Y., Krasnova E., Rar V., et al. Detection of causative agents of tick-borne rickettsioses in Western Siberia, Russia: identification of *Rickettsia raoultii* and *Rickettsia sibirica* DNA in clinical samples // *Clin. Microbiol. Infect.* 2018a. V. 24(2). P. 199.e9–199.e12.

Mediannikov O. Y., Sidelnikov Y., Ivanov L., et al. Acute tick-borne rickettsiosis caused by *Rickettsia heilongjiangensis* in Russian Far East // *Emerg. Infect. Dis.* 2004. V. 10(5). P. 810–817.

Platonov A. E., Karan L. S., Kolyasnikova N. M., et al. Humans infected with relapsing fever spirochete *Borrelia miyamotoi*, Russia // *Emerg. Infect. Dis.* 2011. V. 17(10). P. 1816–1823.

Rar V. A., Maksimova T. G., Zakharenko L. P., et al. *Babesia* DNA detection in canine blood and *Dermacentor reticulatus* ticks in southwestern Siberia, Russia // *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2005. V. 5(3). P. 285–287.

ВЕЛИКИЙ и НЕСУЩЕСТВУЮЩИЙ

Сириус А

Сириус В

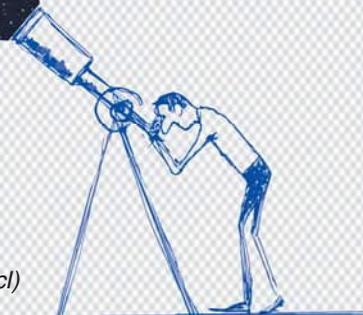
О белых карликах и пределе Чандрасекара

Современная космическая наука изобилует терминами-символами, которые так угнездились в массовом сознании, что практически превратились в мемы. Темная материя, темная энергия, космологическое расширение, сверхновые звезды, черные дыры – вот далеко не полный их список. Вполне почетное место в этом списке занимает «предел Чандрасекара», о котором слышали не одни любители астрономии

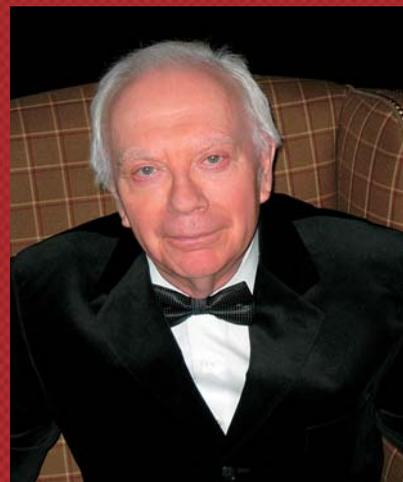
Ключевые слова: Вселенная, звезды, эволюция звезд, белые карлики, масса звезды, предел Чандрасекара.

Key words: Universe, stars, evolution of stars, white dwarf, stellar mass, Chandrasekhar limit

*Вверху – изображение белого карлика Сириуса В и его звезды-компаньона Сириуса А.
Credit: NASA/ESA/G. Bacon (STScI)*



ЛЕВИН Алексей Ефимович – кандидат философских наук, историк науки, науковед, научный журналист. Выпускник физфака Московского государственного университета (1968). В 1987 г. переехал в США. Много лет был научным обозревателем Вашингтонской редакции радио «Свобода», затем «Голоса Америки». С 2005 г. пишет для известных российских научно-популярных журналов, последнее время сотрудничает преимущественно с популярным электронным ресурсом «Элементы большой науки»



© А. Е. Левин, 2019

Предел Чандрасекара часто, хотя бы походя, упоминают в популярной литературе на небесно-звездные темы, тем более что его стандартная расшифровка проста и наглядна: это максимальная масса, которую могут иметь звезды из семейства белых карликов. К следующему уровню осведомленности относится информация, что первым этот предел в 1930 г. вычислил 19-летний выпускник Президентского колледжа в Мадрасе и будущий Нобелевский лауреат Субраманьян Чандрасекар. Кое-кто даже вспомнит, что эту работу он проделал, отправившись в Англию для продолжения образования в Кембриджском университете, – во время плавания на корабле, направлявшемся из Бомбея в Венецию.

Но все это верно лишь в первом приближении. И дело даже не в том, что предел Чандрасекара годом раньше вычислили другие ученые, а первый результат самого Чандрасекара оказался сильно заниженным – в 1931 г. гораздо точнее его оценил совсем юный советский физик Лев Ландау, также будущий Нобелевский лауреат. Важнее другое: существование предельной массы белых карликов было предсказано (и Чандрасекаром, и его современниками) на основе физически нереализуемых предположений.

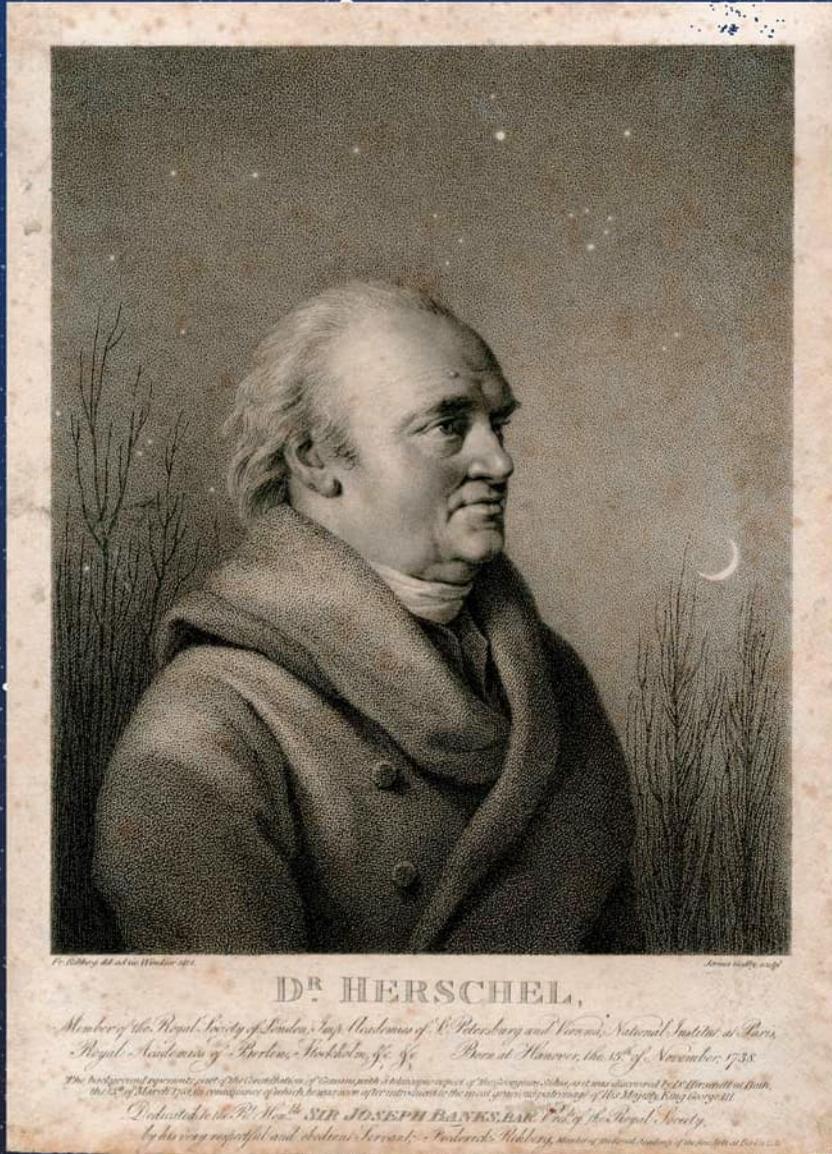
Конечно, в те времена подобная мысль никому не приходила в голову, это стало ясным намного позднее. Современное понимание физического смысла предела Чандрасекара сильно отличается от его расхожей интерпретации, которая, к сожалению, оказалась настолько прочной, что до сих пор присутствует даже в некоторых университетских учебниках.

Но о физике позже, а пока займемся астрономией. Предел Чандрасекара вошел в эту науку через попытки объяснить устойчивость (фактически само существование) странных звезд, которые в 1923 г. были названы белыми карликами. С помощью телескопов эти светила наблюдали намного раньше, но осознание их экстрагантности, а тем самым и проблемности, пришло лишь во втором десятилетии прошлого века. С этой истории и начнем.

Горячие мини-звезды

Это открытие, как и многое в классической астрономии, было сделано великим британским астрономом немецкого происхождения Уильямом Гершелем. 31 января 1783 г. он наблюдал довольно яркую (четвертой величины) звезду в южном созвездии Эридана, о котором знали еще классики науки о небесах эллинистического мира Евдокс и Птолемей.

Эта звезда, отстоящая примерно на 16,5 световых лет от Солнца, была известна под несколькими именами. В начале XVIII в. Джон Флемстид, первый Королевский астроном Британии и основатель Гринвичской обсерватории, включил ее в свой звездный каталог под именем 40 Эридана. Гершель заметил, что эта звезда является частью тройной звездной системы. Ее спутник – гравитационно связанная звездная пара – состоит из красноватой звезды 11-й величины и чуть менее тусклой звезды 9-й величины, светящейся белым светом. Гершель внес эту пару в свой каталог двойных звезд, опубликованный в 1785 г. Позднее

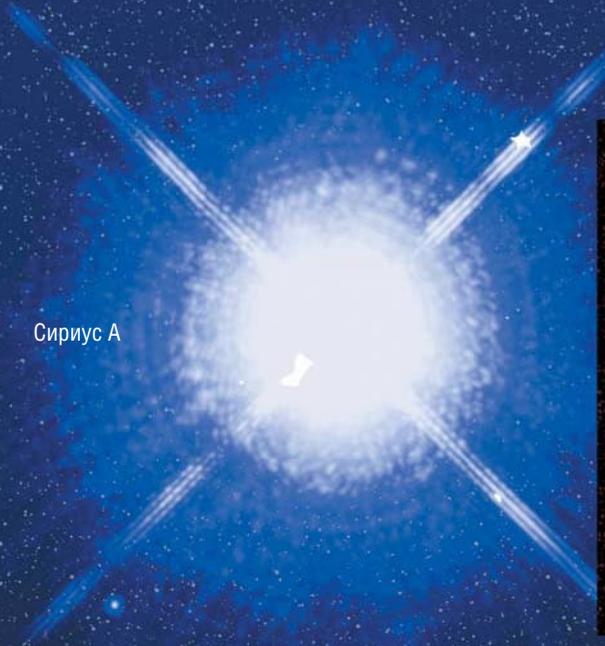


Фридрих Вильгельм Бессель (внизу) самостоятельно изучал математику и астрономию и в 1804 г. вычислил орбиту кометы Галлея. В 1821–1833 гг. определил положение более 75 тыс. звезд и составил обширные каталоги. Почтовая марка Западной Германии 1984 г. Public Domain

Фредерик Уильям Гершель, один из десяти детей бедного еврея-музыканта и сам музыкант, известен как астроном. С 35 лет начал сам изготавливать телескопы, а в 82 года стал первым президентом британского Королевского астрономического общества. Прославился открытием планеты Уран и ее спутников, спутников Сатурна и инфракрасного излучения. Гравюра Д. Годби, 1814. Public Domain

ее неоднократно наблюдали и другие астрономы, однако считали вполне рядовой. Читатель, вероятно, уже догадался, что звезда 9-й величины 40 Эридана была белым карликом.





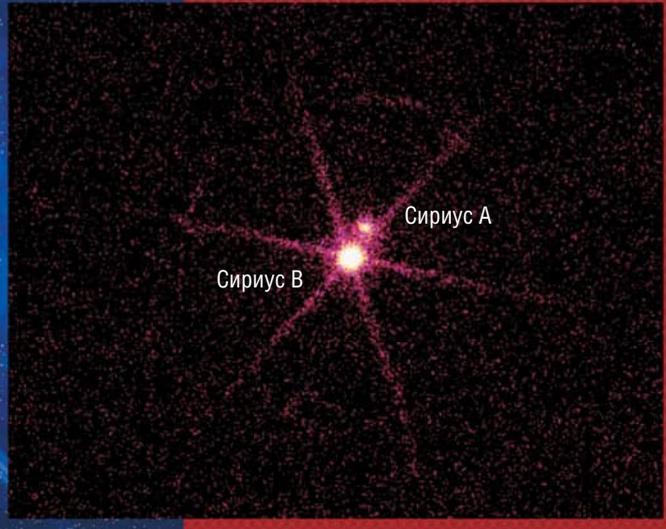
Сириус А

Сириус А – самая яркая звезда в нашем ночном небе, имеет крошечную звезду-компаньона, белого карлика Сириуса В. Две звезды вращаются вокруг общего центра масс с периодом оборота, близким к 50 годам. Диаметр белого карлика составляет всего 12 тыс. км, а его светимость примерно в 10 000 раз меньше, чем Сириуса А. Первоначально система Сириуса состояла из двух бело-голубых звезд спектрального класса В: масса Сириуса В составляла пять масс Солнца, Сириуса А – две массы Солнца. Около 120 млн лет назад Сириус В превратился в красного гиганта, а затем, сбросив внешнюю оболочку, перешел в свое нынешнее состояние. Сегодня его масса примерно равна массе Солнца – это один из самых тяжелых известных белых карликов.

Credit: NASA, ESA, H. Bond (STScI) and M. Barstow (University of Leicester)

Следующий шаг к реальному открытию белых карликов сделал немецкий астроном и математик, основатель Кенигсбергской обсерватории Фридрих Вильгельм Бессель. В 1844 г. он заметил слабые аномалии движения двух ярких звезд-соседей, Сириуса и Прокциона. Он предположил, что обе они входят в двойные системы, и аномалии объясняются притяжением их еще не открытых спутников. Догадка оказалась верной, но Бесселю об этом узнать не довелось – два года спустя он умер.

Первыми спутник Сириуса заметили американский оптик и владелец бостонской фирмы по изготовлению телескопов Элвин Кларк и его сын, Элвин

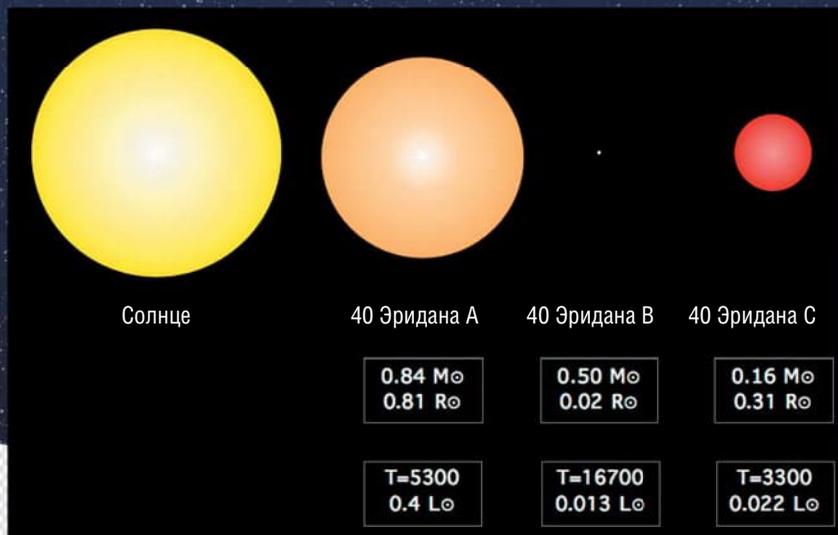


Сириус А
Сириус В

Кларк-младший. Ясным вечером 31 января 1862 г. они проверяли качество линз для телескопа-рефрактора, заказанного одним из университетов. Поскольку труба телескопа не была еще готова, линзы смонтировали на временной раме, подвешенной к вращающейся стреле. Кларк-младший направил сборку на Сириус и буквально через несколько секунд заметил вблизи него очень тусклую звезду. Это и был предсказанный Бесселем спутник самой яркой звезды земного небосвода, о чем Кларки тогда не знали. В соответствии с традицией его назвали Сириусом В, а к названию Сириуса добавили букву А. По видимой яркости Сириус В на четыре порядка уступал своему сверкающему

Credit: NASA/CXC/SAO

Кларк-младший. Ясным вечером 31 января 1862 г. они проверяли качество линз для телескопа-рефрактора, заказанного одним из университетов. Поскольку труба телескопа не была еще готова, линзы смонтировали на временной раме, подвешенной к вращающейся стреле. Кларк-младший направил сборку на Сириус и буквально через несколько секунд заметил вблизи него очень тусклую звезду. Это и был предсказанный Бесселем спутник самой яркой звезды земного небосвода, о чем Кларки тогда не знали. В соответствии с традицией его назвали Сириусом В, а к названию Сириуса добавили букву А. По видимой яркости Сириус В на четыре порядка уступал своему сверкающему



40 Эридаана – тройная звездная система в созвездии Эридаана. Самая яркая звезда – оранжевый карлик 40 Эридаана А (Кейд). Вокруг нее вращается пара звезд: белый карлик 40 Эридаана В и красный карлик 40 Эридаана С.
Credit: Giuseppe Donatiello

Компоненты А, В и С 40 Эридаана по сравнению с Солнцем. Перечислены звездная масса, радиус и светимость, а также температура (Т) по Кельвину

собрать, что было весьма необычно. К тому времени уже были известны сотни двойных звездных систем, но подобных различий в яркости до сих пор не наблюдали.

Четыре года спустя ситуация стала еще парадоксальной. В 1866 г. директор Пулковской обсерватории Отто Струве пришел к выводу, что масса Сириуса А вдвое больше солнечной, а масса Сириуса В примерно ей равна. Получалось, что звезды по массе различаются вдвое, а светимости – в 10 тысяч раз! Это стало еще одной загадкой спутника Сириуса.

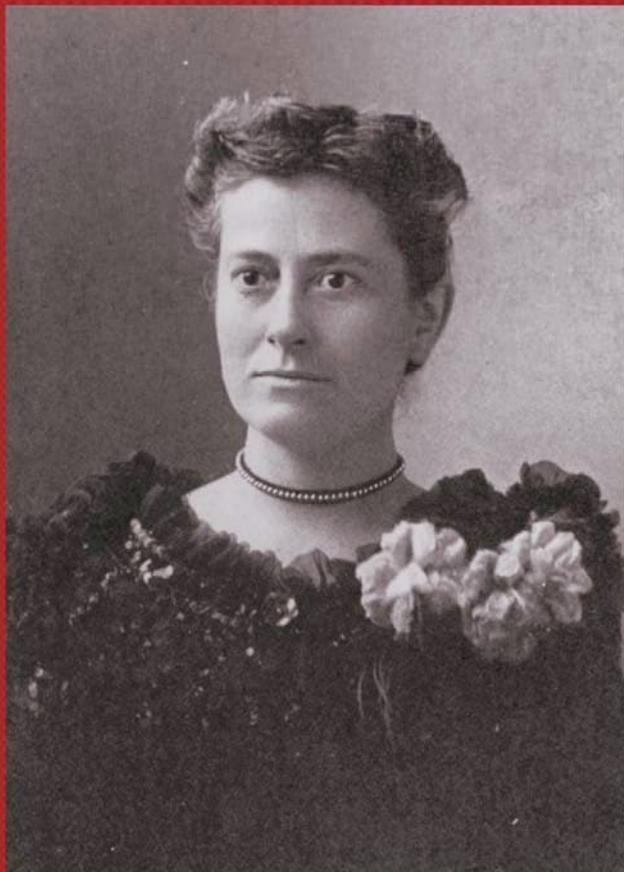
В 1896 г. директор Ликской обсерватории Джон Шеберле обнаружил у Прочиона слабосветящийся спутник, предсказанный Бесселем. Это дало основания считать, что существуют и другие массивные звезды с аномально малой интегральной светимостью.

Но ситуация все еще не вызывала чрезмерных подозрений. В рамках тогдашних скромных знаний о происхождении звезд можно было предположить, что Сириус и Прочион каким-то образом обзавелись массивными, но сравнительно очень холодными спутниками. Это казалось тем более вероятным, что звезду 40 Эридаана В, масса которой составляла 0,4 массы Солнца, считали красным карликом, сходным с 40 Эридаана С. Однако в 1910 г. статус этого светила внезапно изменился.

В обсерватории Гарвардского колледжа в те времена работала группа замечательных женщин, технических помощников астрономов. Директор обсерватории Эдвард Пикеринг поручил одной из них, Вильямине Флеминг, заняться классификацией фотографий звездных спектров. Не имея астрономического образования и не мудрствуя лукаво, она объединила яркие голубые звезды в одну группу, присвоив ей букву А (туда вошел и Сириус). Звезды чуть меньшей яркости составили группу В – и так далее вниз по латинскому алфавиту. Звезды со спектрами солнечного типа получили индекс G, а самые тусклые красные светила – М.

Позднее ее коллега Анни Джамп Кэннон расширила эту систему, введя спектральные классы O, B, A, F, G, K, M и разделив каждый на нумерованные подклассы. Солнце было причислено к спектральному классу G2, где пребывает и поныне. К слову, в первую группу вошли очень яркие голубые звезды из созвездия Ориона (отсюда и буква O), чьи спектры содержали линии однократно ионизированного гелия. Эта классификационная система, названная *гарвардской*, после ряда модификаций используется и сегодня.

Астрономы тогда уже достаточно знали о спектрах ионизированных газов, чтобы понять, что движение вдоль этого ряда от начала к концу указывает

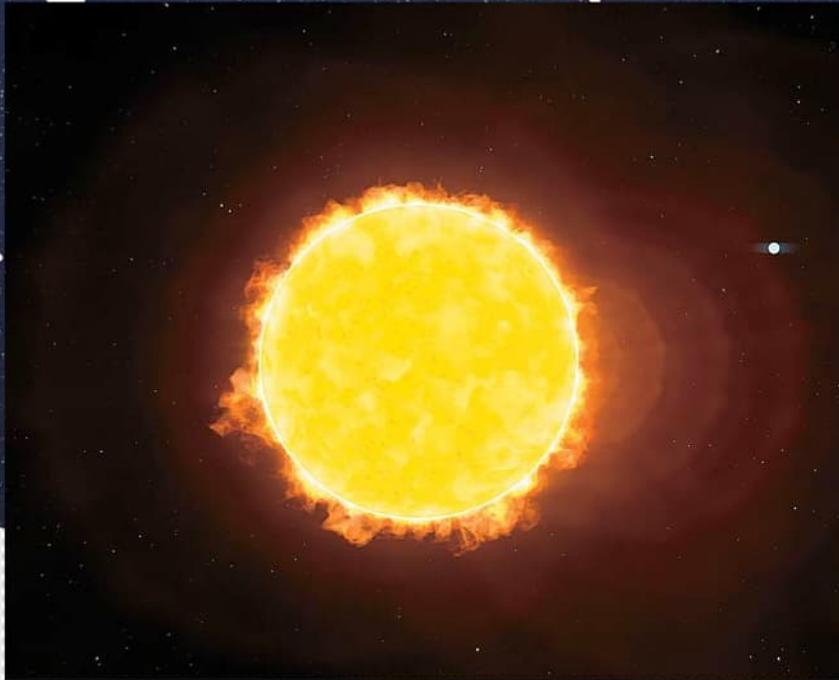


Американский астроном шотландского происхождения Вильямина Флеминг (*слева*) разработала и помогла внедрить систему обозначения звезд на основе количества водорода в их спектре, каталогизировала тысячи астрономических объектов и открыла несколько сотен новых, включая Туманность Конская Голова. Оставшись одна с ребенком, она начала свою карьеру горничной в доме директора Гарвардской обсерватории Э. Пикеринга, а впоследствии руководила группой молодых женщин, нанятых для проведения вычислений и редактирования публикаций. Среди них была и американка Энни Джамп Кэннон (*справа*), которая продолжила работы по спектральной классификации звезд (всего она классифицировала около 350 тыс. звезд!), открыла примерно 300 переменных и 5 новых звезд. В 1925 г. она стала первой женщиной, получившей степень доктора наук Оксфордского университета. *Public Domain*

на прогрессирующее снижение температуры звездных атмосфер. Так что группу О составили самые горячие звезды, М – самые холодные.

Но это только присказка, сказка впереди. В 1910 г. известный американский астрофизик Генри Норрис Рассел попросил Пикеринга проверить спектры звезды 40 Эридана. Флеминг, которой поручили эту работу, уже через час сообщила, что она, вне всякого сомнения, принадлежит классу А. Отсюда следовало, что ее температура сравнима с температурой Сириуса (сейчас известно, что она в два с половиной раза выше – 25,2 тыс. К). Через пять лет это заключение подтвердил известный датский астроном Эйнар Герцшпрунг.

В том же году американец Уолтер Адамс отнес Сириус В в один спектральный класс с Сириусом А. Но коль скоро две эти звезды равноудалены от Земли, примерно одинаково нагреты, но в десять тысяч раз отличаются по светимости, то в такой же пропорции должны различаться и площади их поверхностей. Отсюда следует, что радиус Сириуса В меньше радиуса Сириуса А в сто раз, а средняя плотность его вещества примерно в миллион раз больше! Выходило, что Сириус В (а по аналогии и 40 Эридана В) нужно причислить к еще не известному семейству сверхплотных и сверхкомпактных звезд.



Изображение гипотетической двойной звездной системы со звездой, подобной Солнцу, и белым карликом. Credit: Kevin Gill

В 1917 г. сотрудник обсерватории Маунт Вильсон Адриан ван Маанен открыл в созвездии Рыб еще одну (на этот раз одиночную) звезду такого же типа, через шесть лет названную в его честь.

Три эти звезды – Сириус В, 40 Эридана В и звезда ван Маанена – находятся в радиусе пяти парсеков от Солнца и потому обладают значительными собственными движениями. В 1923 г. американский астроном с голландскими корнями Виллем Люттен опубликовал каталог таких звезд, включив туда и эту тройцу. Ввиду их очевидного сходства он придумал им имя – *белые карлики*. Это название стало общепринятым. Сейчас эти три звезды относят к семейству *классических белых карликов*. Следующие представители этого семейства были обнаружены лишь в 1930-е гг.

Первый каталог белых карликов, опубликованный в 1941 г. американским астрономом голландского происхождения Джерардом Койпером из Йеркской обсерватории, содержал уже 38 звезд. Белым карликом оказался и открытый Шеберле спутник Прокциона.

От классической физики к квантовой

Первую математическую модель белого карлика построил английский физик Ральф Фаулер. Конечно, возникла она не на пустом месте. Еще в 1860–1880-е гг. американский математик Дж. Хомер Лэйн, немецкий астрофизик Август Риттер и великий британский физик-универсал лорд Кельвин разработали весьма продвинутые для своего времени математические модели Солнца и звезд, основанные на классической термодинамике и физике газов. Рассказ о них выходит за рамки этой статьи, но одну вещь необходимо упомянуть. Все трое предположили, что давление в каждой точке внутри звезды пропорционально плотности ее вещества, возведенной

в некоторую степень. Такая зависимость называется *политропным уравнением состояния вещества*, а показатель степени – *политропным индексом*. Хотя эти модели значительно упрощали реальную ситуацию, они позволяли воспроизвести в теории целый ряд реальных особенностей поведения звездного вещества.

В 1916–1918 гг. британский астрофизик Артур Стенли Эддингтон значительно улучшил старые политропные модели, построив общую теорию стабильных звезд, которая учитывала световое давление и еще ряд факторов, неизвестных в XIX в. Эддингтон также вывел политропное уравнение состояния звездного вещества с точно вычисленным индексом $4/3$. Он даже пришел к совершенно правильному заключению, что источник внутренней энергии звезды должен находиться в ее центре, но его природа, конечно, была ему неизвестна.

Эддингтон продолжал разрабатывать свою теорию и в последующие годы. В окончательном виде он изложил ее в фундаментальной монографии *The Internal Constitution of the Stars* (1926). В частности, он показал, что при температурах звездных недр атомы лишаются всех или почти всех электронов и превращаются в положительные ионы, омываемые электронным морем.

Этот вывод позволил Эддингтону обосновать свое главное допущение о природе звездного вещества, которое он считал газообразным, хотя к тому времени было известно, что его плотность в центральных зонах нормальных звезд как минимум в разы превышает плотность свинца. Эддингтон решил эту проблему очень элегантно. Если атомы целиком или почти целиком лишены электронных оболочек, то их геометрические размеры должны быть многократно меньше по сравнению

с нейтральными атомами. Отсюда следует, что атомная (точнее, ионная) компонента звездного вещества достаточно разрежена, чтобы ее можно было считать классическим газом. Именно ее Эддингтон и рассматривал в качестве одного из двух источников внутризвездного давления; вторым было давление света. Электроны в его теории никакого давления не оказывали.

Эддингтон был слишком хорошим астрофизиком, чтобы не усомниться в применимости своей модели к веществу белых карликов. В том же 1926 г. он прочел серию популярных лекций в лондонском Королевском колледже, которые вошли в его книгу «Звезды и атомы», очень популярную среди широкой публики. В одной из лекций он упомянул гигантскую плотность вещества спутника Сириуса, которая, как он это выразил, в 2 тыс. раз больше плотности платины. Указав, что в данный момент теоретическим путем вывести свойства этого вещества невозможно, Эддингтон отметил, что оно вряд ли может быть идеальным газом.

Теория Эддингтона полностью базировалась на классической физике (напомню, что световое давление элементарно выводится из уравнений Максвелла). По его собственному признанию, для белых карликов она не работала – нужны были новые идеи, и они не замедлили появиться. «Устройство» этих странных звезд объяснил Ральф Фаулер, коллега Эддингтона по Кембриджскому университету.

Фаулер показал, что способность белого карлика к сверхплотной упаковке вещества объясняется не ионной, а электронной компонентой – конкретно, давлением электронного газа. Новизна его подхода состояла в том, что этот газ он рассматривал на основе принципов не классической, а квантовой физики. Свою теорию он изложил

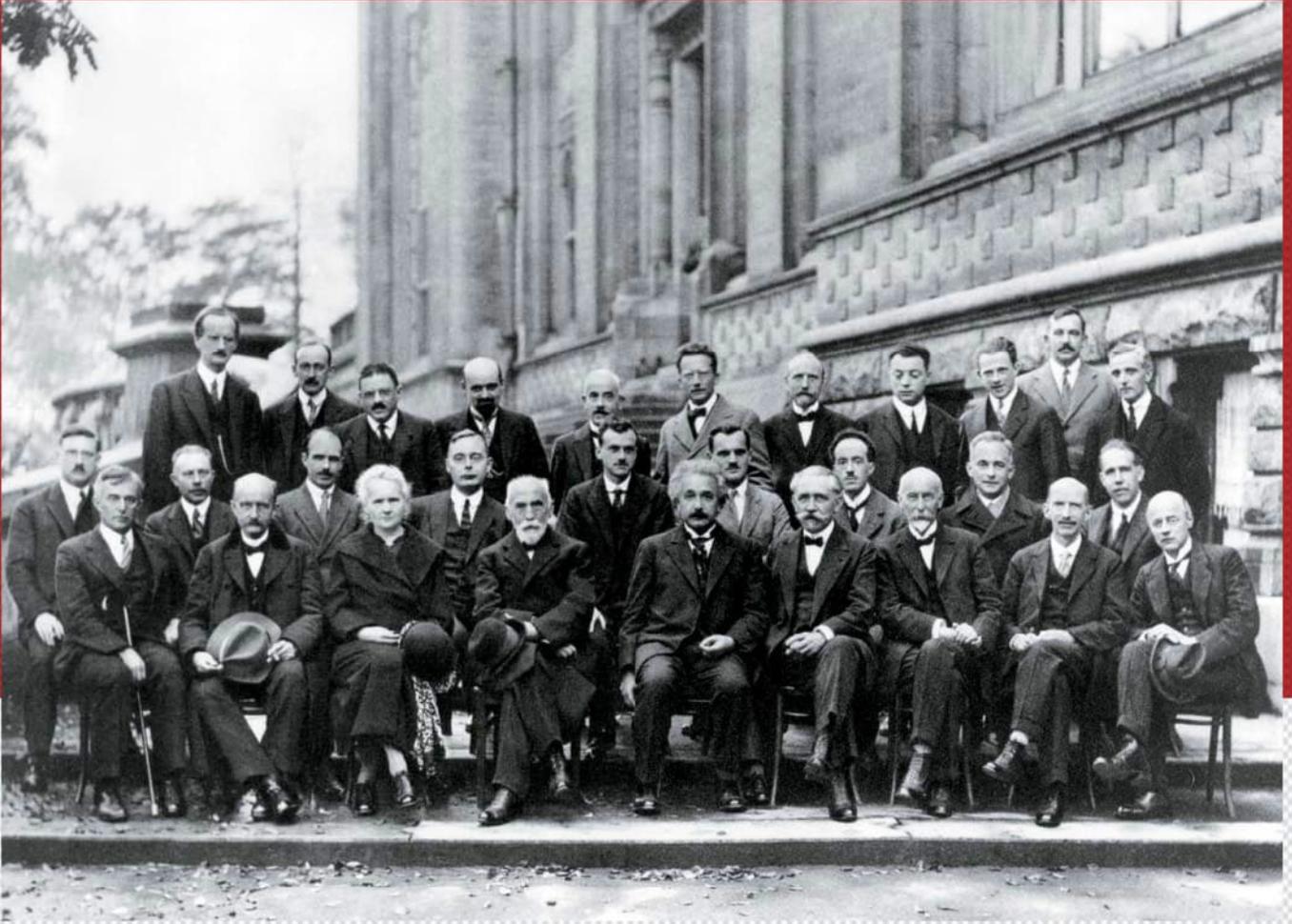


Британский астроном и физик Артур Стэнли Эддингтон известен своим вкладом в таких областях астрофизики, как строение звезд и их атмосфер, пульсации звезд, состояние межзвездной материи и др., а также в интерпретацию и разработку теории относительности Эйнштейна. В 1924 г. создал теорию белых карликов.

Фото из Библиотеки Смитсоновского института (США)

в замечательной статье «О плотной материи» (1926), которая вошла в анализы не только астрономии, но и физики. Сам Эддингтон немедленно признал ее важность, зачитав на сессии Королевского астрономического общества в декабре 1926 г.

Фаулер впервые вывел уравнение состояния идеального квантового газа, состоящего из частиц с половинным спином (т.е. подчиняющихся статистике Ферми – Дирака) и находящегося в состоянии с минимально возможной полной энергией. Сейчас такой газ называют *полностью вырожденным*, но тогда этого термина еще не существовало. Вырожденный газ, в соответствии с *принципом Паули*, занимает в импульсном пространстве все значения от нуля до определенной верхней границы, которая определяется лишь его плотностью и не зависит от температуры. Фаулер показал, что давление такого газа также не зависит от температуры и пропорционально



плотности в степени $5/3$. Так что, подобно Эддингтону, он получил политропное уравнение состояния, но с другим индексом.

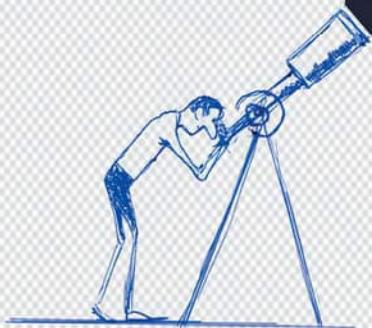
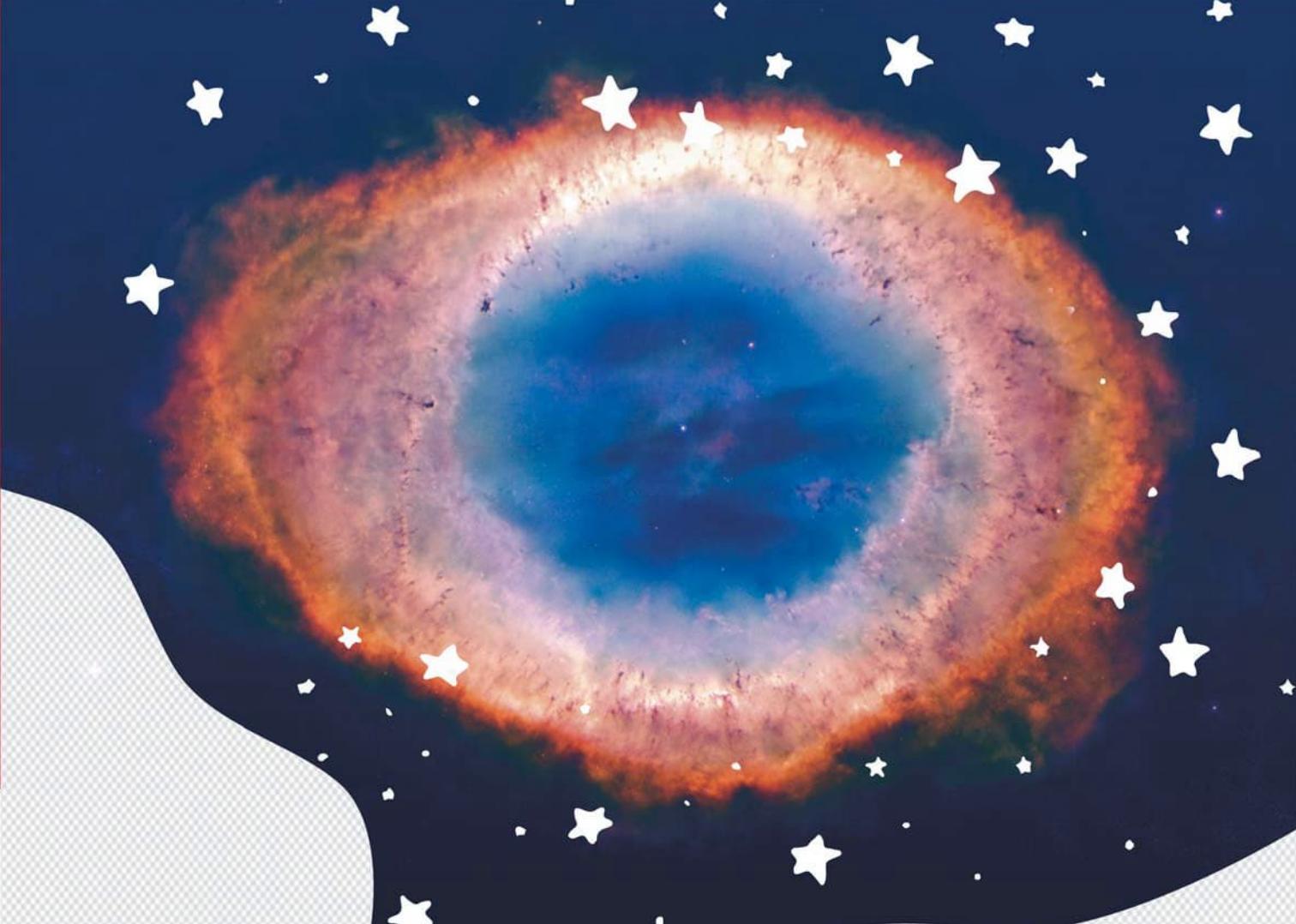
У Фаулера была вполне четкая прикладная цель. Он считал, что его теория адекватно описывает электронную компоненту вещества белых карликов. Вспомним, что еще Эддингтон пришел к заключению, что в звездных недрах вещество полностью ионизировано. Фаулер понял, что этот вывод справедлив и для сверхплотной материи белых карликов. Поэтому он предположил, что в веществе белого карлика все электроны покинули атомные орбиты и слились в электронный газ, смешанный с газом атомных ядер. Позже такое состояние вещества назвали *кулоновской плазмой*.

В отличие от Эддингтона, Фаулер мыслил уже квантовыми понятиями. Он постулировал, что вещество белого карлика можно считать смесью двух идеальных газов – классического, состоящего из полностью оголенных атомных ядер, и чисто квантового газа обобществленных электронов, подчиняющихся принципу Паули и статистике Ферми – Дирака. Стоит отметить, что такое понимание было на самом переднем крае тогдашней

Английский физик-теоретик, астрофизик и математик Ральф Говард Фаулер (*второй справа в верхнем ряду*) на Сольвеевской конференции, посвященной квантовой механике. Среди ее участников такие научные «звезды», как А. Эйнштейн, Э. Шредингер, В. Паули, Н. Бор, М. Планк, М. Склодовская-Кюри и др. 1927, Бельгия, Брюссель.
Фото Б. Купри. Public Domain

физики, поскольку статьи Ферми и Дирака, где была представлена названная их именем статистика частиц с полуцелым спином, вышли в свет в том же 1926 г.!

Может показаться, что модель Фаулера абсолютно нереалистична. Во-первых, квантовая многочастичная система может находиться в состоянии с минимальной энергией лишь при абсолютном температурном нуле, в то время как белые карлики – весьма горячие звезды. Однако все относительно. Верхняя граница энергии абсолютно холодного электронного газа (*энергия Ферми*) соответствует температуре в 6 млрд К, а температуры типичных белых карликов в среднем не превышают 10–15 млн К, т. е. в тысячи раз меньше. Поэтому электронную компоненту вещества белых карликов



Один из самых популярных объектов астрономов-любителей – планетарная туманность М57 (Туманность Кольцо, или NGC6720) в созвездии Лиры. Она подсвечивается центральным белым карликом со светимостью в 200 раз больше солнечной и массой лишь немногим больше половины массы Солнца. Ультрафиолетовое излучение белого карлика ионизует газы – остатки сброшенной атмосферы бывшего красного гиганта. Сине-зеленый цвет вызван линиями эмиссии дважды ионизированного кислорода, красный – водорода и ионизированного азота.

Credit: HST LS/Giuseppe Donatiello

и в самом деле можно считать полностью вырожденным квантовым газом. Во-вторых, идеальным газом, по определению, считается лишь тот, где отсутствует силовое взаимодействие между частицами. Однако электроны и ионы притягиваются и отталкиваются благодаря своим электрическим зарядам, что как будто приводит к противоречию. Однако в условиях белого карлика средняя кинетическая энергия частиц много больше энергии электрического взаимодействия, и именно поэтому оба газа в первом приближении можно считать идеальными.

Предложенная Фаулером модель привела к очень интересному выводу: масса белого карлика, которая почти целиком обеспечивается ионной компонентой, может быть сколь угодно большой. Причина в том, что давление вырожденного электронного газа возрастает с ростом полной плотности вещества белого карлика настолько быстро, что всегда может противостоять гравитационному сжатию звезды, вызванному, в основном, взаимным притяжением ионов. Иначе говоря, сколь ни была бы велика масса звезды, состоящей из атомных ядер и вырожденного электронного газа, ее радиус



Субраманьян Чандрасекар – руководитель делегации из Индии на международной Студенческой ассамблее в Вашингтоне (США). 1942 г. Фото Г. Парка. Credit: Library of Congress, Prints & Photographs Division, Farm Security Administration/Office of War Information

всегда будет больше нуля. В общем, ничего похожего на предел Чандрасекара.

А тут еще и релятивизм

Очень скоро теория Фаулера подверглась радикальной коррекции. Уже в 1929 г. астрофизик из Тартуского университета Вильгельм Андерсон показал, что фаулеровская термодинамическая кривая имеет ограниченную применимость.

Если масса карлика приблизительно соответствует массе Солнца, то электроны у верхней границы энергий приобретают субсветовые скорости, и для вычисления уравнения состояния нужно использовать механику специальной теории относительности. Это относится только к электронам, поскольку ионная компонента газа по-прежнему остается нерелятивистской. В предельном случае ультрарелятивистских электронов, чьи скорости мало отличаются от скорости света, давление оказывается пропорциональным плотности в степени $4/3$ (в 1928 г. аналогичный результат получил

советский физик-теоретик Яков Френкель, вне связи с астрофизикой). Одновременно с Андерсоном такое же уравнение состояния (но с другим численным коэффициентом) вывел лектор Лидского университета Эдмунд Стоунер. На основе этих уравнений оба они пришли к заключению о невозможности стабильного существования звездных ядер, заполненных вырожденным (теперь уже релятивистским!) электронным газом, если порядок величины их масс приближается к массе Солнца. В позднейших публикациях они привели приближенные оценки предельной массы белого карлика (0,69 солнечных масс у Андерсона, 1,12 – у Стоунера).

В своих выкладках Андерсон и Стоунер опирались на ряд упрощающих и потому неверных допущений. Например, они оба предполагали, что плотность вещества белого карлика постоянна по всему его объему. Отказавшись от этой гипотезы, Чандрасекар провел более адекватный анализ величины верхней границы массы белого карлика.

О статистике Ферми-Дирака он узнал, будучи еще 17-летним студентом, из лекций известного германского физика Арнольда Зоммерфельда, в 1928 г. посетившего Мадрас. Вскоре Чандрасекар нашел в университетской библиотеке статью Фаулера и настолько ею заинтересовался, что вступил в переписку с автором. Именно Фаулер и помог Чандрасекару получить место в Кембридже, когда тот по окончании колледжа получил аспирантскую стипендию от Правительства Индии. 31 июля 1930 г. Чандрасекар взшел на борт корабля, где и сделал свою замечательную работу. По прибытии в кембриджский Тринити-колледж он показал ее Фаулеру. Тот, судя по всему, не смог ее понять и отправил на суд оксфордскому астрофизику Артуру Милну – с аналогичным результатом. В конце концов Чандрасекар послал свою статью в США, где она и была опубликована в 1931 г. Его вторая статья на эту тему вышла в свет в том же году в Англии.

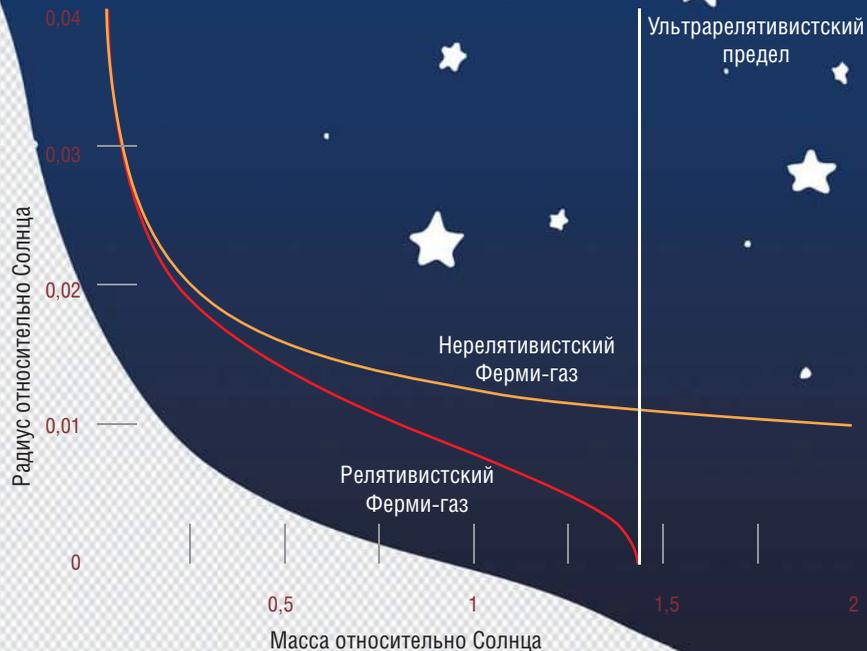
Чандрасекар вывел общую формулу для предельной массы идеального белого карлика, которая сейчас носит его имя. Правда, в явном виде в его первой статье она не приведена – возможно, в силу ее краткости. Подставив численные значения фигурирующим в ней физическим величинам, Чандрасекар заключил, что масса белого карлика не может превышать 0,91 массы Солнца.

Модель Чандрасекара, которая впоследствии не раз уточнялась, была в свое время совершенно правильной, однако вычисленное им значение предельной массы оказалось чересчур заниженным. Причина в том, что он использовал завышенную величину средней массы звездного вещества, приходящейся на один электрон. Сейчас принято считать, что этот предел приблизительно равен 1,5 массы Солнца, однако его точная величина зависит от состава белого карлика. Стоит отметить, что масса $J0917 + 46$ – самого легкого белого карлика,

обнаруженного в нашей Галактике, приблизительно равна 0,17 солнечной массы. Интересно, что в то же время он и самый большой: его радиус составляет 8% солнечного. Масса же самого тяжелого из известных белых карликов (WD 1143 + 321) оценивается в 1,52 массы Солнца.

Причину физического явления, описанного Андерсоном, Стоунером и Чандрасекаром, нетрудно объяснить без всяких формул. Гравитационная энергия звездного ядра в ньютоновском приближении обратно пропорциональна его радиусу, а в ультрарелятивистском пределе такая же зависимость существует и для внутренней энергии. В то же время гравитационный потенциал пропорционален квадрату массы ядра, а внутренняя энергия – самой массе. Поэтому при увеличении массы сила тяготения начинает преобладать, что и ведет к гравитационному коллапсу. Поскольку оба вида энергии одинаково зависят от радиуса, этот коллапс не может быть остановлен давлением звездного вещества. Отсюда следует, что он будет продолжаться до тех пор, пока материя ядра не перейдет в форму с иным уравнением состояния или пока не возникнет гравитационная сингулярность. Конечно, это объяснение представляется очевидным только в контексте современного знания, но не с позиций физики и астрофизики 1930-х гг.

Стоит еще раз отметить, что *нуклоны* (нейтроны и протоны) белых карликов находятся в нерелятивистских состояниях, однако именно они обеспечивают практически всю плотность энергии вещества этих звезд, тогда как электроны – его давление. К тому же если электроны находятся в нерелятивистском состоянии (режим Фаулера!), масса белого карлика является возрастающей функцией от плотности вещества в его центре, а радиус, напротив, убывающей; радиус также

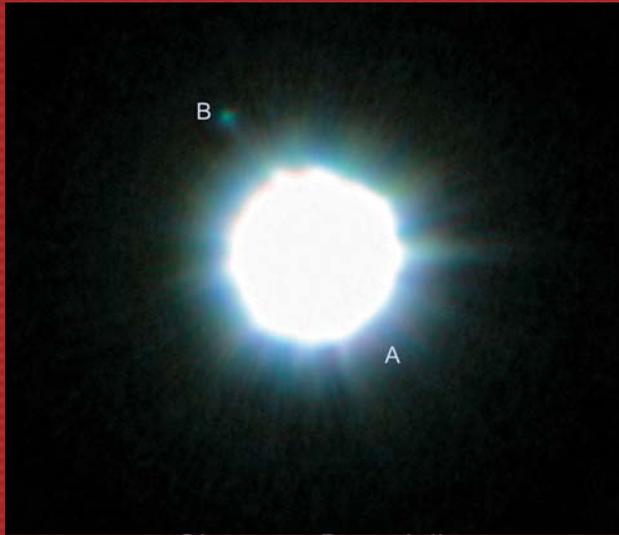


Зависимость «масса–радиус» для белого карлика, модель вырожденного Ферми-газа. По кн.: Chandrasekhar S. *The Highly Collapsed Configurations of a Stellar Mass (second paper)* // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 1935. Vol. 95. P. 207–225.

убывает с увеличением полной массы карлика. Такая зависимость радиуса звезды от ее массы – общее свойство звезд, у которых давление вещества обеспечивается вырожденной нерелятивистской материей (в данном случае электронным ферми-газом). Другими словами, увеличение гравитационного притяжения, сопутствующее росту массы, вызывает прогрессирующую компактификацию звезды. В режиме Чандрасекара, конечно, картина иная.

Следует еще раз подчеркнуть, что политропный индекс приближается к $4/3$ лишь при условии, что все электроны стали ультрарелятивистскими. Поэтому к пределу Чандрасекара можно приблизиться лишь асимптотически. Вычисления показывают, что в этом пределе радиус звезды уменьшается до нуля, а плотность делается бесконечной.

Первые теоретические реконструкции белых карликов строились в рамках ньютоновской теории тяготения. Она позволяет очень наглядно понять механизм появления предельной массы даже без привлечения конкретных моделей звездного вещества. Рассмотрим семейство уравнений состояния звездного вещества с разными степенями зависимости давления от плотности. Расположим в левом конце ряда модели, где давление с увеличением плотности растет незначительно, в правом – с очень быстрым ростом. Очевидно, что в первом случае неизбежно появление пределов чандрасекаровского типа, поскольку тяготение звездного вещества при увеличении массы звезды рано или поздно справится с противостоящим ему давлением, и звезда начнет необратимо сжиматься. В правом конце ряда получим другую картину: давление растет быстрее силы тяготения, так что звезда может сопротивляться гравитационному сжатию при любой массе. Именно этот результат дают политропные модели: при индексе $4/3$ массовый предел существует, а уже при индексе $5/3$ отсутствует.



Двойная звездная система Сириус. 15 марта 2019 г. Credit: Giuseppe Donatiello

Гейзенбергом и Дмитрием Иваненко. Согласно этой модели, протоны (свободные или в составе атомных ядер) могут вступать в реакции с электронами с рождением нейтронов и нейтрино – это так называемый *обратный бета-распад*. Поскольку нейтроны массивней протонов, этот процесс возможен только с участием электронов, чья полная энергия примерно в два с половиной раза превышает их энергию покоя $m_e c^2$. Нетрудно посчитать, что скорости таких электронов должны составлять не менее 80 % скорости света. Этот эффект необходимо иметь в виду при анализе поведения вещества белого карлика при повышении его массы и, следовательно, плотности.

Что дает такой анализ? Достаточно быстрые электроны поглощаются протонами атомных ядер и превращаются в нейтроны – этот процесс так и называется *нейтронизацией*. В результате плотность электронного газа падает, его давление снижается. В этих реакциях рождаются нейтрино, которые не задерживаются в белом карлике, а быстро мигрируют к поверхности и рассеиваются в пространстве. Поэтому они не компенсируют своим давлением снижение давления электронного газа. В результате возникает парадоксальная ситуация: рост плотности приводит к снижению давления. Вещество с такими свойствами нестабильно и в реальности существовать не может.

Вычисления показывают, что такое положение возникает, когда плотность в центре карлика достигает 10^9 – 10^{10} г/см³. Это и есть теоретический верхний диапазон значений предельной плотности материи белого карлика (он довольно широк, поскольку зависит от ее атомного состава). Плотность вещества в центральных зонах известных белых карликов гораздо меньше и лежит в интервале 10^6 – 10^7 г/см³. При этом, как уже было отмечено, электроны не приобретают ультрарелятивистских скоростей, которые нужны для модели Чандрасекара. Это очень типичная ситуация в физике, когда движение к какому-то предельному состоянию, вычисленному на основе определенной модели, оказывается невозможным из-за включения неучтенных ранее эффектов, лежащих за ее рамками.

Любопытно, что даже все вышеописанное – еще не полная картина. Еще до достижения порога нейтронизации, когда кинетическая энергия электронов превышает их энергию покоя, начинается рождение гамма-квантов и электронно-позитронных пар. Эти процессы опять-таки провоцируют нестабильность вещества белого карлика и также лежат за рамками модели Чандрасекара. В общем, мы вновь приходим к тому, что свойства вещества реальных белых карликов много сложнее.

Переход к общей теории относительности полностью меняет эту картину: давление искривляет метрику пространства-времени, тем самым увеличивая силу гравитации. Поэтому звезды из правой части ряда обязательно схлопнутся в гравитационный коллапс. Если в ньютоновской системе давление всегда противостоит сжатию звезды, то, по Эйнштейну, для достаточно больших масс давление делает сжатие неизбежным. Поэтому компактная звезда, чье тяготение подчиняется общей теории относительности, всегда имеет верхний предел массы, который достигается при конечной центральной плотности ее вещества. Конкретное значение предела определяется уравнением состояния, однако само его существование от этого уравнения не зависит.

Современные модели белых карликов также описывают их вещество как газ (точнее, кулоновскую плазму) из ионов и вырожденных электронов, однако принимают в расчет силовое взаимодействие между частицами (следовательно, газы уже не считаются строго идеальными). Кроме того, эти модели учитывают различия в элементном составе кулоновской плазмы, которая может содержать гелий, углерод, кислород и даже магний. Главное их отличие от модели Чандрасекара состоит в том, что у реальных белых карликов предельная масса достигается при конечной плотности. Максимальные массы тех или иных белых карликов, вычисленные на основе этих моделей, также, по традиции и из уважения, называются пределом Чандрасекара.

Конечно, есть и другие отличия. Чандрасекар выполнил свою великую работу до открытия нейтрона в 1932 г. англичанином Джеймсом Чедвиком и последующего создания протонно-нейтронной модели атомного ядра, предложенной независимо Вернером



Так выглядит траектория Сириуса В относительно Сириуса А, если смотреть с Земли и как видно сверху. Годовые метки времени обозначают местоположение, видимое с Земли, которое из-за скорости света «отстает» от истинного примерно на 8,7 года. Ось масштабируется в угловых секундах. Точки относятся к шагам 1/50 орбиты, а не к точным одногодичным шагам (которые были бы равны 1/50.09 орбиты). Орбитальные параметры взяты из работы van den Bos (1960). Сам график создан на основе данных, полученных с помощью решения уравнения Кеплера. ©CC BY-SA 3.0

Светила с начальными массами более 8–10 солнечных масс могут закончить активную жизнь, превратившись в *нейтронные звезды*, хотя есть и другие варианты. Средняя плотность вещества нейтронных звезд лежит в диапазоне 10^{14} – 10^{15} г/см³. Стабильность новорожденной нейтронной звезды, как и стабильность белых карликов, обеспечивается давлением Ферми вырожденного газа, но не электронного, а нейтронного. По этой причине между белыми карликами и нейтронными звездами нет никаких «промежуточных» космических объектов. Теоретическая максимальная масса нейтронной звезды равна 3,2 солнечной массы, однако у всех известных звезд этого типа она значительно меньше. Пересечение этой границы (которую иногда называют пределом Чандрасекара для нейтронной материи) приводит к необратимому гравитационному коллапсу с образованием черной дыры.

Наш рассказ можно закончить ссылкой на пару совсем уж свежих открытий. В очень старых и потому успевших сильно остыть белых карликах энергия электрического взаимодействия ионов становится соизмеримой с тепловой. Поэтому при снижении температуры кулоновское взаимодействие между ионами вынуждает их переходить от хаоса к геометрическому порядку. Погруженные в электронное море ионы образуют правильную периодическую решетку, т. е. перестраиваются в кристаллическую структуру. Это происходит потому, что решетка имеет меньшую энергию, нежели хаотическое распределение ионов (точнее, в этом случае следует говорить о свободной энергии, но это уже тонкости термодинамики). Физики говорят, что такая перестройка



В 2010 г. научная общественность отметила столетие со дня рождения Субраманьяна Чандрасекара, а в 2011 г. в наукограде в Калькутте состоялась масштабная выставка, посвященная жизни и творчеству знаменитого физика. Фото Б. Гангули. ©CC BY-SA 3.0

энергетически выгодна, и этот процесс принципиально ничем не отличается от замерзания воды при нулевой температуре. Таким образом, в ядре белого карлика имеет место фазовый переход первого рода.

Такое понимание вполне могло быть достигнуто еще в 1930-е гг., поскольку оно основано на известной в те времена физике. Однако на деле ученые пришли к нему лишь три десятилетия спустя. Первые подобные работы были опубликованы советскими физиками Давидом Киржницем и будущим Нобелевским лауреатом Алексеем Абрикосовым и их американским коллегой Эдвином Солпитером на рубеже 1960-х гг., хотя астрономические наблюдения подтвердили их теорию лишь в 2018 г.

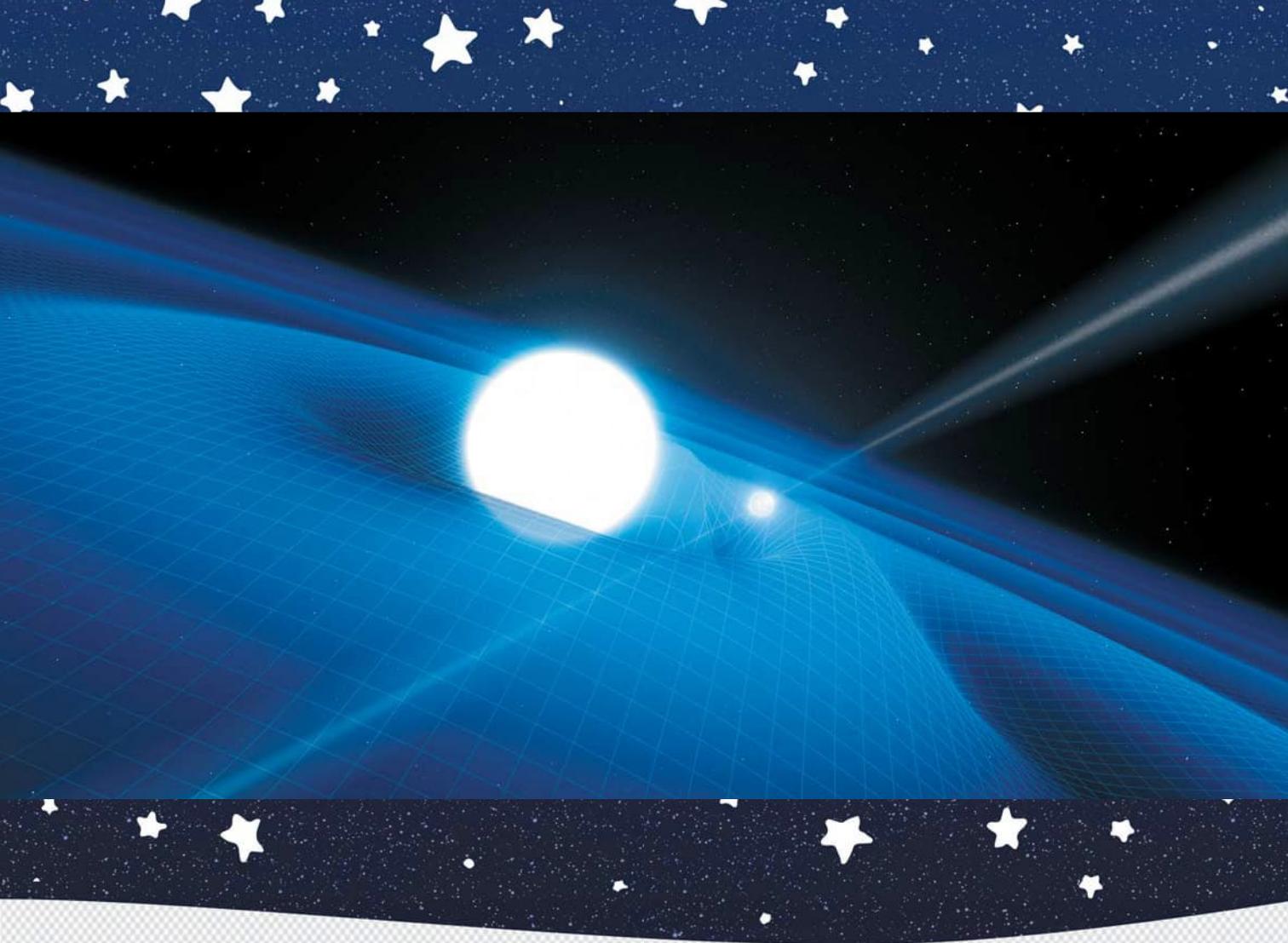
Сообщение о другом открытии появилось в 2019 г. в июльском номере журнала *Nature*. Астрономы из США, ФРГ и Израиля обнаружили рекордно тесную двойную звездную систему, образованную белыми карликами со вполне обычными массами – 0,61 и 0,21 массы Солнца. Радиус более массивного карлика равен 1,56% солнечного радиуса, более легкого – 3,14%. Они обращаются вокруг барицентра по сильно вытянутым

эллиптическим орбитам, совершая один оборот всего за 6 мин 55 с. Длина большой полуоси их орбит составляет лишь 78 тыс. км, что почти в пять раз меньше среднего расстояния от Земли до Луны!

Вычисления Чандрасекара (а до него Андерсона и Стоунера, а потом и Ландау) впервые показали, что у звезд могут быть максимальные массы, – это был очень серьезный прорыв в астрофизике. Много позже, после предсказания существования, а потом и открытия коричневых карликов, стало ясно, что массы звезд ограничены не только сверху, но и снизу.

Еще раз стоит подчеркнуть, что предел Чандрасекара и аналогичный, хотя и более высокий, предел для звезд из нейтронной материи получается лишь исходя из предположения, что звезда состоит из вырожденного вещества, что возможно только после полного выгорания ядерного топлива. Поэтому молодые звезды могут иметь массы в десятки и даже сотни солнечных.

Сам Эддингтон с самого начала критически отнесся к идеям Чандрасекара и в 1935 г. при обсуждении его новой работы в Королевском астрономическом обществе



Художественное изображение пульсара PSR J0348 + 0432 и его спутника, белого карлика. Этот экзотический двойной объект состоит из крошечной, но очень тяжелой нейтронной звезды, которая каждые 2,5 часа обращается вокруг своего более крупного соседа. Нейтронная звезда испускает радиоволны, которые могут улавливаться земными радиотелескопами. Эта необычная пара является уникальной лабораторией для проверки физических теорий. *Credit: ESO/L. Calçada*

даже заявил, что релятивистского вырождения в природе не существует. Тогда же он сделал и другую ошибку. Эддингтон догадался, что из существования предела Чандрасекара фактически вытекает возможность гравитационного коллапса звезды к черной дыре (точнее, к тому состоянию материи, которое позднее стали называть черной дырой). Однако он сам посчитал это заключение лишеным физического смысла: «Я думаю, что должен быть какой-то закон природы, который не позволит звезде вести себя столь абсурдным образом».

Так что и короли ошибаются! Что касается Чандрасекара, то в 1939 г. он опубликовал монографию «Введение в учение о строении звезд» с развернутой теорией белых карликов, которую относят к высокой классике астрофизики XX в. А в 1983 г. работы по теории звездных структур принесли ему Нобелевскую премию по физике.

Литература

Засов А. В., Постнов К. А. *Общая астрофизика* / 3-е изд. *Фрязино: Век 2, 2018. 576 с.*

Левин А. В. *Звездные взрывы, или Рождение «новых»* // *НАУКА из первых рук. Т. 82. № 2. С. 6–27.*

Попов С. *Вселенная. М.: Альпина нон-фикшн, 2018. 400 с.*
Bradley W. Carroll, Dale A. Ostlie. *An Introduction to Modern Astrophysics / 2nd ed. Pearson International Edition, 2007.*

Chandrasekhar S. *An Introduction to the Study of Stellar Structures. University of Chicago Press, 1939. 509 p.*

Hugh M. Van Horn *Unlocking the Secrets of White Dwarfs. Springer, 2015. 350 p.*

Kawaler S. D., Novikov I., Srinivasan G. *Stellar Remnants. Springer, 1997. 340 p.*



Эхо памяти



По воспоминаниям журналистки и телеведущей Юлии Мучник, Андрея Сагалаева «камера любила», передавала масштабы личности. «Отменно красивой лепки лицо: высокий лоб, серьезный, чуть угрюмый взгляд (недаром одним из его прозвищ было «Андрей Мракович»), тяжеловатая нижняя челюсть, при этом очень располагающая легкая ироническая, в усы, улыбка. И харизма, которая чувствовалась с первой минуты разговора...».

Таким остался в памяти родных и друзей, коллег и учеников Андрей Маркович Сагалаев – доктор исторических наук, научный сотрудник Института истории, филологии и философии СО АН, профессор Томского государственного университета и Томского педагогического института, Университета штата Иллинойс (США, 1996–1997), Университета штата Вайоминг США (2001–2002)... Он ушел из жизни, когда ему не исполнилось и пятидесяти: умер вскоре после возвращения из США. Это случилось во время лекции в филиале ТГПУ в г. Колпашево

Зеркала культур: Памяти А. М. Сагалаева / сост., предисл. К. А. Сагалаев; отв. ред. А. П. Деревянко, А. Х. Элерт; Рос. ак. наук, Сиб. отд-ние, Ин-тут археологии и этнографии. – Новосибирск: Из-во ИАЭТ СО РАН, 2019. – 488 с. ISBN 978-5-7803-2997-1

Обо – место поклонения духам. Горный Алтай. 1981 г. Фотосъемка и архив А. М. Сагалаева



Утверждение, что все человеческие культуры равноценны, остается, увы, лозунгом и для многих не наполнено реальным содержанием. Предвзятости, рожденные иллюзией ползнания, не дают людям разных культур взглянуть в лица друг друга... Следует признать не только равноценность культур, но и самоценность каждой из них. Нужно ли сводить представление о путях исторического развития лишь к одному, как наиболее удачному, отводя иным роль проселков и тупиков?

А. М. Сагалаев, Алтай в зеркале мифа (1992), с. 7.



В 2019 г. вышла книга «Зеркала культур: Памяти А. М. Сагалаева», посвященная памяти выдающегося ученого. В рубрике «Книжная полка» мы публикуем публицистический очерк А. М. Сагалаева «Череда утрат: о судьбе духовного наследия аборигенов Алтая», который вошел в этот сборник. Очерк был написан давно (в 1989 г.) и в другой стране, буквально на рубеже эпох. Несколькими годами позже, в 1992 г. правовой статус Горно-Алтайской автономной области был повышен до уровня республики, СССР распался и миллионы граждан оказались в новой социальной, политической и культурной реальности.

С тех пор в Республике Алтай многое изменилось, были приняты законодательные акты, касающиеся национально-культурного развития. Но и тридцать лет спустя многие наблюдения, мысли и надежды выдающегося и неравнодушно исследователя не потеряли актуальность. В 1992 г. Андрей Сагалаев написал: «...жизнь народов Сибири – это не черновики Истории или ее “неудачные варианты”. Это просто иной путь, единственно возможный в их экологической нише... Архаичная культура не нуждается в защите или оправдании, она требует понимания». В сборнике «Зеркала культур: Памяти А. М. Сагалаева» составителям удалось собрать не только избранные публицистические работы и письма Андрея Марковича, но и воспоминания его коллег и учеников, статьи коллег по традиционной культуре народов Сибири и Дальнего Востока, созвучные его научным интересам. Ведь подобные вопросы и сегодня находятся в центре внимания исследователей, и все новые их поколения готовы ломать копыя, отстаивая собственные точки зрения на неизбежно меняющиеся реалии

Редакция благодарит за помощь в подготовке публикации К. А. Сагалаева, А. Х. Элрета, О. Б. Беликову, Г. Б. Сыченко, В. М. Мучника, Э. В. Енчинова



Череда утрат

О судьбе духовного наследия аборигенов Алтая

Незаметно, но споро от нас уходит целая эпоха. Она уходит неузнанной. Мы даже не успели взглянуть в ее лицо. Это эпоха мифопоэтического сознания, господствовавшего в Сибири на протяжении тысяч лет. Еще предстоит ответить на вопрос: почему именно наш век стал горьким рубежом. Пока же фольклористы и этнографы приводят в порядок то, что удалось собрать, услышать, записать, пытаются систематизировать материалы и осмыслить ситуацию

Когда за Бийском экспедиционная машина выворачивает из-за соснового бора, вдалеке вырастает сизая стена гор. Алтай всегда является неожиданно, хотя следуешь давно известным маршрутом. Вскоре «уазик» въезжает в Черный Ануй – первое алтайское село на нашем пути. Надо ли описывать ветхие избушки, перемежающиеся редкими юртами и новыми постройками, старую церковь, переименованную в учреждение культуры, неприкаянные «Кировцы» у калиток и собак, что мчатся вслед, срывая дыхание в хриплом лае? Кому не известна картина сибирской глубинки, где само время – хотя и опережая московское на четыре часа – кажется, замкнулось в кольцо. А час спустя мы сидим в аиле старого знакомого, пьем чай, делимся новостями. Спадает напряжение долгого пути. Алтай из категории «там и тогда» переходит в «здесь и сейчас» «Здесь» живет традиционное, почтительное отношение к старикам. Навстречу вошедшему старцу спешит младший, бережно усаживает его у низенького столика, придвигает тарелку с мясом, наливает чай.

Уже под вечер трогаемся дальше, неспешно выбирая колею и вжимаясь в землю всеми колесами. В памяти застревает вопрос хозяина дома: «Скажи-ка, а мы-то кто теперь? Татары, русские? Или просто люди?» Он был задан с усмешкой, хитрецей во взгляде. Но все ли так просто? Вопрос о национальной принадлежности просыпается в человеке либо в дни больших свершений, либо в годину невзгод, разлада с самим собой.

Старые знакомые – чабаны и охотники – не раз навдывались к нам в избушку, притаившуюся на склоне горы под огромными лиственницами. Каждый разговор

неизменно сворачивал в одно русло: что стало с алтайской культурой, языком, обычаями, с самим народом. Что мог я ответить собеседникам? Да и кто, не покрывив душой, может сказать, что знает ответ на эти вопросы? Их ныне задают и в Хакасии, Туве, шорских селениях...

Провозглашая «Расцвет и сближение наций», этнография стыдливо умолкала, когда следовало объяснить иные, совсем не парадные стороны национальной культуры. Например, так называемые «пережитки» в общественном сознании людей, поверия и мифы, старинные обычаи и обряды. Забывая о том, что в этнической среде любые деформации болезненнее стократ, рубили плеча, без оглядки делили национальное наследие на «прогрессивные» и «реакционные» элементы.

В мировой культуре нет должников и заимодавцев. Единство мировой цивилизации интересно как раз многообразием конкретных проявлений культур, их несхожестью и разногласиями. Культура не бездонная копилка. В процессе эволюции общество не только обретает, но и утрачивает что-то из своих предшествующих состояний, ценностей. Даже письменность (казалось бы, бесспорное благо, инструмент сохранения культуры) отчасти сковывает полифонию культуры, наделяет язык единообразием форм, стремится сделать их неизблевыми. Государственность привносит в жизнь людей жесткие структуры и установления. Религия нагружает канонами и догмами. Стихия живой культуры формализуется. Тем более интересно обращение к наследию народов, которые до недавнего времени ориентировались на фундаментальные ценности в их, так сказать, первозданном виде. Таковы культуры народов Сибири.

А. М. Сагалаев. Алтай в зеркале мифа (1992)

Пожилая алтайская женщина в традиционной зимней одежде. Горно-Алтайская АО, Усть-Канский р-н, с. Ябоган, 1982 г.
Фотосъемка и архив А. М. Сагалаева



Алтай болен. Болен давно. Задолго до семнадцатого года обозначились те недуги, что нынче скрутили его. Вы любуетесь сияющим двузубцем Белухи? Смотрите ниже. Вы видели эти нищие села, покосившиеся кошары, непроезжие дороги, вырубленные кедровники? Вы чувствовали эту неприязнь к приезжим (просто к чужим!), настороженность и замкнутость? Вы не видели (невзначай), как всадник в сердцах хлещет коня, посылая его в дикую скачку – просто так, чтоб обоим выбиться из сил? Ребятишек, не вполне владеющих родным языком? Здесь люди редко думают о будущем и живут как будто в вечно длящемся сегодня. Народ выпал из ритма времени и пространства. Он устал от игры, правила которой ему непонятны, а цель неизвестна.

А. М. Сагалаев. Алтай в зеркале мифа (1992)

Типичное название этнографической работы той поры, например, – «Шаманизм в Хакасии и его реакционная сущность». А еще раньше использовался эпитет более грозный и многообещающий – «контрреволюционная...» Ни джунгарские ханы, ни православные миссионеры, ни становые приставы не преуспели в борьбе с «бессмертным суеверием шаманства». Но шесть десятилетий назад с ним было покончено.

Все прекрасно осведомлены сейчас об ужасах беззакония, которыми сопровождалось раскулачивание. На долю аборигенов Сибири досталось еще одно испытание. Вдумайтесь: ни один регион страны, кроме Сибири, не знал такого постыдного, позорного явления, как «расшаманивание». Если в конце 20-х годов местные газеты пестрели «заявлениями» вроде «Сдаю свою шаманскую шубу и бубен в сельсовет», то несколько лет спустя в них уже не испытывали нужды те, кто осуществлял на практике переход к массовому атеизму. Именно в те недоброй памяти годы укоренился в общественном сознании и научной литературе миф о шаманах – эксплуататорах, обирающих бедных сородичей.

Что говорить, если и поныне этнографическая литература несвободна, порой, от вульгарно-атеистического подхода к оценке национального наследия. Возьмите в руки книгу о бурятском шаманизме. Скрупулезный анализ этнографических материалов завершается определением шаманизма как «антикультурного явления». Что это – заклинание или привычный реверанс, адресованный бдительным редакторам, рецензентам? Дань внутреннему цензору, водящему рукой автора? В любом случае такая оценка столь же далека от истины, как утверждение о всеобщей и окончательной победе атеизма. Как вообще можно историю родной культуры описывать

на привале в экспедиции к манси. 1984 г. *Первый слева – А. М. Сагалаев, третий – этнограф И. Н. Гемуев. Фото из архива А. М. Сагалаева*

определениями «не-» и «анти-»? Да, сегодня шаман был бы фигурой анахроничной и, может быть, даже нелепой. Да, среди избранников духов во все времена встречались шарлатаны и проходимцы, лихообороты и просто обманщики. Оправдывается ли этим обстоятельством насильственное пресечение традиции, насытившей тысячелетнюю историю? Кстати, почему-то в книгах, посвященных мифологии и верованиям народов Сибири, принято указывать в подзаголовках: «конец XIX – начало XX в.», а карандаш редактора тщательно переиначивает глаголы, утверждая текст в прошедшем времени. Религия? Верования? Это где-то там, это было давно...



Право, в этом отречении есть нечто малопочтенное. Так, поспешно, не оглядываясь прощаются с нелюбимым родственником из провинции, о самом существовании которого предпочитают не знать.

Если бы боролись только с шаманами... Кому-то ведь пришло в голову, что традиционная женская одежда напоминает о приниженном положении женщин в старом обществе. Другой решил «облагородить» алтайские села вдоль Чуйского тракта, приказав убрать бревенчатые юрты. Крамольной стала даже память о родовой принадлежности, которая издревле регулировала брачные связи, блокируя возможность заключения браков между близкими родственниками. Что уж говорить о соблюдении ряда древних обычаев и обрядов? Они были автоматически зачислены в разряд вредных пережитков и, похоже, не подлежат реабилитации и поныне. Этнографы, работающие в Сибири, знают, как трудно говорить с людьми об э т о м, насколько укоренились в сознании запретность, опаска. Подчас люди просто стыдятся думать и говорить серьезно о старых приметах, поверьях, обычаях. Духовные искания предков не имеют цены – что может быть горше? И, помня о прошлом, мы, не можем осуждать людей, замыкающихся, когда речь заходит о сокровенном. Изгоняя из культуры старину, подумал ли кто-нибудь, что народ лишается

Алтайское традиционное жилище – срубный айыл. Горно-Алтайская АО, Улаганский р-н, с. Балыктуюль. 1981 г. *Фотосъемка и архив А. М. Сагалаева*

суверенного права обладания собственным взглядом на мир?

Странно ли после этого, что воинствующее безверие все больше и больше вытесняет чувство малой Родины, ощущение своего места в истории? В подавляющем большинстве люди не имеют представления о своих корнях. Им адресуются тощие брошюры, в которых – вольно или невольно – история родной земли рисуется, как история окраины, безнадежного захолустья. Поворот к лучшей жизни обычно связывается с переходом под покровительство России. При этом драматические эпизоды истории подменяются благостными рассказами о «добровольном вхождении». А уж классовая борьба начинается в Саяно-Алтае чуть ли не в эпоху железного века. В то же время замалчиваются «неудобные» темы и сюжеты. Жупел пресловутого «национализма» до сих пор пугает местные власти куда больше, нежели реально идущий процесс утраты народом своего лица. На земле



богатыря Сартакпая за продолжателей его дела выдают себя строители Катунской ГЭС. Но вот иные мифологические сюжеты предпочитают держать под сукном.

Попробуйте отыскать в официальной истории Алтая правду о событиях 1904 г. Вы прочтете, что националистически настроенная алтайская буржуазия при поддержке «японских агентов» (?) инспирировала антирусское религиозное движение, известное как «бурханизм». Эта версия была создана в свое время частью православных миссионеров, распространявших на Алтае свет учения Христа. Ревнители православия усматривали в распространении религиозного инакомыслия угрозу своим далеко идущим планам христианизации и русификации. Вожаки бурханизма были тогда арестованы и предстали перед судом, причем кому-то очень хотелось, чтобы процесс обрел пол тическую окраску. Не вышло. Но три десятилетия спустя версия о происках японской агентуры и обвинения в национализме всплыли вновь и уже надолго.

Не пора ли сказать правду о бурханизме, и, тем самым, снять, наконец, нелепые и оскорбительные обвинения? Прежде всего, бурханизм был индикатором зарождавшегося этнического самосознания той самой народности, которая ныне именуется алтайцами. Тогда, в начале века, этот процесс вступил в качественно иную фазу, появилась необходимость новой идеологии. Шаманство не могло взять на себя эту роль, так как выросло в недрах родового строя и обслуживало преимущественно его нужды. Православие отвергалось, как религия чуждая национальным духовным ценностям. Конфликт с новой действительностью в начале века назревал неотвратимо. Мечта о золотом веке, о своем месте под солнцем стремилась к воплощению. И она воплотилась в легенде о белом всаднике – мессии, весть о появлении которого облетела Алтай со скоростью молнии.

Ожили древние легенды и предания о справедливом правителе-богатыре, о могущественном некогда государстве ойротов. С наивной решительностью

А. М. Сагалаев. В отпуске на севере Томской области. 1980-е гг. Фото А. Х. Элрета

В мире, созданном титаническим – и ненатужным! – трудом общественного сознания, этнограф всегда чувствует себя чужаком. На его долю достаются в лучшем случае лишь отблески того огня, на котором выплавлялись удивительные строки шаманских поэм. Он улавливает слабые отголоски разговоров, что велись у костра, но видит лишь серый пепел кострища. Истолковав все символы и орнаменты, объяснив ритуалы и мифы, мы чувствуем тем не менее, что в картине чего-то не хватает. Допустим, что нам удастся сложить почти все осколки. Что увидим мы? Зеркало не может отразить ничего, кроме смотрящего в него лица. Что же утрачено безвозвратно – информация или способность пережить их реальность как свою? Как бы то ни было, картина ждет одушевления, соучастия, пусть даже ценой меньшей определенности и точности реконструкций. Собственно этнографических и фольклорных материалов, видимо, недостаточно для оживления тех схем, которые мы строим. Необходимо встречное движение равнодушной души. Для того чтоб разделить духовные искания предков, наш пристальный взгляд, обращенный к их наследию, должен быть дополнен поисками ответа в себе самом.

А. М. Сагалаев. Алтай в зеркале мифа (1992), с.174

обновленного язычества бурханизм декларировал отказ от всего, что в глазах людей символизировало их бесправное, инородческое положение, что было связано со вчерашней нищетой и завтрашним тупиком. В угоду новой, белой вере замолкли шаманские бубны, прекратились кровавые жертвоприношения. Отрицание распространилось и на русскую культуру, влияние которой на аборигенов кое-кто и сейчас хотел бы трактовать однозначно, то есть – положительно. Никогда сфера межнациональных отношений не была бесконфликтной, тем более – в пору проведения русификаторской политики. Отсюда – запальчивое утверждение бурханистской песни, что «косматый русский поп – не человек», отсюда требование к единоверцам изгнать из своих юрт все, связанное с русским бытом, вплоть до кошек. Впрочем, нетерпимость, характерная для всех религий в период их становления, вскоре сменилась у бурханистов более трезвым взглядом на жизнь и даже толерантностью. Показательно, тем не менее, что процесс над бурханистами закончился их оправданием, и немалую роль в том сыграло общественное мнение России. Когда Г. Н. Потанина спросили: как он относится к преследованиям бурханистов, ученый сказал, что общественное мнение страны всегда на стороне слабых и обиженных, а не на стороне сильных, облеченных властью и торжествующих.

В истории бурханизма переплелись неразрывно трагедия и фарс, честолюбивые замыслы и неосуществленные надежды. Как бы то ни было, глубоко заблуждаются те, кто считает, что легенда о белом всаднике канула в небытие. Память народа хранит предания о событиях в логу Теренг, где молившиеся бурханисты были «рассеяны» толпой крестьян под предводительством священника и станового пристава. Слушая эти рассказы, читая старые документы, хорошо представляешь себе непонимание и испуг властей, впервые столкнувшихся с просыпающимся чувством народного «Я». Между тем, две работы, посвященные бурханизму, до сих пор лежат в рукописях, – одна – полвека, другая – пятый год. А реальные события обрастают домыслами, становятся фактами новой мифологии. Вернут ли народу его историю? Пусть жесткую и, порой, нелицеприятную, но – свою.

Алтай ныне стал местом паломничества. Любители сыроедения медитируют на горных вершинах, туристы сплавляются по Катунь, парят на дельтапланах. Люди более прагматичные мешками увозят золотой корень и козий пух, а радетели всесоюзного масштаба добрались-таки до Катунь. Пришельцам и «открывателям» порой невдомек, что ступают они по земле чьей-то Родины.

Горы и долины Алтая уже не одно тысячелетие одухотворены человеческой мыслью. Этнографа здесь не оставляет ощущение, что время течет как бы двумя параллельными, не смешивающимися потоками. Рядом с Чуйским трактом, на перевалах стоят деревья, увешанные ленточками ткани. К целебным источникам – аржанам несут детей и ведут стариков, чтобы там, вдали от посторонних глаз, обратиться к родной земле-воде с просьбой об исцелении и здоровье. Там, наедине с Алтаем, суета будней возвышается до бытия. Кто станет отрицать, что за минувшие десятилетия в жизнь алтайского народа вошло много полезного, необходимого, облегчающего быт? Но нельзя отрицать, что нужно и такое – заведомо непрагматичное, ритуальное ношение к жизни, природе, судьбе.

В чем суть архаичного мировоззрения, что служило опорой аборигенам Алтая? Прежде всего, в признании примата Природы, перед лицом которой чувствовал себя младшим. Священная родовая гора дарила жизнь членам рода, позволяла охотиться на своих склонах, была гарантом благополучия. Люди, как участники договорных отношений, никогда не позволяли себе негуманного отношения к природе. Не били зверя сверх необходимости,



Жизнь народов Сибири – это не черновик Истории или ее «неудачные варианты». Это просто иной путь, единственно возможный в их экологической нише. Народы Сибири создали все необходимое для полноценной жизни общества в тех условиях, которые и сейчас считаются трудными, накопили уникальный опыт хозяйственного и духовного освоения пространства, сполна заплатив за обретение Родины. Они не получили от судьбы другого шанса, но свой единственный использовали достойно. Мы же порой числим отдельные приметы их старого быта музейными диковинами, а саму культуру подвергаем унижительному досмотру: это – заблуждение, это – пережиток... Архаичная культура не нуждается в защите или оправдании, она требует понимания.

*А. М. Сагалаев.
Алтай в зеркале мифа (1992)*

старались не рубить живых деревьев... Ведущая характеристика старого мироощущения – это его экологичность. Люди жили с чувством целесообразности и соразмерности мироздания. Если снять покров таинственности с персонажей алтайского пантеона, мы увидим, что в большинстве своем они являются олицетворением родной Природы. Именно к Алтаю обращали проникновенные слова молитвы алтайские шаманы, вопрошая:

Малый народ бедствует,
Что мне делать, мой чистый Алтай?
Белобородые отцы мои!
Возносимый великий мой Алтай!
Даст ли (Алтай) благополучие?
Будет ли так, чтобы в пуповину
нашу грязь не попадала?
Будет ли так, чтобы на ресницах наших
не было слез?

В мировоззрении алтайцев – и об этом следует сказать определенно – было не так уж много элементов, которые можно однозначно определить, как «религиозные». Кстати, не о воспитании ли уважения к родной земле пекутся ныне педагоги, уснащая свои речи научной терминологией? В старой алтайской культуре эта задача решалась ненавязно, ибо апеллировала к душе человека. Старое мировоззрение, прежде всего, – это опыт духовного освоения жизненного пространства и времени, общественное самосознание обитателей и степей. Следует,



Празднование Чага Байрама – встреча Нового года по лунно-солнечному календарю. Кош-Агачский р-н Республики Алтай, 2017 г.
Фото К. А. Сагалаева

наконец, признать, что для малого народа родная земля – не фон, но важнейшее условие существования. Ее физическое и духовное отчуждение ведет к перерождению самого народа.

Когда-то К. Юнг писал, что наследуются не сами мифы, а предрасположенность к мифотворчеству. Если представить, – говорил философ, – что вдруг исчезли все мифы, предания, легенды, то уже в следующем поколении это духовное достояние будет воссоздано в полном объеме. Боюсь, что наша действительность вносит существенные коррективы в это утверждение. Угасает сама способность к мифотворчеству (в широком смысле этого слова),

ИЗ ВЫСТУПЛЕНИЯ А. САГАЛАЕВА В ТЕЛЕПРОГРАММЕ «ЛЕКСИКОН» (23.11.1995):

Я думаю, патриотизм – это в своей основе биологическое чувство. Чувство своей сопричастности какой-то территории и сообществу, которое на ней живет. Это очень четко прослеживается в мире высших приматов и вообще животных. Человек унаследовал эту привязанность к определенной территории обитания. И в этом смысле каждый народ, каждый этнос – это популяция, которая не только сознательно, но и бессознательно связана с тем местом, где живет.

Потом у людей патриотизм постепенно развивается иначе, получает рефлексию, становится сознательным. Но на ранних стадиях истории человека он принимает достаточно причудливые формы. Например, в Новой Гвинее до недавнего времени практиковался обычай патрофагии – частичного или полного поедания тела родителя. Это не дикость, не вывих в сознании человека. Так люди архаичного сообщества выражали свою привязанность к предкам. Поэтому патрофагия – это первичная и для того общества высшая форма патриотизма.

Не нашел такого примера, чтобы в какой-нибудь другой культуре мира было возможно такое, как в России XIX в., отрицательное отношение к своей стране. Такое самоедство. Как у Чаадаева. Как у его младших современников, у славянофилов, западников. Такая любовь к стране через мучение. То, что потом стало достоянием. Через самокопание, самоанализ, отрицание этой страны, осмеивание ее. Я не вспомнил никакой другой культуры, которая была бы так требовательна к себе. И, как ни странно, вся эта требовательность и странная любовь к Отчизне оказались бесплодными. Никак это не отразилось в народной культуре и, по-моему, ни к каким результатам не привело. Урок не впрок оказался



Фото К. А. Сагалаева

подобных атрибутов старого быта. Как факты истории культуры, они нуждаются не в оправдании, а в понимании. Презумпция невиновности – вот о чем вопиет духовное наследие аборигенов Сибири. Мировоззренческие концепции народов Сибири должны рассматриваться – на равных основаниях с прочими – в контексте всеобщей истории человеческой мысли. Перед нами не «боковые ветви» или «истоки» более развитых философских систем, но вполне самодостаточные и самоценные типы общественного сознания народов, вступивших некогда на иной путь развития. Поэтому описывать их интеллектуальную историю, как цепь непрерывных заблуждений и ошибок, подходить к их мироощущению, как к этнографической «диковинке» значит унижать целый народ, а заодно – демонстрировать и собственную несостоятельность.

Это может показаться парадоксом, но мы только сейчас подрастаем до адекватного восприятия и анализа шаманской поэзии, концентрированного выражения народной мудрости минувших веков. Так, выясняется, что мысль сибирских народов вплотную подошла к осознанию сложнейшей диалектики взаимодействия материи и сознания. И эта мысль жива до сих пор в искусстве сказителя кайчи, мудром слове старика, строках молодого поэта. Но она все больше и больше вытесняется на периферию культуры, заглушается безадресным информационным «шумом». Между тем, культура этноса не терпит пустоты. Мы знаем, к сожалению, чем заполняется неожиданный вакуум в народной

Статья впервые опубликована:
Наука в Сибири (Новосибирск).
1989. № 15 (1398), 21 апреля. С. 4–5

культуре и общественном сознании. Череда утрат не бесконечна. В конце концов, перед человеком встает тревожный вопрос: кто же он такой? Финалом может стать необратимый процесс разрушения этнического самосознания.

Стабилизировать этот процесс можно, лишь обратившись к фундаментальным ценностям своей культуры. В их числе бесспорно – национальное наследие. Народ должен, наконец, обрести свою историю, написанную человеческим языком без набивших оскомину прописных истин и схем. Ему должна быть возвращена гордость за деяния предков. В этой истории следует сказать правду обо всех действующих лицах: о баях, угнетателях и покровителях; о шаманах – поэтах и мыслителях, мздоимцах и плутах; о членах Каракорумской думы и первых колхозниках. Обо всех, кто составляет совокупное понятие «народ». Только такая история может быть духовной опорой народа, его посохом и указующим перстом. Пока же опасность утраты своего лица существует и осознается вполне отчетливо. Этот мотив звучит в стихах алтайского поэта Бронтоя Бедюрова. Обращаясь к священной горе, почтенный старец говорит:

Сброшены шапки и сняты ремни,
Молим, куда край неба багряя:
Ты от безликости нас охрани,
Ала-Бабырган,
Ала-Бабырган!

... Возвращение народам Сибири ощущения собственного места в мире и Истории, поддержание и пестование этого чувства – задача сложная. Но надо вернуть людям хотя бы надежду на сохранение своей самобытности, то есть – самостоятельного быта.

Пожилая алтайка у своего айыла.
Усть-Коксинский р-н, Республика Алтай, 1993 г. *Фотосъемка и архив Г.Б. Сыченко*



ИСТОРИЯ на СКАЛАХ



Ладак – высочайшее горное плато Индии – граничит на востоке с Тибетом, на юге – с Лахулом и Слти (штат Химачал-Прадеш), на западе – с долинами Кашмира, Джамму и Балтистаном, на севере, через хребет Куньлунь, – с Восточным Туркестаном. Территория Ладака пересекается двумя параллельными горными хребтами – Ладакским и Занскарским. Между Занскарским и Большим Гималайским горными хребтами расположен Занскар – один из самых труднодоступных и наиболее изолированных гималайских регионов Северной Индии



Ключевые слова: Центральная Азия, Горный Алтай, Тибет, Занскар, петроглифы, изваяния, буддизм, религия бон, археология, этнография.

Key words: Central Asia, Gorny Altai, Tibet, Zanskar, petroglyphs, sculptures, Buddhism, Bon Religion, archaeology, ethnography

*«Под любым небом
человек нуждается
в конкретных символах,
чтобы прилепиться к вечности»
(Дж. Туччи. Дневник экспедиции
в Западный Тибет 1935 г.)*

Занскар – малоизученная и до сих пор малодоступная часть Малого Тибета (Ладака) на территории современной Индии. Именно эти два взаимосвязанных обстоятельства привлекают к этому обширному высокогорному региону внимание исследователей, в первую очередь археологов. Несмотря на то, что Занскар находился в стороне от известных путей, связывавших Ладак с Центральной Азией, Индией, Китаем и Кашмиром, этот край с глубокой древности не был изолирован от внешнего мира. Особенно хорошо это видно по петроглифам – на сегодня единственному источнику сведений по древней истории этого региона, который доступен ученым.

В 2019 г. российские исследователи открыли в Занскаре новый археологический памятник – рисунки на камнях, относящиеся к разным историческим эпохам: от изображений козорогов в стилистике бронзового века до мантр и буддийских символов раннего Средневековья. Ранние рисунки демонстрируют большое тематическое и стилистическое сходство петроглифов Занскара и Центральной Азии – Монголии, Тувы, Алтая, Киргизии, Восточного Казахстана, Синьцзяна и Памира. Эта общность, при известной доле оригинальности стилей и сюжетов наскального искусства в каждом из этих регионов, может говорить о том, что в древности все центральноазиатские народы вели схожий образ жизни и имели общие религиозные представления

В публикации использованы фото автора

© Н. В. Полосьмак, 2019



ПОЛОСЬМАК Наталья Викторовна – член-корреспондент РАН, доктор исторических наук, главный научный сотрудник Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск). Лауреат Государственной премии РФ (2004), лауреат Национальной премии «Достояние поколений» (2006). Автор и соавтор более 300 научных работ

Неистребимая потребность оставить свой след в местах своего обитания – одна из характерных особенностей, выделяющих человека из животного мира. Ярким свидетельством этому служат *петроглифы* – рисунки на скалах. Хотя, если быть объективными, они в чем-то сродни знакам, которые оставляют звери, помечая границы своей территории. Желание застолбить, присвоить часть пространства актуально и ныне – вспомним борьбу за территории. Но какими бы ни были побудительные причины, заставившие древних людей впервые «расписаться» на скалах, вряд ли они слишком отличались от тех, что заставляют делать это современного человека. Вспомним незабвенное «Киса и Ося были здесь» из «Двенадцати стульев» Ильфа и Петрова.

Эти несмыаемые знаки человеческого присутствия можно обнаружить в самых неожиданных и труднодоступных местах: на горных перевалах и по берегам рек и морей, в затерянных высокогорных долинах и пустынях. Были бы подходящие поверхности... Человек везде утверждал свое присутствие, оставляя знаки, которые многие поколения ученых пытаются объяснить исходя из собственных представлений, и тут предела фантазии нет. Среди популярных версий – охотничьи культы, мифы, эпос, шаманские мистерии, сцены из жизни.

Конечно, человек всегда будет стремиться понять смысл древних изображений, тем более что наскальные рисунки во многих местах – это непрерывно продолжающаяся традиция, и кажется, что где-то еще помнят, зачем люди это делали. Знаменитый исследователь Центральной Азии, профессор Гейдельбергского университета К. Йеттмар остроумно назвал открытые и исследованные им петроглифы вдоль Инда «гостиничной книгой Шелкового пути». И это пока, пожалуй, лучшее из всех известных определений, относящееся к конкретным памятникам.

Петроглифы – вечные свидетели пути

Петроглифы, прежде всего, это знаки, нарисованные или выбитые на камне. Но иногда эти знаки становились настоящим произведением искусства. Когда изображения на камень наносил талантливый человек, из-под его руки возникал незабываемый образ или композиция – недостижимый образец для подражания. Но таких изображений значительно меньше. В каждую эпоху желающих отметить на скалах было больше, чем талантливых людей. Но стиль создавали и те, и другие...



Если на вопрос о том, что такие рисунки значили для людей в ту пору, когда они создавались, мы вряд ли получим однозначный ответ (об этом знают только их создатели), то на вопрос, что они значат для нас теперь, ответы, конечно, существуют. Значение петроглифов для современных ученых в том, что ими отмечены маршруты древних торговых путей и кочевий, воинских походов и завоеваний, путей караванов и одиноких путников, паломников и беглецов... Эти неподвижные знаки фиксируют движение, бесконечный людской поток. Их наслоения сродни культурным слоям: нередко на одних скалах, на одних и тех же валунах соседствуют изображения, которые разделяют даже не столетия, а тысячелетия, целые эпохи.

Петроглифы маркируют пути, которые пересекают в разных направлениях огромные пространства. Ими

Ряд ступ на подходе к дворцу князя Зангла (слева)

Изображение козерога. Памятник Акшоу, Занскар, 2019 г. (внизу)

Улочка деревни Кончет. Занскар (справа)





отмечены освоенные регионы, священные места, укромные убежища. Они рассказывают о зверях, птицах и рыбах, настолько важных, что их образы наносились на скалы. Петроглифы могут рассказать и о людях, покорявших высокогорные районы Центральной Азии. И о том, что маршруты, реальность которых они подтверждают, являются невероятными и головокружительными только для нас, представителей иной культуры и цивилизации.

Петроглифы обычно изучаются в неразрывной связи с археологическими памятниками, к категории которых они и сами, безусловно, относятся. В таких наиболее типичных случаях материалы из поселений и могильников используют для датирования и интерпретации рисунков на скалах. Но бывают ситуации, когда петроглифы оказываются единственными свидетельствами древней истории. Так, как это случилось в Занскаре.

Деревня Карша. Вверху на склоне монастырь, внизу деревенская улочка. На переднем плане – молитвенный барабан (слева)

Раскрашенные ладакские чортены. Монастырь Ламаюр (вверху в центре)



Жительница Занскара в традиционной одежде. На дороге к монастырю Сани (слева)

Ледник Дранг-Друнг (внизу)

Ладак – перекресток дорог

Занскар – самая южная часть Ладака, исторической и географической области в Индии, расположенной между горными системами Куньлунь на севере и Гималаи на юге, всегда находился в стороне от торговых путей и троп паломников. Слишком уж труднодоступной, малопривлекательной, а потому и малоизвестной была эта территория.

Мало кто знает, что первым из русских путешественников в Ладаке был не знаменитый Н. К. Рерих, а известный художник В. В. Верещагин. В 1875 г. он как никто другой приблизился к Занскару, но так и не посетил его. От этого путешествия осталось несколько замечательных картин, написанных с присущей этому художнику этнографической точностью. Одна из его картин – «Посмертные памятники Ладака» – сохранила облик ярко раскрашенных *чорте-нов* (чортен – тибетское название ступы, характерное для буддистской культуры культовое сооружение), на другой картине изображен процветающий и ныне монастырь Хемис. А изображения тибетцев, мужчины и женщины в традиционной одежде, могли бы быть сделаны и сегодня: в деревнях до сих



пор можно увидеть старых женщин в таких же накинутых на спину шкурах, спасающих от холодного ветра.

Через полвека через Ладак в Хотан прошла экспедиция Н. К. Рериха, но и он не упомянул о Занскаре. Художник оставил интересные путевые заметки и картины, где изображены монастырь Ламаюра, Королевский дворец, Замок Ладака. Особенно интересна для нас картина «Скалы Ладака» (1933 г.). На переднем плане горного пейзажа изображены валуны, покрытые древними рисунками, на которых козероги и охотники представлены именно такими, какие присутствуют на многочисленных петроглифах Ладака, и не только. В своих заметках об изображениях на камнях Рерих



указал на главное – их сходство со множеством других рисунков, которые он увидел в соседних горных местностях и даже запечатлел на картине «Камни Лахуля». «Такие наскальные изображения, – писал Рерих, – широко распространены в Ладаке и соседних горных местностях и встречаются даже в оазисе Санджу, на северном склоне перевала. И здесь, в Китайском Туркестане, на глянцевиито-коричневом массиве скалы опять светлыми силуэтами те же стрелки из лука, те же горные козлы с огромными крутыми рогами, те же ритуальные танцы, хороводы и шествия верениц людей. Это именно предвестники переселения народов» (Рерих, 1925).

Сын Николая Рериха, Юрий, выдающийся ученый-востоковед, считал, что изображения козлов «принадлежат примитивному культу природы Тибета, обычно называемому Бон. Горные козлы очень популярны в древнем культе огня монголов и связаны с символом плодородия. Видимо, эти наскальные изображения принадлежат древнему общему религиозному периоду Внутренней Азии» (Рерих, 1994).

Наблюдая наскальные изображения на огромных пространствах Центральной Азии непосредственно вдоль маршрутов экспедиций (включавших не только

Тибет, Ладак и Туркестан, но и Монголию и Алтай), а не по публикациям, как это происходит в наше время, отец и сын Рерихи опередили свое время, сделав выводы, которые остаются актуальны по сей день. Речь идет о сходстве наскальных изображений на этой огромной территории, о преобладании рисунков горного козла и сцен охоты на него, феномен которых они объясняли «общим древним религиозным периодом Внутренней Азии».

Дневники, статьи и отчеты Ю. Н. Рериха собраны в одну книгу, названную «Тибет и Центральная Азия». В этой книге ученый пытался всесторонне рассмотреть связь Тибета с миром азиатских кочевников. Во многих своих выводах он опирался на письменные источники: «...древняя связь, когда-то существовавшая между Тибетом и богатым кочевым миром Внутренней Азии... многократно упоминается в исторических хрониках Китая». Речь идет о таких народах, как *малые юэчжи* (к юэчжам ряд исследователей относит пазырыкцев) и *хунну*. Первые отступили из мест своего обитания в кочевья тибетцев-цзянов (это событие могло произойти в III в. до н. э.) и вскоре «отибетились»: их язык, одежда и пища стали сходны с тибетскими. А о хунну «История поздней Хань» сообщает, что они вступали в союз

с цынами и совместно устраивали набеги на китайскую территорию, что относится уже к первым векам нашей эры.

В последующие годы шло накопление и систематизация материалов, относящихся к петроглифам Центральной Азии, но выводы остались прежними – теми же, что были сделаны русскими учеными в ходе Центрально-Азиатской экспедиции 1923–1929 гг. И это неудивительно, поскольку Н. К. Рерих, как художник, лучше других видел стилистическое сходство изображений, находящихся в тысячах километрах друг от друга, а экспедиция, проходя этими древними маршрутами, доказала саму возможность подобных миграций. Ю. Н. Рерих владел многими языками и диалектами,

включая тибетский и монгольский языки, санскрит и хинди, что давало возможность не только читать ранее никому недоступные древние тексты, но и напрямую общаться с теми, кого этнографы называют «информаторами». Сведения, полученные непосредственно от местного населения этих регионов, стали той уникальной научной базой, на которой сформировались выводы ученого о глубокой духовной общности народов Центральной Азии в древности, которая выражалась

Каменная плита с изображениями будды, бодхисаттв и ступ. *Занскар (слева)*

Ряды чортонов, по дороге в Занглу (*внизу*)



в одинаковых символах. В данном случае речь идет о рисунках на камнях.

И понадобилось почти сто лет, чтобы эта гипотеза, основанная на интуиции, уникальном опыте, научных знаниях и таланте Рерихов, была подтверждена на основе тщательного изучения многими выдающимися исследователями памятников этого огромного региона. Поскольку «того, что очевидно для глаза, недостаточно для науки» (Лем, 1961).

В наши дни число рисунков на камнях, обнаруженных и зафиксированных по всей Центральной Азии и Сибири, стремительно растет. Например, в ходе реализации проекта по наскальному искусству Ладака в 2006–2007 гг. были зафиксированы почти 150 местонахождений наскального искусства, задокументированы и внесены в базу данных 15 тыс. наскальных изображений и еще 5 тыс. обследованы (Bruneau & Vernier, 2013).

Надо отметить, что петроглифы, наряду с продуктами каменной индустрии и керамикой, это один из самых значительных в количественном отношении археологический источник. Таких изображений насчитывается десятки тысяч. Это тот случай, когда объем детальной информации таков, что кажется, что его уже невозможно освоить. *Петроглифика* выделилась в отдельное направление в археологии и идет по пути совершенствования своих методов (съемки, изучения, датирования). Но при этом петроглифы не стали менее загадочными, количество данных не переросло в качество, а многократно улучшенная методика съемки не сделала их более понятными.

«Все, что я видел в Занкаре, было близко к совершенству» (М. Пессель, 1979)

Занскар стал тем местом, которое мы выбрали для продолжения исследований в Центрально-Азиатском регионе, поскольку на территории Ладака это наименее изученная область, где сохранилась традиционная культура. Немалую роль в нашем выборе сыграла и книга французского путешественника М. Песселя, побывавшего там в 1976 г. Его впечатления о путешествии в Занскар – это взгляд «очарованного странника», тем более ценный, что он не был новичком в Гималаях и посетил этот край уже после путешествия по Мустангу и Бутану. И тем не менее и для него Занскар оказался чем-то особенным: «Во всех Гималаях нет более недоступного убежища, чем эта, окруженная горами долина» (Пессель, 1985, с. 49).

Несмотря на то, что теперь Занскар стал доступен для туристов, это все еще затерянный мир. Пессель рассказал о многих памятниках на своем пути – чортенах,

петроглифах, изваяниях, которые и сегодня служат нам ориентирами. Но его путешествие – всего лишь один маршрут в безбрежном занскарском океане... Разрушенные крепости и дворцы, чортены и изваяния еще ждут своих исследователей.

Другой причиной стремиться в Занскар стало сообщение французского археолога А.-П. Франкфорта, который исследовал наскальные изображения в Ладаке и Занкаре в 1990 г. В статье, посвященной итогам этой работы, он писал: «Предварительное изучение петроглифов Ладака и Занкара открывает новую главу в древней истории этих регионов, связывая их с обширной областью степных народов I тыс. до н. э. Древнее население Гималаев поддерживало отношения с территориями “империй” ахеменидской Персии через долину Инда, а также с Китаем западного, а затем и восточного Чжоу. Пути, по которым развивались эти отношения, нам еще предстоит открыть. Хотя характер этих взаимодействий не поддается однозначной оценке, свидетельства их существования неопровержимы. В этой связи можно рассчитывать, что поверхностные археологические наблюдения, а также раскопки в этих регионах принесут новые пазырыкские находки, тем более что засушливые условия благоприятствуют сохранению органики» (Frankfort, 1990, с. 24).

Этот неожиданный отсыл к пазырыкским находкам был в тот момент важен для меня, поскольку именно в 1990 г. мы впервые произвели раскопки пазырыкских погребений на плато Укок в Горном Алтае, где были открыты самые высокогорные (2,5 тыс. м над уровнем моря) могильники этой культуры. При исследовании могильника Ак-Алаха-1, который оказался не только «замерзшим», но и не тронутым грабителями, было обнаружено погребение двух знатных воинов в сопровождении коней. И хотя мумии мужчин не сохранились, обилие предметов из органических материалов оказалось беспрецедентным. Среди них – деревянные колоды, уникальные предметы одежды, войлочные попоны с красочными аппликациями, деревянные резные украшения конской упряжи, предметы вооружения и многое другое. И главное – все это было непотревоженным...

Опять, как когда-то после открытия Пазырыкских курганов в 1929 г., перед глазами археологов возник потерянный мир. Ведь не секрет, что археология занимается лишь самой малой частью материальной культуры – той, что доходит до нас нетленной, при этом большая часть ее, из органических материалов, как правило, исчезает. Лишь иногда стечение обстоятельств порождает феномен, подобный «пазырыкскому». Самый яркий пример – погребения в Синьцзяне. Но если на Алтае хранителем древней органики выступал холод и лед, то в Такламакане – сухость климата и песчаные почвы.

А.-П. Франкфорт предположил, что климат Ладака может способствовать тому, что в древних погребениях может сохраниться все, что изготовлено из органических материалов. Конечно, это не исключено, но где они, эти древние погребения? На территории Занскара древние захоронения выделяют пока чисто гипотетически, поскольку здесь никогда не производились археологические раскопки*. Мы находимся в самом начале очень длинного пути.

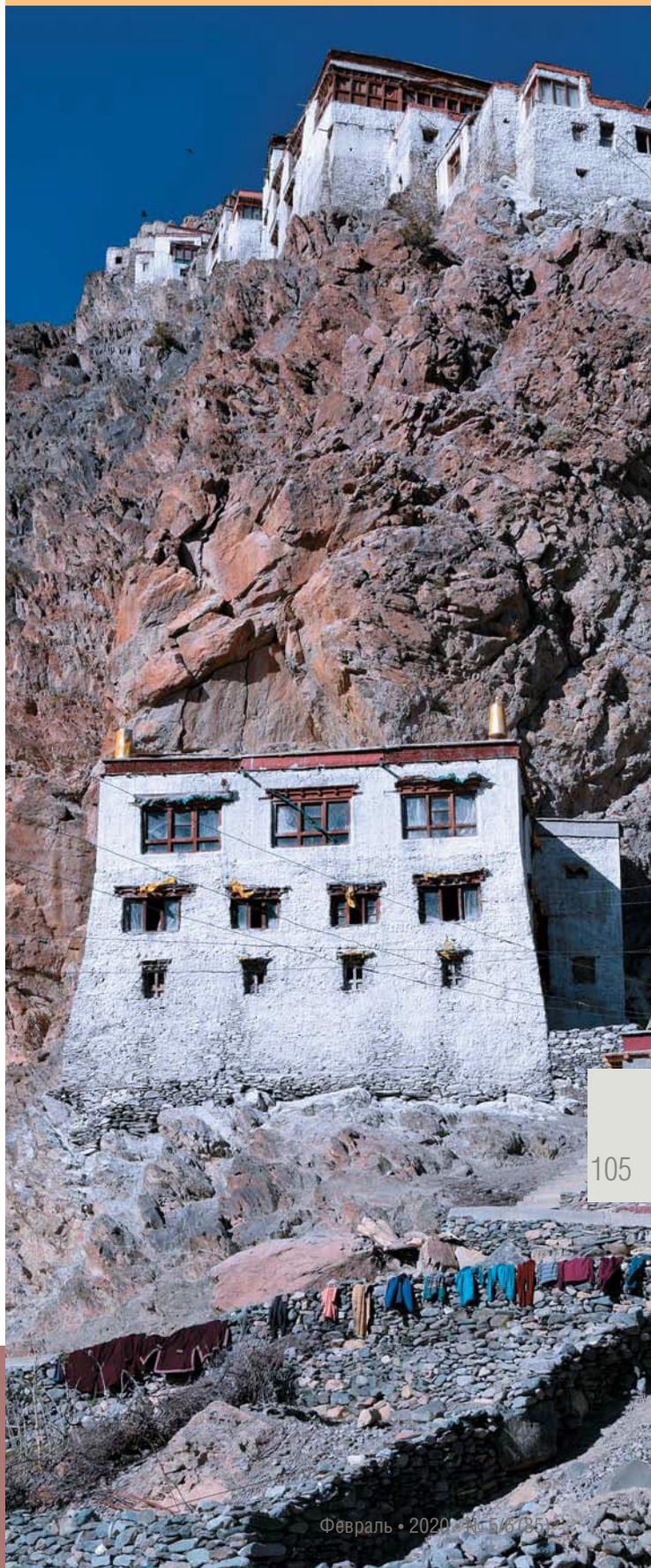
«Даже путь в тысячу ли начинается с первого шага» (Лао-цзы)

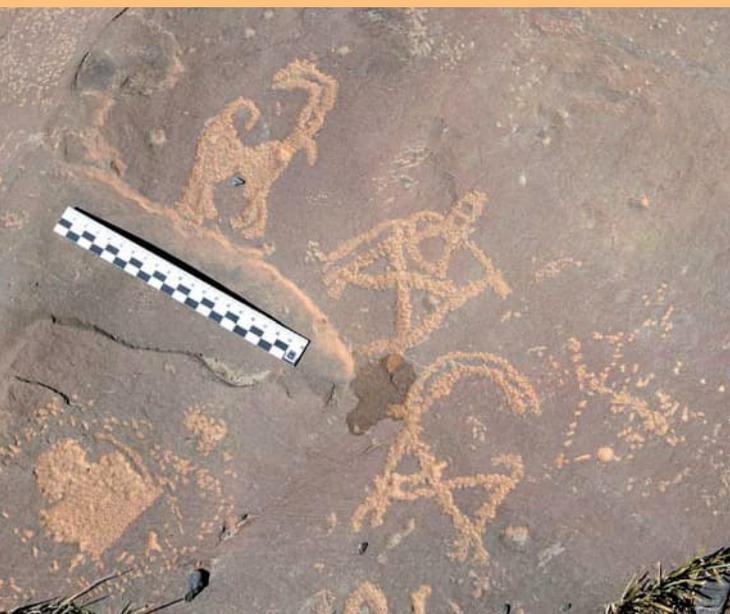
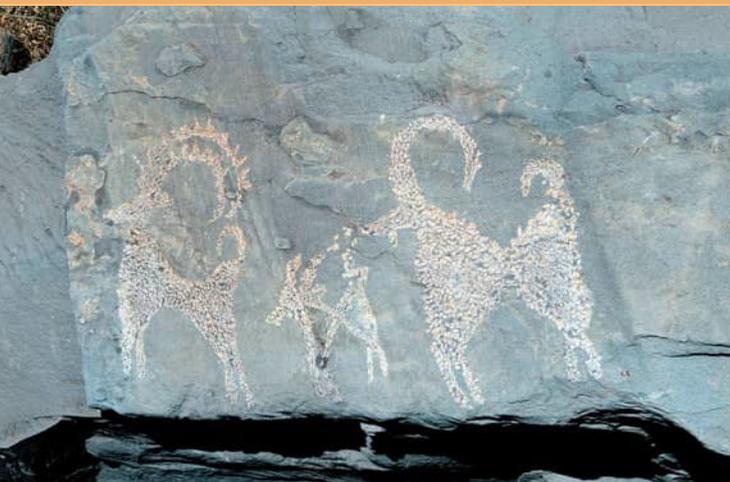
Сегодня петроглифы фактически являются единственным свидетельством древней истории Занскара. Те немногие (не более 20) известные памятники, на которых обнаружены рисунки, со всей очевидностью указывают на то, что, по крайней мере, с эпохи бронзы этот регион, так же как и Ладак в целом, был частью мира центральноазиатских кочевников. А этот мир простирался вплоть до Алтайских гор, где, возможно, жили вышеупомянутые «малые юэчжи» китайских хроник, и до степей Монголии, где империи Хань противостояла кочевая империя хунну. Многие годы мы проводили археологические исследования памятников этих народов, результаты которых и послужили стимулом к новым поискам причинно-следственных связей людей и культур...

Конечно, ничего похожего на пазырыкские «замерзшие» могилы Горного Алтая в Занскаре обнаружено не будет. Но важная часть местной древней культуры, представленная предметами из органических материалов, действительно может сохраниться на неизвестных пока памятниках, а их раскопки могут открыть совершенно новые страницы древней истории Высокой Азии.

Каждое новое место, где обнаружены петроглифы, может дать новую информацию. Поэтому поиск изображений на скалах будет продолжаться. Но уже есть десятки тысяч известных рисунков, зафиксированных с максимальной точностью, посчитанных в процентных соотношениях и детально описанных, которые до сих пор не поддаются прочтению. Было бы опрометчиво считать, что те интерпретации различных петроглифов, которые имеются на сегодняшний день, это все, что мы можем узнать из этого неисчерпаемого исторического источника.

* Полосьмак Н. В. След ведет в Занскар // «НАУКА из первых рук». 2016. Т. 71/72. № 5/6. С. 150–161





Петроглифы памятника Акшоу. Изображения козерогов в битреугольном стиле. *Занскар, 2019 г.*

Прорисовка орнамента на сосудах из Суз (слой Сузы А, IV тыс. до н. э.). Изображения козерогов в битреугольном стиле. *Рис. Е. Шумаковой (вверху справа).*

Камень с петроглифами на местонахождении Акшоу (*справа*). Сцена охоты на козерогов. Среди персонажей – всадники, пешие лучники, собаки, волки, козерогов, изображения которых сделаны в разных стилях. *Занскар, 2019 г.*

Поиски петроглифов на территории Занскара ведутся давно: первые сведения о них появились еще в начале прошлого века благодаря исследованиям А. Г. Франке, миссионера из Моравии. Но на сегодняшний день известны лишь 20 подобных мест. Понятно, что для региона площадью 7000 км² это совсем не много, и Занскар по-прежнему сохраняет статус малоизученной территории, причем не только в отношении петроглифов. Однако с учетом того, что он находится на высоте 3,5–7 тыс. м над уровнем моря, а попасть туда можно лишь по одной окружной дороге, через высокогорный перевал Пензи-Ла (эта дорога проходима не более шести месяцев в году, чаще – и того меньше), то надо признать, что за последние годы сделано очень много.

Обнаруженный нами новый археологический памятник находится на высоте 3,8 тыс. м над уровнем моря в долине Хотанг Тханг. Недалеко расположен перевал, ведущий в Киштвар – плато с еловыми и деодаровыми лесами, расположенное на высоте 1,8 тыс. м на территории Кашмира. Пройти по перевалу можно только пешком, дорога занимает три дня.



Сам памятник – это 34 камня, в разной степени заполненных рисунками (вероятно, при целенаправленном поиске их найдется больше). Все камни со следами сколов и царапинами, оставленными камнепадами, оползнями, снежными лавинами... Местные горы подвержены сильному выветриванию, часто встречаются осыпи из обломков разрушенных скал, тянущиеся на сотни метров. Вот на таких беспорядочно разбросанных обломках и, реже, на гладких валунах и были обнаружены рисунки. Подавляющее большинство – это изображения козерога. Встречаются изображения антропоморфных фигур, материальных объектов (ступ, лхатхо – многоярусных ритуальных сооружений, предназначенных для божеств-покровителей), растений (ветки или деревья), буддийские символы – совмещенные изображения солнца и луны, вазы, а также нефигуративные изображения – право- и левосторонние свастики, четырехугольные и цветочные символы, круги, группы точек... Есть и надписи на тибетском языке.

Петроглифы вообще (а в Ладаке особенно) трудно датировать. Даже рисунки с буддийской символикой не имеют четкой хронологической привязки, поскольку доподлинно неизвестно, когда на эту территорию впервые проник буддизм. Тем не менее, у нас есть некоторые ориентиры для относительной хронологии петроглифических изображений. Речь идет о сходстве

древних рисунков на камнях в Гималаях с изображениями в Центрально-Азиатском регионе, где их датировки подкреплены археологическими находками (на сегодняшний день это наиболее надежный способ датирования петроглифов). На этой основе мы можем очень осторожно оценить время создания тех или иных изображений на скалах и камнях Ладака.

Козерог – символ или добыча

Как уже говорилось, наиболее часто встречающийся на петроглифах персонаж – это козерог. Его изображения преобладают не только на территории Ладака, но и во всей Центральной Азии.

К наиболее древним (бронзовый век) относятся рисунки животных, выполненные в теновом или силуэтном, *битреугольном стиле*, когда тело зверя как бы составлено из двух соприкасающихся вершинами треугольников. Среди рисунков на памятнике у д. Акшоу есть замечательные изображения козерогов в этом стиле, будто скопированные с росписей на ближневосточной керамике эпохи *энеолита* (медно-каменного века), датированной IV–III тыс. до н.э.; образцы именно этой керамики послужили для первого выделения битреугольного стиля в петроглифах Киргизии А. Н. Бернштамом (1952).



Одиночные изображения в такой стилистике встречаются также на Памире, в Горно-Бадахшанской автономной области Таджикской ССР (Ранов, Гурский, 1996). Но наибольшее распространение битреугольный стиль получил, по неизвестным причинам, именно в петроглифах Ладака и Верхнего Инда. Изображения животных, а иногда и людей, в таком стиле – характерная особенность петроглифов этого региона, можно

К наиболее древним изображениям относятся и рисунки в так называемом линейном стиле. Простыми приемами изображались не только козероги, хотя их большинство, но и иные звери – лошади, собаки, волки.

Изображение сцен охоты на козерогов, выполненных в линейном стиле. На этой же поверхности нанесены соляные символы. *Акшоу, Занскар, 2019 г.*

сказать, традиция. И хотя исследователи петроглифов давно пришли к мнению, что битреугольный стиль изображений не может являться безоговорочным указателем древности, их принято датировать бронзовым веком (примерно III тыс. до н.э.).

Изображения козерогов в битреугольном стиле у д. Акшоу достаточно разнообразны. Наряду с фигурами, выполненными в теневой или силуэтной манере, имеются очень простые контурные фигуры в виде двух соприкасающихся вершинами треугольников. Образ делают узнаваемым дугообразные рога, пририсованные к одному из углов. Разные изображения могут часто встречаться на одной плоскости и, судя по патине на поверхности камня, могут быть выполнены в одно время.

Исключительная изменчивость «битреугольного» стиля, которую мы наблюдаем на камнях Ладака, Занскара, Верхнего Инда и пакистанской долины Свата, говорит о том, что этот оригинальный прием изображения тела животного был не только воспринят и перенесен на каменные поверхности, но и получил развитие, если так можно оценить превращение теневого рисунка в простую геометрическую схему. Сотни козчиков с туловищем в виде песочных часов покрывают камни долины Инда и Занскара. Разнообразие и количество изображений в битреугольном стиле в этом регионе, несравнимое с их числом на Памире и в Киргизии, могут свидетельствовать о том, что этот прием пришел через долину Инда из первоисточника – древнего государства Эламна, территории нынешнего Ирана.

Помимо одиночных фигур животных, на поверхности некоторых камней нанесены целые композиции, посвященные охоте на козерогов пеших лучников с собаками. На этих рисунках на козерогов с одной стороны нацелены стрелы, с другой – их преследуют волки, главные враги в природе.

Охоту с собаками на горных козлов описал известный этнограф Н. А. Кисляков, работавший в 1930-е гг. в верховьях р. Оби-Мазор, в одном из самых удаленных горных уголков Таджикистана на высоте 2,7 тыс. м над уровнем моря: «В тесной мрачной долине, покрытой осыпями и чудовищными нагромождениями скал, расположен кишлак Хазрати – Бурх. Не на чем остановиться глазу, везде камень, камень и камень. Нет места

ничему живому. Только горный козел, перепрыгивая со скалы на скалу, неожиданно производит целые обвалы камней <...> Ни земледелие, ни скотоводство не могут прокормить сравнительно многочисленное население. Остается еще один источник существования – горный козел» (Кисляков, 1984, с. 181).

Н. А. Кисляков также дает описание охоты на козрогов, сведениями о которой с ним поделился один из самых старых жителей кишлака – единственный, кто еще помнил, как это происходило. Охотились, главным образом, зимой, когда козел спускается ниже, ближе к долине, и передвижение его затруднено выпадающим в горах глубоким снегом. В коллективной охоте на горного козла большую роль играла собака, причем не одна, так как в одиночку они боялись нападать на животное. Место сборища козрогов определялось заранее. Человек пятьдесят охотников, каждый с собакой, рассыпавшись на значительной площади, по кругу, постепенно подкрадывались к стаду. Собаки были на привязи, по определенному сигналу их отпускали, и они набрасывались на животных, которых затем приканчивали охотники (Кисляков, 1934).

Очень возможно, что именно такая зимняя облавная охота изображена на большинстве петроглифов Занскара. Во всяком случае, мы видим, что собаки были неизменными спутниками охотников на козрогов. Интересен также тот факт, что участки, где водятся козлы, делились между разными селениями, и охотиться в чужих угодьях было запрещено (Кисляков, 1937). Возможно, рисунки козлов на скалах и камнях маркировали места скопления животных, принадлежащие определенным группам охотников.

Удивительные совпадения в формах выражения отношения к горному козлу прослеживаются между долинами Занскара и Памира. Так, жители памирских кишлаков рисовали козлов на наружных стенах своих домов. Рисунки очень примитивны, похожи на петроглифические изображения и сделаны красной охрой. Н. А. Кисляков отмечает, что «местные жители считают, что изображения козла приносят дому счастье и довольство» (Кисляков, 1934). Такие же рисунки козла красной краской на стенах домов встречаются и в Занскаре, мотивация та же.

В горных кишлаках Памира рога дикого козла вывешивали на гробницах-мечетях и в домах, как снаружи, так и внутри, – их считали предметами, приносящими благополучие. Рога козерога (и других видов козлов, хотя козерог был предпочтительнее), часто вместе с черепом, устанавливают и над входными дверями или окнами домов в Ладаке. Совершенно замечательные головы козрогов, которые превращают в муляж, привязывают к столбам террас в монастырских дворах.

Но почему такой чести удостоились именно эти животные? Очевидно, что в тот период, когда скотоводство

В 2019 г. в Занскаре в ходе рекогносцировочных работ, которые проводились в рамках проекта «Археологические исследования путей миграции из Центральной Азии в Кашмир» при финансовой поддержке *Gerda Henkel Stiftung*, были обнаружены неизвестные ранее рисунки на камнях на правом берегу р. Дод в окрестностях д. Акшоу.

Истоки р. Дод находятся в леднике Дранг-друнг, расположенном на высоте 4,4 тыс. м над уровнем моря. Река протекает по Падумской долине, сливаясь с р. Царап Чу, она образует р. Занскар – северный приток Инда

еще не было основным занятием, а земледелие давало крайне скудные плоды, только удачная охота могла обеспечить выживание, когда остальные ресурсы были исчерпаны. Образ козерога и его распространение среди петроглифов Центрально-Азиатской горной системы связаны с его промысловым значением для людей, издавна селившихся в этих суровых местах. Горный



Петроглифы Акшоу. Изображения козрогов в линейном стиле. Акшоу, Занскар, 2019 г.

Изображение козерога на стене дома в деревне.
Занскар, 2019 г.

Изображение на камне.
Культовая сцена. Мужчина совершает возлияние у алтаря.
Акшоу, Занскар, 2019 г.



Эти рисунки козерогов скопированы Н. А. Кисляковым со стен домов селений в нижнем течении р. Хингоу (Памир). Здесь же изображение подковы, по поверью, приносящей счастье

козел был основным объектом охоты, а значит, и символом, и олицетворением самой жизни. Так что в основе всех поздних мифов и легенд лежит борьба за жизнь...

Характеризуя изображения козлов на петроглифах Лянгара на Памире, В. А. Ранов писал, что «если в изображениях других животных, скажем, быков или лошадей, можно заметить локальные различия в петроглифических провинциях, то изображения горных козлов повсюду практически одинаковы, как и их стилистические различия» (2016, с. 133) (за исключением «бিতреугольного» стиля, о специфике которого мы писали). И это действительно так – достаточно сравнить изображения козликов Памира и верховьев Инда, Ладака и Занскара. Близкие



Голова козерога у входа в монашескую келью.
Монастырь Ламакур, Ладак



Головы козорогов на террасе женского
монастыря. *Ладак (справа)*

параллели в этнографическом материале, а также сходство, доходящее до тождества, в изображениях животных и охоты на них, возможно, в данном случае может быть объяснено в том числе и конвергенцией, т. е. эволюционным развитием неродственных групп в сходном направлении в одинаковых условиях среды. Ведь природно-климатические условия этих высокогорных территорий Памира и Ладака очень близки, как и образ жизни местного населения.

В сравнении с козерогами, антропоморфных изображений у д. Акшоу не так много. Они представляют собой очень простые линейные изображения мужских фигур. Среди них – пешие лучники, целящиеся в козлов, один любопытный персонаж в высоком головном уборе, который охотится на козла, стоя на спине лошади; еще один человек изображен стоящим на спине козерога. Есть и рисунки, отображающие какие-то культовые действия. Так, на одном из камней выбивкой нанесено изображение мужчины, совершающего возлияние

возле алтаря. Конечно, все это только схематичные изображения человека, в которых лишь иногда можно найти указания на характерные детали костюма или вооружения.

Среди рисунков у д. Акшоу довольно много буддийских символов, в отличие от других известных местонахождений Ладака и Занскара. Здесь проходили паломники, и символы веры соседствуют с символами охотничьей удачи и языческих культов.

Точно неизвестно, когда буддизм впервые проник на территорию Занскара. Есть неподтвержденные сведения, что это случилось еще во времена Канишки I, правившего в начале II в. В этот период в Кашмире, являвшейся частью огромной Кушанской империи, расцветал буддизм, и нет ничего невозможного в том, что первые буддийские проповедники появились в Занскаре уже в то время. Обычно для подтверждения этого предположения ссылаются на «чортен Канишки» – необычного вида ступу с яйцевидным туловом, стоящую



у монастыря Сани, одного из самых старых монастырей Занскара. Молва упорно связывает это сооружение с именем Канишки. Но подтвердить или опровергнуть это предположение могло бы только исследование самого сооружения, но для этого его пришлось бы разрушить...

Казалось бы, буддийская символика рисунков на камнях может достаточно точно указывать на время проникновения буддизма в Занскар. Но она не менялась веками, а многие символы перешли в буддизм из более древней религии бон, и среди буддийских изображений трудно выделить бесспорный древний пласт.



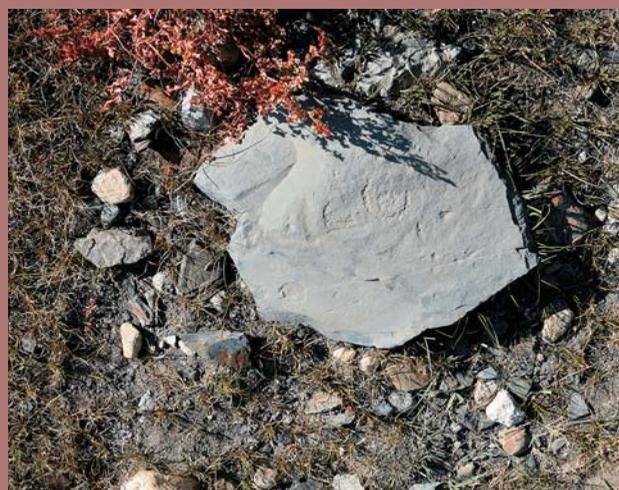
Петроглифы Акшоу (слева). Композиция с буддийской символикой, состоящая из рисунков козерогов, выполненных во всех известных стилях (теновом битреугольном, геометрическом, линейном), среди которых размещены изображения правосторонней и левосторонних свастик, маленькой ступы, раковины и аскета с черепоподобной головой и поднятыми вверх скрещенными руками. Его тело пересекает изображение небольшого животного, похожего на собаку, выполненного тем же тонким металлическим инструментом, что и сам человек, и раковина. На поверхности этого камня также дважды нанесена буддийская мантра «ом мани падме хум», а ниже мантра «ом а хум». В китайской буддийской традиции эта мантра получила название Саньцзы цзунчи чжоу – «Мантра [в] три слова, [дарующая] абсолютный контроль [над страстями]». (прочтено и интерпретировано к. и. н., с. н. с. С. Х. Шомахмадовым из Института восточных рукописей РАН, за что автор выражает ему искреннюю благодарность). Все эти изображения связаны между собой и относятся к периоду после «второго пришествия буддизма» в Ладак в VIII в. На еще одной грани камня можно увидеть рисунок свастикоподобной птицы (слева внизу). Занскар, 2019 г.

Петроглифы Акшоу (справа). На этом камне запечатлен целый сервиз из пяти драгоценных сосудов разных размеров, в одном из которых находится цветок, усиливающий его благоприятное действие. Рядом с сосудами размещены изображения разносторонних свастик, ступы, солярные символы и козероги во всем многообразии своих воплощений. Занскар, 2019 г.



Чортен Канишки на территории монастыря Сани. Занскар

Петроглифы Акшоу (справа). Среди более современных знаков можно отметить одиночные символы – свастики, солнце и луну, которые не имеют патины и хорошо выделяются более светлым цветом на темных патинизированных поверхностях камней. Занскар, 2019 г.

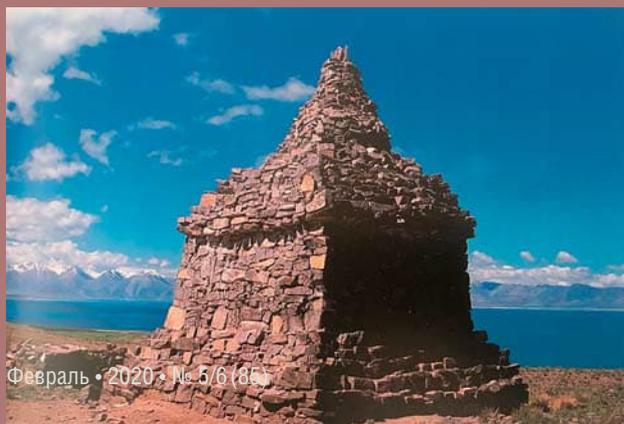




Петроглифы Акшоу (вверху). Занскар, 2019 г. К добуддийским культам относятся эти изображения лхатхо, выполненные мелкой точечной выбивкой на гладком сером валуне. На рисунках показаны сооружения прямоугольной формы, со слегка вогнутыми стенами и небольшими башенками, увенчанными традиционным треугольным флагом. Подобные изображения обнаружены впервые: на рисунках мы видим одну из несохранившихся разновидностей архитектурных сооружений этого региона, которые имели отношение к народной религии, а не к буддизму. Вероятно, поверх выбивки эти изображения были окрашены в красный цвет, они до сих имеют розоватый оттенок. Значительно позднее рядом с этими рисунками были выбиты солярные знаки – круг с точкой в центре и полукруг с точкой внутри. Они более светлые, без патины. Полной аналогией этим изображениям является сооружение из камня в Центральном Тибете, на восточном берегу о. Дангра, где находятся несколько бонских монастырей (внизу). Это лхатхо почитается приверженцами религии бон: населяющие его духи привязаны к конкретной местности, их почитают как повелителей этого края



Современные лхатхо в Занскаре – это кучи камней, чаще всего уложенные на большой камень-постамент, окрашенный в красный цвет, скрепленные между собой и полностью закрытые приношениями-хадаками (ритуальными белыми шелковыми шарфами). Лхатхо украшены целыми снопами веток можжевельника или других деревьев. По рассказам местных жителей, есть три вида лхатхо: чаще всего они стоят на подходе к деревне, другие – у воды, а нередко несколько семей делают лхатхо для себя. В лхатхо обитают духи-защитники, которые противостоят злым духам, множество которых подстерегает человека в его повседневной жизни



На большой плоской плите (справа), которой открывается новое местонахождение петроглифов у д. Акшоу, изображено много всевозможных буддийских символов. Плита лежит плашмя, она сплошь «исписана» рисунками, но изображения едва проглядывают на поверхности – такое впечатление, что они затерты временем. Плита нуждается в более тщательном исследовании, но уже сейчас на ней обнаружены изображения цветов, веток, знаков свастики, солярных символов и башнеобразных ступ. Даже ее торцовую часть покрывают гораздо лучше сохранившиеся изображения козерога. *Занскар, 2019 г.*



Эта композиция на камне состоит из трех фигур, выполненных в разном стиле. Мелкой выбивкой в теновом стиле нанесены изображение драгоценной вазы – буддийского символа, символизирующего процветание, долгую жизнь, помогающего исполнению желаний и достижению целей, и направляющегося к ней нарядного всадника на коне. Фигура идущего в противоположную сторону козерога выполнена в битреугольном стиле. Все три образа составляют единое целое и были выполнены в одно время. Но если бы каждое из этих изображений стояло отдельно, они, скорее всего, были бы отнесены к разным эпохам. *Акшоу, Занскар, 2019 г.*

Начни с начала и продолжай, пока не дойдешь до конца. Тогда остановись!

Л. Кэрролл, «Алиса в стране чудес»

Иранский мир вошел в Занскар в конце IV – начале III тыс. до н. э. не только с рисунками козлов в битреугольном стиле. Известный ученый-тибетолог Б. И. Кузнецов на основании письменных источников показал, что религия бон – предшественник и соперник буддизма, появилась в Тибете под иранским влиянием. Ее источником стал *дозороастрийский маздеизм* древнего Ирана VI–V вв. до н. э. Эта теория, не более спорная, чем другие, может объяснить некоторые интересные параллели в материальной культуре Тибета и Ирана, т. е. в том, с чем имеет дело археология.

Так, специалист по археологии Ближнего Востока Б. Муше (1987) проследила сходство между сасанидскими головными уборами, изображенными на кушано-сасанидских монетах и на наскальных рельефах, и старинной тибетской культовой шапкой с головой кабана, хранящейся в Мюнхенском музее. Эту шапку привез известный востоковед Э. Шефер из тибетской экспедиции 1938–1939 гг., и принадлежала она бродячему монаху «с запада», который пришел в Лхасу на новогодний праздник. Известно, что такие шапки бывали не только с кабаньей, но и с вороньей головой, и носили их монахи-странники. По мнению Б. Муше, «хотя использование зверей в качестве части головного убора было распространено и в других частях античного мира, например, в Египте, в Ассирии, у Ахеменидов, парфян и особенно Сасанидов, его следует

рассматривать в рамках головных уборов и боевой одежды кочевых народов, особенно восточно-иранских...».

Через три года после публикации этой статьи в погребении пазырыкских воинов в кургане 1 могильника Ак-Алаха-1 были найдены настоящие воинские шлемы – войлочные шапки с деревянными навершиями в виде птичьих голов. Эти шлемы имеют много общего как с сасанидскими головными уборами, так и с тибетской шапкой бродячего монаха. Еще большее сходство пазырыкские войлочные шапки имеют с шапками сакских воинов, изображенных на персепольских барельефах, а также с шапками

тибетских лам, представляющих собой такие же войлочные колпаки с опущенными ушами. Безусловно, монахи унаследовали часть экипировки саков, скифов, пазырыкцев. В скифское время эти головные уборы были своего рода маркером восточно-иранских воинов, скотоводов и всадников, и в почти неизменном виде этот атрибут перешел в культовый костюм тибетских лам.

Другая линия культурных связей ведет нас в Китай. Из письменных источников мы знаем о Южном участке Шелкового пути, берущем начало в Дуньхуане, в провинции Ганьсу, который затем шел вдоль границы Таримской впадины и тянулся через Памир в северо-западные районы Индии. Напомним также о союзах, возникавших между тибетцами-цзянами и хунну, когда они вместе выступали против империи Хань. В связи с этим стоит обратить внимание на явное сходство церемоний, проводившихся бонскими жрецами при заключении мирных договоров с другими странами, и обрядами, которым следовали хунну при заключении договоров (клятвенных соглашений) с Хань.

Бонские жрецы перед жертвенным алтарем клялись небом и землей, солнцем, луной и звездами. При этом закалывалось животное, а его кровью тибетцы, присутствующие при заключении договора, мазали себе губы (VII в.) (Бичурин, 1833). В свою очередь, «ханьские послы и шаньюй поднимались на гору, зарезали белую лошадь и мазали ее кровью углы рта, дабы скрепить договор» (первые века н.э.) (источник – «История Хань с дополнительными комментариями»; *цит. по:* Кроль, 2005, с. 160). Очевидное сходство этого обычая в Тибете и Монголии может быть свидетельством той общей древней религиозной основы у центральноазиатских народов, о которой еще в начале прошлого века говорил Ю. Н. Рерих.

В Ладаке обнаружено очень мало пиктограмм – рисунков краской на скалах и камнях. Тем интереснее новое местонахождение подобных изображений, обнаруженное в гроте на высоте около 4 тыс. м на левом берегу р. Дод, напротив д. Акшоу. Грот представляет собой неглубокий скальный выступ с неровными стенами, сочащимися водой. На одной его стене красной краской изображена многоступенчатая ступа, на другой – не слишком отчетливые изображения свастики и каких-то мелких фигурок. Возможно, рисунки минеральной краской некогда создавались параллельно с гравировкой и выбивкой рисунков на камне. Но сохранились такие рисунки только в пещерах, под скальными навесами, в укромных местах. Когда-то их, вероятно, было больше, краской расписывались и валуны. Возможно, и изображения козерогов в битреугольном стиле поначалу выполняли на камнях краской, и лишь позже стали использоваться точечная выбивка и гравировка





Изображение Атиши – проповедника, восстанавливавшего буддизм в Тибете после гонений царя Лангдармы

Литература

Бичурин Н. Я. (Иакинф). *История Тибета и Хухунора*. СПб, 1833. Ч. I.

Йеттмар К. *Религии Гиндукуша*. М.: Наука, 1986. 524 с.

Кисляков Н. А. Бурх – горный козел (Древний культ в Таджикистане) // *СЭ. Ленинград*, 1934. № 1–2. С. 181–189.

Кисляков Н. А. Охота таджиков долины р. Хингоу – в быту и в фольклоре // *СЭ*. 1937. № 4. С. 104–119.

Кроль Ю. Л. Отношение империи и сюнну глазами Бань Гу // *Страны и народы Востока*. М.: «Восточная литература» РАН, 2005. Вып. XXXII: Дальний Восток, кн. 4.

Пессель М. *Занскар. Забытое княжество на окраине Гималаев*. М.: Мысль, 1985. 190 с.



Войлочный шлем. Курган №1, могильник Ак-Алаха-1. Раскопки Полосьмак, 1990 г.

Прорисовка шапки тибетского монаха. Фонды Государственного музея этнографии, Мюнхен, Германия

Все эти пока отрывочные и немногочисленные наблюдения показывают, что чем в большую древность мы погружаемся, тем больше доказательств единства базовых основ культуры народов Центрально-Азиатского региона мы находим. Многое из того, что когда-то объединяло племена и народы этой обширной территории, до сих пор сохранилось в народной религии населения таких труднодоступных районов, как Занскар.

Ранов В. А. *Бежущие по скалам. Наскальные рисунки Памира*. Душанбе: Дониш, 2016. 416 с.

Bruneau L. & Bellezza J. V. *The Rock Art of Upper Tibet and Ladakh. Inner Asian cultural adaptation, regional differentiation and the 'Western Tibetan Plateau Style'* // *Revue d'Etudes Tibétaines*. 2013. № 28 (Dec.). P. 5–161.

Bruneau L., Vernier M. *Animal style of the steppes in Ladakh: a presentation of newly discovered petroglyphs* // Olivieri L. M., Bruneau L., Ferrandi M. (Eds.) *Pictures in transformation: rock art researches between Central Asia and the Subcontinent*. Oxford: ArchaeoPress, 2010. P. 27–36.

Frankfort H.-P., Kolodzinski D., Musc G. *Péroglyphes archaïques du Ladakh et du Zanskar* // *Arts asiatiques*. 1990. T. 45. P. 5–27.

Vernier M. *Zamthang, epicentre of Zanskar's rock art heritage* // *Revue d'études tibétaines (RET)*. 2016. P. 53–105.

Vernier M. *Exploration et documentation des péroglyphes du Ladakh: 1996–2006* // HAL Id: hal-01407909 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01407909>

Vernier M. *Exploration et documentation des péroglyphes du Ladakh: 1996–2006. Préface de H.-P. Francfort, Review par J. Bray, Sierre, Fondation Carlo Leone et Mariena Montandon. Como: Nodo Libri, 2007. 83 p.*

Загадочная Макаронезия:



«Вечная весна» Мадейры



Мечта каждого настоящего натуралиста – каждый день открывать для себя что-то новое из того огромного многообразия живых форм, которые создала природа за миллионы лет эволюции. В основе наших «ботанических» путешествий по планете Земля лежит не только тяга к познанию, но и простое человеческое любопытство, стремление к новизне. Сегодня мы отправимся в загадочную Макаронезию, где сохранилась уникальная растительность Древнего Средиземноморья. Она включает островные территории Атлантики, сами названия которых звучат как обещание чуда: остров Мадейра, Азорские острова, острова Зеленого Мыса, Канарский архипелаг...

Ключевые слова: ботанические путешествия, Макаронезийская флора, остров Мадейра.
Key words: botanical travel, Macaronesian flora, Madeira island

© Е. А. Королюк, 2019



На Мадейру – остров, расположенный в северной части Атлантического океана, турист попадает, как и растения в прошлом, либо по воде, либо по воздуху.

Поскольку остров находится в климатических условиях, идеально подходящих для создания ботанического сада под открытым небом, этим пользуется современное местное население. Вся островная экономика «завязана» на туристический бизнес. Процветает и земледелие на склонах вулканической кальдеры, обширной блюдцеобразной впадины с крутыми ступенчатыми стенками.

Туристов, подплывающих на круизном лайнере, прямо с палубы везут в один из двух ботанических садов, про которые можно сказать просто – они прекрасны! Хорошо спланированы, ухожены, разноцветны и покоряют в любое время года. Конечно, самое лучшее время года для посещения – весна, когда на Мадейре массово цветут субтропические деревья, но и в другие сезоны здесь есть, что посмотреть. Да и сам Фунчал (Фуншал), столица острова,

КОРОЛЮК Елена Анатольевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории Гербарий Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор более 100 научных работ

Флора Древнего Средиземноморья формировалась по побережью древнего океана Тетис, который просуществовал чуть ли не миллиард лет – от 850 до 5 млн лет назад. Постоянно менявший свои очертания, Тетис разделял древние континенты Гондвану и Лавразию, а впоследствии и участки суши, сформировавшиеся из них в результате дрейфа континентов. Поэтому древнесредиземноморская флора развивалась преимущественно в результате миграций. Растения, которые занимали эту территорию, происходили из бореальных (северных) и тропических флор. Виды перемешивались, скрещиваясь друг с другом, что давало толчок видообразованию.

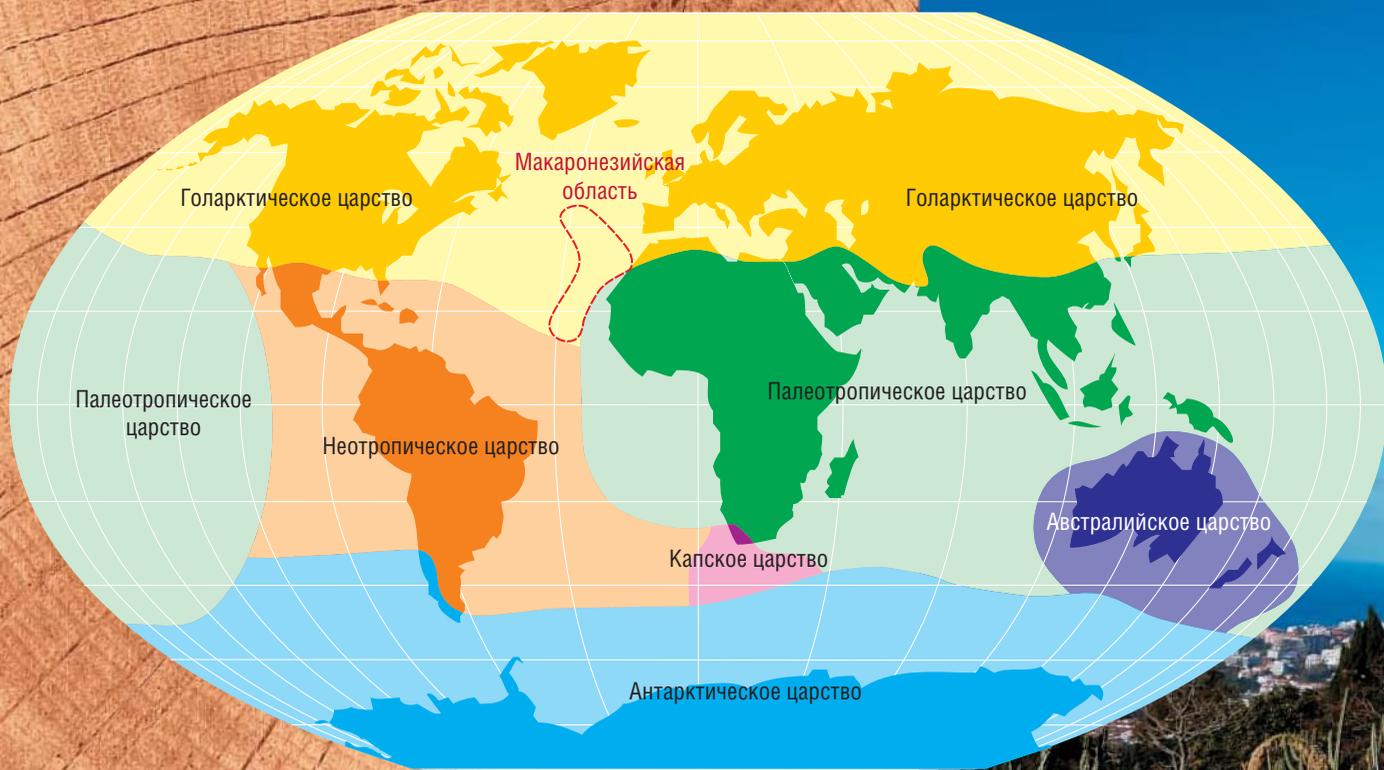
Древнесредиземноморское подцарство подразделяется на 4 области (Тахтаджан, 1978). Три из них – континентальные и прибрежно-континентальные. И хотя суша здесь меняла свои очертания со временем, эти территории всегда были связаны между собой сухопутными коридорами. Исключение составляет Макаронезийская область, охватывающая крошечные, по континентальным меркам, вулканические острова. Макаронезия удивительна тем, что растения заселяли ее, по-видимому, только морским путем или при помощи перелетных птиц, причем этот процесс продолжался в разные геологические эпохи. Так что результат, который может увидеть здесь ботаник, оказался поистине головокружительным!



Остров Мадейра, возникший 5 млн лет назад, представляет собой вершину древнего щитовидного вулкана. Он расположен на расстоянии 700 км от северо-западного побережья Африки и более 400 км к северу от Канарских островов. Максимальная длина – 57 км, ширина – 27 км, общая площадь – 740,7 км²



Представители семейства бурачниковых в природном заповеднике «Понта-де-Сент-Лоуренсу»



Флористические царства Земли. Макаронезийская область Голарктического царства охватывает крошечные вулканические острова, расположенные вблизи берегов Африки и юго-западной оконечности Европы

РАСТИТЕЛЬНАЯ РАДУГА ПЛАНЕТЫ

Флорой называют исторически сложившуюся совокупность видов растений, населяющих определенную территорию в конкретную геологическую эпоху. Впервые введенный в обращение в середине XVII в., этот термин до сих пор обозначает научную «опись» растений. Флоры (как и фауны) никогда не бывают совершенно одинаковыми.

Основные закономерности районирования флор Земли были сформулированы в книге замечательного ботаника и ученого-эволюциониста А.Л. Тахтаджяна «Флористические области Земли» (1978), и именно этой классификацией сегодня пользуются ботаники. За 248 страницами сухой латыни ботанику видятся экзотическая пышная флора тропиков, суккуленты пустынь и морских побережий, жестколистные субтропические леса... Все растительное многообразие, всю мозаичность покрова планеты Тахтаджян распределил по 6 флористическим царствам, которые подразделяются на подцарства, 34 области и 147 провинций. Флористическое разнообразие каждого географического региона определяют самые разные факторы, в первую очередь климатические. Огромную роль играют и миграционные процессы, географическая изоляция и полное или частичное вымирание отдельных флористических комплексов или даже целых флор. В результате многие области Земли характеризуются сегодня очень своеобразным набором видов, родов и даже семейств. Один из главных показателей уровня самобытности флоры – число эндемиков (видов, родов, семейств), произрастающих только на данной территории

может смело претендовать на роль открытого класса по ботанической географии.

Кстати сказать, вся литература по истории Португалии начинается с главы об «Островах блаженных» – мифической области, расположенной где-то на краю света посреди океана, служащей одним из символов рая в мифологии различных народов. И острова Макаронезийской области, в том числе Мадейра, как нельзя лучше соответствуют этому преданию.





Ботаники различают около 10 видов и подвидов рода *Strelitzia* – узких эндемиков Капского флористического царства. На сувенирной продукции о. Мадейра часто изображают эти очень приметные цветки, хотя на самом деле стрелитция является одним из символов Южной Африки, где произрастает в диком виде. Опыляют эти растения птицы из семейства нектарницевых. Два вида стрелитции уже много лет держат пальму первенства в топ-списке самых декоративных растений мира



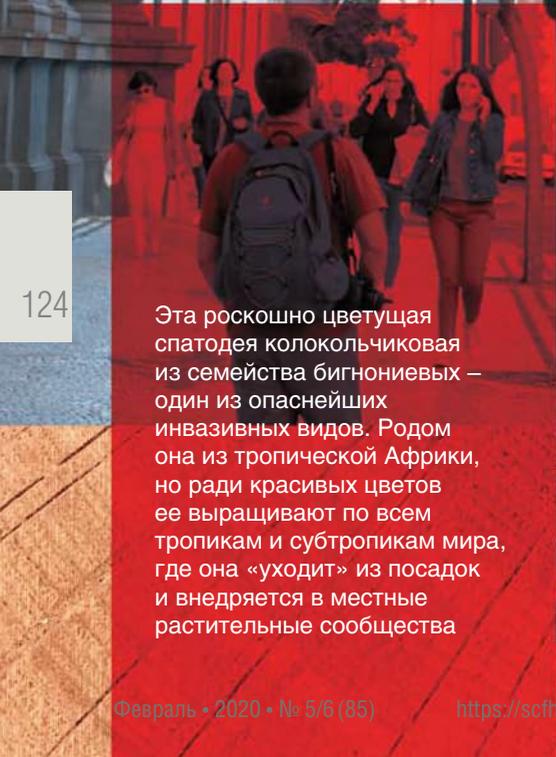


Судя по многим данным, человек начал заселять эти острова в Атлантическом океане еще со времен Римской империи. Государственная же колонизация острова Мадейра Португалией началась в 1420-х гг. Таким образом, основное заселение людей на «острова Блаженных» пришлось на время Великих географических открытий. С этого момента на Мадейре стало активно развиваться земледелие, и, вероятно, именно тогда на острове появились первые растения, завезенные колонистами и моряками из других уголков планеты.

Долгое время (со времени открытия в 1500 г. и до начала XIX в.) колонией Португалии была Бразилия, поэтому неудивительно, что на Мадейре сейчас растет большое число деревьев родом из Южной Америки.

на стр. 129

В Африке, как на континенте, так и на окружающих островах, в том числе в Макаронезии, встречается большое число видов драцен (справа вверху). Через Мадейру проходит северная граница африканской части ареала рода



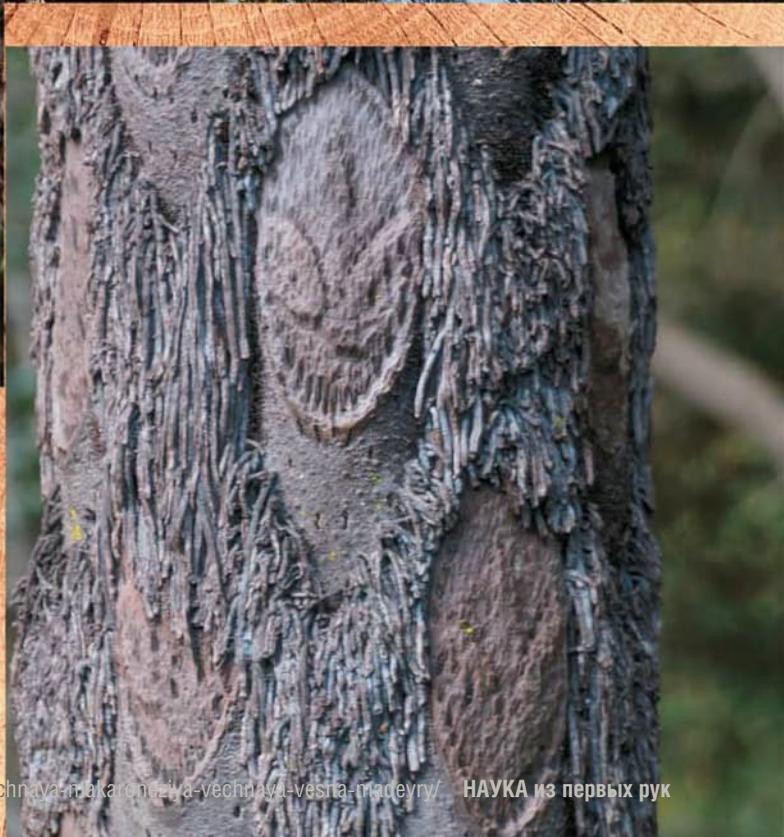
Эта роскошно цветущая спатодия колокольчиковая из семейства бигониевых — один из опаснейших инвазивных видов. Родом она из тропической Африки, но ради красивых цветов ее выращивают по всем тропикам и субтропикам мира, где она «уходит» из посадок и внедряется в местные растительные сообщества





Утро на рынке в Фуншале. В этих необыкновенных, только что срезанных букетах нет ни одного дикого местного растения, только иноземные «культурные» гости





Облик лесов нашей планеты 400 млн лет назад определяли древовидные папоротники. Их потомки широко представлены в ботанических садах и на улицах Мадейры. Например, эти циатеи из Голантарктического и Австралийского флористических царств. Вместо листьев у папоротников имеются вайи, которые фотосинтезируют и одновременно несут на себе органы размножения (спорангии со спорами)



Драцена драконовая, или драконовое дерево – эндемичный подвид из Макаронезии

Во влажном и умеренном климате горных склонов Мадейры прекрасно себя чувствуют виды рододендронов, азалий и камелий, характерных для умеренного климата Юго-Восточной Азии





128



Сейба пятичлениковая, иначе называемая капоком или хлопковым деревом из-за легкого и эластичного волокна, получаемого из плодов. Родина сейбы – Северная и Южная Америка и Африка

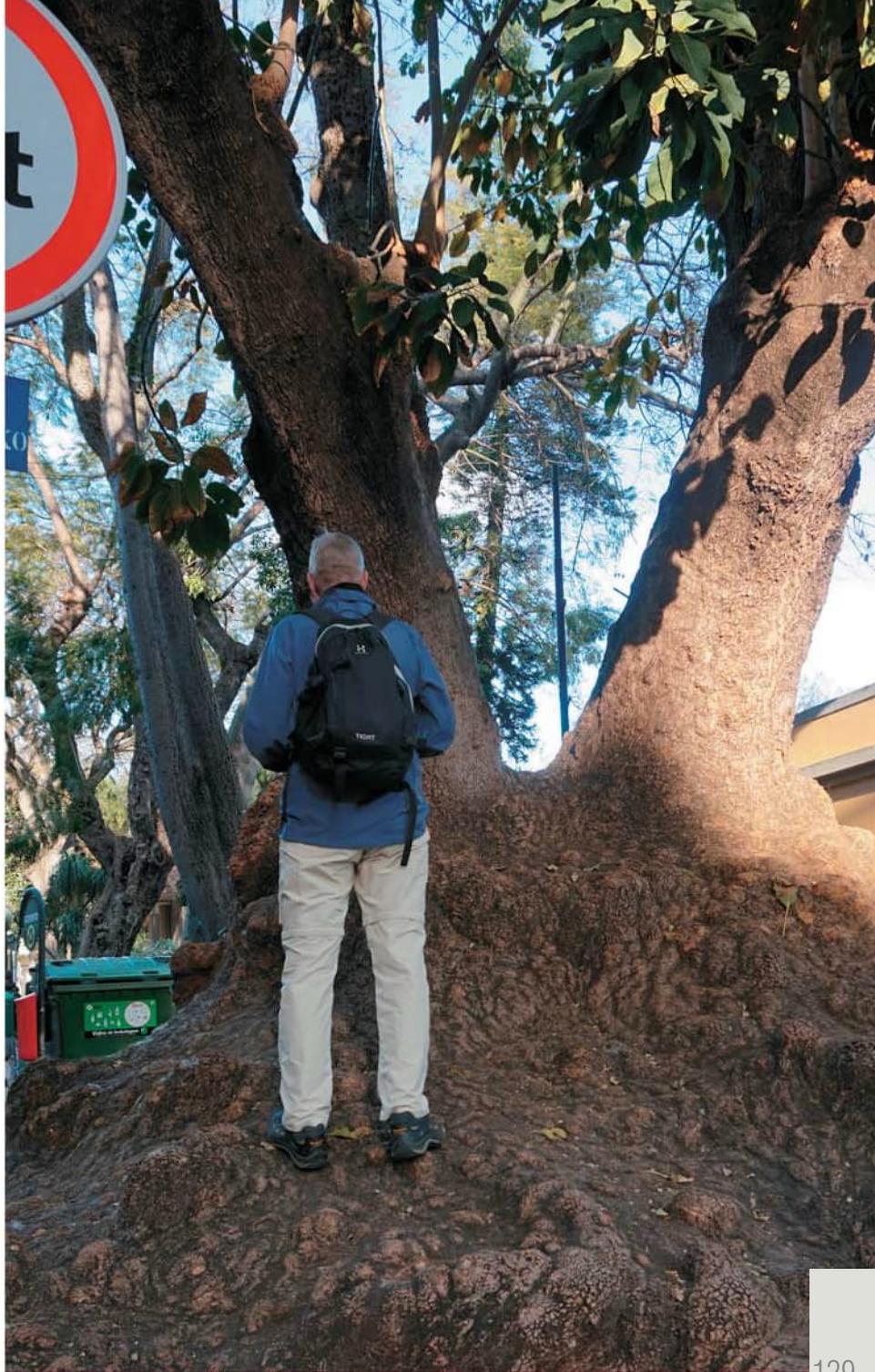
Эти растения прекрасно себя здесь чувствуют, их широко используют для озеленения улиц и дворов. Множество деревьев в Фуншале отмечены специальными табличками-этикетками, из которых любознательный путешественник может узнать их ботаническое название и систематическое положение, а также область распространения этих видов на планете.

Для ботаника же и сады, и богатое зеленое убранство населенных пунктов, и сельское хозяйство, которое специализируется преимущественно на «заморских» сахарном тростнике, бананах и винограде, хотя и представляют определенный интерес, но, честно признаться, он едет сюда не за этим.

Реликты и «чужаки»

Макаронезийская флора относится к так называемому реликтовому типу флор. Другими словами, в ней преобладают виды, обитавшие здесь до четвертичного периода (более 2,5 млн лет назад) и с тех пор не изменившиеся или слабо изменившиеся. «Если в большей части Западной Европы ход исторических событий был необычайно бурным и непостоянным, в результате чего до нас после ледникового периода дошли лишь жалкие остатки третичной флоры, то в это же время на Мадейре и в Японии за весь длинный период времени, протекший от конца третичного периода [около 1,8 млн лет назад] до настоящей минуты, почва была одета флорой приблизительно сходного характера» (Краснов, 1888).

на стр.132



129

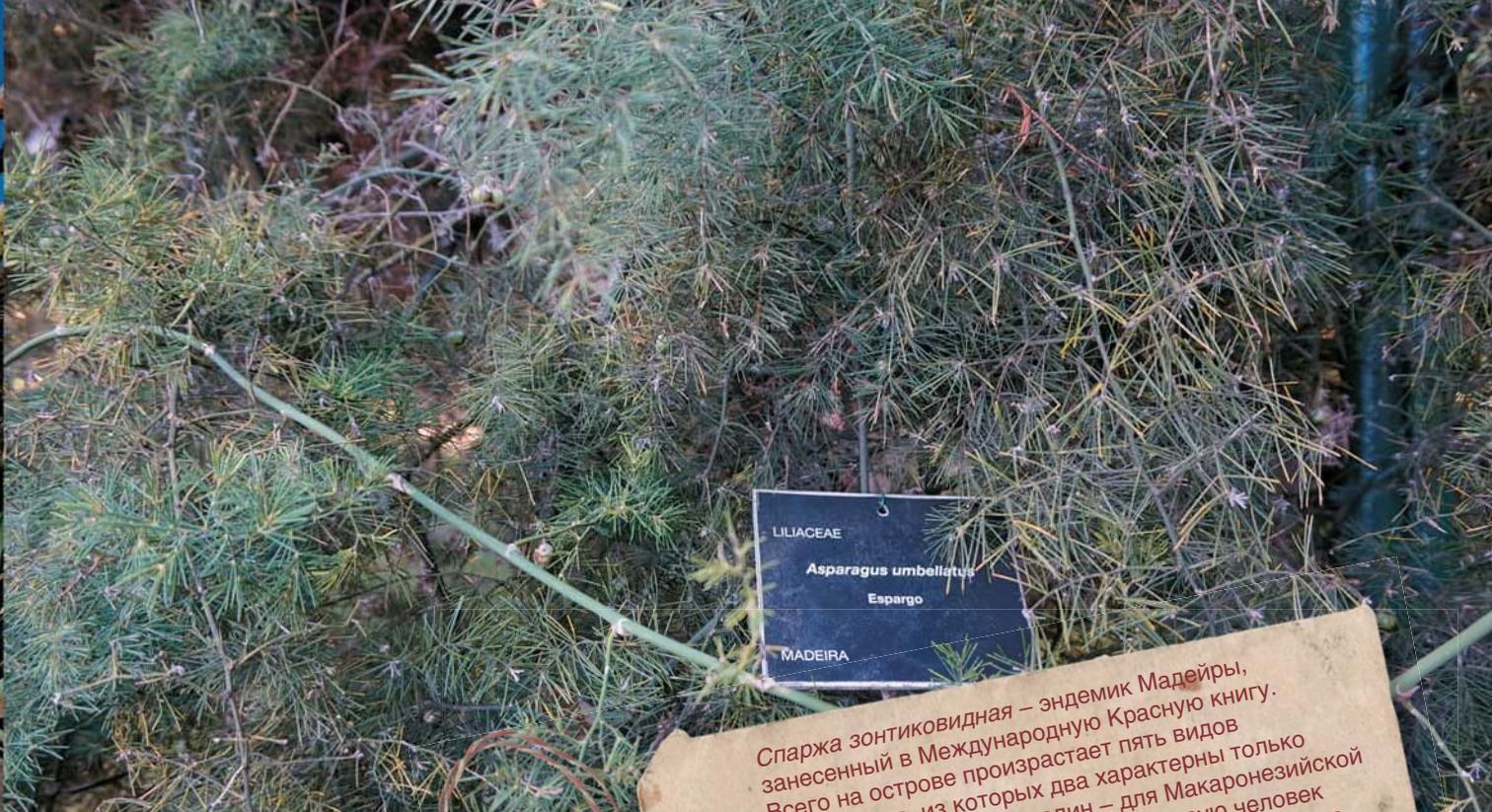
В Фуншале поражают воображение огромные комели лаконосов, наползающие на тротуары. На фото – лаконос двудомный (*Phytolacca dioica*), или омбу, вечнозеленое дерево родом из Южной Америки. Именно на таком дереве спасались от наводнения герои романа Ж. Верна «Дети капитана Гранта»



Эти футуристические «скульптуры» – отцветшие соцветия мексиканской агавы. На Мадейре успешно интродуцированы три вида агав

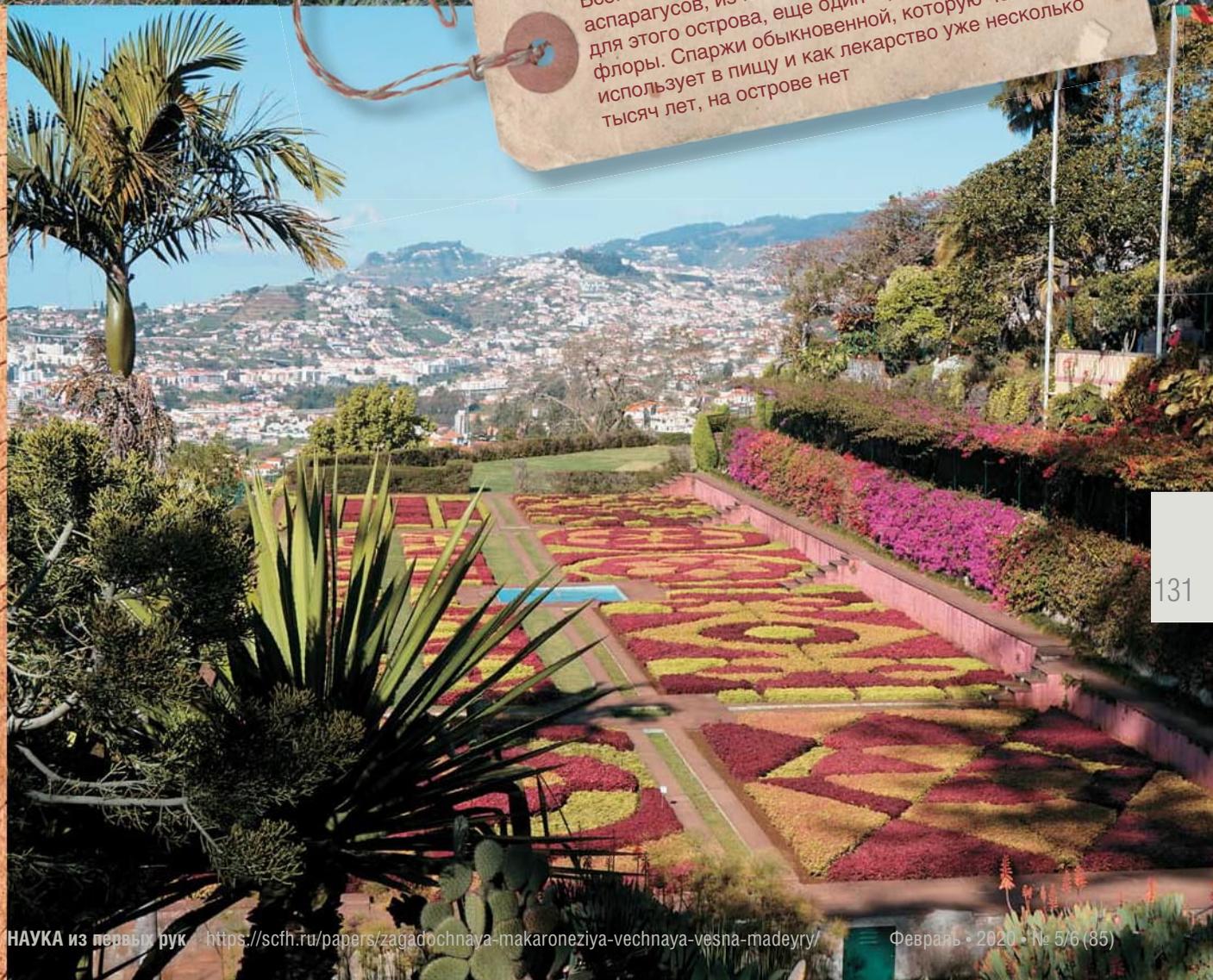
В Фуншале можно посетить два ботанических сада. В одном из них много прогулочных зон с иноземными растениями. Другой, меньшего размера, украшают классические «грядки» с коллекциями видов растений из разных точек планеты, которые растут здесь прямо под открытым небом. В этих садах также представлена аборигенная флора Макаронезии

Крамбе кустарниковый из семейства капустных – эндемик о. Мадейра. Вид внесен в Международную Красную книгу. Всего насчитывается около 2–3 десятков видов этого рода, некоторые из них съедобны



LILIACEAE
Asparagus umbellatus
Espargo
MADEIRA

Спаржа зонтиковидная – эндемик Мадейры, занесенный в Международную Красную книгу. Всего на острове произрастает пять видов аспарагусов, из которых два характерны только для этого острова, еще один – для Макаронезийской флоры. Спаржи обыкновенной, которую человек использует в пищу и как лекарство уже несколько тысяч лет, на острове нет





Цветущая герань
в лавросильве.
Из девяти видов герани,
произрастающих
на острове, три – эндемики

Современная флора Макаронезийской области насчитывает около 1600 видов. Эндемичных родов здесь сравнительно мало – 30%, а вот число видов-эндемиков довольно велико – 650, чуть более трети от общего количества (Тахтаджян, 1974). Больше всего эндемичных видов на Канарских островах, на Мадейре их около 120 (Jardim & Menezes de Sequeira, 2008). Наиболее интересными из них являются виды семейства *лавровых* (Lauraceae).

Флора острова Мадейра насчитывает 1220 видов – для такого крошечного куска суши впечатляющая цифра. В это число входят как аборигенные, так и *интродуцированные* (преднамеренно или случайно попавшие сюда



в результате человеческой деятельности) и *инвазивные* (чужеродные, угрожающие биоразнообразию региона) виды.

Почти 15 га на Мадейре заняты естественными вечнозелеными лавровыми лесами. Это всего лишь пятая часть территории острова, который в свое время получил название от португальского *madeira* – древесина, дерево, лес. По данным палеоботаников, из всех современных растительных формаций эти лавровые леса наиболее близки к древним, миоценовым и плиоценовым лесам Европы, которые росли там примерно 2,3–2,5 млн лет назад. Эти леса имеют собственное название *Laurosylva* и нигде больше на планете не произрастают, кроме как на островах Макаронезийской области.

В условиях постоянной влажности в лавросильве отлично чувствуют себя споровые растения: 68 видов папоротников, из них 13 – эндемики Мадейры. Всего же во флоре Мадейры и соседнего о. Селвагенш на 2008 г. выявлено около 150 видов и подвидов эндемичных растений

Во влажных тропиках и субтропиках по всему миру произрастает около 45 родов и свыше 2,8 тыс. видов семейства лавровых. Но только четыре вида из четырех родов формируют облик растительности о. Мадейра на определенных высотах. Эти растения служат доказательством того, что остров был заселен в первую очередь представителями древней реликтовой флоры третичного периода. Окаменелые остатки представителей именно этих четырех родов были найдены в отложениях континентальной Европы того времени. Растениям древней флоры удалось выжить на Мадейре благодаря удаленности и благоприятным климатическим условиям острова (Capelo *et al.*, 2004, 2007)



Герань мадейрская в одном из ботанических садов Фуншала. Уже из названия понятно, что это узкий эндемик о. Мадейра





Характерные представители флоры Макаронезии: левкой мадейский из семейства капустных (вверху) и андриала железистая из семейства сложноцветных (внизу) в природном заповеднике «Понта-де-Сент-Лоуренсу»



За последние столетия Мадейру посещали многочисленные натуралисты, которые исследовали ее растительный мир. Споры о происхождении островной флоры не утихали на протяжении XIX и XX вв.

Согласно современным представлениям (Capello *et al.*, 2007), флора Мадейры была сначала сформирована за счет «древних» видов – лавровых, лесных папоротников, представителей семейства вересковых. Затем там появились виды более молодого геологического возраста, так называемые *неоэндемики*, – на Мадейре к ним относятся некоторые виды из семейств капустных, астровых и молочайных.

Позже к этому «букету» добавились элементы средиземноморской флоры, как древней, так и более поздней, которые в настоящее время распространены в районах субпустынной Африки у побережья Красного моря. В основном это растения, приспособленные к засушливому климату – *суккулентные* или *ксерофитные* (например, дрок, молочай, аспарагусы, мирт). Наконец, последними там появилась так называемая





Из шести видов бессмертника из семейства сложноцветных, произрастающих на Мадейре, четыре – эндемики.

Природный заповедник «Понта-де-Сент-Лоуренсу»



Этот томат обыкновенный вырос на прибрежной полосе около морского порта в г. Фуншал. Как и все сельскохозяйственные растения, эта овощная культура попала на Мадейру вместе с человеком



Весной на всех высотах острова на открытых скалистых склонах, в оврагах, а также на опушках или окраинах леса можно увидеть настоящий солнечный «ковер» – это цветут аденокарпусы и дроки, кустарники из семейства бобовые. Во флоре Мадейры имеется 4 вида дроков, из которых только один – *Genista tenera*, является узким эндемиком острова, занесенным в Международную Красную книгу. Остальные виды были привезены человеком в качестве красивоцветущих и лекарственных растений



антропогенная флора – растения, которые были интродуцированы человеком и успели натурализоваться. Например, специально завезенные туда еще до 1500 г. каштаны, сосны и виноград, а также более поздние, например, агрессивные виды мелколепестника и агератины из семейства сложноцветных.

Большая часть территории Мадейры сегодня относится к заповедной. Аборигенные лавровые леса Мадейры в 1999 г. были объявлены Всемирным наследием ЮНЕСКО, но это не помогло решить многие проблемы, связанные со все возрастающим натиском видов, завезенных человеком. Вопрос с инвазивными видами по-прежнему стоит очень остро.

Наиболее агрессивными среди древесных пород являются эвкалипты разных видов, которые в наши дни высаживают «на дрова» на огромных территориях на обоих полушариях. Эти деревья – рекордсмены по скорости роста и времени достижения деловой спелости. Плохо то, что они так же быстро «дичают», превращаясь в злостные «сорняки», которые вытесняют местные виды и быстро истощают почву. Есть проблема и с травянистыми инвазивными растениями, которые мгновенно занимают все местообитания, нарушенные человеком (залежи, вырубки, откосы дорог и др.), активно вытесняя местные виды.

Литература

Краснов А. Н. *Опыт истории развития флоры южной части Восточного Тянь-Шаня*. СПб., 1888. 413 с.

Тахтаджян А. Л. *Флористические деления суши // Жизнь растений / Под ред. Н. А. Красильникова, А. А. Уранова*. М.: Просвещение, 1974. Т. 1. С. 117–153.

Тахтаджян А. Л. *Флористические области Земли*. Л.: Наука, 1978. 246 с.

Capelo J. et al. *Biologia e ecologia das florestas das ilhas – Madeira // Árvores e Florestas de Portugal / Ed. J. Sande Silva. Edicao da Fundacao Luso Americana para o Desenvolvimento, Publico e Liga para a Proteccao da Natureza, 2007. V. 6: Azores e Madeira – A Floresta das Ilhas*. P. 81–134.

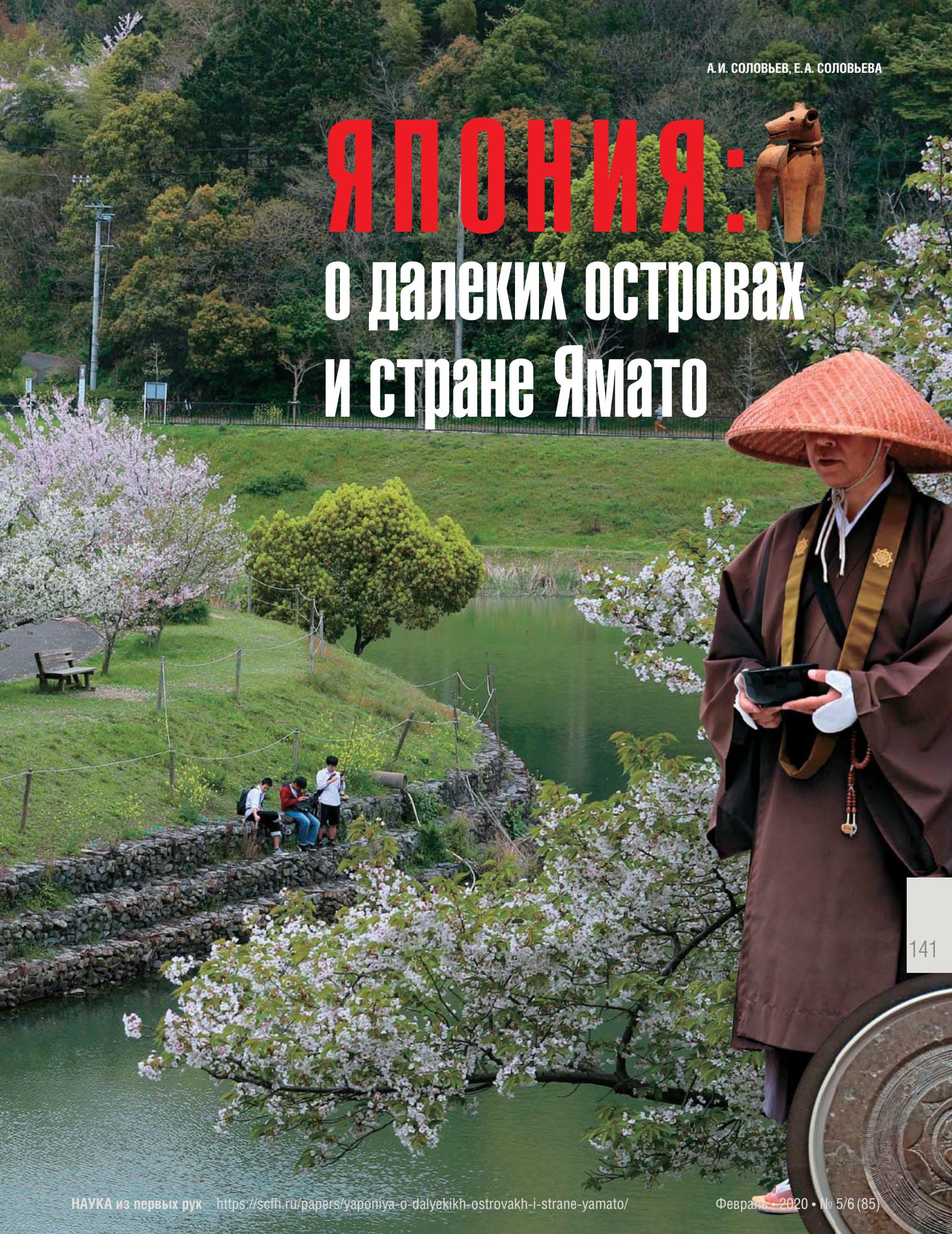
Jardim R., Menezes de Sequeira M. *Lista das Plantas Vasculares (Pteridophyta e Spermatophyta) // Borges P. A. V. et al. (eds.) A list of the terrestrial fungi, flora and fauna of Madeira and Selvagens archipelagos. Direcção Regional do Ambiente da Madeira and Universidade dos Acores, Funchal and Angra do Heroismo, 2008. P. 181–207.*

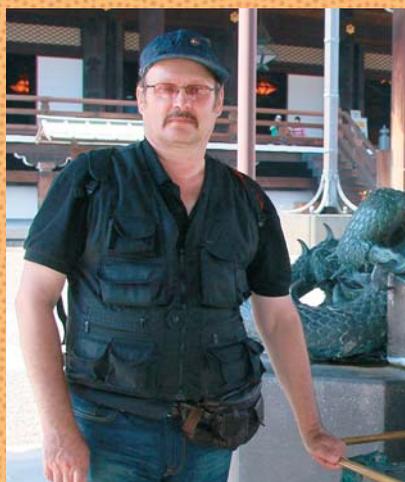
В публикации использованы фото автора и А. Ю. Королюка (ЦСБС СО РАН, Новосибирск)



ЯПОНИЯ:

О ДАЛЕКИХ ОСТРОВАХ И СТРАНЕ ЯМАТО





СОЛОВЬЕВ Александр Иванович – доктор исторических наук, ведущий научный сотрудник сектора археологии бронзового и железного веков отдела археологии палеометалла Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск). Лауреат Государственной премии Новосибирской области (2018 г.). Автор и соавтор более 200 научных статей, 10 монографий и 2 учебных пособий для школьников



СОЛОВЬЕВА Елена Анатольевна – кандидат исторических наук, научный сотрудник сектора зарубежной археологии отдела археологии палеометалла Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск). Лауреат Государственной премии Новосибирской области (2018 г.). Автор и соавтор более 70 научных статей, 3 монографий и 2 учебных пособий для школьников

© А. И. Соловьев, Е. А. Соловьева, 2019

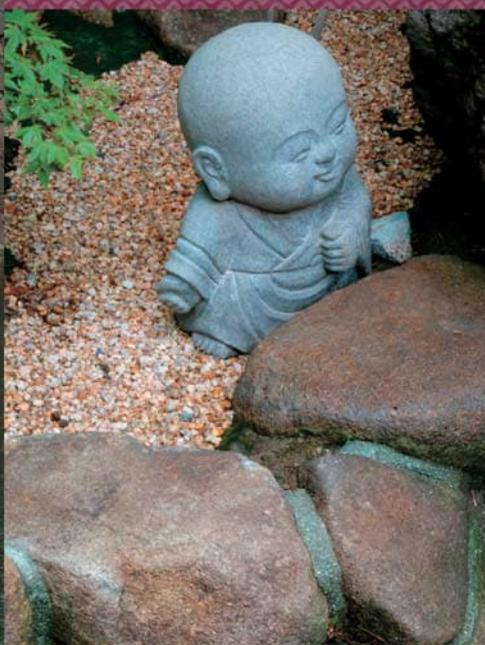
Современная Япония – это высоты из железа, стекла и бетона, рвущиеся к небу из плотных застроек угловатых домиков под плоскими крышами с рядами солнечных батарей; черепичные кровли многочисленных храмов и укрывшаяся между домами зелень небольших парков, детских площадок и городских некрополей. Двигаясь по скоростным и не очень магистральям железных дорог, очень трудно заметить, где заканчивается один населенный пункт и начинается другой – так легко и плавно перетекают они друг в друга, разделенные лишь квадратами небольших полей и горными цепями, пробитыми туннелями... Казалось бы, какая тут может быть археология и какая древняя история? Но нет, они тут, буквально под ногами. Каждый из японских островов так насыщен своей особенной, местной и вместе с тем общей историей страны, как, наверное, мало где в мире

Ключевые слова: Япония, Японские острова, традиции, курган, обрядовая практика, Будда, яёй, кофун, сумо, ябусамэ.
Key words: Japan, Japanese islands, traditions, burial mound, ritual practice, Buddha, Yayoi, Kofun, sumo, yabusamé

Любая часть культурной ойкумены, каждый участок ее территории имеет свою собственную, глубоко оригинальную историю. Но даже чтобы просто заметить ее, требуются зачастую немалые усилия: все скрывает пелена минувших лет и, в первую очередь, шлейф современности. И только в Японии древность, уходящая корнями в тысячелетия, органично встроена и в повседневную жизнь, и в обозримое будущее.

Животворящее дерево

История тут везде. Даже в корнях и стволах гигантских деревьев, современников первого и второго Тюркских каганатов. Эти древесные чудеса, чей возраст перевалил далеко за тысячелетний рубеж, бережно сохраняются за стенами не менее древних монастырей или в глубинах парков. От некоторых из них остались лишь стволы да гигантские пни, покрытые молодыми побегами. Они давно бы исчезли в нашей, да и в любой европейской стране благодаря какой-нибудь программе по оздоровлению растительности. Но в Японии они служат объектом неустанной заботы.



Ров и старая стена императорского замка. Токио
Фигурка монаха в буддийском храме (слева)

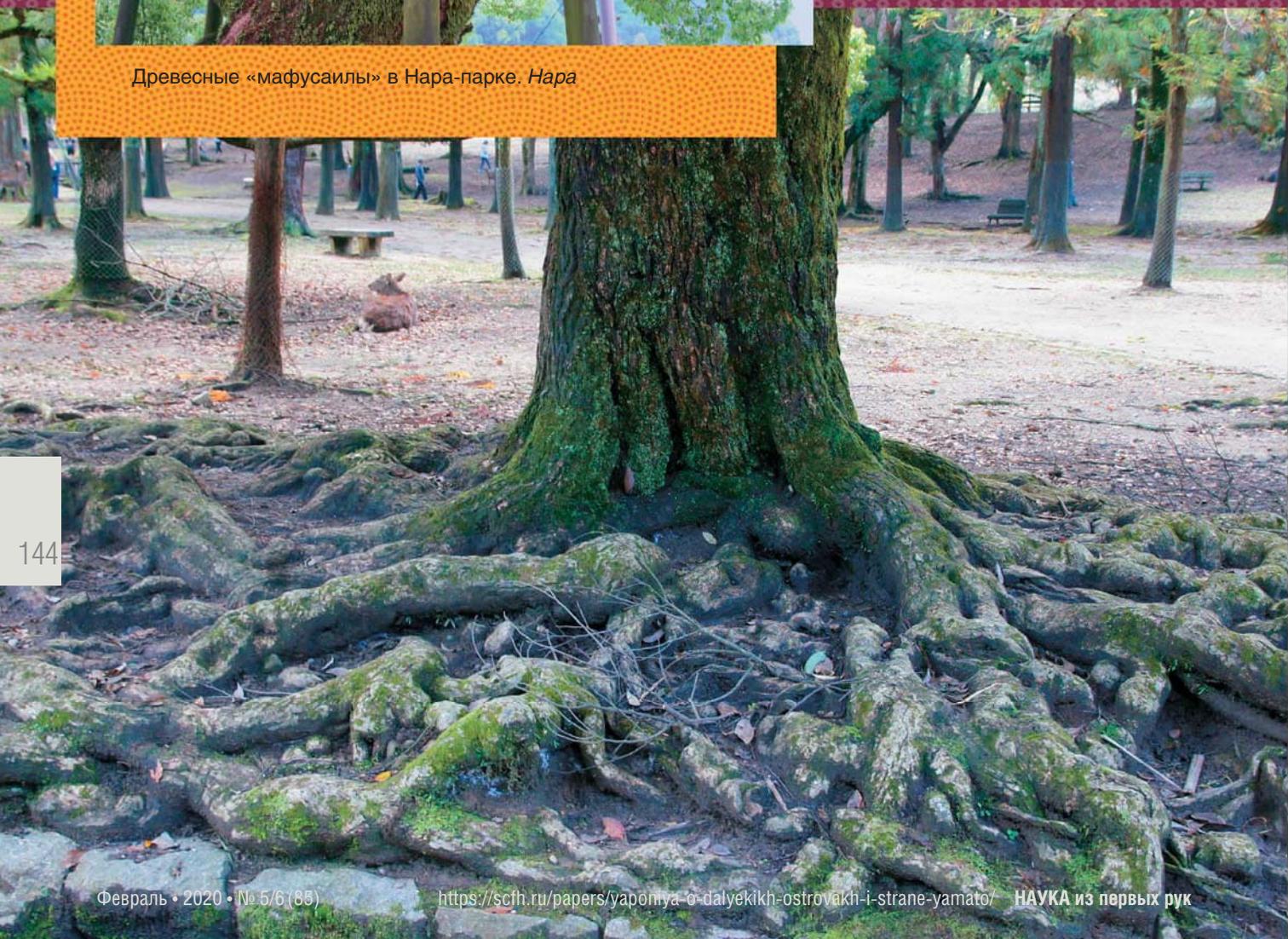




Древесные «мафусаилы» в Нара-парке. *Нара*

Столетние лишайники и так называемый «загар» камней тоже скрывают историю. В них, как считают сами японцы, как и в деревьях, пребывают духи *ками*, которым из века в век продолжают поклоняться жители Японских островов.

О прошлом рассказывают и потемневшие от времени стены деревянных храмов, брусья которых тесали мастера раннего Средневековья (VII–VIII вв.). И делали это орудиями, практически идентичными тем, что используют в наши дни: отличия заключаются лишь в составе и качестве металла лезвия. Столь же древни, отточены веками и строительные приемы, которые используются в деревянном зодчестве наших дней.



В городе Нара – древней столице империи, давшей имя целому периоду раннесредневековой истории страны (710–794 гг.), связанному с возвышением буддизма, расположен подавляющий своим величием и масштабами храм Тодай-дзи (Великий восточный храм). Возведенный в середине VIII в., он считается самым крупным деревянным сооружением в мире.

На подходе к храму надо миновать пару мощных и высоких проходных ворот, в том числе Великие южные ворота (Нандаймон) с двухъярусной крышей и пятью пролетами, которые поддерживаются колоннами из цельных стволов и охраняются громадными деревянными скульптурами чудовищных





Страж у ворот храма Нинна-дзи. Киото

стражей Нё. С их ступеней сам храм не выглядит столь уж большим, пока взгляд не остановится на маленьких фигурках людей, группками и в одиночку взбирающихся по ступеням к его входу.

В огромном внутреннем зале храма расположена бронзовая статуя сидящего «гигантского Будды». Говорят, что отливке этой фигуры предшествовали семь неудачных попыток. Правда это или нет, но это особенное число уже само по себе указывает на сакральность процесса.

Истинные размеры изваяния – самого большого в Японии и одного из крупнейших в мире – осознаются не сразу. Ясно ощутить их нам удалось во время одной из обрядовых церемоний.

В тот холодный зимний вечер горели все древние бронзовые фонари вдоль храмовой аллеи. У пламени костров в огромных бронзовых сосудах у ворот грелись, протягивая ладони к огню, паломники и многочисленные туристы. Темные фигуры вереницами тянулись к распахнутым воротам храма, освещенным изнутри мерцающими огнями. Сквозь сизоватый дымок проглядывало подножие центральной скульптуры.

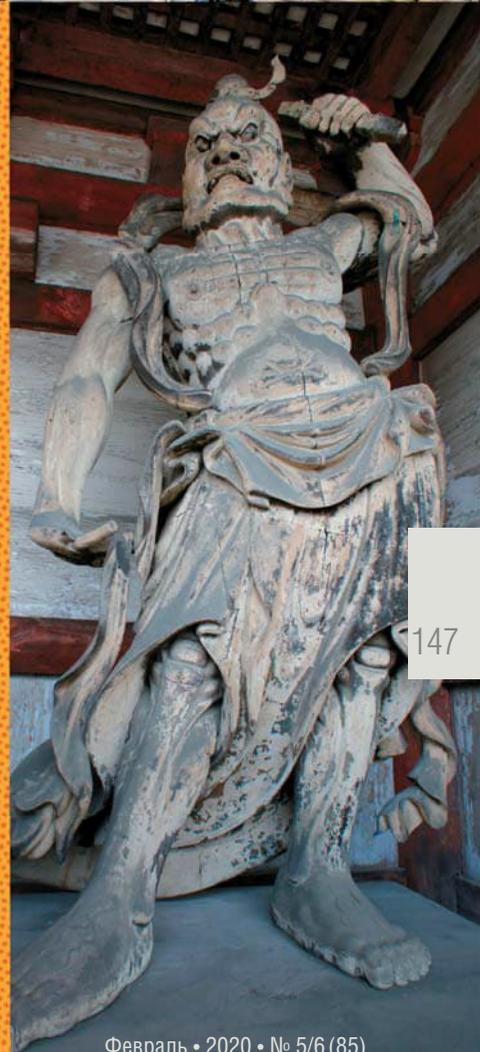
В какой-то момент, когда «хор» голосов зазвучал с особой силой, распахнулись малозаметные створки огромного окна-люка под козырьком крыши, из него ударили лучи света и потянулись струйки ароматного дыма. Когда они рассеялись, в окне вверху темной громады освещенного снизу храма, вспыхнула золотым блеском часть лица Будды Вайрочаны. В этот момент открылся величественный масштаб скульптуры, на отливку которой ушли почти вся имевшаяся в государстве бронза и порядка полутора сотен килограммов золота, не говоря уже о тысячах тонн древесного угля.

Внутри храма за спиной Будды находится деревянная колонна с небольшим овальным отверстием у основания, которое уходит в камень фундамента. Упирается она в стропила крыши, которая в традиционных верованиях символизирует образ неба, или Верхнего мира. Глядя на этот монументальный столп и текущую к нему очередь, невольно вспоминаешь представления о «древе жизни», соединяющем все этажи мироздания.

Деревообработка в Стране восходящего солнца достигла фантастически высокого уровня. Когда смотришь на хитросплетения балок и их кружевные сочленения под крышами построек (не скрытых, как в Европе, плоскостями потолка), то кажется, что без компьютерного моделирования сделать такое невозможно. Но нет, эти чудеса появились благодаря зоркому глазу, золотым рукам и пространственному воображению древних мастеров. Брусья перекрытия соединялись в хитроумный замок столь плотно, что выглядят сплошным монолитом



Тодай-дзи, как почти все деревянные сооружения древности, неоднократно горел, но восстанавливался практически в первозданном виде (последний раз в 1903–1913 гг.). Сейчас его высота достигает 50, длина – 57 и ширина – 50 м



147







В праздничные дни распахнутые створки этого окна-люка (*слева сверху*) приоткрывают часть лица скульптуры Будды

Дайбуцу (Большой Будда) (*вверху*). Будда из Тодай-дзи восседает, поджав ноги, на троне в виде цветка. Правая рука вытянута в благословляющем жесте. Высота фигуры достигает 16 м, ширина лица – 3 м. Через глазницы диаметром в 1 м, как утверждают, может свободно пролезть человек

Деревянная колонна (*слева*). Еще в начале 1990-х гг. древнюю поверхность колонны можно было потрогать руками. Сейчас она обшита досточками, чтобы уберечь от разрушения. Ведь ежедневно тысячи туристов внедряются в отверстие в ней, нередко застревая внутри. Тогда их спутники дергают стонущую жертву за руки, а порой и подталкивают ее сзади, помогая достичь желанного очищения

С этим элементом храмовой архитектуры связано одно из любопытнейших древнейших поверий, истоки которого в разных, но похожих вариантах встречаются у традиционных обществ Евразийского континента (и не только). Согласно поверью, чтобы обеспечить успех новому важному делу, человек должен протиснуться сквозь отверстие в этой колонне головой вперед. Это равнозначно акту очищения, позволяющему оставить за собой весь накопленный груз грехов.

Дерево в самых разных традиционных представлениях архаичных человеческих коллективов является символом вечной жизни и обновления, тесно связанным с жизнью людей. В верованиях аборигенных народов Сибири оно выступает и как прародитель. Так, в лесных районах Северной Азии умерших младенцев хоронили в дуплах или специально выдолбленных отверстиях в стволах деревьев, которые

Тодай-дзи – храм буддийский. Но здесь есть нечто, сохранившее присутствие древних архаичных представлений, отчетливо просматривающихся в синто – еще одной форме религиозного сознания японцев, которую можно отнести к религиям общинного типа, сохранившимся в недрах традиционного мировоззрения населения Северной Азии. Сходство мифоритуальных установок синто и представлений, к примеру, обско-угорского населения севера Западной Сибири столь велико, что они кажутся одной историей, только рассказанной на разных языках. Здесь все пронизано верованиями, которые являются практикой обыденной жизни, где ритуал повседневен, а сакральностью наполнены вся природа и окружение человека. Где каждый камень, каждое дерево живы так же, как падающий снег и дождь...



Среди глиняных скульптур ханива, которые устанавливаются на крупных курганах эпохи кофун, есть и массивные мужские фигуры, которые, по мнению японских специалистов, изображают борцов сумо. Поднятая вверх, как бы в приветственном жесте, левая рука этих изваяний напоминает нам о ритуальном действии наших дней, когда борцы перед поединком разбрасывают соль над глинобитной спортивной площадкой, очищая ее от зла и скверны (вверху)

потом тщательно заделывали, придавая стволу первоначальный вид. Тем самым детей возвращали в породившее их лоно. Известны и так называемые «воздушные погребения» взрослых в ветвях деревьев, имевшие тот же смысл. Да и всем знакомая колода является, по сути, образом древесного ствола.

К корням деревьев относили больных, полагая, что их мощная магическая сила обновит и возродит их к новой жизни. Аборигены Сибири и жители средневековой Европы в случае тяжелых родов прислоняли рожицы к стволу дерева – истокам животворящей и обновляющей первозданной силы растений, угасающих и воскресающих от сезона к сезону (Элиаде, 1998).

Согласно представлениям многих народов, для того, чтобы очиститься, нужно было пролезть сквозь развилку дерева или, что равнозначно, проползти между ногами взрослой женщины. А в ряде этнических групп иноземцу, чтобы быть принятым в общество, нужно было положить свою голову меж колен старшей женщины, которая исполняла символическую роль прародительницы. Все эти сакральные действия представляли собой магическую имитацию акта рождения, появления в мире нового, чистого как младенец существа. Именно на такой смысл указывает как месторасположение и форма деревянной колонны Тодай-дзи, так и отверстие у ее основания.

Дуэль тяжеловесов

Когда речь заходит о Японии, все отмечают сочетание передовых технологий и старых традиций повседневной жизни. Традиционная одежда женщин, своеобразная японская кухня, восточные единоборства, восходящие к суровым самурайским тренировкам; почерневшие от времени буддийские и синтоистские храмы и их выкрашенные в красный цвет современные аналоги, в цветовой гамме которых воплотились веяния культуры Китая, маленькие уличные кумирни и напоминающие одновременно карнавал и театральные представления уличные шествия – все эти явления имеют историческую



Реконструкция ханива в историческом парке кургана Имасиродзука. *Осака*

Фигурки, которые изображали людей и животных, встречаются в жилищах, на территории поселений и в захоронениях с эпохи неолита. Некоторые из них столь велики, что сами служили погребальными сосудами

составляющую, не всегда очевидную, а порой и глубоко сокрытую. Например, типично японская борьба *сумо*. Для нас это столкновение двух рослых толстяков, стремящихся вытолкнуть друг друга за пределы небольшого глинобитного круга, ограниченного толстой веревкой из рисовой соломы. Движения борцов неожиданно легки и стремительны, а физическая сила, несмотря на пухлый вид, колоссальна. Сила их столкновения такова, что, кажется, могла бы просто расплющить обычного человека. Миг – и противник вылетает из круга, а то и кубарем катится к ногам ликующих зрителей.

Зрелищно, удивительно азартно... Но о чем таком особенном, казалось бы, может говорить это состязание тяжеловесов? Однако если взглянуть на эту скоротечную борьбу, опираясь на известные этнографические данные, приходишь к выводу, что мы имеем дело с одной из очень важных составляющих культуры древнейшей цивилизации.

Первые письменные достоверные упоминания о борьбе сумо относятся к 642 г. Однако, судя по скульптурам *ханива*, которые есть на всех крупных курганах эпохи *кофун* (III–VII вв. н. э.), соревнования могучих тяжеловесов регулярно проводились с гораздо более раннего времени. Чтобы понять, какова могла быть практическая польза от такого действия, мало применимого в экстремальных ситуациях наших дней, полезно мысленно перенестись в еще более далекое прошлое – в удивительную эпоху в истории Японских



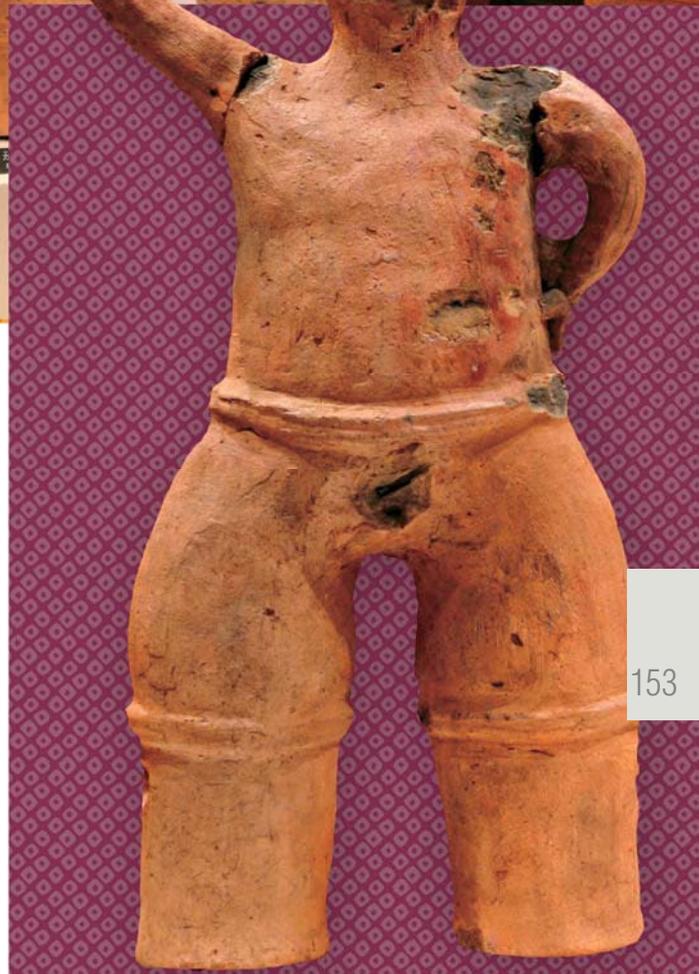
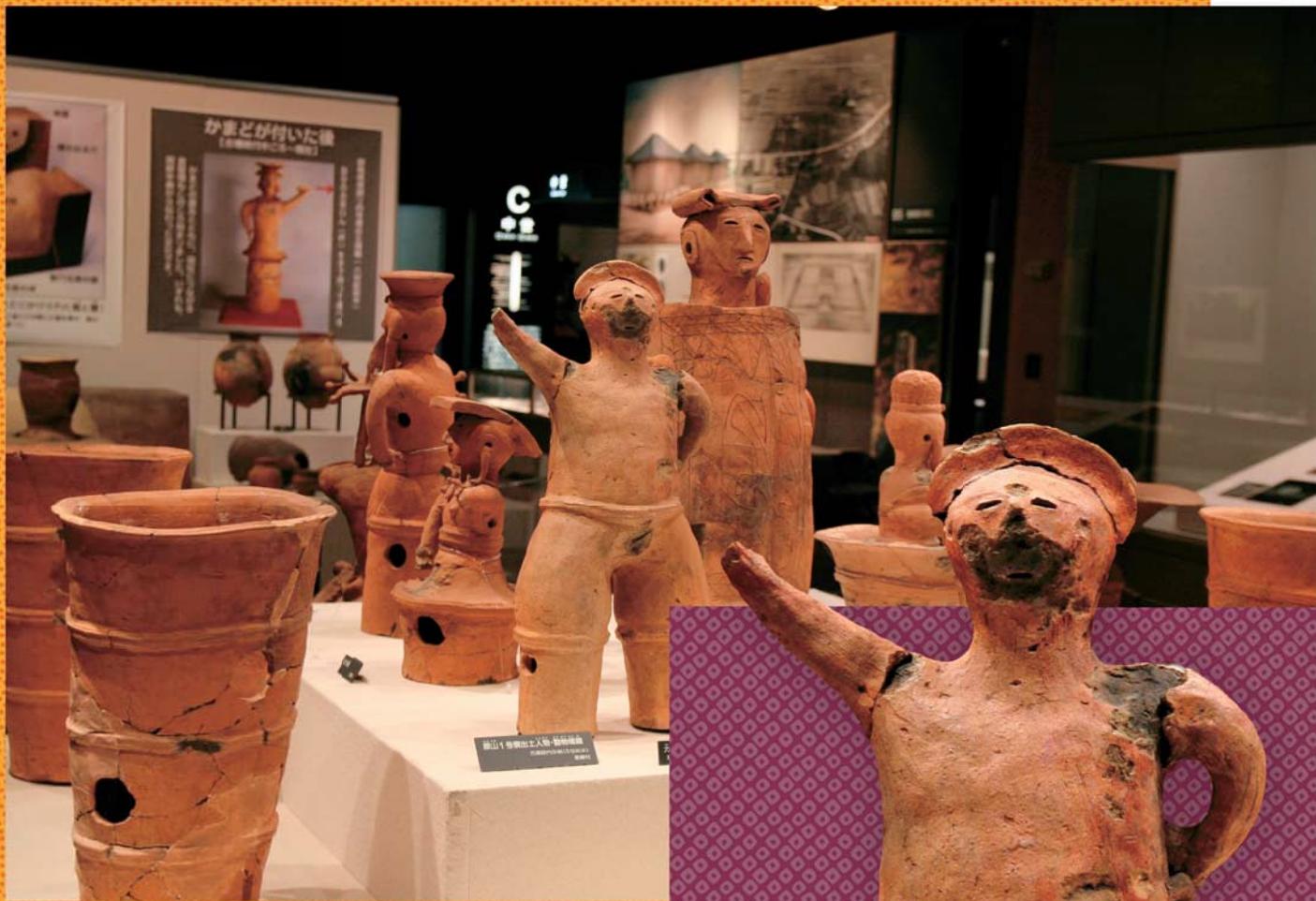
островов, названную *дэмон* (13–9,25 тыс. лет до н. э.; примерно соответствует периоду неолита), когда появилась керамическая посуда, новые технологии обработки камня, стало развиваться земледелие.

То было время расцвета приморского, присваивающего типа ведения хозяйства, и одной из первых задач для неолитического и гораздо более позднего населения была проблема жизнеобеспечения, в первую очередь поиска пищевых ресурсов. При этом плотность населения была низка, а сообщества невелики. Стоимость жизни каждого трудоспособного члена коллектива была крайне высока, и любые человеческие потери несли угрозу благополучию и даже, возможно, самому существованию сообщества.

Природно-ландшафтных зон, благоприятных для безбедного существования человека в то время, было сравнительно мало. Да и заселены они были давно и основательно. Все такие места были объектом мысленных устремлений и реальных поползновений сообществ, оказавшихся «за бортом жизни», что неизбежно порождало конфликты, в том числе с оружием в руках. Их следствием были потери обеих сторон, что зачастую приводило к фатальным для всех итогам.

И подобная картина была характерна не только для древнего населения Японских островов, но и практически для всех архаичных популяций, экономика которых базировалась на разного рода присваивающих хозяйствах. В отдельных регионах – в частности у охотничье-рыболовецких коллективов обширной лесной и отчасти лесотундровой зон Северной Азии – такое положение дел сохранялось вплоть до позднего Средневековья.

В таких архаичных сообществах, в том числе разделенных тысячами километров, шло формирование устойчивых норм и правил, ведущих к ограничению массовых кровопролитий или позволяющих вообще их избежать. Следуя известной мудрости, приписываемой китайскому стратегу и мыслителю Сунь Цзы, лучший бой – тот, который не состоялся. Если же мира достичь не удавалось, и силовое противостояние было неизбежно, то стороны договаривались вести сражение до первой



крови, заранее уславливаясь о максимальном числе убитых, компенсации потерь и т. д.

Наиболее распространенным способом разрешения конфликта стали поединки предводителей или специально выбранных бойцов, которые проводились по определенным правилам, порой напоминая дуэль. Например, метнувший копье воин должен был гордо стоять и под бодрящие крики сородичей ждать ответного броска. В другом случае, описанном этнографами, неприятели садились, скрестив ноги, друг против друга и по очереди наносили друг другу раны ножом. Так продолжалось до тех пор, пока один из соперников не сдавался или не терял сознание.

Надо ли говорить, что такие «дуэли» требовали большого мужества и закалки. Не менее часто споры решались борьбой без оружия, но в условиях ограничений по времени и необходимости наличия особых навыков у бойцов. Например, они должны были бороться на скользкой, необработанной шкуре моржа или по грудь в воде и т. д.

Общество прилагало особые усилия для подготовки таких бойцов. Так, в аборигенных обществах севера Сибири «коллегия» стариков выбирала по определенным признакам

Ханива в музее кургана Имасиродзука. *Осака*



Ябусамэ – очень красочное, насыщенное традиционной обрядностью зрелище, которое начинается с уличного парада участников с практически полностью средневековой экипировкой. На соревновании степень мастерства лучника можно определить по аллюру лошади, когда она мчится к мишени: чем быстрее скачет конь, тем опытнее стрелок. Первые мишени почти всегда поражаются, ведь стрела уже на тетиве. Конь летит дальше, всадник пытается быстро извлечь из колчана еще одну стрелу, но иногда не успевает, а порой даже роняет ее. А уже наступает очередь следующей мишени... Попасть в цель очень непросто: стрела может пройти вскользь, пролететь мимо или удариться боком, а может и вообще отскочить от мишени. Не всем всадникам удастся даже выстрелить по мишени, но, разумеется, среди них есть и мастера



Надо успеть на скаку одной рукой не только достать стрелу, но и, перехватив, не потерять ее. Праздник ябусамэ в районе Синдзюку. Токио

Строгие судьи живо наблюдают за действиями участников состязания



Состязания ябусамэ позволяют реалистично оценить возможности средневековых конных лучников при обращении к историческим материалам и скорректировать оценки, которые, как правило, оказываются завышенными

мальчиков, годных для будущих поединков. В процессе взросления они еще несколько раз проходили такие «медкомиссии», включая проверку на остроту зрения по звездам. Избранные исключались из производственной жизни и занимались только специальными упражнениями. Особое место занимали действия, предполагавшие преодоление сопротивления воды, – такие тренировки обычны и сегодня в практике сумо.

За минувшие века практическая сторона поединка борцов сумо постепенно отходила на второй план, а потом и вообще исчезла. Но мистическая – осталась. Согласно современным представлениям, глинобитное ристалище сумо является подобием вселенной. Символом земли выступает квадратный помост, а круг, ограниченный веревкой *симэнава*, символизирует небо. Человек – представитель Среднего мира. По словам знатока японской культуры А. А. Накорчевского (Накорчевский, 2000), поединки сумо, проводимые

во время *мацури* (празднества в честь духов ками), используются для гадания. А сами борцы, по поверью, обладают особой сакральной силой, способной отгонять зловную нечисть.

Еще один яркий праздник в Японии, в котором легко угадывается исторический контекст, – *ябусамэ*, состязание конных лучников, которым нужно на скаку последовательно поразить серию мишеней. В этом действии практическая составляющая очевидна и также пронизана сакральностью – стрелы поражают зло.

По тропинкам исторических парков

То, что уже говорилось об истории, в полной мере относится к археологии – она здесь буквально под ногами. Археологические материалы занимают самое видное место в многочисленных столичных и провинциальных музеях, да и вообще в современной культуре населения Японских островов.

На территории Японии есть множество культурных и исторических объектов, которые бережно сохраняются



Стрела издавна считалась действенным средством борьбы с недобрыми духами: снабженные особыми наконечниками, они могли поразить самого сильного из них. Кроме того, согласно представлениям древнего населения Северной Азии, стрелы мыслились как «живые», способные принимать самостоятельные решения и поражать избираемую ими цель (Плотников, 2001). Вспомним известную сказку «Царевна-лягушка», в которой именно стрелы находят подходящую спутницу жизни каждому царевичу.

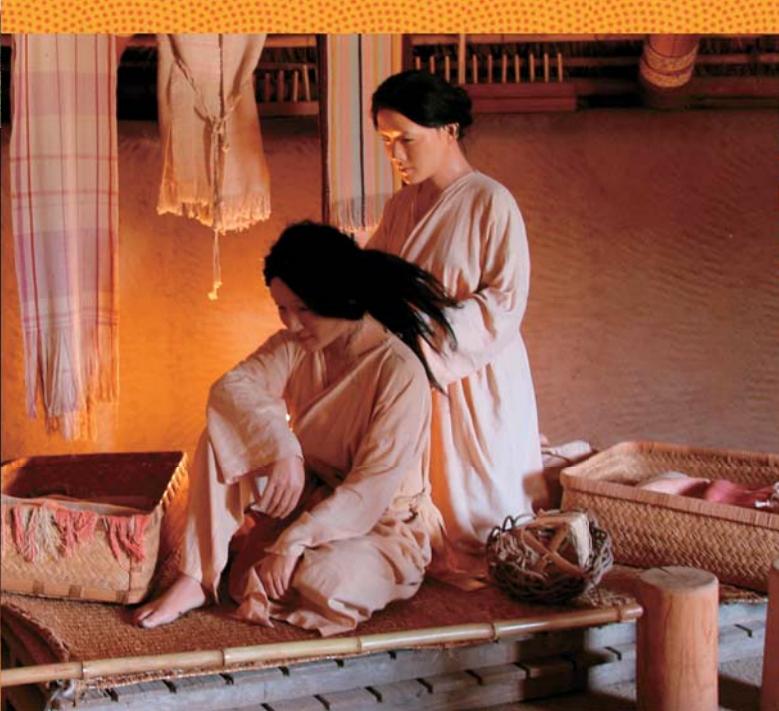
для потомков: неолитические стоянки, поселки эпохи палеометалла, средневековые дворцовые комплексы... Все они тщательно изучаются, консервируются и, что может быть неожиданным для нас, реставрируются в виде, максимально приближенном к первоначальному. Несмотря на очень плотную городскую застройку и земельные проблемы, правительственные решения направлены на выделение и сохранение очень внушительных, порой многогектарных площадей древних поселений.

Исторический парк Ёсиногари, основанный на месте раскопок поселения эпохи яёй (III в. до н.э. – III в. н.э.), сегодня занимает территорию в 40 га, которая включает участки возделанных полей, а также древнего леса. Связанные из прутьев фигуры животных (*внизу*) – еще один из элементов традиционной культуры



По мере исследования на этих участках сооружаются жилые и фортификационные сооружения с использованием древних технологий и на основе материала раскопок. Так возникают крайне интересные и очень показательные исторические парки. Парковые зоны устраиваются и вокруг крупных курганов, уже встроенных в городскую архитектуру.

Нельзя не сказать и об особом феномене, с которым авторам пришлось столкнуться в Японии. Оказалось, что возле интересных, сложных и крупных памятников строятся настоящие исследовательские центры.



Так, всемирно известный Национальный исследовательский институт культурных ценностей в г. Нара расположен возле границы древней столицы, которая в наши дни вместо стен отмечена узкой шоссеной дорогой. Еще в 1990-х гг. здание института представляло собой невысокий модуль с небольшим гаражом и помещением для реставрационных работ. Ныне это четырехэтажное здание из стали, стекла и бетона, объединившее под своей крышей ранее разбросанные



лаборатории. А на участках уже раскопанной территории воссозданы въездные ворота в средневековую столицу Японии.

В 1980-х гг. в префектуре Сага были начаты раскопки древнего поселения эпохи *яёй* (III в. до н. э. – III в. н. э.), расположенного на холме в 12 км от морского побережья. Ёсиногари оказалось самым крупным памятником эпохи *яёй*: оно включало несколько поселков или жилых зон и было окружено плодородной равниной. Результаты раскопок поразили ученый мир как масштабами памятника, так и уникальностью находок: здесь были обнаружены сложная система фортификационных

Особое место в историческом парке Ёсиногари занимает ритуально-культурный участок с высоким главным «храмом», на верхнем ярусе которого посетителям предлагается обрядовая сцена, воплощенная с помощью соответствующим образом одетых манекенов. С бытовой стороны жизни, оружием, доспехами и производственным инвентарем можно познакомиться в жилищах рядовых общинников



сооружений, жилой и погребальной комплексы, много предметов быта и вооружения.

В 1992 г. было решено создать в Ёсиногари исторический парк с максимально возможным числом исторических реконструкций, включая не только жилые и ритуальные объекты и защитные сооружения, но и участки возделанных полей и древнего леса. По сути, была проведена полная ландшафтная реконструкция. В частности, над модулем из металлоконструкций, возведенным над погребальной площадкой эпохи яэй, было восстановлено обширное подкурганное пространство. Войдя внутрь, посетитель может увидеть все то, что предстало перед глазами археологов во время раскопок.

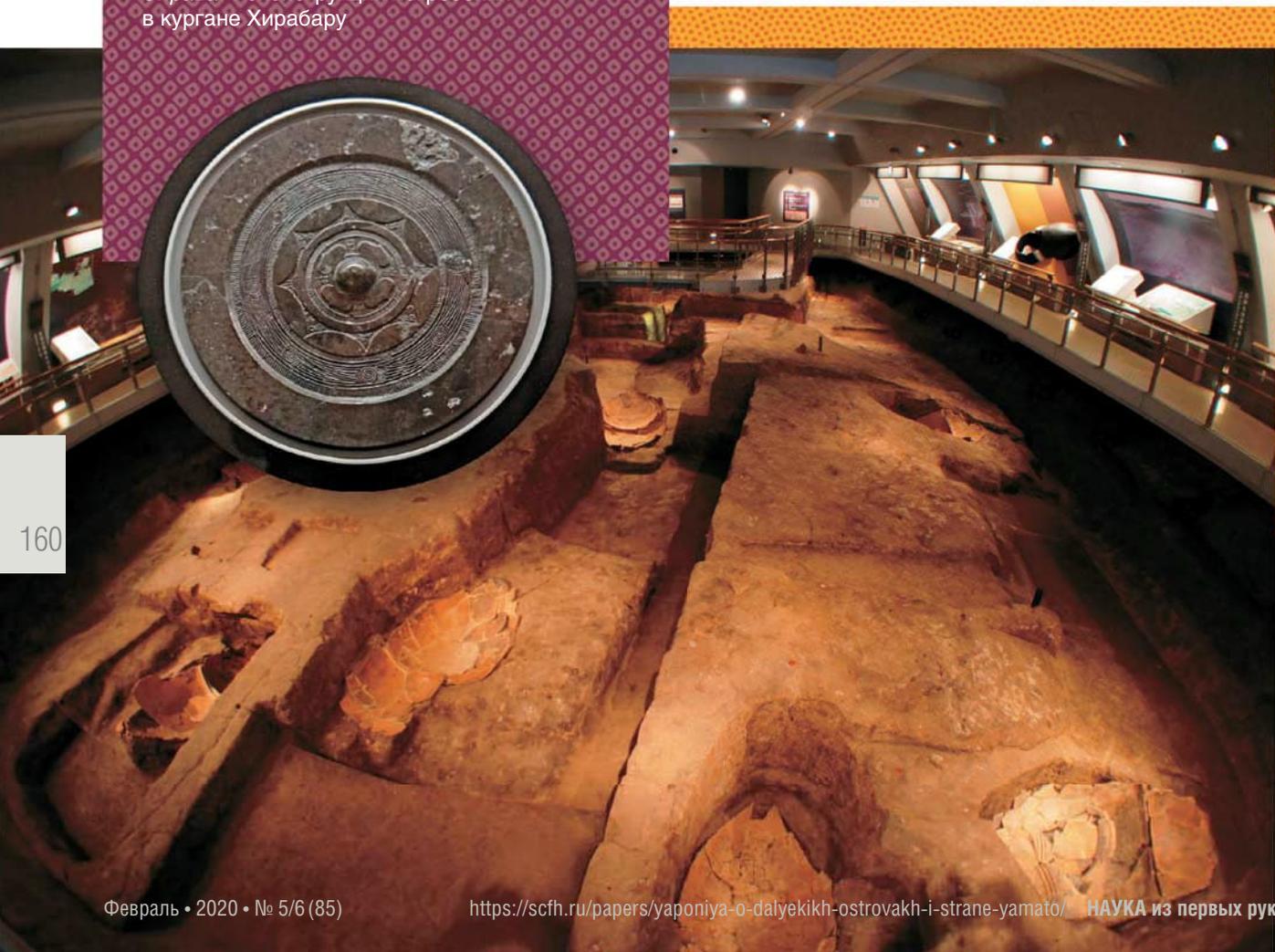
Посещение исторического парка – настоящее путешествие в прошлое, которое занимает целый день.

Под модулем, возведенным над исследованной археологами погребальной площадкой эпохи яэй, было восстановлено обширное курганное сооружение в том виде, в каком оно было до начала раскопок в Ёсиногари

Справа: Реконструкция погребения в кургане Хирабару

Здесь можно спуститься по ступеням в полуземлянки простых общинников и зайти в дома знатных людей; подняться на смотровые башни и хозяйственные постройки, возведенные на сваях; примерить доспехи и одежду того времени, подержать в руках меч или деревянную лопату. В специально выделенные дни сюда приезжают целые школьные классы вместе с учителями, чтобы окунуться в историю страны и выполнить учебные задания. Это своеобразный «квест», в котором юные граждане должны идентифицировать объекты, их назначение и действующих лиц в многочисленных исторических реконструкциях, составить планы поселков, «разобраться» с керамикой, которую выдают в музейных модулях и т. д. Здесь же проводятся мастер-классы по изготовлению орудий, посуды, бусин и т. д. В результате каждый посетитель ощущает как магию самого места, так и связь с предками, создавшими японское государство, Ямато, «где восходит солнце ввысь, мир несет всем божество, пребывающее в ней»*.

* Песня Такахаси Мусимаро, японский поэт VIII в., сборник японской поэзии «Манъёсю», с. 189.



СВЕРКАЕТ ЗЕРКАЛО КРИСТАЛЬНОЙ ЧИСТОТЫ**...

*В священном храме,
Где вершат обряды,
Сверкает зеркало кристальной чистоты.
Глубокою стариной
Повеяло... Сад возле храма
Засыпан палым листом*

В Японии небольшие музеи, посвященные раскопкам одного памятника, устраиваются возле самого законсервированного объекта. Над ним часто возводится павильон, где демонстрируются находки и видеопрограммы.

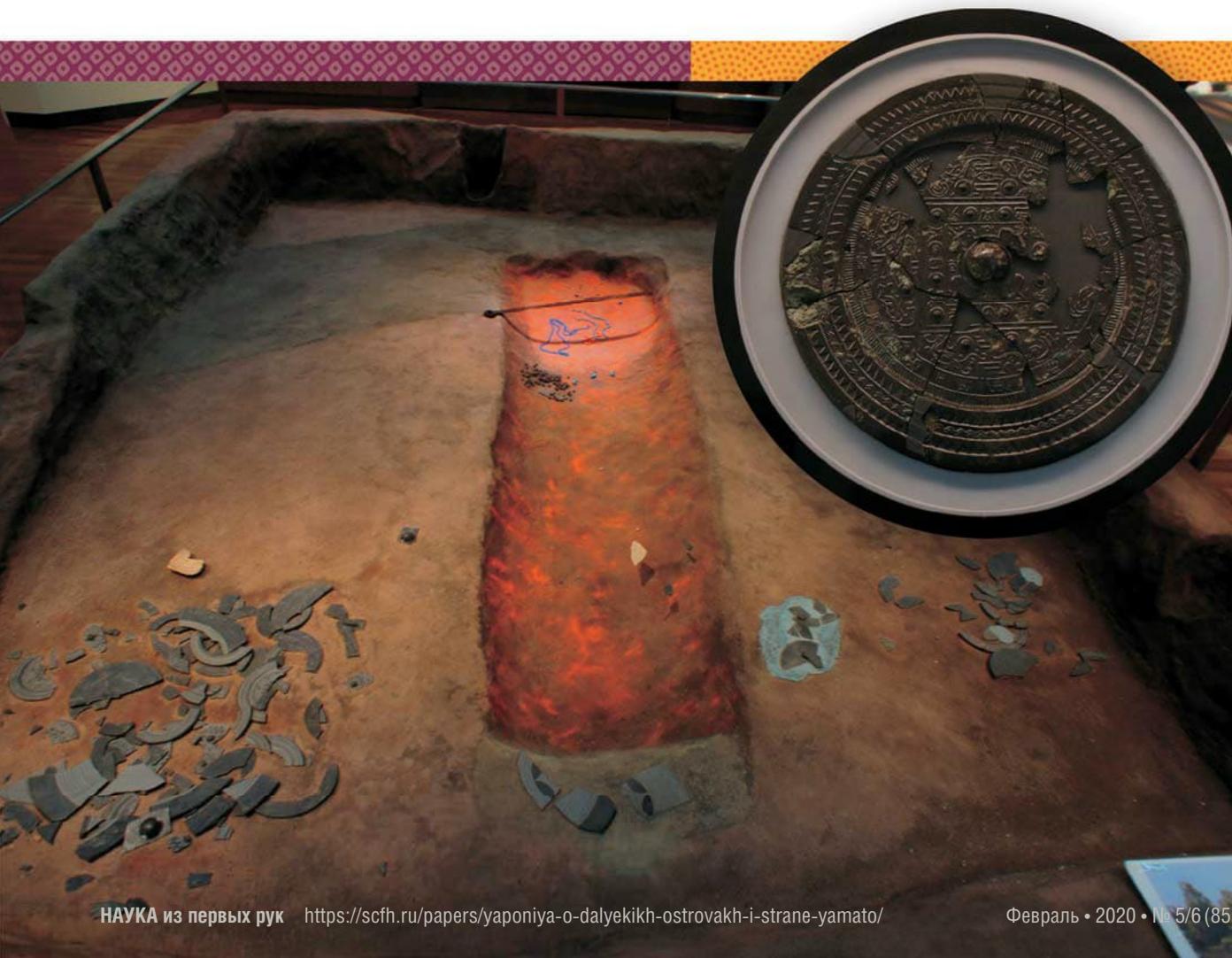
Яркий пример – курганный могильник Хирабару (начало III в.), расположенный в Итококу на северо-востоке о. Кюсю – одном из центров «кристаллизации» японской государственности эпохи яёй. Здесь в самом крупном кургане, окруженном рвом, находилось уникальное женское погребение в колоде из цельного дерева.

В погребении археологи обнаружили много украшений, 40 разбитых бронзовых зеркал (самое большое достигало в диаметре 46,5 см и весило 8 кг), а поперек могильной

ямы лежал как бы запирающий ее железный меч. Такое оружие считалось действенным средством защиты от потусторонних сил, что наводит на мысль о создании внутренней «защитной» сакральной ограды, аналогичной той, что символизирует веревка симэнава в сумо. Погребенная женщина, очевидно, обладала особой магической силой, которая после смерти была опасной для живых. Об этом же могут говорить и разбитые, т. е. потерявшие свою силу, зеркала.

На ранних этапах истории становления человеческих обществ функции предводителя и служителя культа, как правило, совмещались. По мнению японских специалистов, эта женщина-правительница могла выполнять сакральные функции, связанные с наблюдением за небесными телами

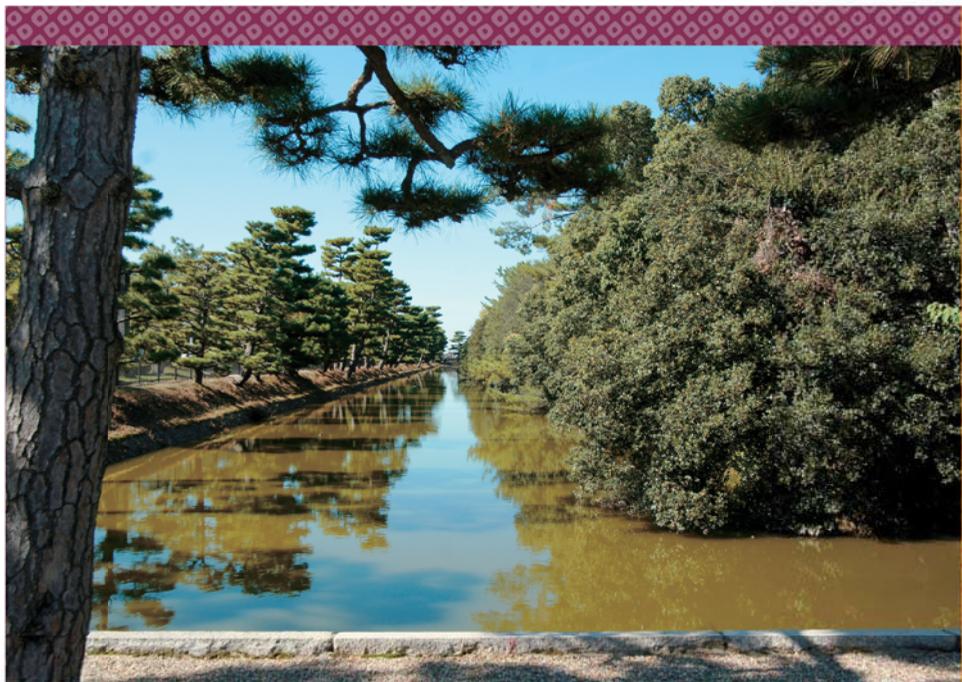
** Из сборника японской поэзии «Манъёсю», VIII в. Зеркало – обязательный атрибут синтоистского храма, символ богини солнца Аматэрасу, одна из императорских регалий наряду с мечом и яшмовыми подвесками.



У склона кургана

Среди древностей Японских островов самыми известными и впечатляющими по размерам и впечатляющими по размерам и архитектуре являются погребальные сооружения периода *кофун* (на японском это слово обозначает курган). Это очень значимое время для всех японцев – именно тогда в исторических хрониках появляется вполне реальное древнее японское государство.

Гигантские курганы связаны с представителями конкретных кланов и династий, имена их упоминаются в документах. Исторические парки, созданные вокруг больших курганов, приобретают вполне конкретные детали. Известно, в честь



Ров вокруг кургана Дайсэн. *Осака*

Курган Хасихака (слева).
Сверху такой тип сооружений напоминает огромную замочную скважину. Доступ к их насыпям закрыт, а в чащах на склонах и во рвах благоденствует различное зверье, рыбы и птицы. *Нара*

кого построили курган, чем прославился этот человек, от каких врагов защищал землю предков. Крупные курганы рассматриваются не только и не столько как наследие культуры, сколько как частные захоронения, у которых есть исторические наследники, в том числе из императорского дома. И это одна из основных причин, по которой здесь не проводятся исследовательские работы, за исключением периодических реставрационных.

Курганы очень разнообразны – от простых круглых куполообразных сооружений достаточно скромного размера до выдающихся масштабных строений императорского ранга, издали напоминающих гору. Последние, наверное, являются самыми крупными



Вид на курган Чаусуяма. Ямагути
Вид на курган Мицудзё. Хиросима
Облицовка насыпи кургана
камнями. Реконструкция в музее
кургана Имасиродзука. Осака





погребальными сооружениями в Азии. Они могут достигать более 400 м в длину, 300 м в ширину и более 30 м в высоту, превосходя по размерам своего основания большие пирамиды в Гизе, но уступая им по высоте. Находясь возле таких сооружений, покрытых густой шапкой леса и кустарника, трудно представить себе, что это искусственное сооружение.

Вход на большинство самых крупных курганов закрыт. Но на некоторых проложены пешеходные дорожки, позволяющие достичь вершины. На поверхности курганов, склонам которых придавалась ступенчатая форма, располагались глиняные скульптуры *ханива*. По периметру насыпи и вокруг – ханива в виде полых цилиндров с крупными сквозными отверстиями в стенках. Назначение их до конца не ясно. Есть версия, что они предназначались для транспортировки увесистых изделий с помощью круглой жерди, просунутой сквозь отверстия.

Что касается антропоморфных фигур и изделий, изображающих утилитарные предметы, то они группировались на специальных площадках строго ранжированными шеренгами. Смысл таких изваяний едва ли однозначен. Однако они, очевидно, в какой-то степени близки изваяниям так называемой «дороги духов», известной среди погребальных конструкций знати высокого, в том числе императорского, ранга Китая и Кореи.

Количество кольцевых ступеней, опоясывавших поверхность насыпи, зависело от статуса «обладателя» кофуна: одна-две полагались местной





Копии фигур ханива в историческом парке Имасиродзука. Оригиналы и вся информация о памятнике хранятся в музее, выстроенном рядом. С его смотровой площадки открывается вид на огромный курган, раскопки которого еще продолжаются. А пока среди точных копий музейных экспонатов играют дети и гуляют взрослые, приобщаясь к истории страны. *Осака*



аристократии, три и больше – представителям императорского ранга. Впрочем, как выяснилось благодаря геофизическим методам, далеко не все погребальные горы были рукотворными. В некоторых случаях необходимая форма придавалась природному останцу и затем на специальном участке, ближе к вершине, делался коридор, который оканчивался погребальной камерой.

В западной Японии, где так и не сложилось мощного государственного центра, подобные сооружения располагались по одному или небольшими группами на холмах или в горах.

В тех районах, где непосредственно происходило формирование государства Ямато, подчинившего своей власти огромную территорию, курганы отличаются очень солидными размерами – более 200 м в длину. Расположены такие курганы, как правило, у подножия гор, как бы защищающих их с одной стороны. Так, наибольшее число курганов находится в долине Нара (префектура Нара) и в долине Кавати (префектура Осака), отделенных друг от друга горной цепью. Все эти курганы связаны с именами вполне исторически достоверных правителей, преимущественно императоров.

* Песня Какиномото Хитомару, японский поэт VIII в., «Манъёсю», с.183.

В японском языке, в отличие от русского, понятие времени менее категорично. Есть время прошедшее и непрошедшее, а вдобавок имеется множество грамматических конструкций, уточняющих детали совершения действия. Может быть, это является отражением восприятия времени в сознании самих японцев. Для них совершенно естественным является постоянное присутствие событий, явлений и персонажей прошлого в повседневной жизни в виде традиций, вещей, памятных мест... Вернувшись с работы, которой они полностью поглощены сегодня и которой творят будущее, они, облачившись в киноно вместо европейского костюма и надев гэта, воздают дань дню вчерашнему. Прошлое живет с настоящим в некой особой параллели, трудно вообразимой в европейском мире. Ведь все парады, красочные шествия и разного рода этнографические деревни, с которыми мы сталкиваемся в Европе, всего лишь реконструкция былого, уничтоженного цепью войн и революций. На Японских же островах это непрерывный поток бытия, который так и не смогли разорвать катаклизмы. Живой тысячелетний мир бережно хранят от чужих глаз и злобы дня. Здесь человек и природа неразделимы, а божественная Аматэрасу охраняет страну: «На взморье поднялась огромная волна. И встала тысячами рядов она, от взора спрятав острова Ямато!»*.



Люди и коты в парке района Икэбукуро. Токио

Лотосы около археологического музея г. Мацуюма, выращенные из семян, найденных при раскопках древнего поселения

Современный Токио. Вид на Токийскую башню

Литература

Ёсида Х. Ниппон рэтто:-ни окэрубукикэйсэйдо:ки-нотюд-зокайсинэндай (Время начала изготовления бронзового оружия на Японских островах) // Хигаси Адзисэй-до:ки-нокэйфу (Генеалогия бронзовых орудий в Восточной Азии) / Под ред. Харунари Хидэдзи и Нисимото Тоёхиро. Токио: Юдзанкаку, 2008. С. 39–54.

Лаптев С. В. Контакты древнего населения Японии с народами, проживавшими на территории Китая до VI в. н. э. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та леса, 2003. 262 с., 24 ил.

Накорчевский А. А. Синто. СПб.: Петербургское Востоковедение, 2000. 464 с.

Плотников Ю. А. О назначении отверстий в лопастях стрел // Вопросы военного дела и демографии Сибири в эпоху средневековья. Новосибирск, 2001. С. 79–95.

Barnes G. L. *State formation in Japan: essays on Yayoi and Kofun period archaeology*. New York; London: Routledge Curzon, 2003. 256 p.

Mizoguchi K. *The Archaeology of Japan: From the Earliest Rice Farming Villages to the Rise of the State (Cambridge World Archaeology)*. Cambridge University Press, 2013. P. 393.

Mizoguchi Koji. *The Yayoi and Kofun period of Japan // Handbook of East and Southeast Asian Archaeology (eBook)*. N. Y.: Springer, 2017. P. 561–602.



В публикации использованы фото авторов.
Работа выполнена при поддержке РФФИ
(грант № 18-09-00507)



ПОДПИСКА

На сайте журнала «НАУКА из первых рук» www.scfh.ru Вы можете:

● **Оформить подписку на печатную версию журнала**

3 номера печатной версии журнала, первое полугодие 2020 г. – 1050 руб.

В стоимость подписки включена доставка журнала заказной бандеролью.

Оригиналы бухгалтерских документов для юридических лиц (договор, счет-фактура и накладная) будут высланы Вам почтой

● **Купить отдельные выпуски печатной версии журнала «НАУКА из первых рук»**

Печатные выпуски журнала доставляются по почте

● **Способы оплаты**

Электронные платежи: через систему приема платежей Робокасса (банковскими картами, с помощью сервисов мобильной коммерции – МТС, Мегафон, Билайн, через интернет-банк ведущих банков РФ, через банкоматы и т. д.)

С помощью квитанции: после оформления заказа Вам будет выслана квитанция ПД-4 для оплаты заказа в ближайшем отделении Вашего Банка

● **Оформить подписку на электронную версию журнала (PDF)**

3 номера электронной версии журнала (PDF), первое полугодие 2020 г. – 350 руб.

6 номеров электронной версии журнала (PDF), 2020 г. – 700 руб.

Оплаченный номер электронной версии журнала (PDF) Вы получаете сразу после выхода очередного номера на указанный Вами адрес электронной почты

● **Купить отдельные выпуски электронной версии журнала «НАУКА из первых рук» (PDF)**

● **Получить электронный доступ**

к статье за 50 руб.,
ко всем статьям на сайте журнала:
на 1 мес. за 1000 руб.

При покупке электронного доступа Вы получаете возможность читать статьи сразу после успешной оплаты

По адресу <https://scfh.ru/en/> Вы можете получить бесплатный электронный доступ к англоязычной версии журнала SCIENCE First Hand

● **По всем вопросам обращаться:**

Тел.: 8 (383) 238-37-20
Факс: 8 (383) 238-37-20
e-mail: zakaz@info-press.ru

● **Платежные реквизиты:**

ООО «ИНФОЛИО»
ИНН 5408148073, КПП 540801001
Р/счет 407 02 810 523 120 001 110
в Филиале «Новосибирский»
АО «АЛЬФА-БАНК»,
г. Новосибирск
Кор/счет 30101810600000000774
БИК 045004774

Стоимость подписки
на 2020 г. – 2100 руб.

● **Подписаться на электронную версию и купить отдельные номера журнала Вы можете также:**

ЛитРес: www.litres.ru

Научная электронная библиотека:
www.e-library.ru

Пресса.ру: www.pressa.ru

В стоимость подписки включена доставка журналов заказной бандеролью

В мире науки

SCIENTIFIC AMERICAN

Ежемесячный научно-информационный журнал

www.sci-ru.org

№ 1-2, 3 2020



В мире науки

SCIENTIFIC AMERICAN

Ежемесячный научно-информационный журнал

www.sci-ru.org
3 2020

12+

СИЛА ДНК ЗЕМЛЯ АМУРСКОГО ТИГРА ОДНИ ВО ВСЕЛЕННОЙ!

АКТИВНОЕ ТЕЛО — АКТИВНЫЙ МОЗГ

Как физические упражнения поддерживают остроту ума

ПРАЗДНУЕМ
175
ЛЕТ

Кристаллы во времени

Неожиданные состояния вещества, называемые временными кристаллами, демонстрируют такие же свойства симметрии во времени, как обычные кристаллы в пространстве.

Лучшая десятка новых технологий 2019 года

Прорывы в виртуальной реальности и робототехнике, биоразлагаемые пластмассы, системы хранения данных на основе ДНК — и другие технологии, изменяющие мир.

Мозгу нужны упражнения

Эволюционная история человека дает объяснения, почему физическая активность может замедлить старение мозга.





Гэйко, более известные за рубежом как гейши, из знаменитого исторического квартала Гион в г. Киото. В этом районе, сохранившем средневековый колорит, можно увидеть их молоденьких учениц майко, спешащих на работу в чайный домик или в театр на танцевальные представления. А если повезет, то и самих гэйко у входа в храм.

Фото А. Соловьева

ISSN 18-10-3960



9 771810 396003 85