

Познавательный журнал для хороших людей

НАУКА

из первых рук

4 4⁽³⁴⁾ ● 2010

НЕТ ЛЕСА
БЕЗ ОГНЯ

ТОПЛИВО
ИЗ МАСЛА
И ОПИЛОК

ГРИБНАЯ
ЛИЛИПУТИЯ

ВУЛКАНЫ
И ОЗОНОВЫЙ
СЛОЙ

Чарлз Дарвин –
великий
популяризатор
эволюционной идеи

ISSN 18-10-3960



4.

2010

научно-популярный журнал



НАУКА

из первых рук



В НОМЕРЕ:

Все 1250 экземпляров первого тиража книги Чарльза Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора...» были раскуплены за один день

Архаичность останков древнего обитателя Денисовой пещеры, обнаруженных рядом с предметами верхнего палеолита – повод задуматься о путях становления человечества

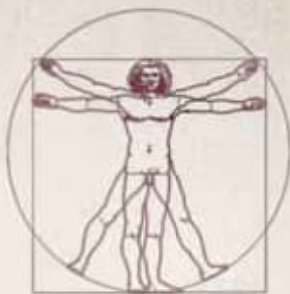
Исследования высоковозбужденных атомов – шаг на пути к практической реализации квантового компьютера

В одном из возможных сценариев возникновения аномалий озонового слоя главная роль отводится росту вулканической активности

По оценкам экспертов, к 2020 г. каждый десятый литр автомобильного горючего будет производиться напрямую из растительного сырья

В посевах проб атмосферного воздуха юга Западной Сибири обнаружены представители 18 родов грибов, не считая неопознанных

Познавательный журнал
для хороших людей



Редакционная коллегия

главный редактор
акад. Н.Л. Добрецов

заместитель главного редактора
акад. В.В. Власов

заместитель главного редактора
акад. В.Ф. Шабанов

ответственный секретарь
Л.М. Панфилова

акад. М.А. Грачев

акад. А.П. Деревянко

чл.-кор. А.В. Латышев

чл.-кор. Н.П. Похиленко

акад. М.И. Эпов

к. ф.-м. н. Н.Г. Никулин

Редакционный совет

акад. Л.И. Афтanas

чл.-кор. Б.В. Базаров

чл.-кор. Е.Г. Бережко

акад. В.В. Болдырев

чл.-кор. А.Г. Дегерменджи

д.м.н. М.И. Душкин

проф. Э.Краузе (Германия)

акад. Н.А. Колчанов

акад. А.Э. Конторович

акад. Э.П. Кругляков

акад. М.И. Кузьмин

акад. Г.Н. Кулипанов

д. ф.-м. н. С.С. Кутателадзе

проф. Я. Липковски (Польша)

чл.-кор. Н.З. Ляхов

акад. Б.Г. Михайленко

акад. В.И. Молодин

д.б.н. М.П. Мошкин

чл.-кор. С.В. Нетесов

д.х.н. А.К. Петров

проф. В.Н. Сойфер (США)

чл.-кор. А.М. Федотов

д.ф.-м.н. М.В. Фокин

д.т.н. А.М. Харитонов

чл.-кор. А.М. Шалагин

акад. В.К. Шумный

д.и.н. А.Х. Элерт

«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:

630055, Новосибирск,
ул. Мусы Джалиля, 15

Тел.: +7 (383) 332-1540, 332-1448

Факс: +7 (383) 332-1540

e-mail: zakaz@info-press.ru

e-mail: editor@info-press.ru

www.ScienceFirstHand.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 2 000 экз.

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

Дата выхода в свет 29.09.2010

Свободная цена

Перепечатка материалов только
с письменного разрешения редакции

© Сибирское отделение РАН, 2010

© «ИНФОЛИО», 2010

Над номером работали

Л. Беляева
А. Владимирова

к. х. н. И. Ильина

к. б. н. Л. Овчинникова

Л. Панфилова

к. х. н. С. Прокопьев

к. ф.-м. н. Е. Прохоров

М. Третьякова

А. Харкевич

С. Янушко

Дорогие друзья!

Среди фундаментальных вопросов происхождения и эволюции жизни на Земле один вызывает наибольший интерес — это происхождение самого человека. Нет народа, в верованиях которого не содержалось бы четких представлений о том, как появились на Земле разумные существа. В основе большинства из них лежит идея о божественном акте творения, не нуждающаяся в доказательствах.

Что касается научных представлений, то здесь проблемы происхождения и эволюции *Homo sapiens* с самого начала были предметом ожесточенных дискуссий. Доказательной базой, начиная с 1920-х гг., служили результаты сравнительного анализа ископаемых останков человекообразных существ, а также находки примитивных орудий труда. Во второй половине прошлого века арсенал антропологов пополнился молекулярно-генетическими методами определения родства между разными видами.

Сегодня ученые единодушно сходятся лишь в том, что родиной первого человека была Африка, откуда он расселился по земному шару в результате нескольких волн миграций. Что касается появления человека современного физического типа, то с ним не все так однозначно. Моноцентристы считают, что он появился в Африке не ранее 200 тыс. лет назад и затем освоил остальные материка, а его предшественники бесследно покинули эволюционную арену. Сторонники мультирегиональной теории уверены, что на планете существовало несколько центров «сапиенизации».

В свете этих дискуссий огромное значение имеет недавняя сенсационная находка, сделанная сибирскими археологами в Горном Алтае. В Денисовой пещере — древнейшем обиталище человека на территории России — были обнаружены ископаемые костные человеческие останки. Судя по результатам генетического анализа, проведенного в Институте эволюционной антропологии Макса Планка в Лейпциге, речь идет о неизвестном ранее подвиде человека, который отделился от основного родословного ствола на полмиллиона лет раньше неандертальца. Но удивительнее всего то, что эти «архаичные» останки были обнаружены в слое возрастом 30—40 тыс. лет вместе с типичными изделиями верхнего палеолита — украшениями и предметами из кости, свидетельствами высокого уровня материальной и духовной культуры. Отметим, что находка «человека алтайского», всколыхнувшая мировую научную общественность, стала закономерным результатом прекрасно организованных, многолетних мультидисциплинарных исследований, которые проводят на Алтае сотрудники новосибирского Института археологии и этнографии СО РАН вместе со своими коллегами из других академических учреждений.



Тему происхождения и эволюции жизни в новом выпуске продолжает увлекательный и полемичный «эволюционный очерк» известного генетика и историка науки В.Н. Сойфера, на этот раз посвященный становлению эволюционных взглядов Чарльза Дарвина. Не умаляя заслуг великого ученого, автор с использованием большого числа малоизвестных широкому читателю фактов доказывает, что было бы неверно и исторически несправедливо считать Дарвина единственным создателем эволюционной теории.

Из прошлого в современность нас возвращает публикация о лесных пожарах — одной из крупных экологических проблем наших дней. Красноярские ученые из Института леса СО РАН, изучающие последствия этих разрушительных явлений, рассматривают их как важный и зачастую позитивный фактор динамики северной тайги. Еще один стереотип разрушает работа томских ученых из Института мониторинга СО РАН, снимающая с современного человечества вину за аномальное истощение озонового слоя в конце прошлого столетия и появление в нем масштабных «дыр». В качестве основной причины этих явлений называется природный процесс — рост вулканической активности, вызывающий длительное возмущение стратосферы.

В рубрике «Лицом к природе» читателей ждут занимательные публикации о наших соседях по планете — микроскопических грибах, которые могут быть нам как друзьями, так и врагами, и о маленьких скальных полевках — производителях легендарного мумие, высоко ценимого в традиционной медицине.

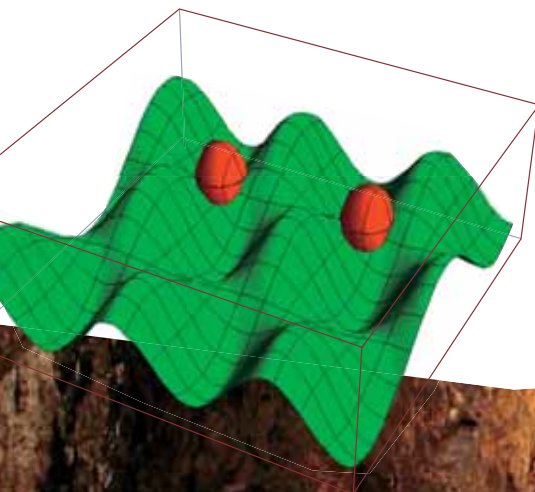
Как всегда мы постарались рассказать не только о фундаментальных работах ученых, но и об исследованиях, результаты которых помогут широкому кругу читателей сформировать правильное представление относительно происходящих на планете явлений.

академик Н.Л. Добрецов,
главный редактор



На **ОКРАИНЕ ЯКУТСКА**, в песчано-гравийном карьере обнаружено небольшое **МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЗОЛОТА**, которое можно разрабатывать силами местной артели. **С. 16**

Денисова пещера в Горном Алтае – **ДРЕВНЕЙШАЯ** из известных обитаемых пещер в Евразии – была заселена на протяжении почти 300 тыс. лет. **С. 20, 38**



.01

УСПЕХИ НАУКИ

- 6 И. И. Бетеров**
Ридберговские атомы
для квантового компьютера

.02

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

- 10 С. А. Язев**
Золотая корона Рапа-Нуи
(фоторепортаж)
- 16 А. П. Смелов, А. А. Сурнин**
Золото города Якутска

.03

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ЖИЗНИ

- 20 А. П. Деревянко**
Родословная человечества:
теории и факты

.04

ОТКРЫТИЕ СИБИРИ

- 38 М. В. Шуньков**
Денисова пещера –
все меняется, ничто не исчезает
- 58 А. В. Бауло**
Служил иранский царь в Сибири...





.05

ЧЕЛОВЕК И СРЕДА

- 68 **В.В. Зуев**
Вулканы и озоновый слой
- 76 **В.И. Харук, М.Л. Двинская, С.Т. Им**
Нет леса без огня. Таежные пожары как природный фактор

Около 80% **ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ** в средних широтах обусловлено «человеческим фактором», а в северных — грозowymi разрядами. **С. 76**

Микроскопические **ХИЩНЫЕ ГРИБЫ** охотятся на почвенных круглых червей, захватывая жертвы ловчими кольцами. **С. 110**

МУМИЕ в горах Восточного Казахстана, Алтая и Тувы образуется из помета скальных полевок под действием солнца и горного воздуха. **С. 120**

.06

ИСТОРИЯ НАУКИ. СУДЬБЫ

- 86 **В.Н. Сойфер**
Чарлз Дарвин и эволюционная теория

.07

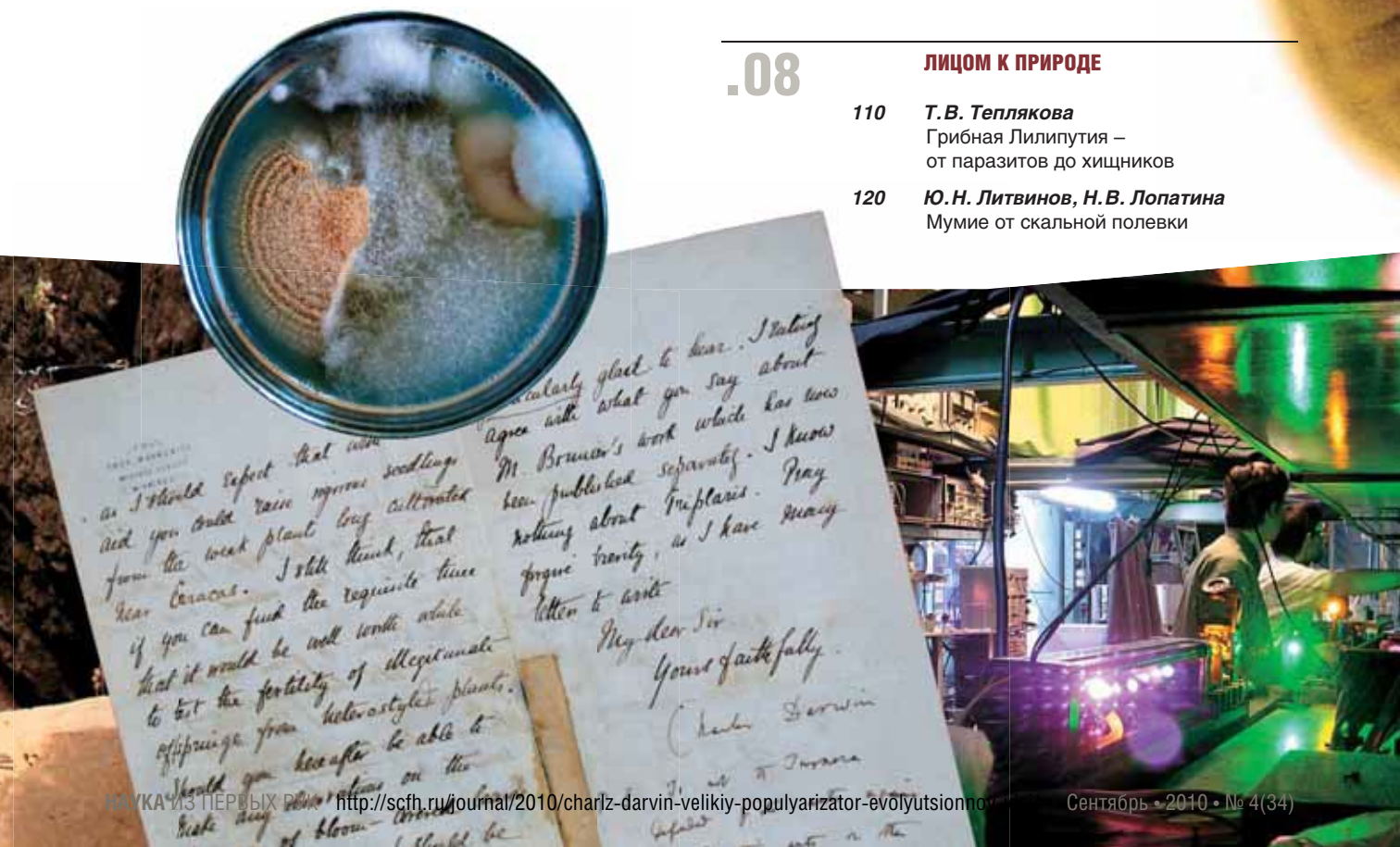
НАУЧНАЯ МАСТЕРСКАЯ

- 102 **В.А. Яковлев**
Топливо из масла и опилок

.08

ЛИЦОМ К ПРИРОДЕ

- 110 **Т.В. Теплякова**
Грибная Лилипутия — от паразитов до хищников
- 120 **Ю.Н. Литвинов, Н.В. Лопатина**
Мумие от скальной полевки



Ридберговские атомы для квантового компьютера

Институт физики полупроводников СО РАН проводит экспериментальные исследования атомов в высоковозбужденных состояниях. Ожидаемое практическое их применение – в качестве быстрых логических ключей квантового компьютера

Начало квантовой информатики связано с именами российского математика Юрия Манина и американского физика Ричарда Фейнмана, которые три десятилетия назад предложили использовать *квантовые системы* (группы микрочастиц с дискретным набором состояний) для вычислений применительно к моделированию молекулярной динамики и квантовых явлений.

Как базовый пример квантового вычислителя (компьютера) рассмотрим систему, состоящую из множества квантовых объектов, для каждого из которых возможны только два состояния, условно соотносящиеся с логическими значениями «ноль» и «единица». Такие объекты называют *квантовыми битами*, или *кубитами*, а состоящую из них систему – *квантовым регистром*. Классический бит в каждый момент времени достоверно находится только в одном из них, а кубит ведет себя так, как будто находится в обоих состояниях одновременно, поэтому можно говорить лишь о вероятности найти его в каждом состоянии.

Если кубиты взаимодействуют друг с другом, то их состояния оказываются перепутанными, и тогда измерение состояния одного кубита мгновенно изменяет состояние всех остальных. Возникающие вследствие этого особенности квантовых вычислений (например, параллелизм) определяют феноменальное превосходство квантового компьютера в решении некоторых математических задач, недоступных для традиционных

ЭВМ (например, используемое в современной криптографии разложение очень больших чисел на простые множители или поиск в огромном неупорядоченном массиве данных).

Первые простейшие квантовые вычисления были продемонстрированы на органических молекулах с использованием техники ядерного магнитного резонанса в жидкости. Однако твердотельная основа квантового вычислителя легче реализуема, да и представляется наиболее естественной. На сегодняшний день в реализации простых квантовых алгоритмов наибольшие успехи достигнуты с одиночными ионами в электростатических ловушках. Однако подобным образом создать квантовый регистр большой емкости довольно трудно, поскольку заряженные ионы постоянно взаимодействуют друг с другом, а также с окружающими частицами, что способствует декогерентизации, т. е. разрушению квантового регистра.

Более перспективным в качестве кубитов квантового компьютера видится использование одиночных электронных атомов. Пара долгоживущих подуровней сверхтонкой структуры основного состояния атома может играть роль двух состояний кубита, пригодных для длительного хранения информации. Управление квантовым состоянием может осуществляться последовательностью лазерных импульсов, а захваченные в созданную лазерным излучением оптическую решетку нейтральные атомы способны образовать квантовый ре-

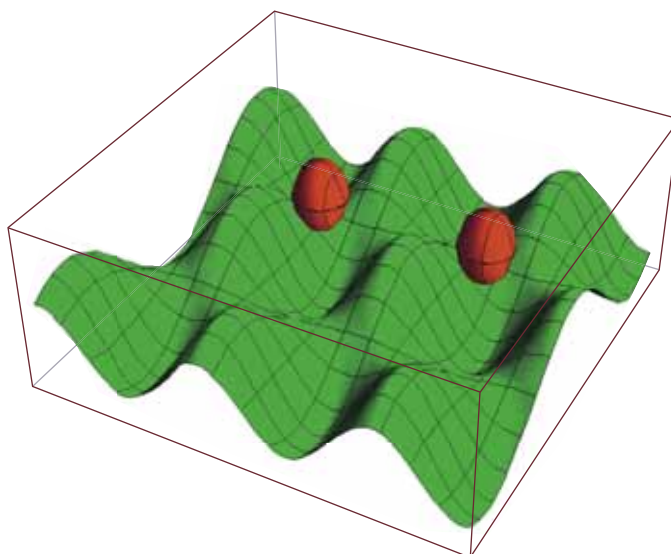
Классический бит

0

1

Квантовый бит (кубит)

$a|0\rangle + b|1\rangle$



Классический бит может находиться в состояниях 0 или 1. Квантовый бит находится в состоянии суперпозиции: при измерении он может быть обнаружен в состоянии $|0\rangle$ с вероятностью $|a|^2$ и в состоянии $|1\rangle$ с вероятностью $|b|^2$

гистр практически любого размера. Главное же их преимущество – возможность управлять межатомным взаимодействием путем лазерного возбуждения на высокоэнергетичные уровни. Высоковозбужденные состояния атома, называемые *ридберговскими*, обладают целым рядом уникальных свойств, включая большие времена жизни и способность чувствовать друг друга на значительном расстоянии. Переводя атомы из основного состояния в ридберговское и обратно, мы можем включать и выключать их взаимодействие.

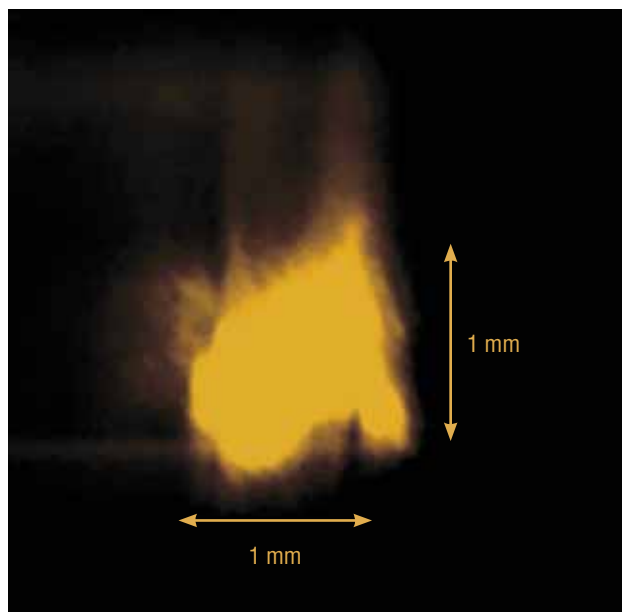
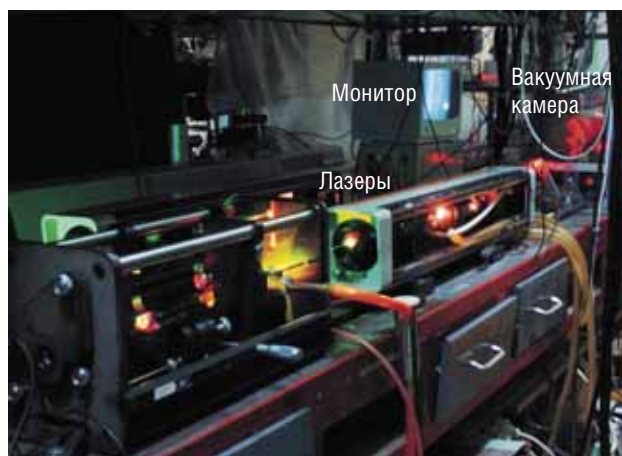
Значительных успехов в реализации квантовых логических операций с отдельными атомами достигла группа ученых из американского университета Висконсин-Мэдисон, которым удалось выполнить инверсию состояния атома, что соответствует самой важной для построения универсального квантового компьютера управляемой операции «логическое отрицание» (Controlled logical NOT). Длительность последовательности лазерных импульсов, необходимых для ее выполнения, составила 7 мкс. Однако полный экспериментальный цикл (включающий подготовку кубитов и регистрацию состояний) длился около секунды, а это значит, что классический компьютер пока остается более быстройдействующим.

Вопросами практической реализации квантовых вычислений в России занимаются ученые из Института физики полупроводников СО РАН (г. Новосибирск). Они проводят эксперименты с ультрахолодными

Оптическая решетка для захвата нейтральных атомов получается за счет интерференции встречных лазерных пучков, образующих пространственно-периодический потенциал. Охлажденные атомы занимают места в его минимумах



Атомы в вакуумной камере охлаждаются и возбуждаются лазерным излучением с использованием оптической системы, установленной на столе рядом с камерой. Микроволновое излучение заводится в вакуумную камеру по волноводу через один из оптических вводов. Для компенсации лабораторного магнитного поля установлены катушки, подключенные к прецизионным источникам тока



Для возбуждения атомов в ридберговские состояния мы используем излучение импульсных перестраиваемых лазеров, которое заводится в вакуумную камеру через оптоволокно. В правом нижнем углу монитора видно светлое пятно. Не подумайте случайно, что это световой блик! Так светится облако холодных атомов рубидия при температуре 150 мК (фото внизу – в увеличенном виде)

атомами рубидия, для возбуждения которых в ридберговское состояние применяют лазеры с высокой частотой следования импульсов. Среди приоритетных достижений лаборатории следует отметить наблюдение электрически управляемого резонансного диполь-дипольного взаимодействия атомов. Здесь также разработана методика высокоскоростной регистрации числа атомов, возбуждаемых под воздействием каждого лазерного импульса в серии, независимо от остальных. С ее помощью планируется наблюдать эффект дипольной блокады, суть которого состоит в том, что при лазерном возбуждении ансамбля сильно взаимодействующих атомов только один его атом может перейти в ридберговское состояние. Это можно использовать для разработки квантовых схем быстрых логических ключей, поэтому в ближайшее время планируется детальное изучение этого эффекта.

Следующим этапом исследований должна стать реализация двухкубитового квантового фазового ключа в пространственно разнесенных дипольных ловушках. Ожидается, что в ходе этих экспериментов будет наблюдаться инверсия фазы композитной волновой функции, что необходимо для выполнения операции управляемого логического отрицания.

Задача реализации вычислений на квантовых компьютерах потребует еще немало усилий от ученых всего мира, но ее решение способно привести к значительному прогрессу не только в физике, математике, информатике, но и в науке в целом.

Литература

- Манин Ю. И. *Вычислимое и невычислимое*. М.: Советское радио. 1980. 128 с.
- Валиев К. А., Коккин А. А. *Квантовые компьютеры: надежды и реальность*. Ижевск: ПХД. 2001. 352 с.
- Jaksh D., Cirac J. I., Zoller P., Rolston S. L. et al. *Quantum Gates for Neutral Atoms* // *Phys. Rev. Lett.* 2000. V. 85. P. 2208.
- Ryabtsev I. I., Tretyakov D. B., Beterov I. I., Entin V. M. *Observation of the Stark-tuned Forster resonance between two Rydberg atoms* // *Phys. Rev. Lett.* 2010. V. 104. P. 073003.

К. ф.-м. н. И. И. Бетеров (Институт физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН, Новосибирск)



Идет эксперимент по микроволновой спектроскопии ридберговских атомов. На фото видны импульсный лазер накачки для возбуждения ридберговских атомов и микроволновый генератор с системой стабилизации частоты и контроля спектра

Работа выполнена при поддержке грантов Президента РФ (МК-6386.2010.2), РФФИ (10-02-92624, 09-02-90427, 10-02-00133), РАН и фонда «Династия»

Ключевые слова: квантовый компьютер, кубит, ридберговские атомы, дальнее взаимодействие, логический ключ.

Key words: quantum computer, qubit, Rydberg atom, long-distance interaction, logical key

Золотая корона Рапа-Нуи

ФОТОРЕПОРТАЖ

11 июля 2010 г. состоялось очередное полное солнечное затмение — знаменательное событие для астрономов, профессионалов и любителей. Полоса, вдоль которой пробежала по нашей планете тень Луны, протянулась почти на 11 тыс. километров через гигантскую акваторию Тихого океана, включая множество необитаемых мелких островов, вплоть до Аргентины. В Южной Америке затмение могло наблюдаться только низко над горизонтом, сквозь мощную толщу земной атмосферы. Для астрономов оставался единственный вариант: несколько обитаемых островов Полинезии и, наконец, остров Пасхи. Именно туда и отправились в погоне за редким астрономическим явлением ученые из иркутского Института солнечно-земной физики СО РАН, отметившего в нынешнем году свое 50-летие

Остров Пасхи — один из самых удаленных от любого континента обитаемых островов в мире. Добраться туда из Иркутска можно пятью перелетами через два океана: общая протяженность маршрута «туда и обратно» почти 50 тыс. километров.

Сибиряки отправились в долгий путь не для того, чтобы просто полюбоваться редким природным явлением. Планировалось, во-первых, провести съемку спектра среднего слоя атмосферы Солнца — хромосферы, которая наблюдается в виде светящегося красноватого серпика всего несколько секунд при полном затмении. Во-вторых, получить серию спектров более высоких слоев солнечной атмосферы (короны).

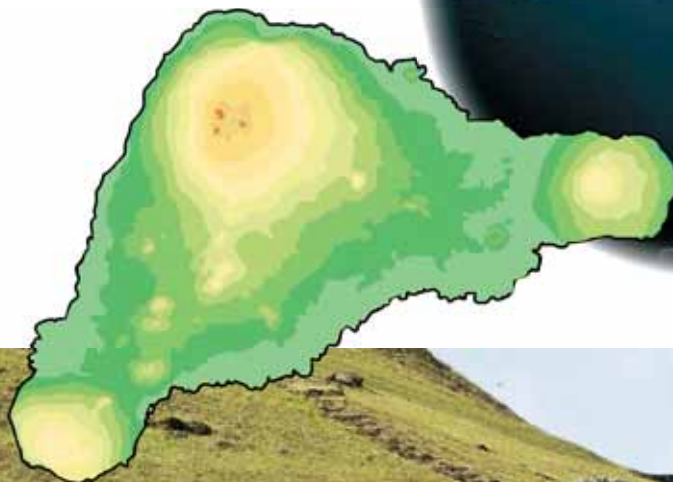
Спектральный анализ — краеугольный камень астрофизики: именно спектры несут в себе информацию о физических условиях на небесных телах. Вот почему так ценны спектры, полученные в короткие минуты солнечных затмений. А поскольку корона нашего светила очень неоднородна (в ней есть сгущения и разрежения, области сильных и слабых магнитных полей), стояла задача получить спектры короны в разных областях, на разных высотах над лимбом Солнца.

Фото С. Язева

Остров Пасхи представляет собой треугольник со сторонами 24 x 18 x 16 км. Этот маленький клочок суши, возникший в результате вулканической активности, состоит исключительно из изверженных пород. По геологическим данным, извержений здесь не было не менее 3 млн лет



Настоящая экзотика – флаг Иркутска рядом с каменными идолами Пасхи.
Фото М. Чекулаева





История Рапа-Нуи противоречива и загадочна. Когда-то на остров высадились полинезийцы. Согласно гипотезе знаменитого путешественника Тура Хейердала, здесь жили и выходцы из Перу – представители империи инков.

Сегодня остров принадлежит Республике Чили, а в его единственном населенном пункте Ханга-Роа живет около 4 тыс. человек. Население существует за счет туризма и дотаций с материка. На острове нет ни полезных ископаемых, ни сельского хозяйства, ни промышленности – все необходимое доставляется с континента, удаленного на 3,5 тыс. км.

Деревьев тоже почти нет – их давным-давно вырубили; имеются лишь несколько рукотворных эвкалиптовых рощ. Типичный ландшафт – горы, поросшие невысокой степной растительностью, торчащие скалы, камни... По острову перемещаются табуны одичавших лошадей, когда-то завезенных европейцами. Ловить рыбу мешает отсутствие лагун, острые камни, крутой берег и мощный прибой, затрудняющий выход в море на лодках. Имеются небольшой порт и единственная песчаная бухта, пригодная для купания.

Новую жизнь острову дали американцы, соорудившие здесь первоклассную взлетно-посадочную полосу для аварийной посадки шаттлов, куда сегодня приземляются тяжелые самолеты с туристами.

Любители астрономии со всего мира коротают время перед затмением в обществе бесстрастных каменных моаи. Фото М. Чекулаева

Туристов привлекает главная достопримечательность бесплодного острова – моаи, удивительные древние изваяния весом в несколько тонн и высотой до 10 м, высеченные из вулканического камня.

На Рапа-Нуи несколько сотен таких изваяний. Все они разные, а некоторые можно назвать шедеврами, с точки зрения лаконичности форм и неожиданности образа. Одни моаи стоят на специальных каменных платформах, другие лежат, поваленные либо цунами, либо землетрясениями, либо человеком. А некоторые так и остались недовырубленными из камня...

Моаи стоят, в основном, спиной к океану, лицом вглубь острова. Если технология их изготовления и установки уже не вызывает особых вопросов, то смысл сооружения этих статуй до сих пор остается покрытым тайной, порождая множество мифов.

Сегодня моаи стали самым ярким туристическим брендом и Чили и, конечно, самого острова. Здесь немыслимое количество всевозможных изображений моаи – деревянных, каменных, гипсовых, на футболках и постерах, на бейсболках и сумках, тарелках и полотенцах...

В-третьих, большой интерес для исследователей представляла сама форма солнечной короны. Судя по данным трех последних затмений 2006—2009 гг., общепринятые представления о связи формы короны с фазой цикла солнечной активности оказались не совсем верными: конфигурация короны всякий раз оказывалась неожиданной для исследователей. Особенность этого затмения заключалась в том, что оно состоялось на начальной стадии нового цикла солнечной активности, который начался после длительной задержки.

Для выполнения столь обширной программы требовался немалый «научный» багаж: около 80 кг оборудования, включая два 25-килограммовых астрономических штатива, снабженных специально изготовленными в ИСЗФ кронштейнами для крепления аппаратуры.

Для съемки спектра хромосферы было собрано устройство, включающее дифракционную решетку, разлагающую солнечный свет в спектр, мощный объектив и цифровую фотокамеру. Для съемки корональных спектров предназначался портативный спектрограф, который на время экспедиции пришлось снять с большого инфракрасного телескопа Саянской обсерватории ИСЗФ.

А еще нужно было прихватить комплект объективов и фотокамер, ноутбуки, инструменты, аккумуляторы, паяльник, светофильтры, фонарики... В результате оказалось, что увезти на край света центнер необходимого груза на рейсовых самолетах команде из двух человек (как первоначально

В состав экспедиции, инициатором и научным руководителем которой был зам. директора ИСЗФ СО РАН чл.-кор. РАН В. М. Григорьев, первоначально вошли сотрудники института О. А. Ожогина и к. ф.-м. н. С. А. Язев.

Затем к экспедиции подключился ее идейный вдохновитель, сотрудник астрономической обсерватории Иркутского государственного университета

Д. В. Семенов, а также М. Г. Гаврилов, ученый секретарь Научного совета по астрономии РАН (Черноголовка).

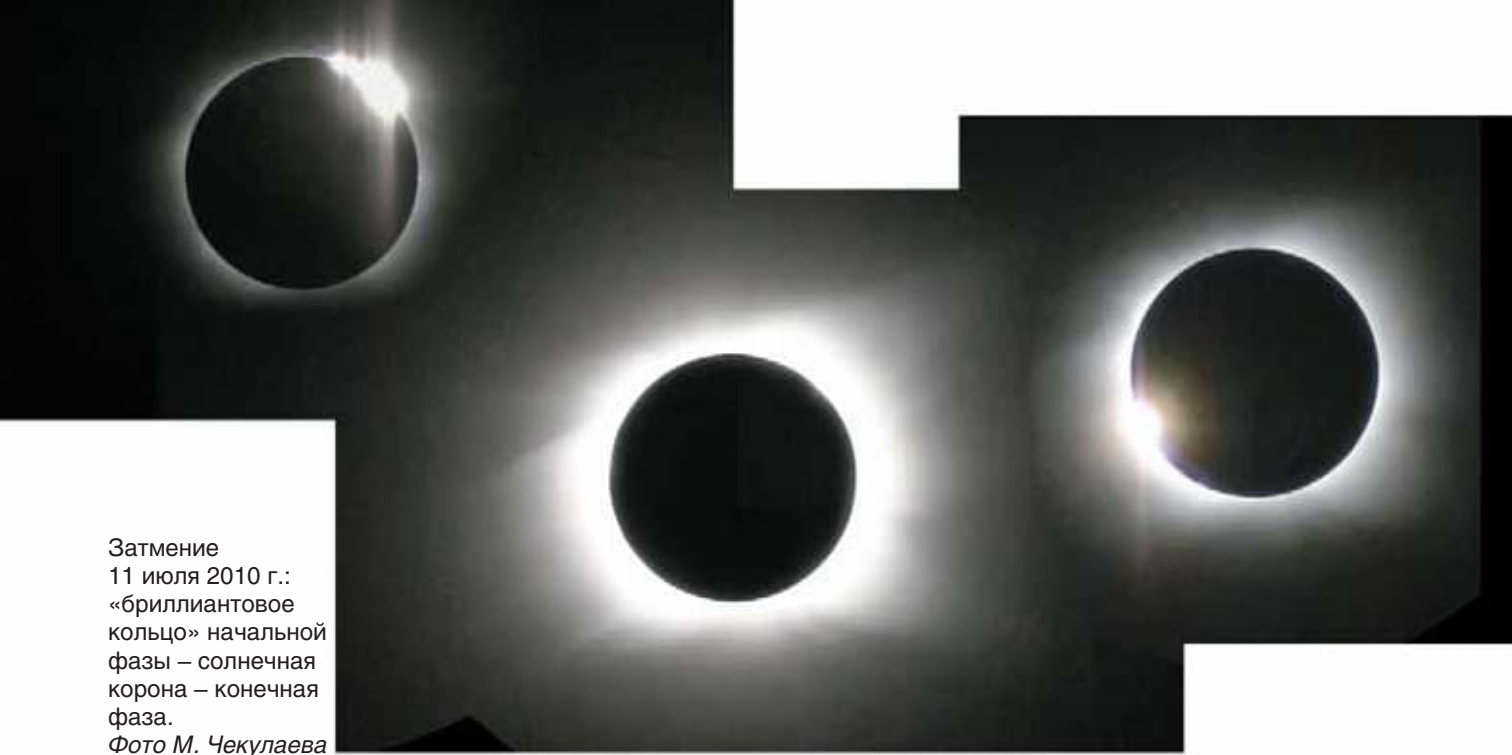
В экспедиции также приняли участие два астронома-любителя —

М. Чекулаев из Шелехова и москвич А. Николаев.

На фото — российская команда за полчаса до небесного представления.

Фото Д. Семенова





Затмение
11 июля 2010 г.:
«бриллиантовое
кольцо» начальной
фазы – солнечная
корона – конечная
фаза.
Фото М. Чекулаева

планировалось) нереально либо за пределами дорогого. Но когда состав участников экспедиции вырос до шести человек, задача стала вполне решаемой.

Подобное объединение человеческих и финансовых ресурсов уже несколько раз помогало иркутским астрофизикам выполнять проекты, казавшиеся для нашего времени неосуществимыми. Помощь спонсоров, СМИ, а также целевое финансирование научными фондами позволило организовать три «экспедиции за затмением»: в Монголию (2008), островную Республику Кирибати (2009) и, наконец, на о. Пасхи.

...Ранним утром 3 июля мы вылетели из Москвы в Нидерланды, откуда начался трансатлантический 13-часовой перелет в столицу Перу – Лиму (с учетом поясного времени этот день растянулся для нас на 36 часов). Вечером следующего дня вылетели в столицу Чили – Сантьяго. И, наконец, ранним утром 6 июля новый борт взял курс на о. Пасхи.

Местные жители с гордостью называют свою родину Рапа-Нуи, т. е. «большой остров», хотя в действительности о. Пасхи – один из самых маленьких обитаемых островков нашей планеты (его площадь – 166 км²). Рапа-Нуи не обделен вниманием туристов, но в июле для него наступил звездный час. Посмотреть на затмение прибыли несколько тысяч человек со всего мира. Как грибы, здесь выросли новые отельчики, не говоря уже о ценах...

В дни перед затмением чартеры привозили на остров до тысячи человек в сутки. Съезжались как многочисленные любители, которые гонятся за затмениями по всей планете, так и профессионалы, на этот раз немногочисленные. Прилетели даже сотни три страннова-

тых людей, одетых в стиле хиппи, для которых затмение стало поводом устроить музыкальный фестиваль.

...Мы оборудовали наблюдательную площадку во дворе отеля. Ожидание стоило нам нервов. Сначала отказала китайская система управления у одного из штативов: шаговый двигатель никак не хотел переключаться и вращать систему в обратную сторону (в Южном полушарии Солнце ходит справа налево). Режим съемок отработывали по ночам, опробуя систему по убывающей Луне и Юпитеру. Переменная дождливая погода заставляла постоянно отключать аппаратуру, прятать ее под чехлы, а затем обратно включать – и так по многу раз.

В конструкции астрономических штативов предусмотрены тяжелые противовесы для уравнивания приборов. Поскольку штатные чугунные «блины» не вошли в экспедиционный багаж, было решено использовать полиэтиленовые мешки с песком. Но и тут возникла проблема: бдительные охранники пытались отобрать у нас песок на выходе с пляжа Анакена, посчитав это за возможную контрабанду.

За день до затмения погода была чудовищной: дождь и сильный ветер. Небольшие мокрые моаи – декоративные новоделы во дворе отеля – мрачно смотрели на наши зачехленные приборы. По всем интернет-прогнозам вот-вот должно было засиять Солнце, но весь вопрос состоял в том, когда конкретно это произойдет – за час до или через час после затмения...

В ночь перед затмением, уже под утро, сквозь просветы в облаках удалось получить спектр Юпитера и оценить величину необходимых экспозиций. Подготовка была завершена. К счастью, за пару часов до на-

чала затмения сплошная облачность с небольшими просветами наконец сменилась чистым небом с отдельными облаками. Как по заказу, последнее маленькое облачко проплыло вблизи Солнца за 10 минут до начала полной фазы.

...К виду полного затмения нельзя привыкнуть. Серебристая корона, охватившая черный круг Луны, ярко засиявшие на потемневшем небе Меркурий и Венера врезались в память навсегда. Все участники экспедиции, включая новичков, отработали отлично, – удалось сделать все, что было задумано. У нас уже был опыт съемок затмений в течение трех и даже двух минут, а нынешнее явление продолжалось рекордное время – около пяти минут.

На сегодня о результатах экспедиции говорить рано: обработка полученных данных продлится несколько месяцев. В любом случае, сибирские ученые оказались единственными представителями России, которые продолжили давнюю традицию российской астрономии не пропускать ни одного солнечного затмения. Будем надеяться, что эта хорошая традиция не прервется и в будущем.

Сотрудница ИСЗФ СО РАН
Ольга Ожогина успела отснять
целую серию спектров короны.
Фото Д. Семенова

*К.ф.-м.н. С.А. Язев (Институт
солнечно-земной физики СО РАН,
астрономическая обсерватория
Иркутского государственного
университета)*





ЗОЛОТО ГОРОДА ЯКУТСКА

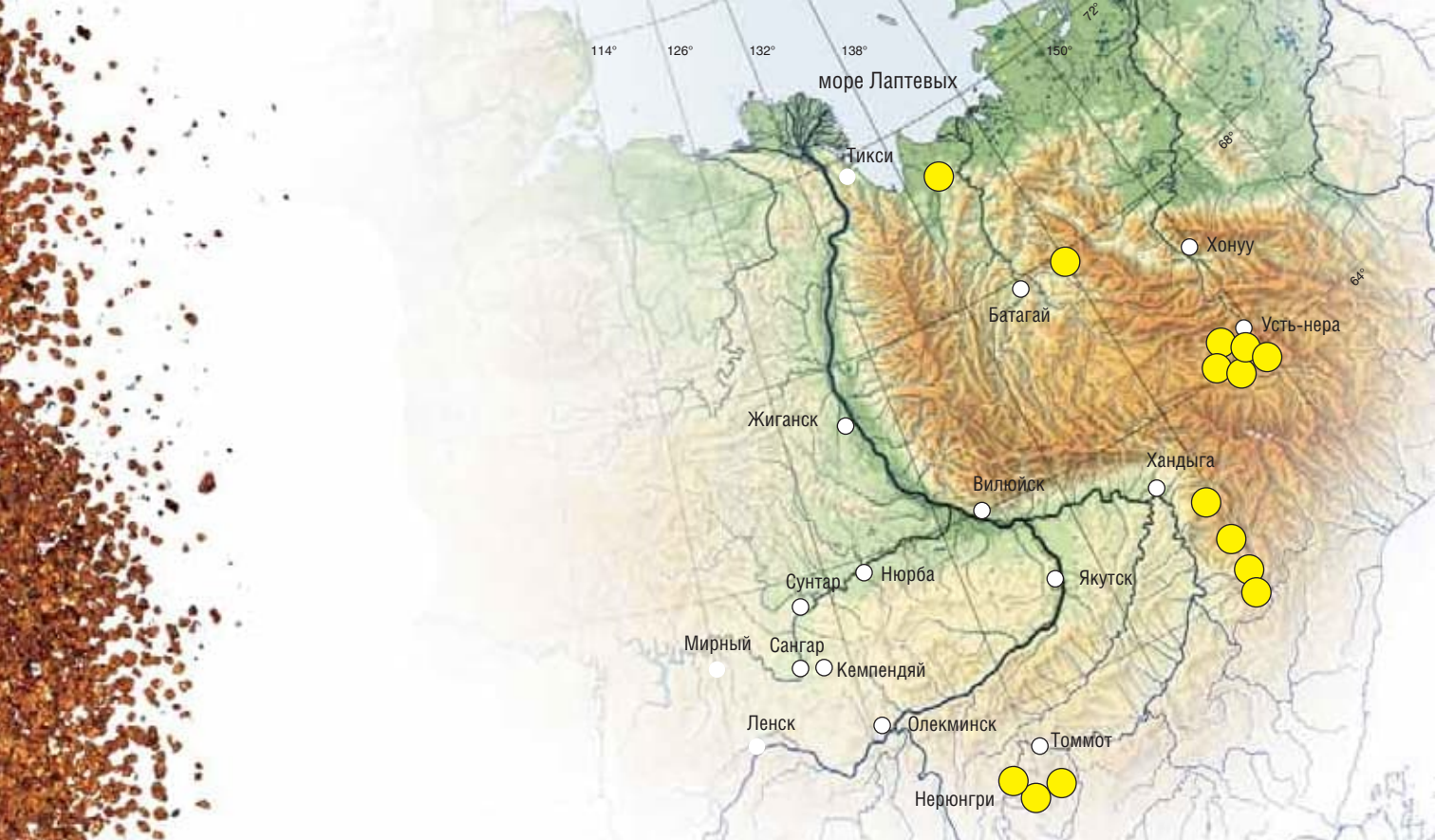
В восьми километрах от центра города Якутска, в строительном карьере Хатынг-Юрях обнаружено весовое золото, содержание которого в отдельных пробах песчано-гравийной смеси достигает 7 г/м³

Ключевые слова: золото, россыпь, неоген, Сибирская платформа, Якутск
Key words: gold, placer, Neogene, Siberian platform, Yakutsk

Якутия является крупным золотодобывающим регионом Российской Федерации. В лучшие годы там добывалось до 34 т золота в год. Но начиная с 90-х гг. прошлого столетия, золотодобыча в республике значительно сократилась.

Во многом это объясняется кадровым голодом государственных горно-геологических предприятий. Большинство крупных месторождений в настоящее время разрабатываются частными компаниями по лицензионным соглашениям. Они расположены в горных районах и, как правило, удалены от крупных населенных пунктов и транспортных коммуникаций. Сохранение стереотипов по происхождению и размещению коренных и россыпных месторождений приводит к тому, что их поиск проводится только в традиционных рудных провинциях. Новых золотодобывающих объектов создается все меньше, вследствие чего сокращается и прирост запасов драгметаллов.

С момента своей организации в 1957 г. Институт геологии Якутского филиала СО АН СССР стал уделять особое внимание вопросам золото-



ности Западной Якутии (Сибирская платформа). Результатом работы стала карта россыпных месторождений золота, однако лишь небольшая их часть была разведана и оценена с точки зрения золотоносности.

Летом 2002 г. в результате минералогического анализа песчано-гравийной смеси карьера Хатынг-Юрях, предназначенной для строительных нужд, совершенно неожиданно было обнаружено весовое золото, концентрация которого достигала (по отдельным пробам) 7 г/м^3 . Карьер расположен всего в 8 км от центра г. Якутска. С этого момента началось детальное изучение геологии и минералогии песчаных отложений карьера.

В разрезе карьера распознаются толщи отложений, образованные в палеогене и неогене. Среди песчаных палеогеновых отложений постоянно встречается золото мелких классов (0,25 мм). В песках и песчано-гравийных отложениях олигоцена также преобладает мелкое (0,125–0,25 мм) золото, но иногда попадает чешуйчатое золото с размером частиц 1–2 мм и комковидное, размером до 5 мм.

Среднее содержание золота в песках невелико – около $0,01 \text{ г/м}^3$. При столь малых концентрациях оно едва ли имело бы практическое значение, если бы не одна важная деталь. Как оказалось, в кровельной части разреза миоценовых песков существуют «ловушки» различного размера по типу русловых каналов. Из одной такой «ловушки» извлекли 50 мг золота. Содержание золота в различных точках русловых каналов может меняться от $0,16$ до $7,1 \text{ г/м}^3$, а это уже промышленно значимые цифры.

Основные золотодобывающие центры Республики Саха (Якутия) расположены в горных районах.

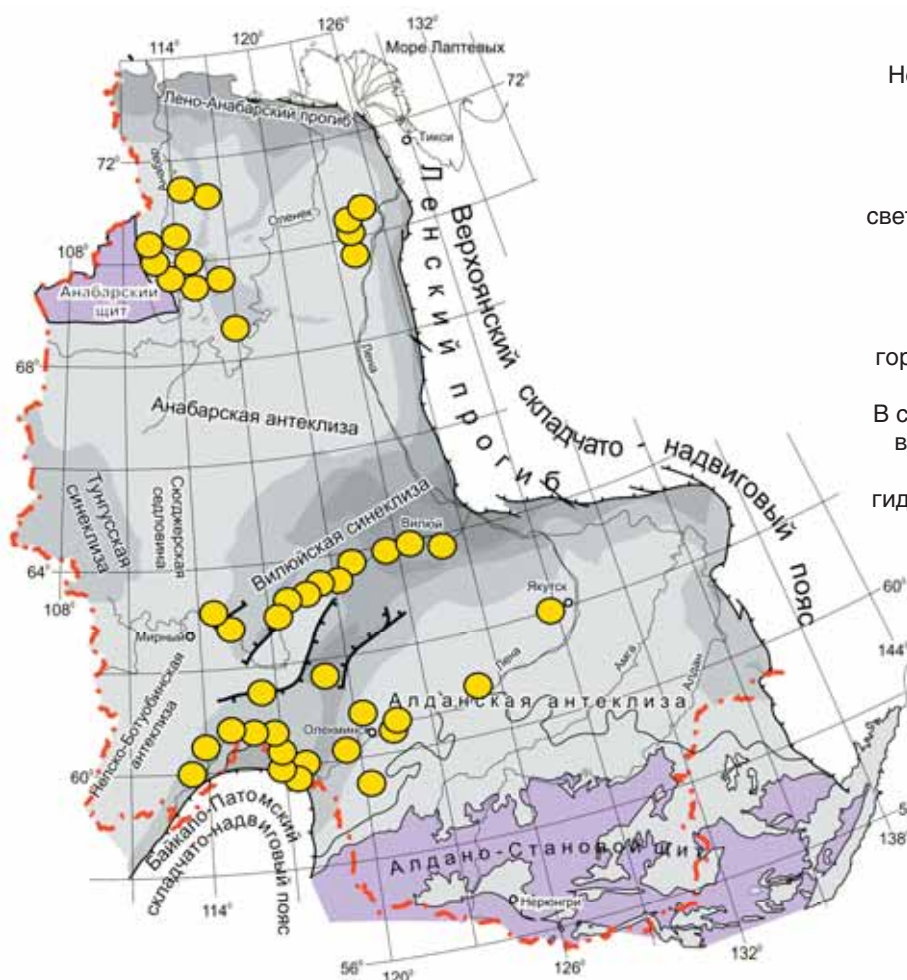
Всего на территории Якутии выявлено 62 коренных и 782 россыпных месторождений.

Большинство крупных рудных и россыпных (34 и 226 соответственно) месторождений разрабатываются по лицензионным соглашениям частными компаниями. Ввиду более простой технологии предпочтение отдается россыпным месторождениям

Наибольший научный и практический интерес представляет изучение морфологии и химического состава золота. Установлено, что 90 % золота относится к высокопробному (900–950 ‰) и весьма высокопробному (950–998 ‰). При этом наблюдается прямая линейная зависимость величины пробы с содержанием меди, которое в отдельных зернах может достигать до 0,63 %.

Максимальное содержание ртути (до 0,70 %) также отмечено в весьма высокопробном золоте. Именно повышенное содержание ртути в золоте из карьера Хатынг-Юрях в сочетании с рядом факторов – своеобразным морфологическим типом (слабо обработанными комковатыми и уплотненными золотинами), малым размером золотин, высокой пробностью – позволяют предполагать наличие близкого коренного источника.

Этот источник может иметь эндогенное происхождение, но может быть и результатом флюидного седиментогенеза, подобно золоту «воронежского типа». В пользу второго говорит присутствие в песках жил, прожилок и желваков, выполненных кристаллами пирита размером от нескольких миллиметров до не-



Неогеновые русловые и косовые отложения карьера Хатынг-Юрях состоят в основном из мелкозернистых песков (0,5—0,125 мм) с прослоями светлых глин и углефицированных древесных остатков. Они перекрыты разнозернистыми позднеплиоценовыми песками, среди которых выделяются горизонты и линзы ожелезненных галечников и гравелитов. В стенках карьера видны системы вертикальных и горизонтальных трещин, заполненные гидроксидами железа. Отложения палеогена и неогена были опробованы в стенках карьера сверху вниз с шагом 25 см и по его днущу с шагом 10 м

скольких сантиметров. Появление жильного пирита связано, скорее всего, с процессами его кристаллизации, которые происходили уже после формирования песков и глин.

Проблемы происхождения мелких месторождений часто остаются в области интересов научного сообщества и мало интересуют золотодобытчиков. В данном случае важен сам факт, что в песках на границе миоцена и плиоцена, на небольшой глубине имеются богатые ловушки мелкого золота.

Учитывая огромные площади развития неоген-палеогеновых образований в Лено-Вилуйском и Лено-Амгинском междуречьях, а также многочисленные находки золота вблизи других населенных пунктов, о количестве таких объектов в Центральной Якутии можно только догадываться.

Основываясь на новом фактическом материале, следует по-новому оценить перспективы расширения минерально-сырьевой базы золота за счет объектов в окрестностях крупных городов (Якутск) и поселков городского типа (Намцы, Булгуняхтах и др.), где хорошо развита инфраструктура и где имеется избыток рабочей силы.

Конечно, это вряд ли существенно изменит направление поисковых работ или структуру золотодобычи в республике. Зато эти объекты можно разрабатывать небольшими артелями из числа местного населения и тем самым способствовать увеличению его занятости, особенно в сельскохозяйственных районах и вдоль нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий Океан».

Схема россыпной золотоносности
Сибирской платформы
(Западная Якутия)

Литература

Nikiforova Z. S., Gerasimov B. B., Tulaeva E. G. Genesis of gold-bearing placers in the Eastern Siberian platform // *Fluvial palaeo-systems: evolution and mineral deposits. Project IGCP-514*. М. 2008. Р. 73—83

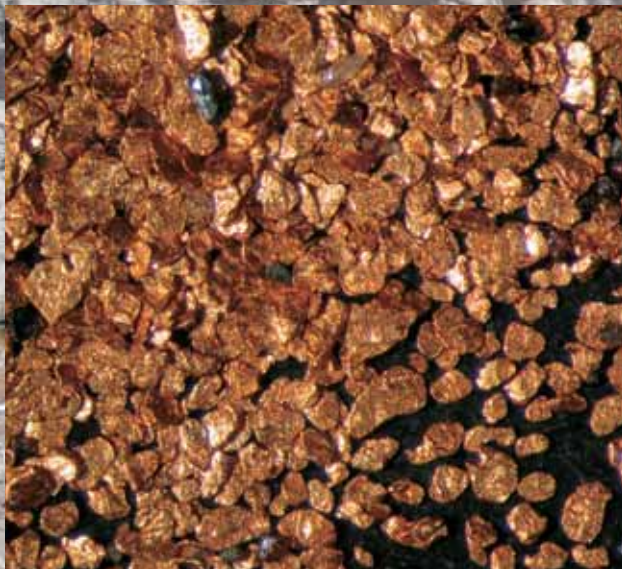
Сурнин А. А., Иванов П. О. Опыт промышленной отработки косовых россыпей золота р. Чара // *Золотодобыча, ИРГИРЕДМЕТ*. 2008. № 119. С. 8—11.

Д. г.-м. н. А. П. Смелов.,
к. г.-м. н. А. А. Сурнин (Институт
геологии алмаза и благородных
металлов СО РАН, Якутск)



Неогеновые отложения

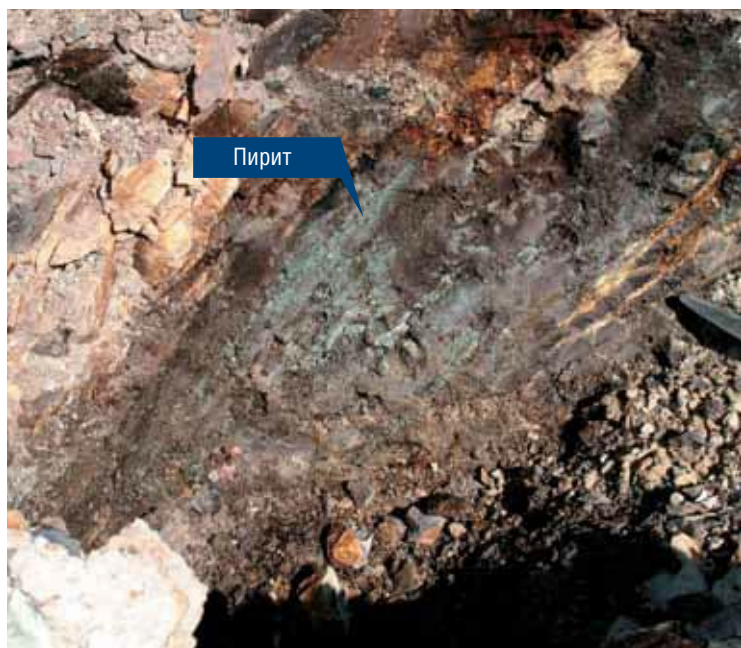
Палеогеновые отложения



Наибольшая часть самородного золота из песчаников карьера Хатынг-Юрях темно-желтого цвета, единичные золотины – светло-желтые или серебристые.

Размеры подавляющего большинства золотин – менее 0,25 мм, из них около трети – менее 0,125 мм. Золото таких размеров обычно смывается водным потоком со шлюзов существующих промприборов (качественное промышленное извлечение золота начинается с размера частиц металла более 0,5 мм).

Для извлечения золота мелких классов использовались приборы, смонтированные на базе винтовых сепараторов



Пирит

Жилки пирита в песчаниках имеют неоднородное строение. Центральная часть сложена полосчатым сливным или слабо раскристаллизованным пиритом, на который нарастают кристаллы пирита размером от 1 до 5 мм, образуя причудливые друзы

**ДЕРЕВЯНКО**

Анатолий Пантелеевич – действительный член РАН, доктор исторических наук, директор Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск). Академик-секретарь отделения историко-филологических наук РАН. Лауреат Государственной премии РФ (2002), Демидовской премии (2004), премии им. М. А. Лаврентьева «За выдающийся вклад в развитие Сибири и Дальнего Востока» (2005), премии «Триумф» за достижения в области науки (2005)

Еще полвека назад большинство антропологов рассматривало эволюцию человека как линейную последовательность видов: *Homo habilis* (человек умелый) – *Homo erectus* (человек прямоходящий) – *Homo neanderthalensis* (человек неандертальский) – *Homo sapiens* (человек разумный).

Первый представитель рода «людей» *Homo habilis* появился в Африке на рубеже 2,5 млн лет назад. Около 2 млн лет назад часть популяций сменивших его *Homo erectus* покинула африканскую «колыбель» и вышла на просторы Евразии. Это была первая волна древних миграций человека. Около 600 тыс. лет назад с Черного континента в Евразию пришла вторая волна, приведшая к формированию в Европе вида, наиболее близкого к современному человеку, – неандертальцев.

Долгое время считалось, что судьба этих мигрантов – быть тупиковой ветвью на родословном древе человечества и что формирование *Homo sapiens* произошло в Африке, в ходе эволюции оставшихся там «эректусов». Случилось это на рубеже 200–150 тыс. лет назад, а около 80–60 тыс. лет назад человек современного физического типа шагнул за пределы Африканского континента и расселился по всему свету. Выдержать конкуренцию с более совершенным видом неандертальцы не могли, и поэтому они, как и все предыдущие, покинули «эволюционную арену», не оставив после себя потомков. Такая моноцентристская точка зрения до сих пор преобладает в антропологии. Но она не единственная. Все больше сторонников в последнее время завоевывает теория мультирегиональной эволюции человека, согласно которой формирование *Homo sapiens* с равным успехом могло происходить и в Африке и в Евразии – там, где расселялся *Homo erectus* и где происходил постепенный и независимый процесс его «сapiентации», т. е. эволюции в сторону человека современного физического типа. Предлагая не один, а несколько центров антропогенеза, эта теория заставляет по-новому взглянуть на «эволюционную лестницу» человека, расширяя наши представления о том, как происходило восхождение на ее последнюю, высшую ступень

*Australopithecus
afarensis*

*Homo
habilis*

*Homo
erectus*

*Homo sapiens
altaiensis*

*Homo
neanderthalensis*

*Homo
sapiens*



РОДОСЛОВНАЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА: теории и факты





Самые древние орудия — массивные гальки со стесанной верхушкой или краем (олдувайская техника)



Орудия продвинутой ашельской индустрии (техника двусторонней обработки камня)

Костных остатков древнего человека на сегодняшний день найдено очень мало. Основной материал, имеющийся в распоряжении археологов, — это каменные орудия труда. По ним можно проследить, как совершенствовались приемы обработки камня, как происходило развитие интеллектуальных способностей человека



Безусловно, прародиной человечества был и остается Африканский континент. Об этом свидетельствуют данные археологии, антропологии и палеогенетики. Самые древние каменные орудия на Земле найдены в Африке, в бассейне реки Када-Гона. Их возраст составляет 2,5 млн лет.

Разделение нашей далекой предковой линии на две ветви — в сторону человека разумного и в сторону человекообразных обезьян — произошло в Африке, на рубеже 7—6 млн лет назад. Наиболее вероятной причиной такого разделения стало глобальное изменение климата, наступившее в начале плиоцена: на Земле стало суше и прохладнее, тропические леса в Африке, особенно на возвышенностях и нагорьях, исчезли, уступив место саванне.

Открытые пространства потребовали от приматов изменения стратегии выживания: развития бипедии (передвижения на двух конечностях), изменения рациона в пользу увеличения белковой пищи. Части приматов удалось это сделать — на свет появились австралопитеки, предшественники первого человека.

Из Африки — по всему свету

Около 2 млн лет назад древнейшие популяции человека стали расселяться по миру. Миллион лет понадобился им, чтобы заселить значительную часть Евразийского континента — от Ближнего Востока и Европы до Тихого океана. О продвижении первых мигрантов свидетельствуют находки примитивных галечных орудий труда, получивших название олдувайских.

На рубеже 600 тыс. лет назад из Африки в Евразию пришла вторая волна миграции, распространившая более прогрессивную технологию — так называемую ашельскую индустрию. Новые выходцы из Африки фактически прошли маршрутом своих предшественников, однако восточнее Монголии и Индии они не проникли. Материал сотен палеолитических стоянок

Из Африки в Евразию древний человек попал, вероятно, случайно. Из-за общего понижения уровня океана 2 млн лет назад на месте Баб-эль-Мандебского пролива существовал сухопутный коридор, соединяющий Африку с Аравийским полуостровом, и по нему совершались миграции животных. Следуя за ними, некоторые популяции *Homo erectus* покинули свою родину и проникли в Евразию.

Процесс заселения нового континента шел очень медленно. Следы первой миграционной волны на территории Ближнего Востока и Аравии еще не обнаружены, однако открытие стоянки в Дманиси (Восточная Грузия) свидетельствует о том, что на Кавказе древнейшие люди появились 1,8 млн лет назад.

Северный Кавказ и сопредельные ему территории (Таманский п-ов, Приазовье) могли быть транзитными при заселении юго-восточной части Европы.



Миграции древнего человека из Африки в Евразию

- первая волна миграции
- вторая волна миграции

Но этот путь был не единственным. При максимальном понижении уровня океана человек мог попасть из Африки через Гибралтар в Испанию, через Сицилию – в Италию, через Ближний Восток и Малую Азию – на Балканы. Археологические открытия последних лет предполагают возможность еще одного пути в Европу: через западное побережье Каспия и восточное побережье Черного моря. В любом случае, «з ректусы» оказались в европейской части континента. Находки в Атапуэрке (Северная Испания) устанавливают, что это произошло 1,2 млн лет назад.

Миграционная волна, распространявшаяся в восточном направлении, вынуждена была со временем столкнуться с непреодолимой преградой – горными системами Тибета и Гималаев. Огибая их, она разделилась на два потока: северный и южный.

Следы южного потока обнаруживаются на территории Пакистана, Индии, Китая, Юго-Восточной Азии. В Пакистане (местность Риват) найдены каменные орудия, возраст которых, согласно результатам палеомагнитного датирования, составляет 1,9 млн лет. Судя по находкам, сделанным на Яве (предположительный их возраст 1,8 и 1,6 млн лет), древнейшие популяции людей достигли Тихого океана.

Стоянки древнего человека, открытые в Центральной Азии и Южной Сибири, доказывают прохождение по этим территориям северной миграционной волны. Древние галечные комплексы в Казахстане, на п-ове Мангышлак и в Каратау свидетельствуют, что это произошло 800—600 тыс. лет назад.

Палеолитическая стоянка Карамы, открытая в 2001 г. на территории Алтая, устанавливает ту же дату – 800—600 тыс. лет назад.

Примерно в это же время из Африки в Евразию пришла вторая волна миграции человека. Она распространила новую, более совершенную, технику производства орудий труда – так называемую ашельскую индустрию, или технику двусторонней обработки камня.

Кем были новые мигранты? Вероятно, *Homo heidelbergensis* (человеком гейдельбергским) – сформировавшимся в Африке новым видом людей, сочетающим в себе как неандерталоидные, так и сапиентные черты.

Самое раннее появление бифасов (двусторонне оббитых камней) в Европе зафиксировано в местности Карьер Карпантье – около 600 тыс. лет назад; в Малой Азии, Индии, Туркмении, Казахстане – около 300—350 тыс. лет назад. Восточнее Монголии и Индии эта волна не распространилась. Там, со времен первой миграционной волны, существовала и развивалась своя индустрия.



An aerial photograph of a mountainous landscape. In the foreground, there are steep, rocky slopes with sparse vegetation. A river flows through a dense forest of coniferous trees, creating white rapids. A dirt road or path winds through the forest. In the background, more forested hills are visible under a clear sky.

Первые древнейшие популяции человека пришли в Горный Алтай не позднее 800 тыс. лет назад. Об этом свидетельствуют каменные орудия труда, найденные на стоянке Карама. Они относятся к раннепалеолитической индустрии галечного типа – более древней, чем индустрия Денисовой пещеры. Четырнадцать километров – и почти полмиллиона лет разделяют их. Изучение культуросодержащих горизонтов Карамы позволило говорить о ней как о древнейшей стоянке не только на территории Алтая, но и во всей Северной Азии



Экспериментальное расщепление камня по древней технологии

Многослойная летопись

Китай говорит о том, что на этой территории бытовали свои традиции изготовления орудий труда. Непрерывно, без каких-либо существенных изменений и влияний они развивались здесь на протяжении последнего миллиона лет, со времен первых миграций человека. Закономерным результатом такого развития стало появление 50–30 тыс. лет назад верхнего палеолита – культуры, соотносимой уже с человеком современного физического типа.

Аналогичный пример поступательного, непрерывного развития материальной культуры обнаруживается в Южной Сибири, на территории Горного Алтая. Изучение палеолитической стоянки в Денисовой пещере показало плавное развитие местной индустрии начиная с 300 тыс. лет назад. Это развитие продолжалось в течение всего среднего палеолита и в конце концов привело к появлению культуры, которая по всем характеристикам является верхнепалеолитической.

Все эти данные противоречат утверждению моноцентристов о том, что расселившиеся по Евразии популяции «эректусов» в ходе эволю-

ции исчезли, не оставив потомства. Любая теория должна основываться на фактах, а факты говорят о том, что на протяжении сотен тысяч лет, следовавших за первоначальным заселением Евразии, популяции *Homo erectus* продолжали развиваться, совершенствуя свои техники изготовления орудий труда.

Очевидно, что на огромной территории этот процесс происходил по-разному, в зависимости от тех или иных природно-климатических условий. Факторы среды заставляли человека вырабатывать ту адаптационную стратегию, которая позволяла ему наиболее комфортно существовать в занимаемой экологической нише. Почему популяции, населявшие Восточную Азию или Южную Сибирь, не могли развивать свои приемы обработки камня? Безусловно, они отличались от африканских, но от этого они не были менее прогрессивными.

Несомненно, что в каждой из трех зон – африканской, евразийской и восточно-азиатской – складывались свои культурные традиции, свои модели перехода от среднего палеолита к верхнему.

За тридцать лет работы на Алтае сотрудниками Института археологии и этнографии СО РАН изучено более 20 многослойных стоянок, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга. На них выделено свыше 70 культуросодержащих горизонтов, относящихся ко времени раннего, среднего и самого раннего этапа верхнего палеолита. Наиболее важный для исследователей хронологический промежуток в 100–30 тыс. лет назад, когда в разных точках планеты происходил переход от среднего палеолита к верхнему, представлен 60 горизонтами. Подобного количества нет практически нигде.

Изучение алтайского палеолита ведется комплексно. Помимо археологов и антропологов в нем принимают участие геологи, геоморфологи, палеоботаники, палеонтологи, геофизики, геохронологи. Благодаря такому мультидисциплинарному подходу ученым удалось всесторонне изучить развитие материальной культуры человека и среды его обитания начиная с 800 тыс. лет назад.

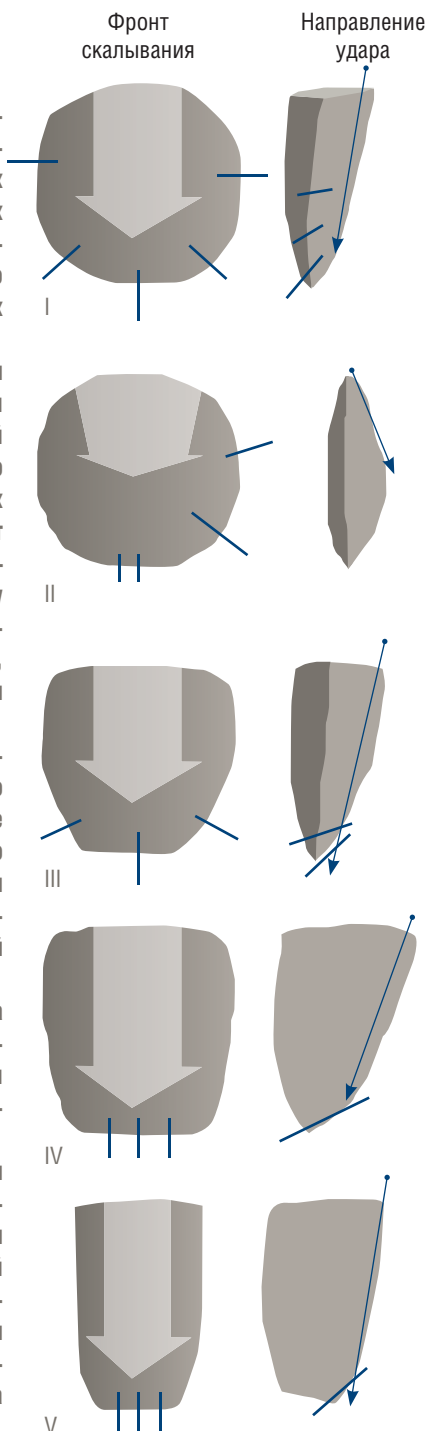
На Горном Алтае в результате полевых исследований хорошо стратифицированных стоянок (пещерных и открытого типа), расположенных сравнительно недалеко друг от друга, удалось проследить эволюцию технологии производства каменных орудий за последние 100 тыс. лет. Многослойная палеолитическая стоянка Усть-Каракол-1 находится на расстоянии 3 км от Денисовой пещеры. Изучение технологического процесса изготовления найденных на этой стоянке орудий позволяет в хронологическом диапазоне 100—30 тыс. лет проследить динамику изменений в подготовке и расщеплении нуклеусов – кусков камня, с которых «снимали» заготовки для каменных орудий:

I—II стадии. Форма нуклеуса предполагает получение относительно широкого отщеп. Поддержание необходимой формы основного фронта нуклеуса осуществляется вспомогательными снятиями лишнего материала с его боковой и нижней частей.

III—IV стадии. Фронт нуклеуса трансформируется в подпрямоугольную форму. Процесс расщепления начинает постепенно приобретать отчетливые признаки пластинчатого.

V стадия. Вспомогательные снятия для поддержания формы основного фронта нуклеуса производятся исключительно со стороны боковой части. В основании нуклеуса появляется специально подготовленная вспомогательная площадка. Подпрямоугольный фронт нуклеуса становится более удлиненным.

Основные снятия заготовок с нуклеусов последних 2-х типов часто производились многократно. Нуклеусы, как и полученные с них сколы, приобрели характер пластин.



Стадии эволюции технологии подготовки и расщепления нуклеусов (стоянка Усть-Каракол-1).
По: (Деревянко, Волков, 2004)

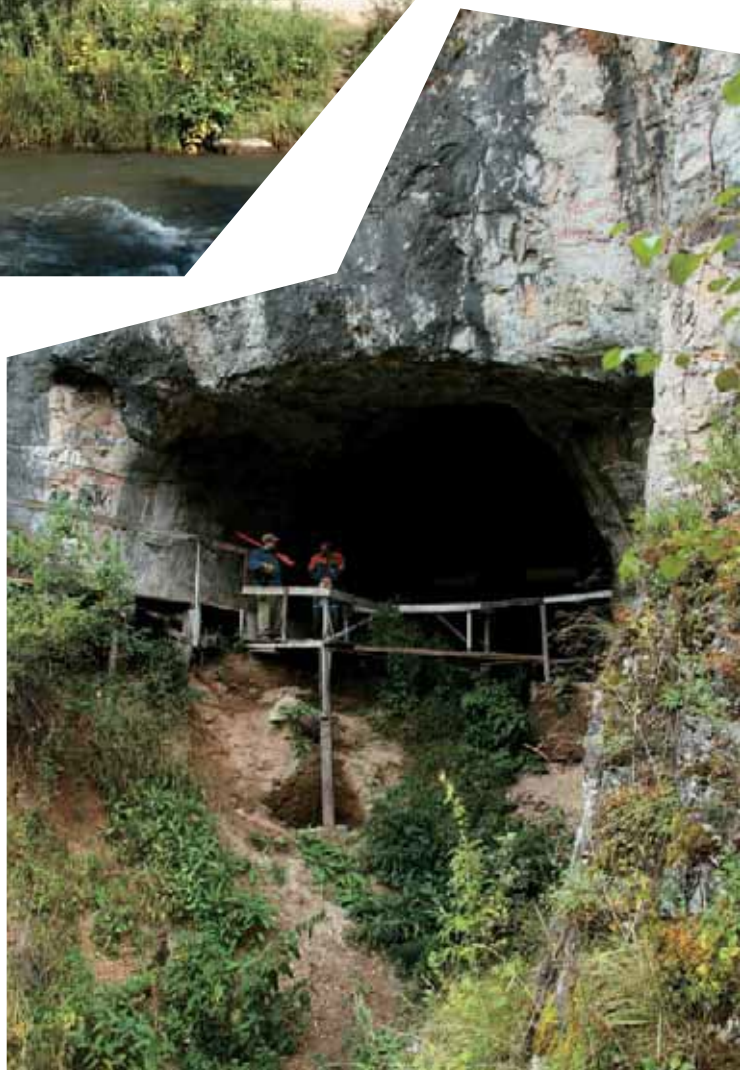




Денисова пещера – древнейшая палеолитическая стоянка в Сибири. Первый человек поселился в ней около 300 тыс. лет назад

Именно к этому времени относятся первые свидетельства появления здесь людей – «эректусов», покинувших 2 млн лет назад Африканский континент. Из-за своей малочисленности или в результате ухудшения природно-климатических условий около 500 тыс. лет назад они с территории Алтая исчезли. Долгое время она оставалась незаселенной, пока 300 тыс. лет назад сюда не проникло новое сообщество людей, принесшее собственную технологию изготовления орудий труда.

Анализ культуросодержащих горизонтов фиксирует совершенствование этой технологии в течение всего среднего палеолита, как результат – появление изделий, имеющих признаки верхнепалеолитической культуры. К таковым относятся более совершенная техника обработки камня, использование новых материалов (кости, скорлупы страусинового яйца, бивня мамонта, зубов животных), но главное – появление символических предметов и украшений, свидетельствующих о духовной эволюции человека.



«Культурная революция» на Алтае

Уникальным примером высокого уровня развития материальной культуры человека, его производственных и технических возможностей стал браслет из темно-зеленого хлоритолита с гладкой, почти зеркальной поверхностью, обнаруженный археологами в Денисовой пещере. Возраст находки – более 30 тыс. лет.

Детальное трасологическое и технологическое исследование изделия показало, что древний мастер владел приемами обработки камня, считавшимися ранее нехарактерными для палеолита: скоростным станковым сверлением, расточкой инструментом типа рашпиля, шлифовкой и полировкой с использованием кожи и шкур разной степени выделки.

Обнаружение на Алтае подобных шедевров верхнепалеолитической культуры стало для многих ученых настоящим сюрпризом. Не все оказались готовы к тому, что в Южной Сибири переход от среднего к верхнему палеолиту произошел 50–45 тыс. лет назад – раньше, чем в Европе.

Мы провели в Горном Алтае несколько международных симпозиумов, опубликовали собранный материал на русском и английском языках, развернули в журнале

«Археология, этнография и антропология Евразии» широкую дискуссию на тему перехода от среднего к верхнему палеолиту, и теперь многие исследователи, в том числе зарубежные, признают: действительно, на Алтае зафиксирован самый ранний в Евразии переход от среднего к верхнему палеолиту и очень ранний верхний палеолит.

Культура этого периода оказалась не только очень выразительной, но и достаточно компактной: 10–15 подобных стоянок в Южной Сибири (Горный Алтай, Горная Шория, Прибайкалье, Забайкалье), на ближайших же 5 тыс. километрах – ни одной, и на всех возможных транзитных территориях – ни одной. Получается, искусство это возникло как бы из ничего, точно яркая вспышка. Кто же ее автор? Логично было предположить, что *Homo sapiens*, но...

Допрос ДНК

Долгое время раскопки не давали антропологического материала. Вообще ископаемых костных остатков человека в мире найдено очень мало. Каждая такая находка для археологов – большой праздник.

Для сибирских ученых он наступил в 2008 г., когда в 11-м слое Денисовой пещеры – там, где обнаружили



Раскопки
в восточной
галерее Денисовой
пещеры

Образцы культуры
ранней стадии верхнего палеолита



фрагмент браслета и другие верхнепалеолитические изделия, – была найдена ногтевая фаланга человека, предположительно девочки 5–8 лет.

Для проведения генетического анализа материал отдали в Институт эволюционной антропологии Макса Планка (Лейпциг), где коллективом ученых под руководством профессора Сванте Паабо накоплен значительный опыт проведения палеогенетических работ, в частности, ими прочитан ядерный геном неандертальца.

Коллеги в Лейпциге выделили из фаланги митохондриальную ДНК, расшифровали ее и пришли к совершенно неожиданному результату: по своей структуре она отличается и от ДНК современного человека, и от ДНК неандертальца.

Публикация этих данных в *Nature* – одном из самых влиятельных и авторитетных научных журналов в мире – произвела настоящий фурор в научном сообществе: стали даже поговаривать о необходимости пересмотра учебников по палеоантропологии.

Дабы подтвердить или опровергнуть выводы, полученные при

исследовании митохондриальной ДНК, в лаборатории Сванте Паабо приступили к расшифровке ядерной ДНК. Как известно, этот вид исследований дает более точные результаты. Недавно генетики завершили работу – основные их выводы подтвердились. (Подробнее об этом расскажет новая статья, готовящаяся для *Nature*.)





Участники международного симпозиума по древнейшей археологии Алтая (2005 г.)

Разумный алтайский

Итак, что можно сказать о человеке из Денисовой пещеры? Вероятнее всего, это не новый вид, а новый подвид человека. Ученые давно ведут спор о том, разными видами или подвидами были *Homo sapiens* и *Homo neanderthalensis*. Если верно первое, то эволюционная судьба у них сложилась по-разному, ведь оставить общее жизнеспособное потомство они не могли. Например, от лошади и осла можно получить





Общая реконструкция изделия.
Рис. А. В. Абдульмановой

Фрагмент палеолитического
браслета и современный образец
с разъемом (внизу)

ИСКУССТВО ДРЕВНЕГО ЮВЕЛИРА

В восточной галерее Денисовой пещеры был обнаружен уникальный образец верхнепалеолитического искусства – хлоритовый браслет.

Он представлен двумя обломками, ширина которых составляет 2,7 см, толщина – 0,9 см. Предположительный диаметр целого изделия – 7 см. Рядом с одним из разломов просверлено отверстие диаметром около 0,8 см. Судя по следам, скорость вращения сверла была достаточно высокой, колебания минимальными, а оборот сверла вокруг своей оси многократным, т. е. применено станковое сверление – технология, характерная для более поздних времен.

Хлоритолит, из которого изготовлен браслет, в окрестностях пещеры не встречается. Ближайшие выходы породы найдены в Рудном Алтае. Как и другие украшения из Денисовой пещеры, он изготовлен из материала, добытого не менее чем за 200 км от этих мест. Без сомнения, такие изделия имели для древних людей высокую ценность.



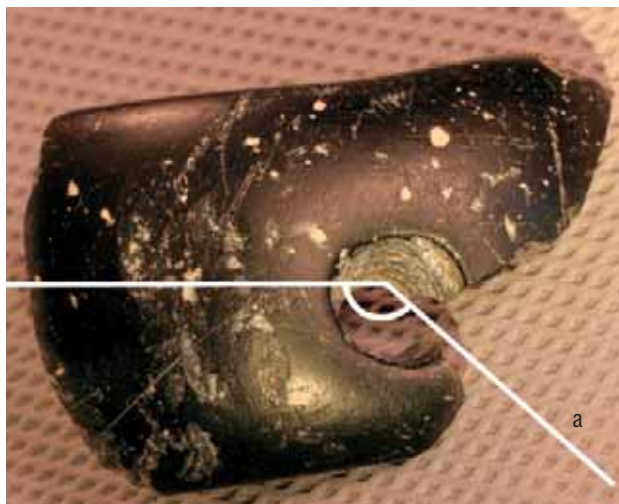
При носке браслет подвергался различным механическим повреждениям. На его внешней поверхности видны царапины, следы ударов. Некоторые выбоины пытались зашлифовать с помощью крупнозернистого абразива. Рядом с отверстием на внешней поверхности браслета просматривается четко ограниченная отполированная зона интенсивного контакта с неким мягким органическим материалом. Ученые предположили, что это кожаный ремешок, на котором крепилась подвеска, причем эта подвеска была достаточно тяжелой, раз она задавала строго определенную амплитуду колебаний. По расположению отполированного участка удалось определить «верх» и «низ» изделия и установить, что браслет носили на правой руке.

Хлоритолит – достаточно хрупкий материал, неудивительно поэтому, что он, как минимум, два раза ломался. В первый раз место разлома оказалось достаточно гладким, чтобы попытаться склеить фрагменты браслета между собой. Для этого плоскости разлома были тщательно подготовлены. Сперва их зашлифовали с помощью абразива, потом завальцевали края, а затем загладили каким-то относительно мягким материалом. Подготовка плоскостей была выполнена безупречно, но после склеивания изделие не приобрело нужную прочность, и браслет снова сломался. Восстановить его уже оказалось невозможным.

Судя по небольшому диаметру, браслет был разъемным – с прорезью для руки. Торцы его тщательно отшлифованы и отполированы. Надетый на руку, он плотно обхватывал кисть своего владельца. Кем был этот человек? Учитывая то, что браслет сделан из редкого материала, отличается тщательностью ювелирной отделки, можно предположить, что статус владельца был достаточно высокий. Кроме всего прочего, браслет очень красив. При ярком освещении он эффектно отражал солнечные лучи, при свете костра отливал глубоким темно-зеленым цветом. Маловероятно, чтобы он относился к предметам повседневного пользования. Скорее всего, эту красивую и очень хрупкую вещь надевали по каким-то исключительным случаям.

В результате трасологического и технологического исследования браслета были выявлены следы производства, изношенности и возможного ремонта изделия:

- а – отполированная зона, след интенсивного контакта с мягким органическим материалом;
- б – следы применения станкового сверла;
- в – следы реставрации выбоин;
- г – плоскости разлома, подготовленные для дальнейшего склеивания





0,5 см

Фаланга мизинца древнего человека, обнаруженная в Денисовой пещере

мула, но от мула получить потомство уже нельзя. Если же справедливо второе, то между человеком современного физического типа и неандертальцем вполне могла происходить метисация, т. е. получение генетически смешанного потомства.

На наш взгляд, более верно второе предположение. Человек из Денисовой пещеры, названный нами *Homo sapiens altaiensis* (человек алтайский), так же как и неандерталец, мог быть подвидом *Homo sapiens*. Около 600 тыс. лет назад общая эволюционная линия человека распалась на три (а возможно, и больше) самостоятельных ветви, которые далее развивались отдельно друг от друга. Очевидно, история их взаимоотношений была полна и драматических моментов – столкновений, конкурентной борьбы, вплоть до открытого уничтожения и каннибализма, – и «романтических», когда между ними создавались смешанные браки,



Отложения из Денисовой пещеры тщательно промывают, просеивают и раскладывают по фракциям (фото слева внизу). Мельчайшие остатки деятельности человека и костные остатки животных сортируют в камеральной лаборатории (фото справа)

происходил обмен, аккультурация, т. е. сближение культур. Вполне вероятно, что эти три разновидности со временем перемешались и далее человек эволюционировал как один более-менее единый вид.

О правильности этих предположений могут свидетельствовать остатки древнего человека, обнаруженные в пещере Оби-Рахмат (Узбекистан). Некоторые морфологические характеристики фрагментов черепа и зубов говорят в пользу их неандертальского происхождения, некоторые – в пользу человека современного физического типа, а некоторые вообще не имеют палеоантропологических аналогов.

Проживание небольшой популяции неандертальцев зафиксировано и на Алтае, причем в том же промежутке времени, когда там жил человек из Денисовой пещеры. Об этом говорит каменный инвентарь мустьерского типа, обнаруженный в пещере Окладникова, а также фрагмент кости, из которого в лаборатории Сванте Паабо была выделена неандертальская митохондриальная ДНК.

По всей видимости, 60–50 тыс. лет назад часть неандертальцев под давлением миграции *Homo sapiens* была вынуждена продвигаться из Юго-Западной Азии сначала в Центральную Азию, а затем и в Южную Сибирь. Сказать что-то определенное о судьбе этой популяции пока нельзя. Во всяком случае, неандертальцы в Южной Сибири были, хотя раньше считалось, что восточнее Центральной Азии они никогда не проникали.



Таким образом, пытаясь понять, как происходило формирование человека современного физического типа, кто прав, моноцентристы или полицентристы, мы вроде бы нашли факты, подтверждающие правоту последних. Действительно, на земном шаре существовало несколько зон, в которых шел независимый процесс эволюции древнейших популяций *Homo erectus* и технологий изготовления орудий труда. Бесспорное тому свидетельство – открытый на Алтае переход от среднего к верхнему палеолиту и появление верхнепалеолитической культуры.

Предметы этой культуры говорят о достаточно высоком уровне физических и умственных способностей их создателей. Но творение ли они



рук *Homo sapiens*? Если нет, то это означает, что виды, стоявшие на более низкой ступени эволюционной лестницы, были не такими уж примитивными. А если да, то как это соотнобразуется с найденными в Денисовой пещере костными остатками?

Итак, тридцать лет работы научных сотрудников, аспирантов, студентов, обработан огромный фактический материал – и мы получили результат, который сами пока не можем до конца осмыслить. Как говорится, чем дальше в лес, тем больше дров... Но наука тем и интересна. То, что не укладывается в общепринятые модели и схемы, дает толчок к поиску, новым исследованиям. Рано или поздно человечество поймет, как совершилось восхождение на последнюю, высшую ступень «эволюционной лестницы». Но уже ясно, что движение это было не таким прямолинейным, как считалось ранее.

Будут и новые антропологические находки. Лет через пять, может, и живого хомо алтаенсиса найдем. Знаете, есть такой старый анекдот. В Египте обнаружили новую гробницу фараона. Стали выяснять, к какому периоду она относится. Никак не могут определиться. Решили обратиться к Советскому Союзу. Приехали трое: в черных костюмах, черных ботинках, с чемоданчиками. Спустились в гробницу. Час проходит – никаких известий, два – никаких известий. Через три часа выходят, утирают пот со лба. «Ну, что?» – «Древнее царство, третья династия, с такого-то по такой-то год. Причины смерти установить не удалось, но есть предположения». – «Как вы узнали?!» – «Сам раскололся».

Так что, живого предка найдем – он нам сам все расскажет.



Литература

Деревянко А. П. *Переход от среднего к верхнему палеолиту и проблема формирования Homo sapiens sapiens в Восточной, Центральной и Северной Азии*. Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2009. 328 с.

Деревянко А. П. *Древнейшие миграции человека в Евразии в раннем палеолите*. Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2009. 230 с.

Деревянко А. П., Шуников М. В., Волков П. В. Палеолитический браслет из Денисовой пещеры // *Археология, этнография и антропология Евразии*. 2008. № 2 (34). С. 13–25.

Деревянко А. П., Волков П. В. Эволюция расщепления камня в переходный период от среднего к верхнему палеолиту на территории Горного Алтая // *Археология, этнография и антропология Евразии*. 2004. № 2 (18). С. 21–35.

Johannes Krause, Qiaomei Fu, Jeffrey M. Good, Bence Viola, Michael V. Shunkov, Anatoli P. Derevianko, Svante Pääbo. *The complete mitochondrial DNA genome of an unknown hominin from southern Siberia* // *Nature*. 2010. V. 464. № 7290. P. 894–897.



В статье использованы фотографии С. Зеленского

Автор и редакция благодарят сотрудников ИАЭТ СО РАН
д. и. н. М. В. Шунькова, д. и. н. П. В. Волкова, М. Т. Сапронову
за помощь в подготовке публикации

Ключевые слова: палеолит, антропогенез, гоминиды,
палеогеография, каменная индустрия, *Homo sapiens*,
Homo sapiens altaiensis.

Key words: paleolith, anthropogenesis, hominids,
paleogeography, lithic industry, *Homo sapiens*,
Homo sapiens altaiensis

Художник Н. Ковалев





ДЕНИСОВА ПЕЩЕРА —



ШУНЬКОВ Михаил Васильевич – доктор исторических наук, заместитель директора Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск), заведующий отделом археологии каменного века, руководитель научно-исследовательского стационара «Денисова пещера». Автор более 250 научных работ по археологии Сибири

Ключевые слова: плейстоцен, палеолит, палеогеография, палеонтология, палеоэкология.

Key words: pleistocene, paleolith, paleogeography, paleontology, paleoecology



ВСЕ МЕНЯЕТСЯ, *ничто не исчезает*

Расположенная в Горном Алтае Денисова пещера – уникальный памятник эпохи палеолита, самая древняя из обитаемых пещер на территории Сибири, – издавна пользуется заслуженной известностью. Сюда не иссякает поток любознательных: местных жителей, журналистов, туристов, не говоря уже об археологах и ученых других специальностей, от геологов до палеонтологов. Но настоящую мировую известность пещера получила весной нынешнего года, когда генетический анализ обнаруженных в одной из ее галерей ископаемых останков человека показал, что около 50 тыс. лет назад здесь обитал человек неизвестного ранее вида, более архаичный, чем неандертальцы.

С этого времени и сама Денисова пещера, и стационар новосибирского Института археологии и этнографии СО РАН стали настоящим местом паломничества для туристов и представителей СМИ, включая знаменитый National Geographic. Исключением не стал и журнал «НАУКА из первых рук», и ранее неоднократно публиковавший авторские материалы о достижениях сибирских археологов. Цель нынешней публикации – не только рассказать читателям о многолетних археологических исследованиях, которые ведутся в долине Ануя, но и познакомить их с работающими здесь людьми – сегодняшними «обитателями» знаменитой пещеры

Omnia mutantur, nihil interit.
(Все меняется, ничто не исчезает).
«Метаморфозы», Овидий

Денисовой пещере – научно-исследовательскому полигону новосибирского Института археологии и этнографии СО РАН на Горном Алтае – исполнилось 20 лет. Денисовой пещере – уникальному археологическому памятнику – около 300 тысяч! В глубокой древности внутри Ануйского хребта образовалась скрытая карстовая полость, которая под действием водных потоков постепенно расширялась и углублялась. Когда речная долина стала глубже, пещера открылась миру.

Сегодня речной поток струится на три десятка метров ниже входа в пещеру, тогда же он подходил прямо к основанию горного хребта и в половодье заливал пещеру. Некоторое время она оставалась необитаемой, а затем почти на 280 тыс. лет стала домом – сначала для животных, а потом и для человека.

Для научного сообщества пещера впервые «открылась» в 1977 г., когда известный палеонтолог Н.Д. Оводов по поручению главы сибирской археологической школы, академика А.П. Окладникова провел разведочное зондирование пещеры. Два шурфа глубиной 4 м дали богатый археологический материал: фрагменты керамики, костяные и бронзовые изделия, многочисленные каменные орудия и отщепы. Эти находки – свидетельства того, что пещера была обитаема еще со времен палеолита, – стали большим событием в отечественной археологии.

В течение следующих полевых сезонов команда сотрудников ИАЭТ СО РАН изучала пещеру, вскрывая все новые и новые слои отложений. Насыщенные артефактами, они разворачивали перед исследователями настоящую летопись человечества, от эпохи среднего палеолита до средневековья. Стало ясно, что Денисова пещера – уникальный археологический памятник, равного которому нет во всей Северной Азии. Было принято решение построить на берегу Ануя постоянный исследовательский стационар.

Для археолога нет мелочей

Труд археолога в поле – дело нелегкое и далеко не такое романтическое, как может показаться на первый взгляд. Главный его «научный» инструмент – шанцевый. За время проведения стационарных исследований в Денисовой пещере были последовательно вскрыты рыхлые отложения в центральном зале, на предвходовой площадке и в устьевой зоне южной и восточной галерей. О масштабе работ можно судить по глубине раскопа, которая сегодня в центральном зале составляет 6,5 м от так называемой «нулевой» линии, отмечающей уровень отложений на начало раскопок.

Работа идет методично и тщательно. На выбранном для раскопа месте вся поверхность размечается при по-

Первый дом стационара «Денисова пещера» был построен в 1986 г. В нем размещаются камеральная лаборатория и жилые помещения. Бывают случаи, когда туристы, введенные в заблуждение надписью на табличке, ищут здесь вход в знаменитую пещеру





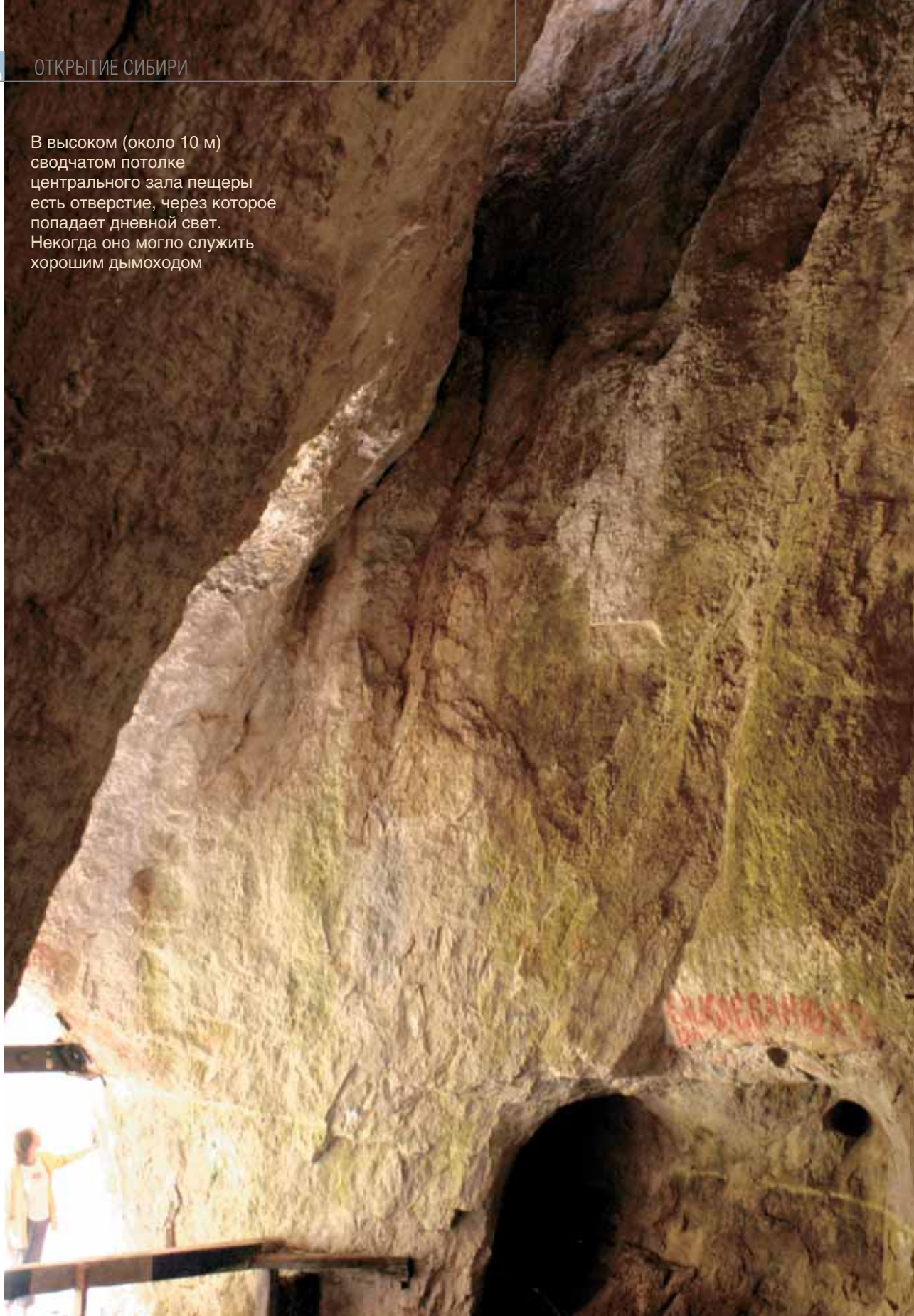
Денисова пещера – древнейшая обитаемая пещера в Северной Азии. Сегодня высота входа в пещеру составляет 6 м, а когда-то она была втрое меньше и тропа подходила под самое основание хребта (*фото справа*). Нависший над входом потрескавшийся козырек в целях безопасности был обрушен точечными взрывами, на предвходовой площадке проведены раскопки, а вход в пещеру оборудован деревянным настилом (*фото сверху*).
Фото С. Зеленского и из архива ИАЭТ СО РАН (1983)

мощи теодолита на квадраты со стороной 1 м. Затем ножом и кистью последовательно выбирают слои грунта глубиной около 5 см.

Крупные находки на месте фотографируют, фиксируют их расположение. Начальник раскопа – есть такая должность! – записывает информацию в журнал, складывает находки в специальные пакеты и маркирует их, указывая слой, квадрат и уровень раскопа. Весь раскопанный грунт собирают в ведро, также маркируют и отправляют на промывку.



В высоком (около 10 м) сводчатом потолке центрального зала пещеры есть отверстие, через которое попадает дневной свет. Некогда оно могло служить хорошим дымоходом



СТАРЕЦ ДИОНИСИЙ, ЧЕРНЫЙ ШАМАН И БЕЛАЯ ДЕВА

Согласно легенде, свое название пещера получила в конце XVIII в., когда на долгие годы стала прибежищем старообрядческого отшельника Дионисия. Для староверов близлежащих деревень он был духовным пастырем, и кержаки постоянно навевались к нему в пещерную келью за благословением и советом.

Алтайцы именуют пещеру Аю-Таш (Медвежий камень) и в своих старинных преданиях хранят память о том, что в этой тьме обитал могущественный Черный Шаман, способный превращаться в огромного медведя...

С Дениской связана еще одна красивая и печальная легенда, возникшая в окрестных селах вскоре после Гражданской войны. Она рассказывает о Белой Деве – несчастной молодой красавице, не пожелавшей связать судьбу с постылым, нелюбимым женихом и навечно укрывшейся в глубинах пещерных галерей.

Так что очень непростое это место, Денисова пещера... Особую энергетическую ауру, присутствующую в гулкой пещерной пустоте, отметил еще Н. К. Рерих, который посетил Дениску во время своей алтайской экспедиции 1926 года. В путевых черновых набросках философ сделал такую запись: «Некие благоприятные ощущения, наполнившие мое сознание во время посещения пещеры, не оставляли меня еще очень долгое время».

По: (Исупов, 2009)

Ведра, наполненные отложениями, спускают к реке. В результате последовательной промывки через сита с ячейками разного размера остается «концентрат», который раскладывается по фракциям и отправляется в камеральную лабораторию, где есть все необходимое для работы: микроскоп, химикаты для проведения экспресс-анализа, компьютер.

Весь собранный материал тщательно очищают, сортируют и измеряют. Для исследователей палеолитической культуры нет такого понятия как «археологический мусор». Все представляет интерес – грунт, осколки камней, мельчайшие кости животных. То, что оказалось невостребованным сегодня, завтра, благодаря новым методикам, может приобрести огромную научную ценность. Весь материал из Денисовой пещеры бережно хранится в запасниках института.

Один в поле не воин

Уникальность многослойных отложений в Денисовой пещере – в их хорошей сохранности и возможнос-



В отложениях Денисовой пещеры выделено 22 литологических слоя, из которых 8 относятся к эпохе голоцена (от 11 тыс. лет назад до современности), а 14 – к эпохе плейстоцена (1,8 млн — 11 тыс. лет назад). Наиболее древние находки из 22-го слоя возрастом 280 тыс. лет представляют раннюю стадию среднего палеолита. В 11-м слое (30—50 тыс. лет назад), где появляются типичные верхнепалеолитические предметы, были обнаружены костные останки *Homo sapiens altaiensis*

ти четкой стратификации в системе геологических осадков, что позволяет достаточно точно определить возраст содержащихся в них артефактов. Для более точного датирования используются методы радиоуглеродного, геомагнитного и термолюминесцентного тестирования.

По всему разрезу археологический материал сопровождают многочисленные органические остатки: пыльца растений, ископаемые раковины моллюсков, костные остатки птиц, мелких и крупных млекопитающих. Этот богатый материал предоставляет исследователям уни-





Археологи сродни реставраторам: одно неверное движение – и ценная информация может быть утрачена навсегда. У работающих в пещере есть только нож, кисточка и детский совок

кальную возможность реконструировать природную и климатическую обстановку в окрестностях пещеры в те далекие времена, когда здесь жил древний человек.

С самого начала исследование Денисовой пещеры, как и других палеолитических стоянок на Алтае, носило комплексный характер. Бок о бок с археологами работали специалисты самых разных естественных дисциплин: геологи, палеозоологи, палеоботаники, палеопедологи, петрографы.

Академику А. П. Деревянко удалось собрать сильный исследовательский коллектив, костяк которого составили видные ученые: палеозоолог А. К. Агаджанян из Палеонтологического института РАН, палео-

Общая площадь пещеры – 270 м². Из центрального зала расходится система галерей: восточная и южная узкие темные галереи уходят вглубь карстового массива, где полностью перекрываются рыхлыми отложениями. Третья галерея выходит на предвходовую площадку.

На фото – раскопки в восточной галерее Денисовой пещеры. Фото С. Зеленского



От пещеры к противоположному берегу Ануя протянуты два железных троса – импровизированная канатная дорога, по которой ценный материал спускают к реке на промывку, просеивание и сортировку. *Фото С. Зеленского*

ботаники Л. М. Малаева, Н. С. Боляховская и геолог В. А. Ульянов из Московского госуниверситета и др. Столичные ученые каждый год приезжают в долину Ануя, чтобы принять непосредственное участие в полевых работах.

Изучая содержащиеся в пещерных отложениях споры, пыльцу и семена растений, палеоботаники определяют виды, которые входили в древние растительные ассоциации. Так, они выяснили, что сотни тысяч лет назад в окрестностях пещеры росли дубы, грабы, вязы и другие экзотические для современной флоры Алтая широколиственные породы деревьев.

По костным останкам ученые реконструируют состав древней фауны. Например, долгое время перед учеными стоял вопрос: обитал ли в окрестностях пещеры мамонт? Среди десятков тысяч костных остатков разных животных, обнаруженных в пещере, мамонту принадлежат единицы. Сейчас палеозоологи с уверенностью могут сказать, что практически все эти костные остатки являются пластинами зубной эмали и фрагментами бивня. Очевидно, что древний человек нашел их за пределами долины Ануя и принес в пещеру, чтобы сделать украшения.

Основу производственной деятельности первобытного человека составляло изготовление орудий из камня. Поэтому уже более пятнадцати лет с археологами работает сотрудница кафедры минералогии и петрографии Новосибирского государственного университета Н. А. Кулик, чьи исследования позволили воссоздать полную картину развития сырьевой базы первобытной каменной индустрии.







В первобытной долине Ануя

Наличие в бассейне Ануя стабильной сырьевой базы для производства орудий труда стало одним из важных факторов, увеличивших притягательность этой территории для первобытного человеческого сообщества. Но он был далеко не единственным: огромное значение имели уникальные природно-климатические условия, окружавший человека растительный и животный мир.

Плейстоцен, вместивший в себя все основные события древнейшей человеческой истории, еще называют эпохой великих оледенений. В нем выделяют несколько ледниковых периодов, сменявшихся межледниковыми потеплениями. Последнее оледенение на территории Сибири – сарганское – стартовало примерно 24 тыс. лет назад. Ему предшествовал длительный период относительного потепления. В эту эпоху, примерно 50–30 тыс. лет назад, и жила в долине Ануя девочка, чья ногтевая фаланга, найденная в одной из галерей Денисовой пещеры, позволила предположить существование нового вида человека – *Homo sapiens altaiensis*.

В это время климат был уже достаточно прохладным (средняя температура января составляла $-6,5^{\circ}\text{C}$, июля $18-21^{\circ}\text{C}$), однако абсолютный минимум не опускался ниже -35°C , а в мае и сентябре температура не падала ниже нулевой отметки.

Некогда богатая лесная растительность долины к этому времени значительно сократилась, уступив место степной, травянисто-кустарниковой и луговой. Небольшие леса были представлены, в основном, ельниками с незначительной примесью кедра и сосны. Теплолюбивые широколиственные породы деревьев, ранее входившие в число обычных представителей алтайской флоры, к этому времени практически исчезли.

Разрастание площадей с густым травянистым покровом привело к росту поголовья копытных: первобытного бизона, лошади, марала, архара, антилопы дзерен, яка, а также хищников – гиены и волка. Значительно выросла численность грызунов, особенно цокора. Среди птиц закономерно доминировали виды, характерные для открытых ландшафтов.

Дальнейшее ухудшение климатической обстановки, связанное с общим похолоданием на планете, приведет к образованию на северных склонах горных хребтов, окружающих долину Ануя, локальных ледников и расширению зоны снежного пояса. Леса, состоящие из темнохвойных пород деревьев, вытеснятся на нижние уровни долины, а горные склоны покроют разнотравно-злаковые луга. Среди мелких и крупных млекопитающих доминирующими станут представители горно-степных группировок: скальная полевка, степная пеструшка, длиннохвостый суслик, а также сибирский козел, гиена, дзерен, сайга, архар. В структу-



В камеральной лаборатории есть все необходимое: компьютер, микроскоп, химикаты для проведения экспресс-анализа. Здесь собранный материал тщательно очищают, сортируют и измеряют.
Фото С. Зеленского

Зубные щетки в данном случае камеральный инструмент: с их помощью очищают от грунта археологические артефакты





Денисова пещера сформировалась в блоке силурийских биогермных известняков, образовавшихся около 430 млн лет назад, когда на территории Алтая плескались воды теплого моря. О той далекой эпохе свидетельствуют окаменелости трилобитов

В окрестностях пещеры можно встретить знаменитый эдельвейс – жителя субальпийской зоны гор

ру млекопитающих хорошо впишется песок, типичный представитель тундровых биотопов.

Очередной период потепления начнется лишь спустя многие тысячелетия. Оно ознаменует начало голоцена – новой геологической эпохи, длящейся последние 10 тыс. лет.

Алтайское убежище

Суммируя материал, полученный на основе изучения многослойной толщи отложений Денисовой пещеры, можно утверждать, что с первого появления в бассейне Ануя человека и на протяжении всего периода его становления природная обстановка здесь была исключительно благоприятной для жизни, по сравнению с остальной Северной Азией. Северо-Запад Алтая, по сути, представлял собой особую рефугиальную зону (от *refugium* – убежище), ставшую прибежищем для многих видов живых существ, включая человека.

Благодаря контрастному строению горного рельефа долина Ануя была защищена от активного влияния древних оледенений, развивавшихся высоко в горах.

Судя по обнаруженному в пещере каменному инвентарю, развитие приемов обработки камня в течение всего периода обитания здесь палеолитического человека шло на одной и той же сырьевой базе. Ее основу составляли гальки и валуны осадочных и вулканических пород из русловых отложений Ануя и его притоков. Выбор вулканических пород определялся их высокой прочностью. Например, около половины всех каменных орудий изготовлено из эффузивов, притом что в галечном сырье их содержится около 10%.

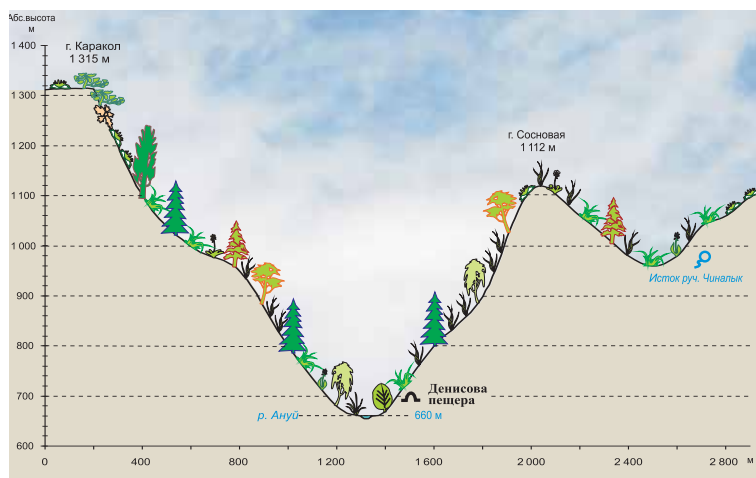
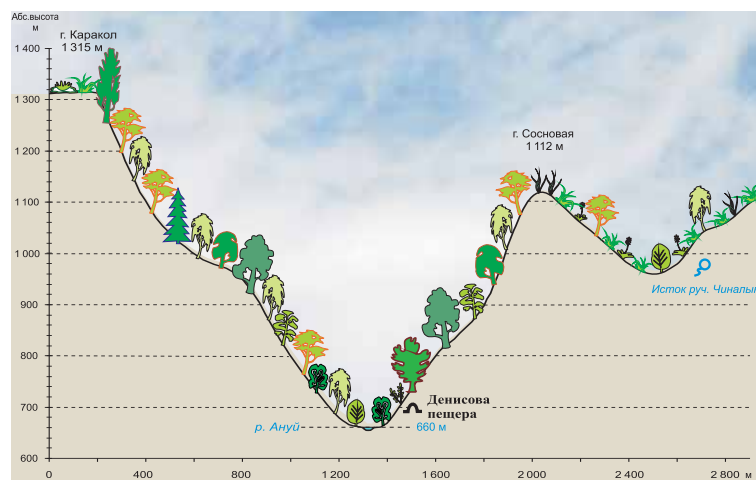
Осадочные породы обладают сравнительно меньшей твердостью и значительно большей хрупкостью и анизотропией – неравномерным распределением прочности. При их раскалывании, которое идет как по линиям естественной слоистости камня, так и по трещинам, образуется большое количество обломков. Свидетельство тому – многочисленные гальки в форме брусков и параллелепипедов. Обломки осадочных пород такой формы уже являются достаточно монолитными и однородными по прочности и служат хорошим сырьем для производства орудий.

Первобытному человеку при обработке камня необходимо было учитывать все свойства галечного сырья, и древний мастер целенаправленно выбирал среди большого количества петрографически разнообразных, но внешне схожих галек наиболее однородные и прочные. И, как показывают результаты археологического и петрографического анализов палеолитических индустрий, делал это практически безошибочно



При изучении древних каменных орудий важно знать сырьевую базу, на основе которой они были изготовлены. Изучив обломочный материал горных пород бассейна Ануя, петрограф Н. А. Кулик составила коллекцию каменного сырья палеолитических памятников региона





Растительность долины Ануй в наиболее теплый межледниковый период плейстоцена 240—180 тыс. лет назад (вверху) и в максимум похолодания 20—18 тыс. лет назад (внизу). По: (Агаджанян, Шуньков, 2009)

- лишайники
- толстянковые и камнеломковые
- луговое разнотравье
- степное разнотравье
- сложноцветные
- маревые
- губоцветные
- осоки
- акация, спирея
- карликовые формы древесных растений
- кедр
- сосна
- ель, пихта
- лиственница
- береза
- липа
- маньчжурский орех
- дуб
- граб
- ольха
- вяз, лещина

Ни в среде обитания, ни в растительном и животном мире здесь не обнаруживается тех резких неблагоприятных для человека изменений, которые в периоды активного похолодания зафиксированы для равнинной части Сибири.

Добавьте к этому естественную многокомпонентность природной среды, где на относительно небольшом участке соседствуют самые разные ландшафты, от лесных до луговых и горных. Сама долина то сужается до каньона, то расширяется, переходя в степи, а чуть далее по боковым протокам встречается уже настоящая горная тайга. Денисова пещера находится в узкой, ка-

ньонообразной части долины, предоставляя человеку со всех сторон безопасное убежище.

В сезон охоты древний человек мог уходить к устью Каракола, где сходились пути миграции животных и территория просматривалась на многие километры. Да и до открытой равнины отсюда «рукой подать» — 100 километров, для древнего человека — два дня перехода. И вот уже другой климат, другой животный мир... В этом смысле долина Ануй была особой «контактной зоной» между разными природными ландшафтами и сообществами, что не могло не привлекать древнего человека.

Многотысячелетняя толща слоев в Денисовой пещере накапливалась в разнообразной климатической обстановке. Обнаруженные в отложениях остатки растений и животных позволили реконструировать природную среду в различные эпохи и проследить изменения климата.

В развитии природной обстановки в долине Ануя можно выделить несколько крупных этапов. На начальном этапе, в наиболее теплый межледниковый период (240—180 тыс. лет назад), в долине Ануя преобладали лесные ландшафты. На северных склонах росли смешанные сосново-березовые леса, вершины хребтов венчали леса из кедра и ели, а у подножия гор, на хорошо прогреваемых участках, произрастали широколиственные породы деревьев: граб, вяз, липа и маньчжурский орех. Южные склоны долины покрывало степное разнотравье. Вдоль русла Ануя тянулись галерейные рощи из ольхи, а по берегам — заросли ивняка и смородины.

Позже, в связи с наступлением общего похолодания на Земле в период верхнего плейстоцена, лесная растительность долины значительно сократилась, уступив место степной, травянисто-кустарниковой и луговой. Постепенно исчезли и широколиственные виды деревьев.

Дальнейшее похолодание, максимум которого пришелся на период 20—18 тыс. лет назад, привело к образованию на северных склонах гор локальных ледников, расширению зоны снежного пояса. Леса, состоящие, в основном, из темнохвойных пород деревьев (ели и кедра), были вытеснены на нижние уровни долины, зато доля травянистых растений и кустарников достигла своего максимума. Горные склоны покрывали разнотравно-злаковые луга, а на каменистых, хорошо прогреваемых склонах образовались низкотравные сухостепные комплексы из шиповника, барбариса, караганы и др. Верхние ярусы долины заселила растительность гольцового типа (мелкодерновинные злаки, губоцветные, характерный для каменных россыпей низкорослый спирейник и др.)

В результате уникальная совокупность благоприятных для жизни природных условий позволила человеческому сообществу в этом регионе достигнуть небывалого уровня развития — об этом свидетельствует и тот факт, что эпоха верхнего палеолита началась здесь раньше, чем в Европе.

Работать и жить на Дениске

Сегодня, в третьем тысячелетии нашей эры, уникальная Денисова пещера по-прежнему притягательна для человека. Сюда не иссякает поток любопытствующих — местных жителей, туристов, журналистов... Но по-прежнему главные «обитатели» пещеры — это археологи.

Исследования пещеры ведутся уже более 30 лет, и начиналось все с палаточного лагеря. В 1986 г. здесь был построен первый дом, где было все — и жилые помещения, и камералка... На железных перилах моста через шумный Ануй стоит дата — 1990 г., знаменующая начало интенсивного строительства стационара. Именно в начале 1990-х гг., во времена, нелегкие для науки и страны в целом, были построены основные жилые и хозяйственные объекты.

Строили, главным образом, своими силами: сотрудники института, от водителей и фотографов до ученых, сами рыли траншеи, прокладывали трубы, возводили дома... Работали с минимумом затрат, быстро, качественно. Да это и неудивительно, ведь археологи в силу специфики профессии — люди универсальные, все умеют: и раскоп оборудовать, и лагерь поставить, и людей накормить... Сегодня стационар представляет

собой вполне благоустроенный небольшой поселок, где есть все необходимое для жизни и работы: жилые дома, лаборатории, столовые, бани, прачечная, автомобильный парк.

Дениска, как называют свой экспедиционный дом исследователи, — гордость института, его родное детище. Здесь сложилась и поддерживается особая атмосфера взаимоотношений между людьми, отношения к своей работе, к окружающей природе. Если вы пройдетесь по лагерю, то не найдете ни одного выброшенного окурка или фантика от конфет: здесь не мусорят не потому, что нельзя, а потому, что здесь так не принято.

В дружном коллективе денисовцев нет посторонних людей, при том что за сезон через Дениску «проходит» до 300 человек! В археологических работах вместе с сотрудниками института традиционно участвуют студенты, школьники, волонтеры. Работа на раскопках — труд тяжелый не только физически, но и психологически: нелегко по восемь часов в день проводить в холодной пещере, не разгибаясь, разбирать ножичком слой за слоем, когда в двух шагах от тебя сияет солнце и плещется река. Но заставлять или уговаривать никого не приходится — сюда приезжают не по принуждению, а по зову сердца.

Археологи уже много лет тесно сотрудничают с педагогами из районных школ и школ г. Бийска. Желющих работать на раскопках много, поэтому действует строгий отбор: допускаются лишь самые аккуратные, трудолюбивые, ответственные. Очень редко, когда потом кто-то не выдерживает и уезжает.

Такое взаимодействие продолжается уже многие годы, из поколения в поколение. С одной стороны,



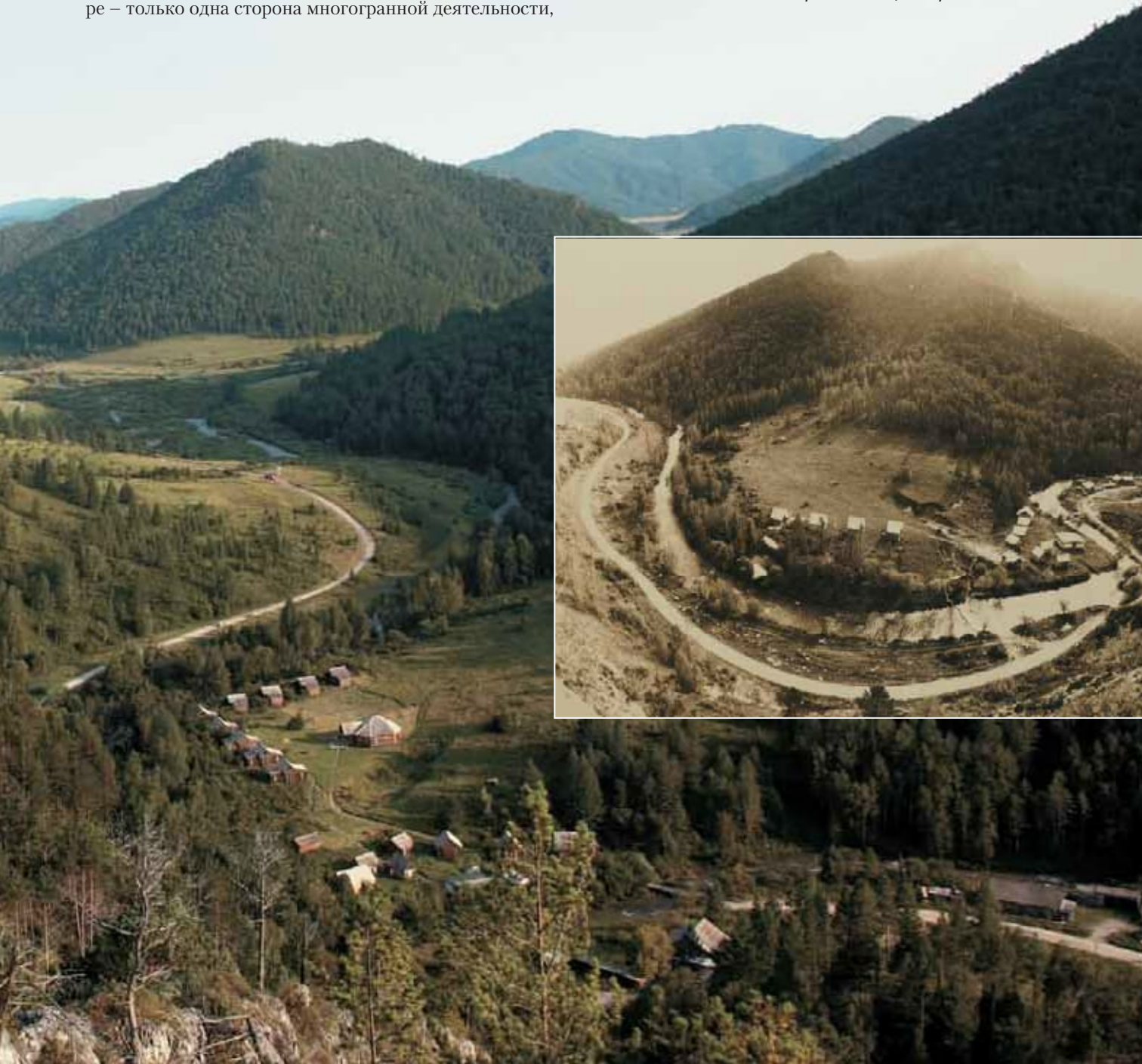
на стационаре постоянно есть стабильный трудовой коллектив, с другой – опыт совместной работы ради общего дела, навыки взаимодействия в большом коллективе закладывают в молодых фундамент на всю жизнь. И если десять лет назад родители с некоторым сомнением отпускали на Дениску своих детей, то сейчас они это делают с удовольствием. Многие из учителей сами в свое время работали на раскопках, и теперь ведут в школах археологические кружки, привозят сюда своих учеников.



Археологический стационар сегодня является своего рода визитной карточкой Северо-Западного Алтая. Здесь не существует столь актуальных ныне проблем популяризации науки и упрочения статуса ученых – их решила сама жизнь, и стабильные добрососедские отношения с местными жителями и с администрацией помогают решать возникающие насущные проблемы.

Но проведение археологических работ на стационаре – только одна сторона многогранной деятельности,

В начале 1990-х гг. были выстроены основные помещения стационара, в т. ч. несколько коттеджей для гостей на левом берегу Ануя (*фото справа*). Сейчас это – комфортабельный научно-исследовательский комплекс, где часто проводятся научные симпозиумы и конференции.
Фото из архива стационара





которая здесь ведется. Так, в последнее время все большее значение приобретает организация научных мероприятий. Сегодня частые гости Дениски – участники крупных отечественных и международных научных конференций и симпозиумов. К услугам ученых – специально оборудованный конференц-зал, большая столовая, коттеджи со всеми удобствами.

На Дениске сейчас проходят научные форумы математиков, генетиков, геофизиков. Но все же самые желанные гости – археологи. Археология наука весьма специфическая: исследователь должен все увидеть своими глазами, сам изучить строение геологических отложений, подержать в руках артефакты...

За последние годы на стационаре было проведено несколько международных симпозиумов, посвященных палеолиту, а их участники смогли на месте ознакомиться с результатами исследований новосибирской археологической школы. И убедиться, что работы по изучению палеолитической культуры, которые проводятся на стационаре «Денисова пещера», по масштабу и широте охвата соответствуют самому высокому мировому уровню.

Литература

Агаджанян А.К., Шуньков М.В. Развитие природных сообществ Северо-Западного Алтая в антропогене // *Археология, этнография и антропология Евразии*. 2009. № 2 (38). С. 2–17.

Деревянко А.П., Кулик Н.А., Шуньков М.В. Геологические факторы развития палеолитических индустрий Северо-Западного Алтая // *Итоги и перспективы геологического изучения Горного Алтая*. Горно-Алтайск: Горно-Алтайское кн. изд-во. 2000. С. 143–147.

Деревянко А.П., Шуньков М.В., Агаджанян А.К. и др. Природная среда и человек в палеолите Горного Алтая: Условия обитания в окрестностях Денисовой пещеры. Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН. 2003. 447 с.

Исупов С.Ю. Крепость Бийская есть главная... Барнаул: ООО «Азбука». 2009. 304 с.

Шуньков М.В. Палеогеографический контекст начала верхнего палеолита на Алтае // *Северная Евразия в антропогене: человек, палеотехнологии, геоэкология, этнология и антропология*. Иркутск: Изд-во «Оттиск». 2007. Т. 2. С. 316–321.

Редакция благодарит С.И. Зеленского, М.Т. Сапронову, Н. Шведову за помощь в подготовке публикации



Летом 2007 г. на стационар «Денисова пещера» приезжал выдающийся физик, лауреат Нобелевской премии академик Ж. И. Алферов.
Он – один из многих знаменитых людей, посетивших раскопки в пещере.
Фото С. Зеленского





Служил **ИРАНСКИЙ
ЦАРЬ В СИБИРИ...**





БАУЛО Аркадий Викторович – доктор исторических наук, заместитель директора Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск). Область научных интересов: традиционное мировоззрение и обрядовая практика народов севера Западной Сибири. Автор 5 монографий и более 70 статей

Ключевые слова: Сибирь, ханты, обряд, святилище, чаша, серебро, Сасаниды.

Key words: Siberia, Khanty, ceremony, sanctuary, bowl, silver, Sassanids

Несколько лет назад мы работали среди хантов в бассейне реки Сыня, левом притоке Малой Оби. Отсюда до ближайшего города Салехарда 300 километров. Исток Сыни – на восточных склонах Урала; сама река – один из наиболее известных маршрутов, по которым шли люди и торговые караваны из Европы на север Сибири.

В поселке Овгорт мне обещали показать мужской охотничий пояс, среди подвесок которого находилась средневековая серебряная фигурка птицы. Нынешний владелец пояса получил его в наследство от отца. Будучи оленеводом, он проводил основное время на пастбищах Северного Урала и в поселок приезжал редко. В новом просторном доме нас угостили чаем, шел неспешный разговор «за жизнь», постепенно перешли и к вопросу о заинтересовавшей меня вещи.

– А пояс-то дома или на Урале остался?

– Дома, дома, с собой вожу всегда. Как не возить – отцовская вещь... Вместе со святыми вещами и вожу. Со мной положено им быть. Там вот дух наш, Курпат-ики, помогает от болезней, покрывало священное на оленя, платки, шкурки лисьи. В мешке и вожу, как отец положил, так и лежат там. Пять лет уже, как он умер. Там тарелка еще лежит старинная...

При этих словах и чай не в чай, но торопиться нельзя. И поглядеть страсть как хочется, и боишься, что не покажут. Вещи священные, постороннему человеку показывать их нельзя.



Вечерний чай в чуме оленеводов. Пос. Хорьер, р. Сыня



Древние серебряные и бронзовые подвески – обереги от злых сил на охотничьих поясах хантов

– А мешок-то где?

– Да в сенках лежит, там полка для него сделана.

И опять чай пьем, про оленей разговариваем, но голова уже только об одном думает – о тарелке.

Наконец выпит чай, поднимаемся, выходим в сени. Правая часть сеней отгорожена, женщины сюда не заходят. У задней стены видна широкая полка, на которой лежит семейная культовая атрибутика. Посредине полки усажена большая фигура в черных одеждах – это и есть Курпат-ики, близкий по своим функциям русскому домовому. Справа от него лежит холщовый мешок.

Хозяин неторопливо (кажется, убийственно медленно) вынимает из мешка фигуру женского духа-покровителя (это бог матери хозяина дома), затем жертвенное покрывало с изображениями семи фигур всадников и наконец ритуальный пояс с фигурами семи птиц... Все, мешок кажется пустым, сплошное разочарование; но еще один нырок внутрь, на самую глубину, и вот появляется какой-то плоский сверток, видно, что он тяжелый, последовательно разворачиваются семь платков, из них сыпятся сушки, конфеты, падают на пол монеты... Блюдо – большое темное, в загородке мало света – слабая лампочка, беру его в руки, уже по весу понятно, что серебро – тяжелое. И всадник, скачущий на каком-то странном быке...

На дворе двадцать первый век, унылый поселок, стандартные двухквартирные дома, покосившееся здание клуба, резиновые сапоги и картонные коробки в углу сеней... А тут – всадник, мрачный царь, в короне и апезаке, древняя позолота, со следами раскисшего печенья. Кто-то из иранских шахов, Сасанидов, могучей державы, громившей войска Римской империи...

А вот и пояс с фигуркой птицы, она действительно серебряная и средневековая, но сейчас уже не до нее...

Блюдо, а вернее чашу, из которой иранские вельможи пили вино, нашли давно, по рассказам, получается, что где-то во второй половине XIX в. Прапрабабушка нынешнего владельца серебряного сосуда ехали с мужем на лодке из одного поселка в другой. В середине пути сделали остановку и вышли на берег, женщина заметила, что в траве что-то блеснуло. Подрыли землю и наткнулись на большой клад: в медный котел были уложены блюдо, а также литые серебряные и бронзовые фигурки животных. Поскольку всякая найденная необычная вещь у обских угров считается «посланной свыше», новые хозяева поместили находки в состав семейных ритуальных атрибутов. В частности, блюдо стало переходить по наследству – от отца к младшему сыну, причем сын при жизни родителя блюда видеть не мог. Не могут его видеть сегодня и старшие братья владельца сосуда. Причина нахождения древних атрибутов в сенях объясняется тем, что локальная



Сынские ханты до сих пор сохраняют традиционную одежду и обувь.
Пос. Овгорт,
р. Сыня





**СЕРЕБРЯНОЕ САСАНИДСКОЕ БЛЮДО
С ИЗОБРАЖЕНИЕМ ШАХА ЕЗДИГЕРДА I. РУБЕЖ IV–V ВВ.**

На обратной стороне блюда процарапана надпись *jâ-m- i fizza* «чаша из серебра». Она выполнена арабскими буквами IX–X вв. на новоперсидском языке одним из поздних владельцев сосуда.

«О том, что сасанидские “блюда” были чашами для вина не раз писал И. Орбели, а затем многие после него. Слово “джам” значит именно “чаша”, но “блюдо” – это традиционное в музейной среде наименование сасанидской плоской чаши. Отсутствие сплошной позолоты можно объяснить тем, что на Среднем Востоке блюдо веками использовали и регулярно чистили после того, как оно покинуло сасанидскую царскую сокровищницу. О сасанидском блюде в багдадском кабаке писал в IX в. арабский поэт Абу Нувас. Кажется ли блюдо темным? М. б., когда-то оно так потемнело, что некто решил письменно подтвердить, из чего оно сделано. Впрочем надписи типа “се лев, а не собака” на клетке льва были популярны издавна: на согдийских росписях IX–X вв. встречаются надписи: “нога” на ноге в живописи, “птица” на птице и т.д.» (из письма профессора Б. И. Маршака автору находки)

Фрагменты серебряного
сасанидского блюда
с изображением
шаха Ездигерда I.
Рубеж IV—V вв.



традиция запрещает хранить вещь внутри жилого пространства, если она была найдена в составе клада, то есть «вне дома».

Ездигерд I, «грешник»...

Диаметр блюда 22,2 см, высота – 4,8 см, вес – 864 г. На скачущем в «летающем галопе» зебувидном быке сидит царь. Левой рукой он держится за рог быка, при этом копьем в правой руке поражает другого зебувидного быка, изображенного в нижней части блюда.

В короне видны три зубца, полумесяц и рельефный шар (по мнению ряда исследователей, дольчатая форма шара могла создавать впечатление бутона цветка). Верхнее одеяние выполнено из тонкой складчатой ткани, на груди – апезак с круглым медальоном, пояс с двойной пряжкой, шаровары образуют множество

складок и у щиколотки перехвачены двумя бляшками и лентой. За спиной царя видна рукоять меча с прямой перекладиной, с портупеи свисает колчан. Нижний бык показан в предсмертной агонии, голова безжизненно опущена вниз.

В правой верхней части блюда – фигура крылатого обнаженного юноши, «гения», подносящего царю ленту. В нижней части – четыре холма и куст с тремя листьями.

Высокий рельеф основных деталей изображенных фигур подчеркнут применением накладных пластин.

На блюде видны следы более поздних гравировок, выполненных уже на Урале или в Сибири: над рукоятью меча вырезана длинная фигура птицы, перед «гением» изображена пара оленей.

На обратной стороне блюда арабскими буквами процарапана надпись: «чаша из серебра». Она выполнена





Серебряное блюдо
с изображением шаха Ездигерда I,
убивающего оленя.
The Metropolitan Museum of Art.
По: (Harper P. O., Meyers P. *Silver
Vessels of the Sassanian Period.* –
N.Y.: The Metropolitan Museum of
Art and Princeton University Press. –
1981. – Vol. 1.)

курсивом IX—X вв., видимо, на новоперсидском языке одним из поздних среднеазиатских или иранских владельцев сосуда. Таким образом, блюдо могло оказаться в Сибири не ранее IX в.

Кто же этот таинственный царь? Сасанидских шахов исследователи различают прежде всего по коронам. Перед нами, скорее всего, шах Ирана Ездигерд I (399—421 гг.). Он царствовал в нелегкое для государства время, когда разгорелась борьба между центральной властью и крупными землевладельцами. В поисках союзников шах решил опереться на христиан. Они получили право строить церкви, свободно передвигаться по стране и проводить богослужения. Царь стремился к мирным отношениям с Византией и видел в иранских христианах связующее звено между двумя государствами. В итоге христианские авторы прославили Ездигерда как справедливого царя, тогда как в официальной сасанидской традиции он получил прозвище «грешник». Только к концу царствования Ездигерд изменил отношение к христианам и предпринял против них ряд репрессий.

Смерть шаха во время посещения им северо-восточной провинции окутана тайной: согласно легенде,

из источника вышел необыкновенной красоты конь, который никого к себе не подпускал. Приблизившись к нему царя конь сразил насмерть ударом копыта в грудь. Существует предположение о том, что легенда была создана зная, чтобы скрыть совершенное ей убийство царя.

Интересно, что это всего лишь второе известное блюдо с изображением Ездигерда I; первое блюдо с шахом, убивающим оленя, хранится в Метрополитен-музее (США). А всего в музеях мира больших сасанидских серебряных блюд насчитывается не более трех с половиной десятков, крупнейшая коллекция – в Государственном Эрмитаже. Подобные блюда трактуются как коронационные, считается что их отливали при восхождении очередного правителя на трон. В этом случае блюдо можно датировать концом IV – началом V вв. Это первое сасанидское блюдо, обнаруженное в Западной Сибири.

Несколько слов о том, какой смысл мог вложить заказчик в сюжет, изображенный на блюде. Во-первых, речь может идти о простом охотничьем сюжете: демонстрируется удаль царя, вскочившего на спину одного быка, чтобы нанести удар другому. Возможно, перед



Сынские ханты – охотники, рыбаки – сегодня чаще проживают в поселках; по Приполярному Уралу кочуют только оленеводы. *Пос. Ямгорт, р. Сыня*

нами не столько охота, сколько битва царя против двух быков, в подражание римским цирковым поединкам.

Во-вторых, в сюжете блюда можно увидеть тему зороастрийской символики, когда царская охота олицетворяет высокие божественные достоинства царя царей. Охота царя на животное была способом приобретения неких качеств последнего. Зримое воплощение божества нужно было «добыть», схватить. Как известно, зебувидный бык был ипостасью «первозданного быка», зороастрийского божества. Возможно, что царь на сынском блюде сражается за обладание качествами этого мифологического персонажа.

В-третьих, можно предположить, что заказчиком блюда выступал сам шах. Показывая себя в борьбе со зверями, он сближал свой образ с изображением бога (например, в сцене убийства Митрой первородного быка) – борца за светлое и доброе начало против мрака и зла.

Ну и наконец, сцена на блюде может являться иллюстрацией календарного обряда. По мнению Б.И. Маршака, охота на празднично украшенного быка, возможно, относится к Новрузу – иранскому празднику, который при Ездигерде I отмечался осенью (в современном

мусульманском мире Новруз празднуют в день весеннего равноденствия, 21 марта). Календарным символом Новруза был лев, побеждающий быка. При этом известно, что в Иране в III в. изображения всадника (Митры) и льва в композиционном плане считались равнозначными.

Камлание в «темной юрте»

Блюда, поступавшие на север Сибири в конце I – начале II тыс. н.э., ввиду их высокой ценности, скорее всего, попадали в распоряжение родовой общины, а не отдельной семьи. Использовать в обрядах и проносить с их помощью молитвы могли в этом случае только общинные жрецы на поселковом святилище.

Владельцем сасанидского блюда еще не так давно являлся известный на Сыне шаман, и оно было закрыто для посторонних. Тем не менее известно, что в определенные годы шаманы трех поселков – Лорагорта, Оволингорта и Вытвозгорта – собирались на святилище, расположенном недалеко от последнего селения. В течение недели по ночам совершалось камлание в «темной юрте». Центром лагеря был высокий кедр,



Обряд жертвоприношения:
угощение богов пищей
у священного амбарчика.
Пос. Вытвозгорт, р. Сыня

Священная полка в доме,
на которой хранятся изображения
семейных духов-покровителей
и культовая атрибутика.
Пос. Овгорт, р. Сыня

на стволе которого вырублена личина мифического богатыря-предка. В жертву ему приносили до 49 оленей. Хранителем этого места и был владелец сасанидского блюда. Можно предполагать, что блюдо использовали как при камлании в «темной юрте», так и при жертвоприношении перед личиной богатыря. Во время ритуальной церемонии чаша служила посудой, в которую клали жертвенные хлеб, печенье и конфеты.

Оказавшись в Сибири, как уже упоминалось, не ранее IX в., блюдо попало в сферу религиозно-обрядовой практики обских угров, которая к тому времени уже могла включать представления о Небесном всаднике Мир-сусне-хуме – младшем сыне верховного бога Нуми-торума. Скорее всего, в фигуре иранского шаха был опознан именно Мир-сусне-хум как летящий всадник (бык летит над горами и деревьями – Мир-сусне-хум облетает день и ночь грешную землю, рядом с ним жрецы изобразили летящую птицу). Можно указать еще на одну параллель, на этот раз – между сюжетом на блюде и мансийским обрядом. На сасанидских блюдах в сценах охоты царь чаще всего изображен с двумя животными. Некоторые исследователи полагают, что на самом деле подразумевается одно животное, но на двух стадиях охоты – живое и убитое. У северных манси Мир-сусне-хуму приносят в жертву белого коня, при этом считается, что божество незримо присутствует на церемонии. Манси полагают, что в тот момент, когда животное в предсмертных судорогах падает на землю, Мир-сусне-хум на этом жертвенном коне возносится на небо. В определенном смысле сцену, представленную на блюде, и мансийский обряд жертвоприношения объединяет одна и та же схема: бык (конь) убит, бог на быке (коне) возносится на небо.





Одно из священных мест сынских хантов
с изображением личины божества
на растущем дереве

Мы покидаем поселок, зимой олений караван увезет старинную чашу на Полярный Урал. Выпадет ли случай увидеть ее еще раз – одному хантыйскому богу известно, даже если запечатлен он в образе иранского царя...

Литература:

Бауло А. В. Сасанидское серебряное блюдо с реки Сыня // *Археология, этнография и антропология Евразии*. 2002. № 1. С. 142—148.

Луконин В. Г. *Искусство древнего Ирана*. М.: Искусство, 1977. 232 с.

Тревер К. В., Луконин В. Г. *Сасанидское серебро. Собрание Государственного Эрмитажа. Художественная культура Ирана III—VIII вв.* М.: Искусство, 1987. 157 с., 124 илл.

Harper P. O., Meyers P. *Silver Vessels of the Sasanian Period*. N.Y.: The Metropolitan Museum of Art and Princeton University Press. 1981. V. 1. 256 p.





ВУЛКАНЫ И ОЗОНОВЫЙ СЛОЙ

Истощение атмосферного озонового слоя и появление масштабных озоновых дыр над Антарктидой, отмеченные в последние десятилетия XX в., часто связывают исключительно с техногенными факторами, без всякого учета динамики глобальных природных явлений. Колоссальное влияние на процессы, происходящие на Земле, оказывают извержения вулканов. Можно с полным основанием утверждать, что рост вулканической активности и, как следствие, длительное вулканогенное возмущение стратосферы в конце прошлого столетия стали основной причиной наблюдаемых озоновых аномалий

Ключевые слова: вулканы, индекс вулканического взрыва (VEI), плинианский, стромболианский, стратосфера, ядра конденсации, полярные стратосферные облака (ПСО), озоносфера, общее содержание озона (ОСО), хлорфторуглероды (ХФУ), депрессия стратосферного озона.

Key words: volcanoes, volcanic explosivity index (VEI), plinian, strombolian, stratosphere, condensation nuclei, polar stratospheric clouds (PSC), ozonosphere, total ozone content (TOC), chlorine-fluorine-carbons (CFC), stratospheric ozone depression



ЗУЕВ Владимир Владимирович – член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор. Заместитель директора Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (Томск). Лауреат Государственной премии РСФСР (1989) и премии им. академика В. А. Коптюга (2008). Автор и соавтор более 400 научных публикаций, включая 11 монографий и 7 патентов

СЛОЙ ОСОБОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Озон представляет собой аллотропную модификацию кислорода O_3 . Хотя количество озона в атмосфере мизерно (около миллионной доли процента), его роль в жизни Земли огромна. Он поглощает жесткое ультрафиолетовое излучение Солнца, представляющее смертельную опасность для биосферы. Более 85 % атмосферного озона находится в стратосфере от тропопаузы, высота которой повышается от 8 км над полюсами до 18 км над экватором, до 50 км, образуя озоновый слой, озоносферу. Высота максимума озонового слоя в зависимости от широты увеличивается от 15 км в полярных зонах до 25 км в тропическом поясе. Наиболее интенсивно озон образуется и разрушается в тропической стратосфере, где солнечная радиация максимальна. Время его жизни в тропиках составляет всего несколько часов, поэтому содержание озона здесь минимально. Часть синтезированного в тропических широтах озона переносится стратосферной циркуляцией в высокие широты, где его время жизни увеличивается до 100 суток, что позволяет ему накапливаться. Поэтому его содержание в стратосфере полярных и субполярных широт больше, чем в тропическом поясе

В последнюю четверть XX в. наблюдения за озоновым слоем Земли приобрели глобальный характер благодаря космическим аппаратам. Уже в течение первых десятилетий мониторинг выявил тенденцию повсеместного истощения стратосферного озона. Хотя наблюдавшееся разрушение озонового слоя с научной точки зрения не имело однозначного объяснения, в общественное сознание активно внедрялась антропогенная концепция. Главными виновниками нарушенной проблемы были объявлены разрушающие озон промышленные фреоны. Последние десятилетия XX в. фактически прошли под лозунгом тотальной борьбы с этим «злом».

В ее фундамент легла опубликованная в 1985 г. в журнале *Nature* статья английских ученых, в которой отмечалось значительное снижение суточных значений *общего содержания озона* (ОСО) над антарктическими станциями Фарадей и Халли в октябре 1984 г. (оно оказалось вдвое ниже средних значений за предыдущие пять лет). Это явление вызвало огромный общественный резонанс благодаря высказанной авторами гипотезе о прямой связи между угрожающими жизни





Ночная жизнь вулкана Стромболи, извергающегося практически непрерывно как минимум последние 2400 лет

ПЛИНИАНСКИЙ И СТРОМБОЛИАНСКИЙ

Плинианский тип извержения вулканов характеризуется мощными взрывными выбросами с индексом VEI не менее 4 (Volcanic Explosivity Index определяет объем вулканических выбросов по 8-балльной шкале). Извергаемые при этом столбы пепла и газов способны пробить тропопазу и достичь стратосферных высот, разнося выбросы на огромные расстояния. Длительность извержений колеблется от нескольких часов до нескольких дней. Тип извержения назван в честь древнеримского писателя Плиния Младшего, подробно описавшего извержение Везувия в 79 г. н. э.

Стромболианский тип извержения вулканов характеризуется сравнительно невысокими пульсирующими выбросами (преимущественно в виде вулканических бомб). Более сильные извержения могут происходить с интервалом в несколько лет. Высота выбросов в любом случае не превышает 2 км, индекс VEI – не более 2. Тип извержения назван по действующему островному вулкану Стромболи, находящемуся к северу от о. Сицилия

озоновыми дырами и промышленными фреонами, разрушающими озоновый слой.

Однако первые наблюдения озоновых дыр в Антарктиде были сделаны значительно раньше. В 1957–1959 гг. на той же станции Халли с помощью прибора, сконструированного Г. Добсоном, было обнаружено, что ОСО существенно снижалось в антарктическую весну (сентябрь, октябрь) и снова восстанавливалось только к началу антарктического лета (конец ноября). При обработке измерений озона на станции Дюмон-д'Юрвиль французские исследователи П. Риго и Б. Леруа установили, что 18 октября 1958 г. значение ОСО было в полтора раза ниже зарегистрированного в 1984 г.

Более того, не так давно в пузырьках воздуха, замороженных в толщу антарктического льда, украинские исследователи обнаружили вещества, очень схожие

по структуре с промышленными фреонами и в концентрации, сравнимой с современной. Однако глубина их залегания соответствует периоду тысячелетней давности.

Антропогенная концепция разрушения озонового слоя не предлагает убедительного механизма переноса промышленных фреонов из Северного полушария, где их больше всего производится и потребляется, к Южному полюсу. При этом игнорируется тот факт, что в результате вулканической деятельности и с поверхности океанов в атмосферу поступает природных фреонов на несколько порядков больше, чем техногенных.

При решении такой фундаментальной многопараметрической задачи, как разрушение озонового слоя, необходимо учитывать не только химические процессы в стратосфере, но и динамику атмосферы, солнечно-земные связи, взаимодействия атмосферы и океана. В этом же ряду, безусловно, стоит такое глобальное явление, как извержение вулканов Земли.

Извержения вулканов и стратосферный озон

Вулканическая активность Земли характеризуется широчайшим диапазоном энергий извержений и объемов вулканических выбросов. При извержениях плинианского типа в стратосфере оказывается большое количество пепла и сернистых газов, прежде всего диоксида серы, из которого в верхней части озонового слоя образуется долгоживущий сернокислотный аэрозоль. На поверхностях вулканогенного аэрозоля стратосферный озон разрушается в гетерогенных реакциях. При этом наиболее интенсивно реакции протекают на поверхностях мелкодисперсного («молодого») аэрозоля.

При вулканических извержениях плинианского типа в тропическом поясе широт происходит глобальное возмущение озоносферы. Образовавшийся в стратосфере сернокислотный аэрозоль растаскивается зональными

АНТРОПОГЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРУШЕНИЯ ОЗОНОВОГО СЛОЯ

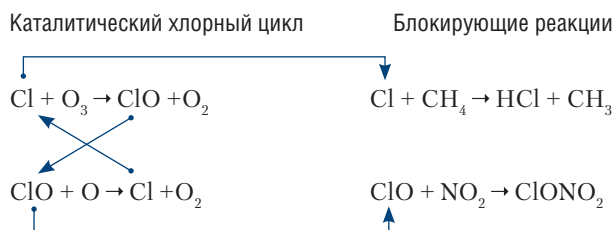
Первые предположения о значимой роли хлора в разрушении стратосферного озона были высказаны в 1974 г. рядом американских ученых, связавших наличие хлора в стратосфере с выбросами газов вулканами и твердотопливными ракетами. В том же году американские химики Ф. Роуланд и М. Молина заявили о гипотетической опасности разрушения озонового слоя накапливающимися в атмосфере промышленными фреонами, выделяющими хлор при распаде в стратосфере под действием солнечной радиации.

Промышленное производство хлорфторуглеродов (ХФУ) – фреонов, было начато химической корпорацией «Дюпон де Немур» в 1930 г. Многие годы фреоны широко применялись как хладагенты в холодильных установках, а также использовались в аэрозольных и пенных баллончиках. Одним из мировых лидеров по производству фреонов стал СССР.

Появление в 1985 г. гипотезы, связавшей озоновую дыру над Антарктидой с загрязнением атмосферы промышленными фреонами, положило начало мощной кампании по защите озонового слоя Земли от техногенного воздействия, неожиданно активно поддержанной руководством корпорации «Дюпон де Немур». Именно в эти годы корпорация освоила производство альтернативных хладагентов гидрофторуглеродов (ГФУ), не содержащих хлора, и в случае запрещения фреонов она становилась монополистом на рынке производителей «озоносберегающих» хладагентов ГФУ.

В 1985 г. была принята Венская конвенция о защите озонового слоя. Немногом позже, в 1987 г., подписан Монреальский протокол, регламентирующий запрещение применения в промышленности и в быту озоноразрушающих веществ.

В 1995 г. Ф. Роуланд и М. Молина вместе с голландским химиком П. Крутценом получили Нобелевскую премию «за работу по атмосферной химии, особенно в части процессов образования и разрушения озонового слоя»



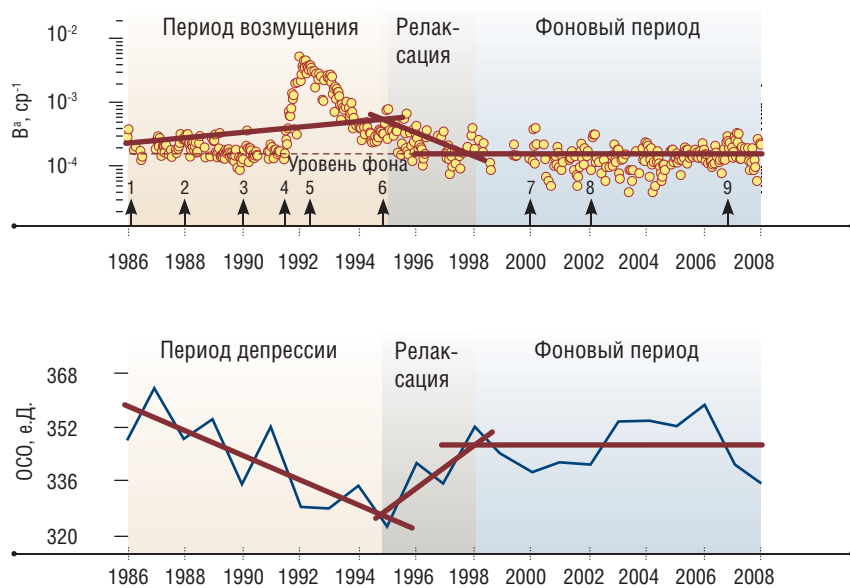
Образующийся при фотолизе фреонов хлор разрушает стратосферный озон в каталитическом цикле, который блокируется реакциями с образованием инертных молекул-резервуаров

ветрами по тропическому поясу и постепенно стягивается меридиональной циркуляцией в полярные зоны, окутывая пеленой всю планету.

Во второй половине 1980-х гг. по инициативе академика В. Е. Зуева был создан многоканальный лидарный комплекс, позволяющий дистанционно получать оперативную информацию о распределениях озона, температуры и аэрозолей в стратосфере. Многолетние наблюдения за динамикой этих параметров в периоды аэрозольных возмущений стратосферы и отсутствия таковых позволили детально проанализировать влияние стратосферного вулканогенного аэрозоля на состояние озонового слоя, провести классификацию процессов, провоцирующих его депрессию. Ранее это воздействие было изучено довольно слабо. Например, считалось, что период вулканогенной депрессии стратосферного озона не превышает нескольких месяцев. Наши исследования показали, что аэрозольные возмущения стратосферы при попадании в нее продуктов извержения играют значительную роль в разрушении озонового слоя в течение 2–3 лет, особенно после извержения вулканов тропического пояса.

Сотрудники лаборатории геосферно-биосферных взаимодействий ИМКЭС СО РАН Д. Дергалева и Н. Морозова настраивают лазерный передатчик лидарного комплекса





Противофазное поведение трендов на графиках (красные линии) демонстрирует обратную зависимость содержания озона от количества вулканогенного аэрозоля в стратосфере. Динамика интегрального коэффициента обратного аэрозольного рассеяния B^a (вверху) и общего содержания озона (внизу) в стратосфере над Томском по данным лидарных измерений в периоды ее вулканогенного возмущения, релаксации и фонового состояния на высотах 13—30 км (е.Д. — единица Добсона; ср — стерadian). Стрелки отмечают хронологию извержений вулканов: Августин (1), Банда Апи (2), Келут (3), Пинатубо (4), Спурр (5), Рабаул (6, 9), Гекла (7), Ревентадор (8)

Извержения плинианского типа в среднем происходят не чаще, чем раз в несколько десятков и даже сотню лет. Однако в 1979—1994 гг. только в тропическом поясе произошло более десяти таких извержений (в среднем каждые 1,5 года). Столь высокая частота вулканической активности привела к необычайно длительному периоду непрерывного загрязнения стратосферы вулканогенным аэрозолем. Когда же к концу столетия стратосфера очистилась от него, содержание стратосферного озона быстро возросло до прежнего уровня.

Из всех факторов, влияющих на озоносферу, столь динамичное изменение в последней четверти прошлого века было характерно только для аэрозольного наполнения стратосферы. Это означает, что главным регулятором состояния озонового слоя в этот период следует считать массированное вулканогенное аэрозольное возмущение стратосферы, а не техногенные фреоны, содержание которых в атмосфере из-за большого времени жизни менялось незначительно.

Озоновая дыра Антарктиды

Активность вулканических извержений имеет прямое отношение и к антарктической озоновой аномалии. Вулканогенный аэрозоль играет роль ядер конденсации при формировании частиц полярных стратосферных облаков (ПСО) в условиях аномально низких температур в стратосфере над Антарктидой в зимне-весенний полярный период. На твердых поверхностях частиц ПСО происходит восстановление хлора из молекул-резервуаров, инициирующее образование озоновых дыр. Такой аномальный режим с температурами ниже

195 К образуется благодаря изоляции стратосферных воздушных масс внутри циркумполярного вихря.

При более высоких температурах частицы ПСО не образуются и озон не разрушается. Именно поэтому в 1986, 1988 и 2002 гг. озоновые дыры над антарктической станцией Халли были незначительными и кратковременными. Аналогичная ситуация реализуется в арктической стратосфере, где аномально низкие температуры, а с ними и озоновые дыры, наблюдаются редко и крайне непродолжительное время, хотя хлорных соединений регистрируется в Арктике не меньше, чем в Антарктиде.

Наличие ядер конденсации тесно связано с вулканогенными возмущениями стратосферы. Аэрозольные возмущения антарктической стратосферы, произошедшие после череды вулканических извержений в начале 1980-х гг. в тропическом поясе, привели к усилению в этот период разрушения стратосферного озона вплоть до состояния озоновой дыры, зарегистрированного в октябре 1984 г. на станции Халли.

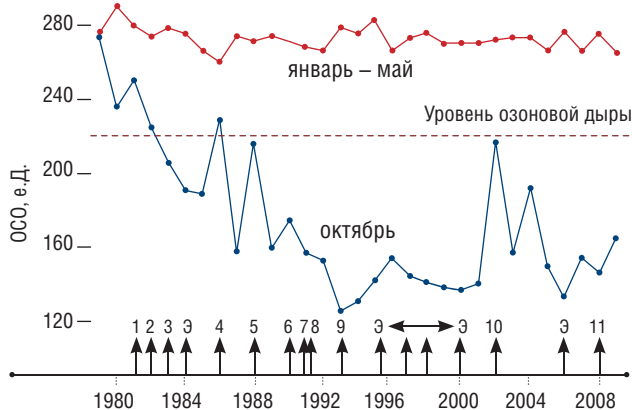
Однако наиболее сильное аэрозольное возмущение антарктической стратосферы, определившее длительную депрессию озонового слоя, возникло в период 1991—1993 гг. после трех мощнейших извержений вулканов Пинатубо (Филиппины), Серро-Хадсон и Ласкар (Чили) с индексом вулканического взрыва около 6, 5 и 4, соответственно, менее чем за два года. Как следствие, практически на всех антарктических станциях полярной весной 1993 г. наблюдалась максимально глубокая и продолжительная озоновая дыра.

Другим поставщиком вулканогенного сернокислотного аэрозоля в антарктическую стратосферу является

Извержения островного вулкана Августин вблизи Аляски (США) оказывают существенное влияние на аэрозольное возмущение стратосферы в умеренных широтах Северного полушария Земли



вулкан Эребус (Антарктида, высота 3794 м), активность которого возобновилась в 1972 г. и продолжается до сих пор. Извержения Эребуса относятся к стромболианскому типу. Однако по описанию известного вулканолога Г. Тазиева, исследовавшего вулкан в 1974 г., при его извержении вверх со скоростью более 700 км/ч выбрасываются газовые струи, состоящие, в основном, из диоксида серы, хлористого водорода и метана. При таких



Поведение ОСО над антарктической станцией Халли: стабильность в течение теплого полугодия и драматичное истощение до состояния озоновой дыры ниже уровня 220 е.д. в период антарктической весны. Стрелками указаны годы извержений вулканов: Паган (1), Галангунг (2), Коло (3), Ласкар (4, 9), Банда Апи (5), Келут (6), Пинатубо (7), Серро-Хадсон (8), Ревентадор (10), Чайтен (11) и повышенной активности вулкана Эребус (Э)

КАК ПОЯВЛЯЮТСЯ И ИСЧЕЗАЮТ ОЗОНОВЫЕ ДЫРЫ

На твердой поверхности частиц полярных стратосферных облаков, содержащих замерзший хлористый водород HCl , в результате гетерогенных реакций в газовой фазе происходит высвобождение хлора из молекул-резервуаров хлорнитрата ClONO_2 с одновременным захватом в твердой фазе диоксида азота в виде замерзшей азотной кислоты. С завершением полярной зимы под действием солнечной радиации молекулы хлора распадаются на атомы. Появление свободного хлора в весенний период катализирует реакции распада озона в хлорном цикле. Озоновой депрессии способствует и связанность диоксида азота, блокирующего образование хлора. Так с наступлением антарктической весны в границах полей ПСО формируется озоновая дыра, исчезающая при испарении частиц облаков с повышением стратосферных температур к концу весеннего периода.



или



Реакции восстановления хлора из хлорнитрата на поверхности частиц ПСО в условиях полярной ночи ответственны за образование озоновых дыр над Антарктидой (твердые реагенты показаны синим цветом)



Извержение вулкана Галангунг (Индонезия) в декабре 1982 г. сыграло важную роль в увеличении озоновой дыры над Антарктидой, как было отмечено в журнале *Nature* (1985 г.)

скоростях они быстро достигают стратосферных высот, где из диоксида серы формируется сернокислотный аэрозоль, выступающий ядрами конденсации частиц ПСО. Замерзающий в них хлористый водород обеспечивает эффективность описанных выше гетерогенных реакций на их поверхностях. Метан, блокируя хлорный цикл, также способствует накоплению хлористого водорода в стратосфере.

Значительное повышение активности Эребуса наблюдалась в 1995–2007 гг. Частые сильные извержения вулкана во второй половине 1990-х гг. препятствовали росту весенних значений ОСО, наметившемуся после минимума 1993 г. Самые мощные серии извержений наблюдались в 2000 и 2006 гг. Именно в эти годы были

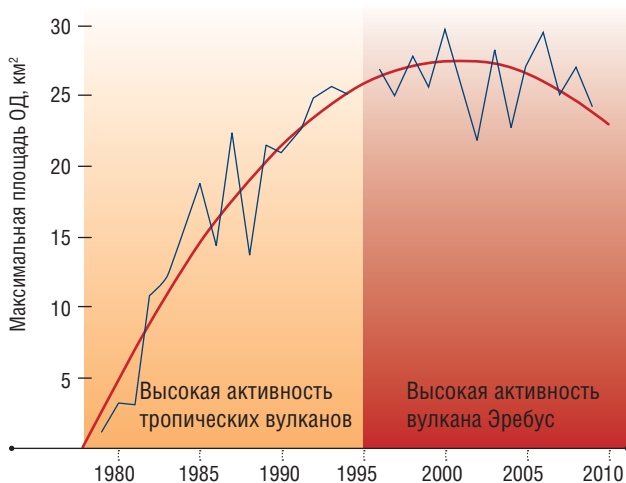
зарегистрированы самые большие размеры озоновой дыры за весь период наблюдений – почти 30 млн км².

Достижению рекордных размеров озоновой дыры в 2000 г. также способствовали аэрозольные ядра конденсации из ионных кластеров, возникших в антарктической стратосфере после мощнейшей вспышки на Солнце как раз в период зимне-весеннего формирования ПСО. Ионные кластеры обладают активированной (заряженной) поверхностью, что дополнительно усиливает процессы разрушения озона.

Сегодня сценарий борьбы с разрушением озонового слоя пытаются использовать для решения другой глобальной проблемы. Основным виновником потепления климата вновь объявляется техногенный фактор. Опять необоснованно занижается роль глобальных природных явлений, в частности изменения обмена CO₂ между атмосферой и океаном при увеличении температуры его поверхности и роста активности вулканов, в газовых выбросах которых содержится много углекислого газа.

К сожалению, ситуация усугубляется тем, что современные научные данные о поступлении вулканогенного диоксида углерода в атмосферу очень сильно разнятся. Геологи считают, что вулканы выбрасывают не менее нескольких миллиардов тонн CO₂ в год, а климатологи используют в своих моделях величину, фактически на порядок меньшую – 0,3 млрд.

В условиях такой неопределенности нельзя пренебрегать тем, что за последние 200 лет (в период индустриальной революции) количество ежегодных вулканических извержений на Земле выросло почти вчетверо. При этом и значительное увеличение числа мощных вулканических извержений, и ускорение роста содержания углекислого газа в атмосфере в последней четверти XX в. происходило синхронно.

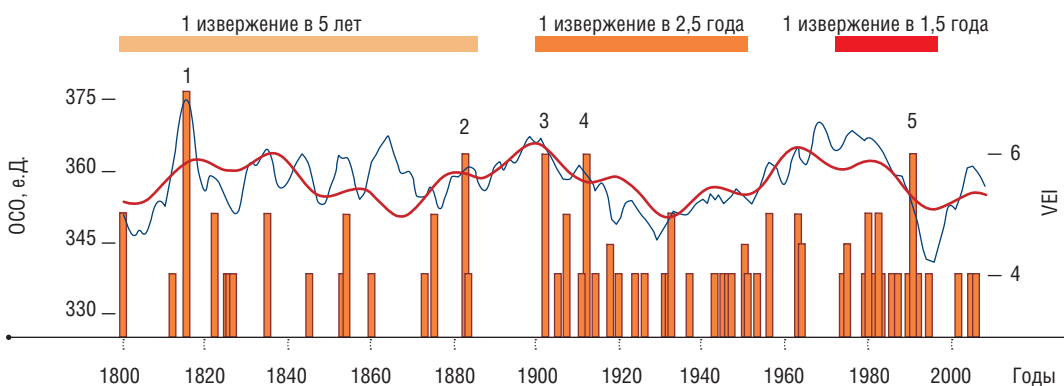


Определяемое по спутниковым данным изменение максимальной площади озоновой дыры над Антарктидой по годам (синяя линия). Параболический тренд (красная линия) демонстрирует тенденцию ее уменьшения после 2000 г.

ВУЛКАНЫ И ОЗОНОВЫЙ СЛОЙ В РЕТРОСПЕКТИВЕ

Используя биоиндикационный метод реконструкции ОСО по плотности годовых колец темновойных деревьев, удалось расшифровать многовековое поведение озонового слоя в субарктическом поясе широт, выявить цикличность колебаний ОСО с периодами, в основном совпадающими с периодами солнечных циклов. Оказалось, что наиболее сильно проявляются колебания с периодами 22 года и 66 лет. Первый цикл совпадает с известным солнечным циклом Хейла. Второй, вероятнее всего, связан с главным циклом Солнечной системы, отражающим гравитационное взаимодействие ее главных тел – Солнца, Юпитера и Сатурна.

Периоды вулканогенных депрессий озонового слоя в субарктическом поясе широт характеризуются отрицательными отклонениями относительно основных циклических колебаний. В отрицательной фазе циклических колебаний эти отклонения усиливаются, а в положительной фазе – ослабляются. По этой причине депрессия озонового слоя после мощнейшего извержения вулкана Кракатау в 1883 г. проявилась незначительно. Напротив, уступающее ему по мощности извержение вулкана Пинатубо в 1991 г. совпало с минимумом циклических колебаний озоносферы. В условиях длительной непрерывной вулканогенной депрессии озонового слоя сложение отрицательных колебаний ОСО благодаря синергетическому эффекту вызвало аномальное снижение ОСО в 90-х гг. прошлого столетия



Динамика общего содержания озона в субарктическом поясе широт на протяжении двухсот лет, реконструированная по плотности годовых колец темновойных деревьев (синяя линия), и составляющая гармонических колебаний ОСО, обусловленная солнечными циклами, кратными 22 и 66 годам (красная линия).

Столбцы показывают хронологию извержений вулканов с индексом VEI более 4.

Цифрами помечены наиболее мощные извержения вулканов: Тамбора (1), Кракатау (2), Санта-Мария (3), Катмай (4) и Пинатубо (5)

Литература

Зуев В.В., Бурлаков В.Д. Сибирская лидарная станция: 20 лет оптического мониторинга стратосферы. Томск: Изд-во ИОА СО РАН. 2008. 226 с.

Зуев В.В., Бондаренко С.Л. Исследование озоносферы методами дендрохронологии. Томск: Изд-во ИОА СО РАН. 2007. 160 с.

Зуев В.В. Лидарный контроль стратосферы. Новосибирск: Наука. 2004. 307 с.

Калмановский И. Управление климатом // GEO. 2008. № 8. С. 132–143

Кашкин В.Б., Хлебопрос Р.Г. Озоновые дыры – «дети» стратосферных вихрей // НАУКА из первых рук. 2007. № 1(13). С. 70–77

www.volcano.si.edu, www.theozonehole.com

В статье использованы фотографии вулканов с сайта www.ngdc.noaa.gov/hazard/volcano.shtml Министерства торговли, Национального управления по исследованию океанов и атмосферы и Национальной информационной службы спутниковых данных об окружающей среде США

В. И. ХАРУК,
М. Л. ДВИНСКАЯ,
С. Т. ИМ

НЕТ ЛЕСА БЕЗ ОГНЯ

Таяжные пожары как природный фактор



Даже специалисты удивляются величине прироста у пережившей пожар лиственницы, произраставшей на широте Полярного круга. Эти образцы взяты с гарей с глубинами оттаивания почвогрунтов около 1,0 м и 0,5 м

Ключевые слова: лесные пожары, лиственничники, изменение климата.

Key words: forest fires, larch forest, climate change



ХАРУК Вячеслав Иванович – доктор биологических наук, профессор, заведующий Лабораторией мониторинга леса Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (Красноярск), заведующий кафедрой ГИС в Сибирском федеральном университете (Красноярск).
Научные интересы: природная и антропогенная динамика лесных экосистем



ДВИНСКАЯ Мария Леонидовна – младший научный сотрудник лаб. мониторинга леса Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (Красноярск). Автор и соавтор 10 научных публикаций



ИМ Сергей Тхекдеевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаб. мониторинга леса Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (Красноярск). Занимается применением дистанционного зондирования и ГИС в исследованиях лесов. Автор и соавтор 24 научных публикаций

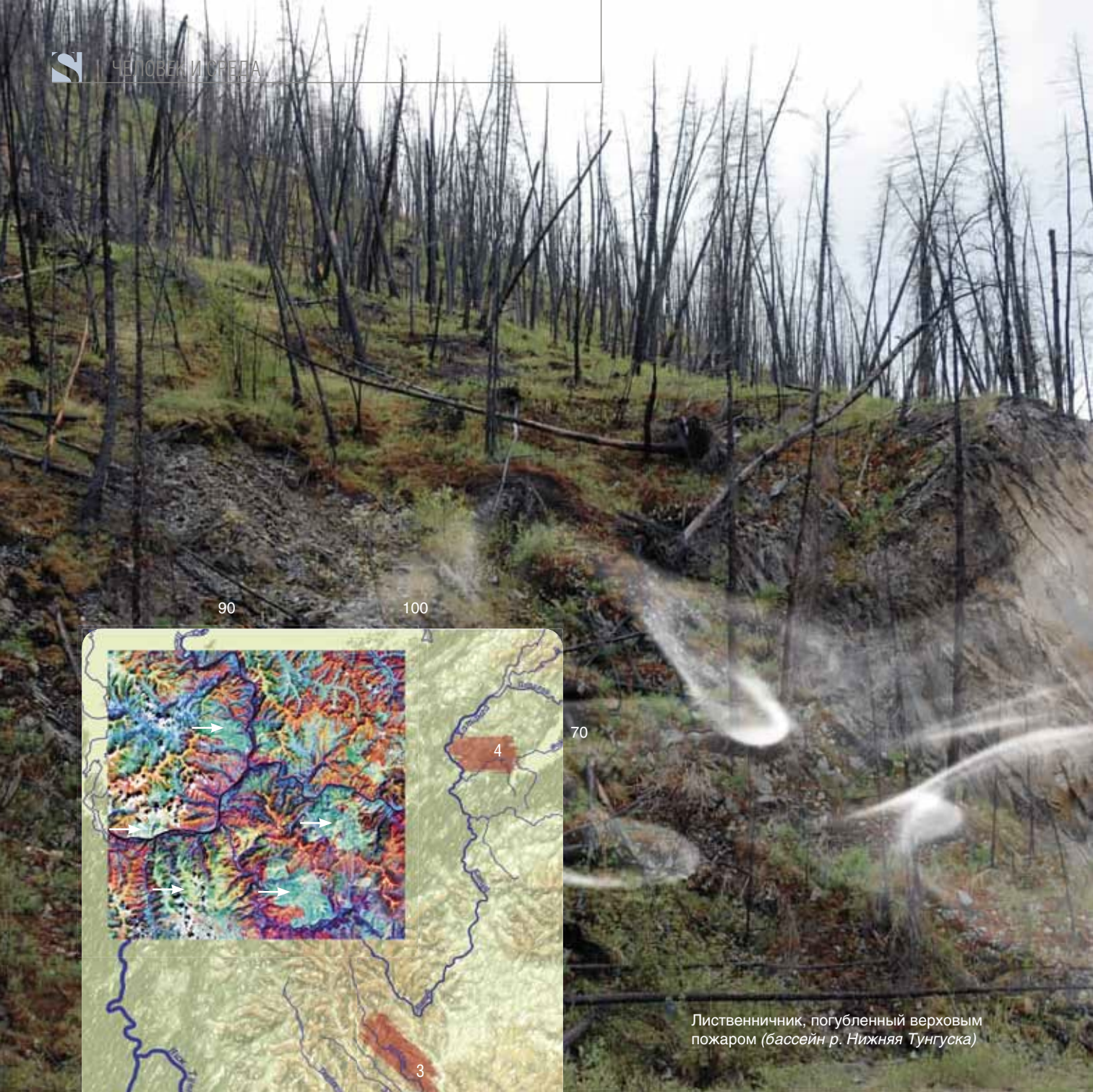
Лес горел, горит и будет гореть... В жестокой справедливости этого трюизма пиарологов население нашей страны убедилось минувшим летом, когда лесными пожарами были охвачены многие территории. Огромный материальный ущерб, погубленные огнем лесные массивы и жилища, резкое ухудшение экологических условий жизни людей, отрицательно сказывающееся на здоровье, – вот неполный список катастрофических последствий явления, причиной которого зачастую является сам человек.

Однако пожары пылали в северных лесах задолго до появления там человека. Вызываемые естественными причинами – грозовой активностью, они являются неотъемлемым фактором динамики природных растительных сообществ

Большая часть огромной сибирской территории лежит в зоне вечной мерзлоты. А большая часть зоны вечной мерзлоты занята лесами из лиственницы – одного из самых холодостойких и неприхотливых хвойных деревьев.

Лиственница обычно формирует низкосомкнутые насаждения. Вследствие этого лесные пожары в лиственничниках, за редким исключением, носят низовой характер (когда огонь распространяется понизу и не перебрасывается с кроны на крону). В условиях мерзлоты корневая система деревьев расположена в узком поверхностном слое, покрытом лишайниками и мхом, поэтому его выгорание приводит к повреждению корней и гибели древостоя.

От чего зависит периодичность пожаров в лиственничниках и меняется ли она со временем? От каких факторов зависит вероятность возникновения пожаров? Для поиска ответов на эти и другие вопросы красноярские ученые из Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН снарядили экспедиции в зону доминирования лиственницы (Центрально-Сибирское плоскогорье



Лиственничник, погубленный верховым пожаром (бассейн р. Нижняя Тунгуска)

Следы пожаров хорошо прослеживаются на космических снимках (слева вверху), поэтому их использовали для планирования экспедиционных работ. На карте отмечены районы наземных обследований:

- 1 – в экотоне лиственница – смешанная тайга;
- 2—4 – в зоне доминирования лиственницы



и Анабарское плато) и на южную ее границу, где произрастают и другие лесообразующие породы (кедр, ель, пихта, сосна, береза, осина). Следы пожаров хорошо прослеживаются на космических снимках, которые использовались для планирования работ.

Согласно принятым методикам исследования, на грядах закладывались пробные площадки, в пределах которых спиливались деревья с так называемыми *подсушинами* (пожарными отметинами) на стволах. По годичным кольцам между подсушинами определя-

Катастрофические пожары отображены в исторических хрониках. Так, в Никоновской патриаршей летописи записано: «Мнози боры возгорахуся сами и болота» (1094 г.); «Земля и воздух, курящиеся над землей» (1364 г.); «Сухомень же бысть тогда великая и зной и жар много, яко за едину сажень пред собой не видети и мнози человецы лицом ударяхуся... а птицы... падаху с воздуха на землю... звери не видяще по селом ходяю и по грядам, смещающиеся с человеком медведи, волки, лисицы» (1371 г.).

Новгородская летопись за 1430 г. гласит: «Той же осени вода бысть мала велми, и земля и леса горяху, и дым мочь велми».

В 1735 г. императрица Анна Иоанновна пишет из Петербурга генералу Ушакову: «Андрей Иванович, здесь так дымно, что окошка открыть нельзя... по-прошлогоднему горит лес... и уже горит не первый год... разошли людей, чтобы огонь затушить». Опустошительные пожары бушевали в лесах России в 1867 г., когда пришлось посылать на их тушение воинские части.

В 1915 г. в Сибири лесные пожары охватили 12,5 млн га. Во время засухи в Поволжье в 1921 г. леса горели с весны до глубокой осени и уничтожили 300 тыс. га леса, сгорело 60 селений.

В 1972 г. катастрофические лесные и торфяные пожары наблюдались на территории 1,8 млн га. В 1998 г. пожары начались в марте и продолжались до ноября. Всего в лесах было зарегистрировано более 23 тыс. пожаров, огнем пройдено более 2,4 млн га лесных земель.

В 2002 г. возникло около 38 тыс. лесных пожаров, а пройденная огнем площадь лесов превысила 1 млн га. О пожарах же лета 2010 г. вряд ли нужно и напоминать...

ли датировку пожаров и вычисляли интервалы между ними. Наряду с живыми деревьями исследовались и деревья, погибшие от огня, что позволило удлинить хронологию пожаров.

Оборот огня

Один из вопросов, ответ на который искали ученые, – как менялась частота пожаров за прошедшие два столетия, в течение которых резко возросла антропогенная деятельность?

Оказалось, что в XIX в. межпожарный интервал составлял 101 ± 12 лет, а в XX в. он сократился в полтора раза – до 65 ± 6 лет. В смешанной тайге Енисейского края период между пожарами сократился почти вдвое: с 97 ± 22 до 50 ± 14 лет. Этот феномен отчасти обусловлен антропогенным влиянием, но не следует забывать и о естественных факторах – изменениях климата.

Пожарные подсушины – повреждения стволов в результате действия огня – настоящая летопись пожаров. Подсушины небольших размерах могут постепенно зарости, но если они достигают 20—30 см, то сохраняются до конца жизни деревьев. При больших повреждениях по всей длине ствола деревья погибают



Занятное это дело – разгадывать динамику пожаров по древесным спилам. У переживших пожар деревьев структура годичных колец хранит память о катастрофе. Хронологию годичного прироста можно использовать для датировки пожаров и определения интервалов между ними

Наибольший вред наносят крупные (площадью более 200 га) пожары. Они составляют всего 10% от общего числа пожаров, но приносят до 90% от общего ущерба.

На охраняемой территории лесного фонда (примерно 2/3 площади всех лесов) ежегодно регистрируется от 12 до 36 тыс. лесных пожаров, суммарно охватывающих до 5 млн га земель. Спутниковые данные дают еще большие цифры. На снимках, полученных сразу после пожара, четко видна пройденная огнем территория. Но непосредственная оценка площади ущерба по таким «мгновенным» данным оказывается завышенной, потому что полная гибель насаждений происходит лишь на четверти обожженной территории.

Пожары не только уничтожают лес, но и приводят к поступлению в атмосферу парниковых газов, главным образом углекислого.

Выбросы углекислоты складываются из пожарных и послепожарных эмиссий. Прямые пожарные эмиссии оцениваются от 40 до 250 млн т. углерода в год (IIASA). Близкими величинами оцениваются и послепожарные эмиссии, обусловленные разложением погибшего в пожаре древостоя

«Оборот огня» в XX в. участился на фоне положительного тренда температур. Кросс-корреляционный анализ подтвердил, что региональные аномалии в частоте возникновения пожаров были связаны с соответствующими аномалиями температур воздуха.

Еще один немаловажный вопрос – как влияют элементы рельефа на возникновение лесных пожаров? Ведь от экспозиции и крутизны склона зависит уровень увлажнения территории. Наветренные склоны получают большее количество осадков, но при значительной крутизне вода стекает вниз, накапливаясь во впадинах.

Согласно полученным данным, на северо-восточных склонах, и особенно на болотах, интервал между пожарами наибольший. А возгорания на склонах с экспозицией на юго-запад происходят чаще всего, поскольку они наиболее прогреваемы солнцем и там высыхание лесных горючих материалов протекает быстрее. С высотой над уровнем моря связан вертикальный климатический градиент, также влияющий на пожароопасность.

В будущем в связи с наблюдаемым и прогнозируемым глобальным потеплением длительность пожароопасного сезона повсеместно увеличится; ожидается и возрастание грозовой активности, являющейся причиной естественного возгорания.

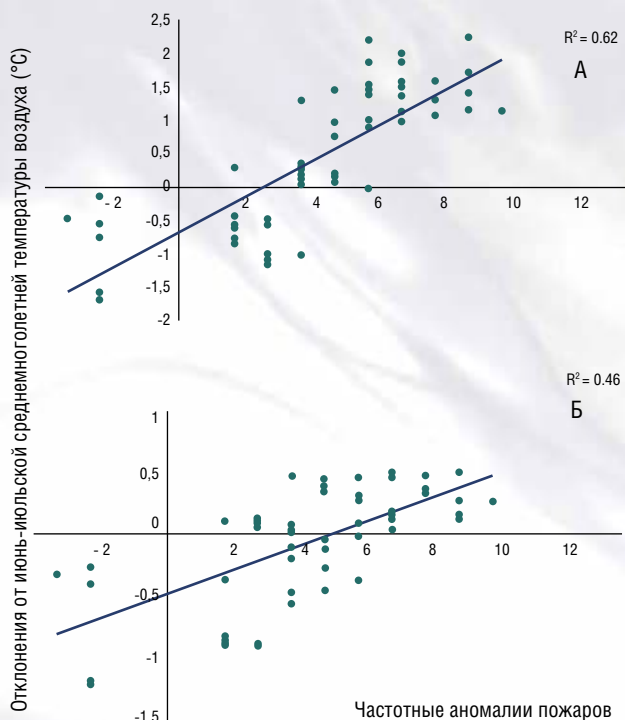
С севера на юг

Зависит ли частота пожаров от широты? Оказывается, с продвижением на север межпожарный интервал возрастает от 80 лет на юге Эвенкии до 200 лет на Анабарском плато, вблизи северной границы лиственничников.

Внутригодовое распределение количества пожаров в южной тайге, как известно, имеет бимодальную (двугорбую) форму: больший максимум приходится на конец весны, а меньший – на начало осени. В северных широтах распределение становится практически одномодальным, с единственным пиком в начале лета. При этом общая длительность пожароопасного сезона в году сокращается почти втрое: с 250 дней в южных лесах страны (60° с.ш.) до 80 дней в северных (72° с.ш.)

На севере нередко не хватает тепла, чтобы за лето просушить лесные горючие материалы, сделать их восприимчивыми к грозовому разряду или непотушенному костру. Да и антропогенное воздействие там меньше: если в средней тайге около 80 % возгораний обусловлены «человеческим фактором», то на севере почти 90 % пожаров инициируются грозовыми разрядами.

Высокую «меткость» молний в криолитозоне обеспечивает перепад электропроводности на границе с мерзлотным слоем, так что энергия разряда высвобождается в узком (менее 30 см) корнеобитаемом слое.



Как показывает кросс-корреляционный анализ, повышение температуры воздуха сопровождается увеличением частоты лесных пожаров.

А – северо-восток Сибири; Б – север Евразии



При низовом пожаре весной значительного повреждения древостоя обычно не происходит, потому что глубина оттаивания напочвенного покрова еще мала, и мерзлота ослабляет тепловое воздействие на корневую систему. Но при устойчивом низовом пожаре даже толстая корка лиственницы не всегда спасает (*справа*). На ослабленные деревья набрасываются древоточцы, добывая их

Напротив, повседневная деятельность местного населения, плотность которого в Эвенкии очень мала (0,03 чел./км²), не часто приводит к пожарам, поскольку коренные жители испокон веков знают правила поведения в лесу. Особо можно отметить староверов, культивирующих бережное отношение к тайге.

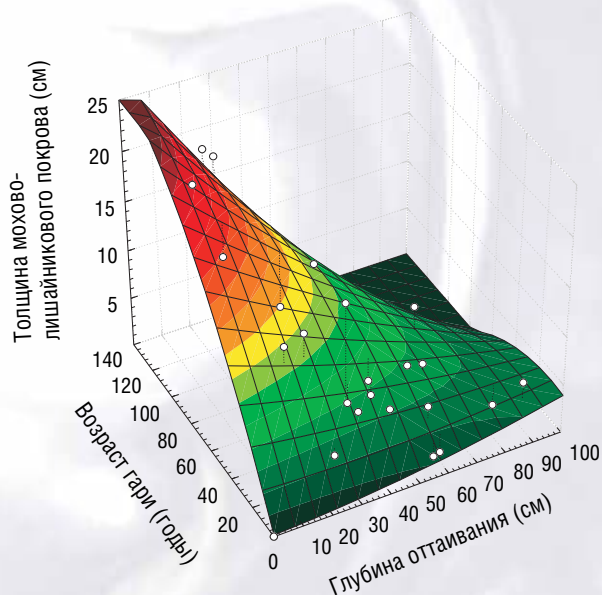
По ту сторону ущерба

Безусловно, пожары наносят колоссальный ущерб лесному фонду. Однако на свежих гарях улучшаются экологические условия: возрастает глубина сезонного оттаивания, почва обогащается биогенными элементами, улучшаются дренаж и световой режим. И как следствие – на протяжении первых 20–30 лет на гарях у деревьев, переживших пожар, значительно увеличивается прирост.

С течением времени, по мере утолщения лишайниково-мохового покрова, являющегося хорошим теплоизолятором, глубина сезонного оттаивания снижается со средней скоростью 0,5–1,0 см/год. Это приводит к «сжатию» активной корнеобитаемой зоны (до 30 см и менее) и падению годичного прироста. Древостои впадают в «дремоту» в ожидании следующего пожара. А его возникновение провоцируется накоплением лишайниково-моховой «подушки», превращающейся при высыхании в прекрасный горючий материал.

Одно из последствий роста частоты пожаров в лесах криолитозоны – расширение видового разнообразия за счет проникновения «южных» видов древесных растений на территорию доминирования лиственницы.





Чем больше времени проходит после пожара, тем больше становится толщина мохово-лишайникового покрова и меньше – глубина оттаивания почвы

Механизм этого проникновения таков: гари, вследствие улучшения на них экологических условий, представляют собой «стартовые площадки» для миграции «вечнозеленых хвойных» (ель, кедр, пихта, сосна) в зону, где лиственница преобладает благодаря своей непревзойденной холодостойкости. Уже сейчас на южной границе лиственничников происходит формирование яруса кедра и ели под пологом лиственницы. При сохранении существующих тенденций изменения климата эти виды, вероятно, сами сформируют верхний полог и станут доминирующими.

В растительном сообществе «лиственница–смешанная тайга» пожары провоцируют развитие березняков и осинников, которые быстро осваивают освобожденные территории. На гарях численность подроста березы поначалу может достигать 1 млн стволов на гектар, т. е. до 100 (!) на квадратный метр. Лиственница, в свою очередь, увеличивает сомкнутость древостоев и продвигается в зону тундры.

Для «южных» видов учащение пожаров может повлечь не только позитивные, но и негативные последствия. Обследование обновленной растительности

Погибшие лиственничники замещаются березой, под пологом которой поселяются хвойные

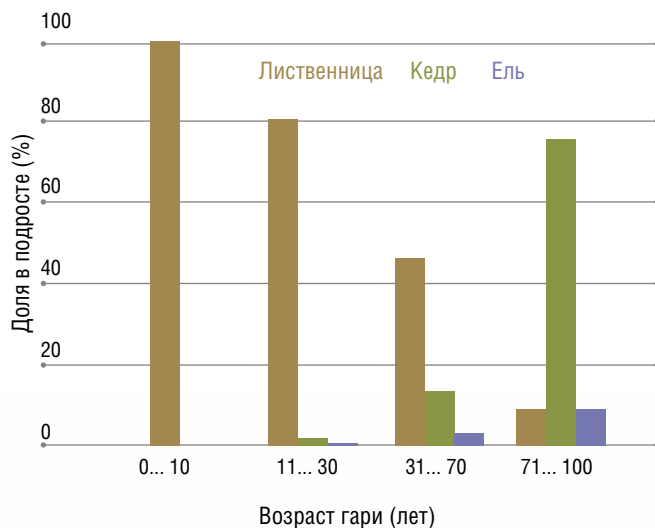
Попытки полностью исключить пожары из жизни леса не всегда благоприятны. Так, подавление пожаров на юге Аляски привело к «перестойности» древостоев – они постарели и потеряли устойчивость к насекомым-вредителям. В результате сбереженные от пожаров леса погубили жуки-короеды.

Для профилактики катастрофических пожаров пирологи предлагают периодически устраивать «контролируемые» выжигания. Такие низовые малоинтенсивные пожары очищают леса от «проводников горения», не позволяя им накапливаться до критического уровня, грозящего катастрофой

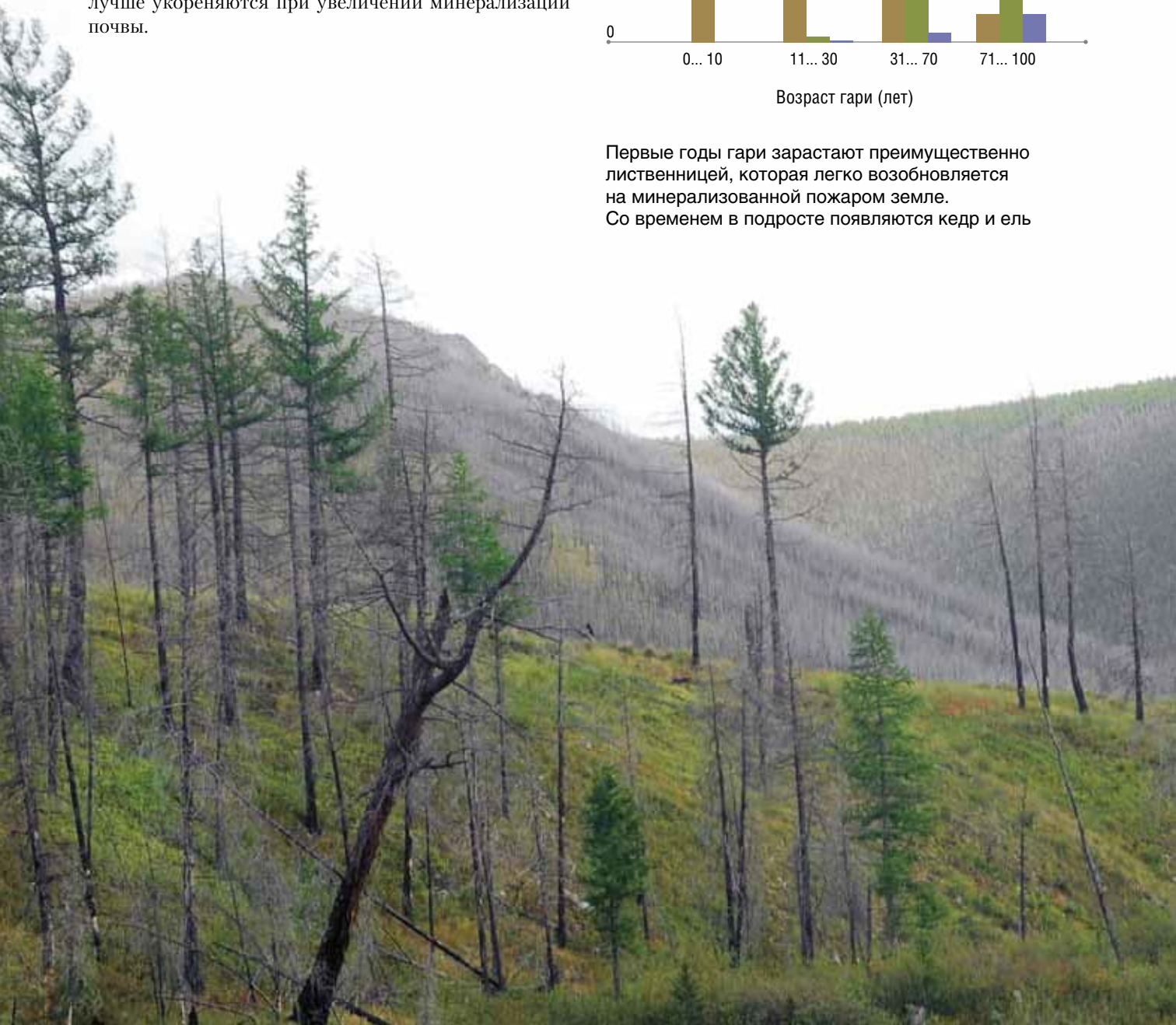


на гарях показало, что с течением лет после пожара численность кедрового подростка всегда возрастает. Это объясняется способностью кедра укореняться в моховом слое, в то время как корешки лиственницы в нем «зависают», не достигая почвы.

Поэтому частые пожары помогут сохранению доминирующего положения лиственницы как пирогитного (т.е. «пожаролюбивого») вида в криолитозоне. Лиственница хорошо защищена от огня толстой коркой, благодаря чему часть деревьев после пожара обычно выживает. Более того, пожары способствуют успешному возобновлению лиственницы, поскольку ее проростки лучше укореняются при увеличении минерализации почвы.



Первые годы гари зарастают преимущественно лиственницей, которая легко возобновляется на минерализованной пожаром земле. Со временем в подросте появляются кедр и ель



Как повлияют изменения климата и возрастание частоты пожаров на северные леса? Сохранят ли лиственничники свою роль аккумуляторов углерода?

С одной стороны, глобальное потепление благоприятствует повышению продуктивности северных древостоев и продвижению лиственницы в зону тундры. Благодаря этому поглощение углекислого газа из воздуха увеличится, что приведет к смягчению антропогенного воздействия на биосферу. Однако с потеплением возрастет и частота пожаров, приводящая к эмиссии углекислого газа в атмосферу, что может свести на нет итоговый прирост количества связанного углерода. С потеплением ожидается и возрастание эмиссии парниковых газов из тающего мерзлотного слоя.

Сравнивая эти противоположные тенденции, большинство экологических моделей предсказывают трансформацию лиственничников в территорию эмиссии углерода в атмосферу (IPCC, 2007). Однако это не единственный возможный сценарий, поскольку возрастание глубины сезонного оттаивания и улучшение дренажа может привести к резкому (в разы) повышению годичного прироста лиственничников, что пока в моделях не учитывается.

Поэтому не исключено, что вызванное потеплением возрастание продуктивности лиственничников приведет к усилению роли северных лесов в связывании углерода и, как следствие, к смягчению «парникового эффекта». А для проверки сценариев воздействия огня на таежные леса в меняющемся климате потребуются новые экспедиции в высокие широты.



Литература

Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы. М.: ДЭКС-ПРЕСС. 2004. 312 с.

Коровин Г.Н., Зукерт Н.В. Влияние климатических изменений на лесные пожары в России // Климатические изменения: взгляд из России / Под ред. В.И. Данилова-Данильяна. М.: ТЕИС. 2003. С. 69–98.

Лесной фонд России. М.: ВНИИЦлес-ресурс. 2004. 633 с.

Леса и лесное хозяйство России // IIASA FOR. Version 1.0. 2007.

Харук В.И., Двинская М.Л., Им С.Т. Лесные пожары в Эвенкии // Природа. 2008. № 8. С. 42–47.

Харук В.И., Им С.Т., Рэнсон К. Дж., Наурзбаев М.М. Временная динамика лиственницы в экотоне лесотундры // Докл. РАН. 2004. № 398(3). С. 404–408.

Mann M.E., Jones P.D. // *Geophys. Res. Lett.* 2003. V. 30. N 15. P. 1820.

Kharuk V., Ranson K., and Dvinskaya M. Wildfires dynamic in the larch dominance zone // *Geophys. Res. Lett.*, 2008. V. 35. N 1.

Kharuk V., Ranson K., Dvinskaya M. Evidence of Evergreen Conifer Invasion into Larch Dominated Forests During Recent Decades in Central Siberia // *Eurasian Journ. of Forest Res.* 2007. N 10(2). P. 163–171.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Проект № 09-05-98008)

В публикации использованы фото В. Харука

Чарлз ДАРВИН И ЭВОЛЮЦИОННАЯ теория

В 1859 г. вышла в свет книга английского ученого Чарлза Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятных пород в борьбе за существование». Она сразу стала бестселлером, возглавив список всемирно известных книг и принеся своему автору лавры единственного первооткрывателя эволюционной теории. Однако последнее не только неточно, но и исторически несправедливо по отношению к другим ученым, предшественникам и современникам Дарвина, что и доказывается в публикуемом в нашем журнале очередном «эволюционном очерке» из готовящейся к печати книги известного ученого и историка науки В. Н. Сойфера «Эволюционная идея и марксисты»



Чарлз Дарвин родился 12 февраля 1809 г. – в год выхода в свет «Философии зоологии» Жана Батиста Ламарка, в которой была подробно и обстоятельно изложена первая эволюционная теория*.

Успехами в школе Дарвин не блистал. В колледже дела также шли неважно, и в конце концов, отец отправил его подальше – в Шотландию, где в октябре 1825 г. 16-летний юноша начал учиться на медицинском факультете Эдинбургского университета (такой выбор будущей специальности сына был неслучайным – его отец был преуспевающим врачом). Через два года стало ясно, что врача из Чарлза не получится. Последовал новый перевод – на этот раз в другой знаменитый университет, Кембриджский, но уже на богословский факультет. Об учебе там сам Чарлз вспоминал: «...время, которое я провел в Кембридже, было всерьез потеряно, и даже хуже, чем потеряно. Моя страсть к ружейной стрельбе и охоте... привела меня в кружок ... молодых людей не очень высокой нравственности... Частенько мы пили не в меру, а затем следовали веселые песни и карты. ...Знаю, что мне следовало бы стыдиться проведенных таким образом дней и вечеров, но некоторые из моих друзей были такие милые малые, и всем нам было так весело, что я и теперь вспоминаю это время с удовольствием».

Наконец, в мае 1831 г. Дарвин сдал экзамен на степень бакалавра. Ему полагалось проучиться на факультете еще два семестра, но события повернулись иначе. Воспользовавшись редкой возможностью, он нанялся, вопреки желанию отца, на судно «Бигль», отправлявшееся в кругосветное путешествие под командой капитана Роберта Фиц-Роя**. В обязанности Дарвина как натуралиста входил сбор животных, растений и геологических образцов. За пять лет Дарвин посетил Южную Америку, острова Тихого Океана, Новую Зеландию, Австралию и другие точки земного шара.

Пятилетнее кругосветное путешествие подошло к концу 2 октября 1836 г. Теперь Дарвину надлежало приступить к описанию собранных коллекций и публикации данных о поездке. Через три года вышла его первая книга – «Путешествие на корабле Бигль» (или «Дневник изысканий»), сразу принеся молодому автору огромную популярность. У Дарвина оказался редкий дар рассказчика, умевшего расцветить детали и события, даже не очень интересные с первого взгляда.

* См. НАУКА из первых рук, 2010. №3 (33). С. 88–103

** НАУКА из первых рук, 2005. №3 (6). С. 106–119

Ключевые слова: Чарлз Дарвин, Альфред Уоллес, Жан Батист Ламарк, эволюционная теория, изменчивость видов, естественный отбор, борьба за существование, теория пангенезиса.



СОЙФЕР Валерий Николаевич – доктор физико-математических наук, заслуженный профессор Университета им. Джорджа Мейсона (США), иностранный член Национальной академии наук Украины, академик Нью-Йоркской академии наук, почетный профессор Сибирского отделения РАН, МГУ им. Ломоносова и Иерусалимского университета. В 1961–1970 гг. работал в институтах АН и АМН СССР, с 1970 по 1978 г. в ВАСХНИЛ. В 1974 г. создал в Москве Всесоюзный НИИ прикладной молекулярной биологии и генетики ВАСХНИЛ. Сфера научных интересов: действие радиации и химических веществ на гены, исследование физико-химической структуры ДНК, репарация у растений, действие радиоактивного загрязнения на геном человека. Награжден Международной медалью Грегора Менделя и серебряной медалью Н. И. Вавилова. Автор более 20 книг, в том числе по истории науки, изданных в России, США, Англии, Германии, Вьетнаме и Чехии, главный редактор 10-томной энциклопедии «Современное естествознание», член редакционного совета журнала «НАУКА из первых рук»

Все началось с Мальтуса?

Когда Дарвин впервые задумался над проблемами эволюции? Сам он много раз упоминал, что к своей эволюционной гипотезе пришел в 1842 г. и что его натолкнула на эту идею книга великого английского экономиста Томаса Роберта Мальтуса «Опыт о законе народонаселения» (1798). Мальтус доказывал, что

Key words: Charles Darwin, Alfred Wallace, Jean-Baptiste Lamarck, evolution theory, variability of species, natural selection, struggle for existence, pangenesis theory



Charles Darwin & his sister Catherine

*From a chalk drawing in the possession of
Miss Wedgwood of Leith Hill Place*

В 8-летнем возрасте Дарвина отдали в частную школу, где он, по его словам, «отставал в ученье от своей младшей сестры Кэтрин». Через год Чарльза перевели в другую школу, но и там он был одним из самых слабых учеников. Недовольный отец однажды сказал непутивому сыну: «Ты только думаешь об охоте, собаке, ловле крыс и осрамишь себя и всю нашу семью». На фото – Чарльз Дарвин с сестрой Кэтрин. По: (Памяти Дарвина, 1910)

численность населения на Земле растет со временем в геометрической прогрессии, а средства существования – лишь в арифметической. Дарвин утверждал, что этот тезис поразил его, и он перевел эту закономерность на всю природу, предпо-

ложив, что в ней всегда идет борьба за существование, так как для всех рождающихся не хватает источников пищи и среды обитания.

Тезис о наличии такой борьбы между представителями одного и того же вида (*внутривидовая*

борьба), как и между особями разных видов (*межвидовая борьба*) был основным нововведением Дарвина. Он заявил, что эволюция происходит благодаря отбору особей, лучше приспособленных к внешней среде (*естественный отбор*). Если места под солнцем для всех рождающихся действительно не хватает, и слабые погибают в конкуренции с сильными, то стоит какому-нибудь организму случайно оказаться более приспособленным к окружающей среде, как ему будет легче выжить и дать большее по количеству потомство. Если улучшенный признак будет сохранен потомками счастливчика, то они начнут теснить менее приспособленных к такой среде сородичей, быстрее размножаться. Природа сделает маленький шаг вперед, а там, глядишь, появится еще более удачливый счастливчик с еще более совершенным строением. И так – миллионы лет, пока существует жизнь на Земле.

Дарвин неоднократно повторял (в том числе, на склоне лет в «Автобиографии»), что идея о естественном отборе озарила его в октябре 1838 г., когда ему попала в руки книга Мальтуса. Однако первый набросок своей гипотезы он якобы сделал не тогда же, а лишь спустя 4 года, в 1842 г. Эта рукопись, часто упоминаемая Дарвином в письмах к друзьям, при его жизни не была опубликована.

Уже после смерти Дарвина его сын Фрэнсис издал книгу «Основы Происхождения видов», в которую включил две ранее неизвестные рукописи отца – упомянутый выше первый набросок гипотезы на 35 страницах (якобы написанный отцом в 1842 г.) и более пространный (на 230 с.) текст, помеченный 1844 г. Почему эти работы не были напечатаны при жизни автора, хотя, как мы увидим дальше, в этом была острая необходимость, теперь уже узнать вряд ли возможно.

Неопубликованные рукописи

К 1842—1844 гг., за те десятилетия, которые протекли с момента опубликования Ламарком его труда об эволюции, в биологии накопилось много фактов, вполне укладывавшихся в русло эволюционных представлений. Идея укрепилась, а общество созрело для ее восприятия.

Об этом свидетельствует еще один, курьезный, пример. В 1843 и 1845 гг. в Англии был опубликован 2-томный труд анонимного автора «Следы естественной истории». В нем излагалась идея об эволюции живого мира, указывалось на связь между родственными видами, а в качестве причины изменения видов называлась роль электричества и магнетизма в этом процессе.

Автор проводил такую аналогию: металлические опилки образуют характерную картину разветвленного стебля растения вокруг одного конца электрического проводника или полюса магнита и картину, более похожую на корень растения, — вокруг другого. Поэтому нельзя исключить, что растения возникли именно такими, ибо в их формировании приняли участие электрические силы. Несмотря на такие поверхностные суждения, автор создал произведение, читавшееся с неослабевающим интересом.

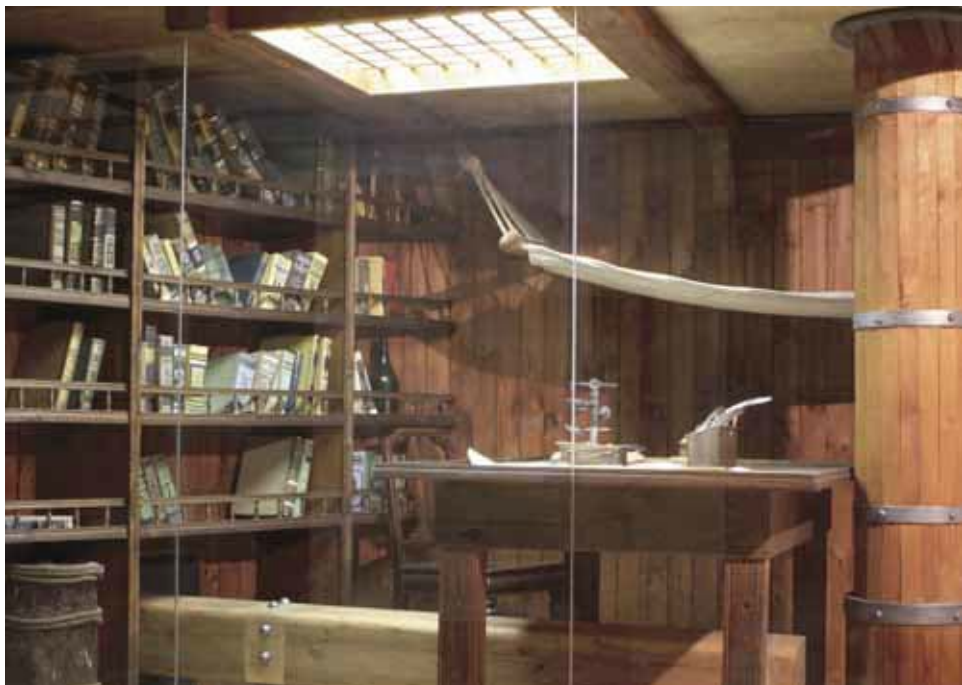
Один из приятелей Дарвина, писатель и публицист Роберт Чемберс, прислал ему экземпляр шумевшей книги, и Дарвин с интересом ее читал. Через шесть лет после выхода книги стало ясно, что ее автором и был тот самый Чемберс.



К 1844 г. относится одно письмо Дарвина, проливающее свет на то, что он сам именно в этом году начал придавать своим раздумьям об эволюции огромное значение, чего не было раньше. Он написал 5 июня 1844 г. длинное письмо своей жене Эмме*, в котором в восторженных выражениях излагал свою волю: в случае его внезапной смерти истратить 400 фунтов на доведение до завершения вида только что законченной рукописи

«Бигль» — бывший военный десятипушечный бриг, переоборудованный в научное судно, на пять лет стал плавучим домом для Дарвина и остальных 73 участников кругосветной экспедиции. Места на корабле было немного, и Дарвин делил каюту с двумя офицерами, в которой капитан Фицрой распорядился сделать окно-люк в потолке. *На фото — макет «Бигля» и реконструкция каюты Дарвина (Государственный Дарвиновский музей, Москва)*

* Урожденная Веджвуд, дочь владельца знаменитой фабрики по изготовлению керамических изделий (называемых по сей день «веджвудами»). Она славилась многими достоинствами, в том числе была неплохой пианисткой и брала уроки музыки у самого Шопена





Чарлз Дарвин через три года после кругосветного путешествия на «Бигле». Худ. Джордж Ричмонд, 1839

об эволюции (задание было детализировано – подобрать надлежащие примеры из отмеченных Дарвином книг, отредактировать текст и т. д.). С другой стороны, именно в январе того же года в письме к ботанику Джозефу Гукеру, сыну директора Королевского ботанического сада и зятю тогдашнего патриарха геологии Чарлза Лайеля, Дарвин сообщил, что размышляет над проблемой изменчивости видов.

Почему вдруг Дарвин решил обратиться к жене со специальным посланием? Он действительно в эти годы жаловался на здоровье (диагноз не был поставлен, и он оставался больным на протяжении еще 40 (!) лет). Казалось бы, если он так дорожил своей задумкой об эволюции, что готов был тратить деньги на уплату гонораров из оставляемого наследства, то должен был бы расходовать все доступные силы и время на доведение главного труда до финального этапа. Но ничего подобного не произошло. Одну за другой он издавал толстые книги о чем угодно, но не об эволюции. В 1845 г. вышло второе, пересмотренное издание «Дневника путешествий на Бигле», в 1846 г. – том о геологических наблюдениях в Южной Америке, в 1851 г. – моногра-

Над проблемами изменчивости видов Дарвин, по его словам, начал задумываться уже во время плавания на «Бигле»: «Я пришел к мысли, что виды, вероятно, изменяются, из данных по географическому распределению и т. п., но в течение нескольких лет я бессильно останавливался перед совершенной неспособностью предложить механизм, с помощью которого каждая часть каждого из созданий оказывалась приспособленной к условиям их жизни».

Идея Ламарка о постепенном совершенствовании видов стала к этому времени достаточно популярной. Подобно тому, как капля долбит камень, повторявшиеся десятилетиями утверждения о естественном развитии, появлении новых видов делали свое дело и приучали людей к мысли о допустимости эволюции. Уместно вспомнить и Бенджамена Франклина с его тезисом о человеке, превратившемся в такового из животного благодаря производству орудий труда, и знаменитого деда Чарлза, Эразма Дарвина – врача и публициста, изложившего в своем сочинении «Зономия, или Законы органической жизни» (1795 г.) идею органического прогресса

фия об усонюгих раках, затем книга о морских уточках и т. д. А очерк об эволюции так и лежал без движения. Чего выжидал Дарвин? Почему боялся предать свой труд критике коллег? Может быть, опасался, что кто-то узреет в его труде заимствование из чужих работ без ссылок на истинных авторов?

Что Дарвин, правда, делал, так это часто напоминал своим высокопоставленным друзьям в письмах, что все свободное время употребляет на обдумывание проблемы эволюции. Некоторым адресатам Дарвина был известен его главный тезис в самых общих чертах: для всех рождающихся не хватает запасов пищи, воды и прочих средств существования, в живых сохраняются лишь те, у кого есть потенциал для выживания. Именно они и обеспечивают прогресс в живом мире.

Эдвард Блит и его идея естественного отбора

Сторонники Дарвина объясняли позже такую странную его неторопливость с изданием труда об эволюции тем, что он будто бы был абсолютно убежден в том, что эта идея никому в голову прийти не могла, почему и спешить с публикацией гипотезы резона не было, хотя друзья поторапливали Дарвина с печатанием этой работы. Это стало ясно из опубликованной уже после смерти Дарвина сохранившейся переписки (сын Фрэнсис сообщил, что его отец не раз тщательно просматривал всю свою корреспонденцию и избирательно сжигал часть писем).

Однако вряд ли только непоколебимой уверенностью в своей оригинальности объясняется такое поведение Дарвина. В 1959 г., во время празднования столетнего юбилея выхода в свет «Происхождения видов», профессор антропологии Пенсильванского университета Лорен Эйсли заявил, что у Дарвина были другие основания не спешить с публикацией эволюционной гипотезы в течение почти двадцати лет. По мнению Эйсли, который провел огромную поисковую работу, Дарвин не самостоятельно пришел к идее борьбы за существование, а заимствовал ее, причем вовсе не у экономиста Мальтуса, а у известного в те годы биолога Эдварда Блита, лично близко знакомого Дарвину.

Блит был на год моложе Дарвина, рос в бедной семье и из-за трудного финансового положения смог закончить только обычную школу. Чтобы обеспечить себя, он был вынужден пойти работать, а все свободное время проводил за чтением, усердно посещал лондонский Британский музей. В 1841 г. он получил место хранителя Музея Королевского Азиатского общества в Бенгалии и провел 22 года в Индии. Здесь им были выполнены первоклассные исследования природы Юго-Восточной Азии. В 1863 г. из-за резкого ухудшения здоровья он был вынужден вернуться в Англию, где скончался в 1873 г.

В 1835 и 1837 гг. Блит напечатал в «Журнале естественной истории» две статьи, в которых ввел понятия борьбы за существование и выживания более приспособленных к среде существования. Однако, согласно Блиту, отбор идет не в направлении все более улучшенных существ, приобретающих свойства, дающие им преимущества перед уже существующими организмами, а совсем иначе.

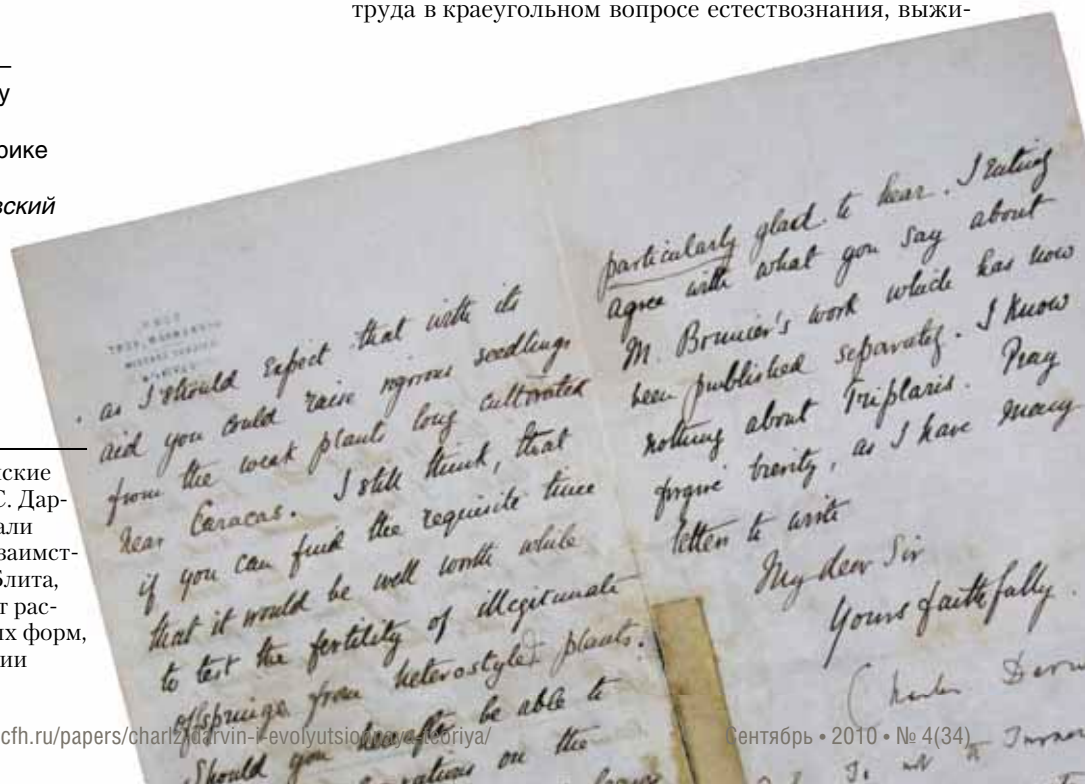
Автограф Чарлза Дарвина – письмо немецкому ботанику доктору Эрнсту, всю жизнь прожившему в Южной Америке (4 апреля 1880 г.).
Государственный Дарвиновский музей, Москва

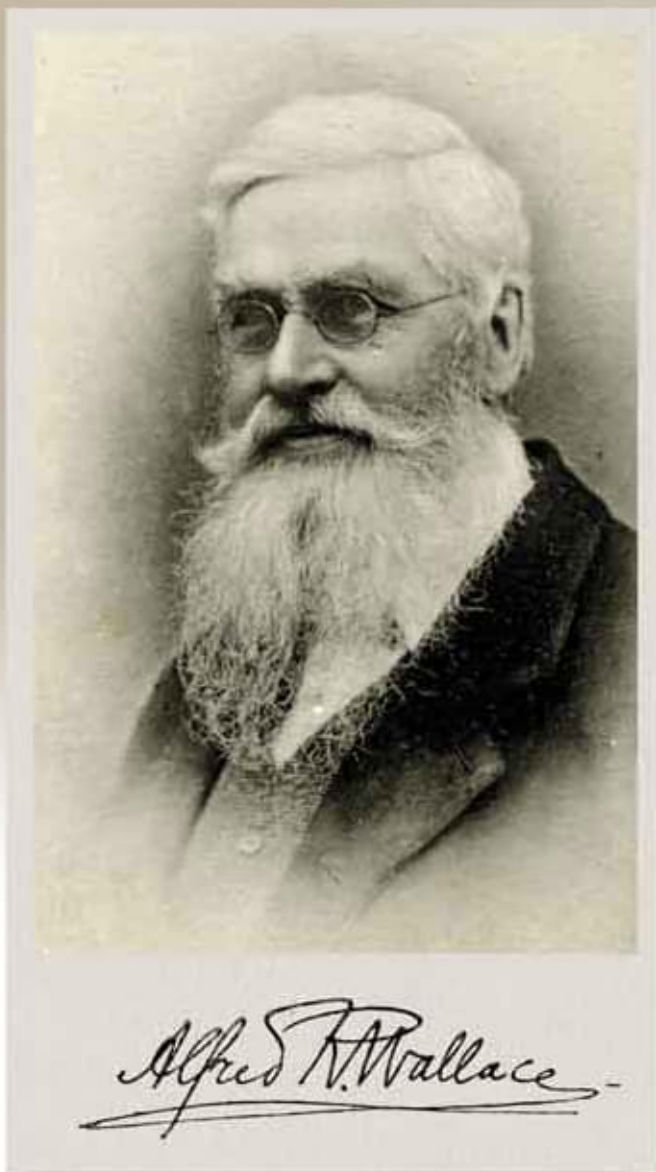
* Наиболее видные американские дарвинисты XX в. Э. Майр, С. Дарлингтон, С. Д. Гульд оспаривали позже мнение относительно заимствования Дарвиным идей Э. Блита, основываясь на том, что Блит рассуждал об отборе ухудшенных форм, а не о прогрессивной эволюции

Задача отбора, по Блиту, – сохранение неизменности основных признаков вида. Он полагал, что всякие новые изменения органов (сейчас мы бы назвали их мутациями) не могут принести чего-либо прогрессивного уже существующим видам, хорошо приспособившимся за миллионы лет к внешней среде. Изменения будут только нарушать хорошо отлаженный механизм взаимодействия среды и организмов. Поэтому все новички, неминуемо испорченные возникшими в них расстройствами, будут отсекаются отбором, не выдержат конкуренции с хорошо приспособленными типичными формами и вымрут. Таким образом, Блит применил принцип отбора к дикой природе, хотя отбору была придана консервативная, а не созидательная роль*.

Дарвин не мог не знать работ Блита: он держал в руках номера журналов с его статьями и цитировал их. Он писал, и не раз, что внимательно и тщательно проследил за всеми публикациями, касающимися вопросов развития жизни на Земле, и особенно – за близкими ему по духу. Он цитировал к тому же многие другие работы Блита, воздавая должное заслугам своего коллеги, поэтому никак не мог пройти мимо его работ о естественном отборе. Однако он ни разу не сослался на ту статью, в которой Блит четко и ясно изложил идею о борьбе за существование и о естественном отборе.

Будучи гордецом и, как считали Эйсли и ряд других историков, одержимым манией ни с кем не разделяемой славы, Дарвин мог воспользоваться принципиальными положениями Блита, после чего начал приводить свои записи в порядок. К 1844 г. он действительно мог подготовить довольно объемистую рукопись об эволюции, но, понимая недостаточную оригинальность своего труда в краеугольном вопросе естествознания, выжи-





Альфред Рассел Уоллес.
Фото О. Ренара. По: (Уоллес, 1898)

дал, тянул время, надеясь что какие-то обстоятельства что-то изменят в мире и позволят ему «сохранить лицо». Именно поэтому в «Автобиографии» он еще раз повторил: толчком к размышлению о роли естественного отбора послужила для него лишь книга Мальтуса. Сослаться на экономиста, а не на биолога, говорившего о естественном отборе в мире живых существ несколькими годами раньше, было безопасно, ведь приоритет в приложении экономического анализа к ситуации в биологическом мире оставался за биологом, то есть за ним самим.

Но и в этом утверждении дотошные историки нашли натяжку: хотя Дарвин и указал точную дату, когда он прочел книгу Мальтуса (октябрь 1838 г.), но ни в очерке 1842 г., ни в более объемистом труде 1844 г.

он на Мальтуса, как на подтолкнувшего его к идее эволюции, ни разу не сослался, и в том месте, где он его упомянул, речь шла вовсе не об идее конкуренции.

Эйсли нашел еще несколько таких же случаев, когда Дарвин неделикатно обошелся со своими прямыми предшественниками и тем отчасти подтвердил правоту мнения, высказанного еще в 1888 г. профессором Хьютоном из Дублина о взглядах Дарвина относительно происхождения видов: «Все, что было в них нового, было ошибочным, а то, что было правильным, было уже известно».

Видимо, этим и объясняется загадочный факт нежелания Дарвина в течение почти 20 лет публиковать труд о происхождении видов.

Эволюционные взгляды Альфреда Уоллеса

Возможно, этот труд продолжал бы и дальше оставаться в сундуке Дарвина, если бы в один из дней не произошло событие, заставившее его срочно изменить позицию. В 1858 г. он получил по почте работу своего соотечественника – Альфреда Уоллеса, находившегося в этот момент вдали от Англии. В ней Уоллес излагал ту же идею о роли естественного отбора для прогрессивной эволюции.

Из чтения работы Уоллеса Дарвин понял, что его конкурент разработал гипотезу эволюции даже более широко, чем он сам, поскольку включил в анализ не только материал по домашним животным, который по преимуществу использовал Дарвин, но и почерпнул факты в дикой природе. Дарвина особенно поразило, что главные формулировки Уоллеса были изложены теми же словами, что и в его «очерке эволюции», причем именно Уоллес ссылаясь на Мальтуса.

Как могло случиться, что конкурент описал то же самое? Альфред Рассел Уоллес (1823–1913) в течение многих лет собирал научные коллекции в экспедициях на реках Амазонка и Рио-Негро, на Малайском архипелаге и в других местах (им была собрана коллекция, содержащая 125 тыс. ботанических, зоологических и геологических образцов; составлены словари 75 наречий и т.д.). Задумываться над проблемой происхождения видов Уоллес начал почти одновременно с Дарвином. Во всяком случае уже в 1848 г. в письме своему другу, путешественнику Генри Бэйтсу, он писал: «Мне бы хотелось собрать и досконально изучить представителей какого-нибудь одного семейства, главным образом с точки зрения происхождения видов».

Странно, что исследователями дарвинизма крайне редко упоминается важнейший для понимания формирования эволюционных взглядов Уоллеса факт, что в сентябре 1855 г., за четыре года до первого издания «Происхождения видов» Дарвина, Уоллес напечатал

в «Annals and Magazine of Natural History» статью под названием «О законе, регулирующем появление новых видов». В ней Уоллес не только выступил с заявлением о существовании процесса эволюции видов, но и указал на роль географической изоляции в становлении новых разновидностей. Он сформулировал даже закон: «Появление каждого вида совпадает географически и хронологически с появлением очень ему близкого и предшествовавшего вида». Другой его тезис был также существен: «Виды образуются по плану предшествующих». Эти заключения он основывал не только на данных изучения коллекций современных ему видов, но и ископаемых форм.

Уоллес, как водится в научной среде, разослал свою статью коллегам-биологам, и в их числе – Дарвину, которого высоко ценил за описание путешествия на «Бигле». Путешественник и натуралист, Уоллес хорошо понимал, насколько трудна задача описания монотонных переездов с места на место и повторяющейся изо дня в день деятельности. Два видных ученых – Лайель и Блит – также обратили внимание Дарвина на статью Уоллеса, о чем Дарвин сообщил в письме Уоллесу от 22 декабря 1857 г.

Дарвин положительно отозвался о работе Уоллеса, и с этого времени между ними завязалась переписка. Но Дарвин, нарочно или невольно, пригасил энергию Уоллеса в отношении дальнейшего обдумывания проблемы происхождения видов, когда в одном из писем как бы невзначай сообщил ему, что он уже давно работает над той же проблемой и пишет большую книгу о происхождении видов. Это сообщение подействовало на Уоллеса, о чем он написал в письме Бэйтсу: «Я очень обрадован письмом Дарвина, в котором он пишет, что согласен “почти со всяким словом” моей работы. Теперь он готовится свой большой труд о видах и разновидностях, материал для которого он собирал в течение 20 лет. Он может избавить меня от заботы писать дальше о моей гипотезе... во всяком случае в мое распоряжение будут предоставлены его факты, и я смогу над ними работать».

Однако, как дружно свидетельствуют все биографы Дарвина, несмотря на обещания, Дарвин своих гипотез и имеющихся в его руках фактов Уоллесу не предоставил. Так, видный русский биограф Дарвина А. Д. Некрасов пишет: «...Дарвин, ссылаясь на невозможность в письме изложить свои взгляды, умалчивал о теории отбора... Уоллес пришел к идее естественного отбора независимо от Дарвина.... Без сомнения, Дарвин в своих

письмах ни одним словом не обмолвился ни о принципе борьбы за существование, ни о сохранении наиболее приспособленных. И к этим принципам Уоллес пришел независимо от Дарвина».

Итак, Уоллес сам сформулировал гипотезу естественного отбора, и произошло это 25 января 1858 г., когда путешественник находился на одном из островов Молуккского архипелага. Уоллес заболел тяжелой лихорадкой и в промежутках между приступами вдруг отчетливо представил, как можно применить рассуждение Мальтуса о перенаселении и его роли в эволюции. Ведь если Мальтус прав, то шансы для лучшего выживания выше у организмов, лучше приспособленных к условиям жизни! В «борьбе за существование» они одержат верх над менее приспособленными, дадут большее потомство, а за счет лучшего размножения займут более широкий ареал.

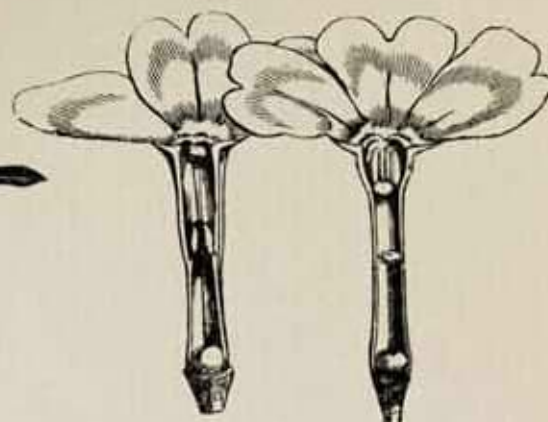
После этой догадки в уме Уоллеса, много лет размышлявшего над проблемами изменения видов, быстро сложилась общая картина. Так как основными фактами он уже располагал, ему не составило труда спешно на-



В 1898 г., через 30 лет после выхода ставшей знаменитой книги Дарвина, А. Уоллес опубликовал огромный (750 с.) труд «Дарвинизм. Изложение теории естественного отбора и некоторые из ее приложений»


C. forbesi
Charadrius biformatus
C. tricolor

Распознавательные признаки трех африканских ржанок



Форма с

длинным

нестиком

Форма с

коротким

нестиком

Primula veris (первоцвет)

А. Уоллес, хорошо знавший дикую природу, черпал примеры из своих экспедиционных наблюдений. Во введении к своей книге «Дарвинизм...» (1889) он напишет: «Слабым местом в трудах Дарвина всегда считалось то, что он преимущественно основывал свою теорию на явлениях внешней изменчивости одомашненных животных и культурных растений. Поэтому я постарался найти прочное объяснение для его теории в фактах изменчивости организмов в естественных условиях»

Основная цель фундаментального труда «Дарвинизм. Изложение теории естественного отбора и некоторые из ее приложений»

А. Уоллеса — проиллюстрировать примерами принцип лучшего выживания в природе животных и растений, более приспособленных к данной среде.

Вверху слева — рис. из гл. «Происхождение и польза окраски животных»;

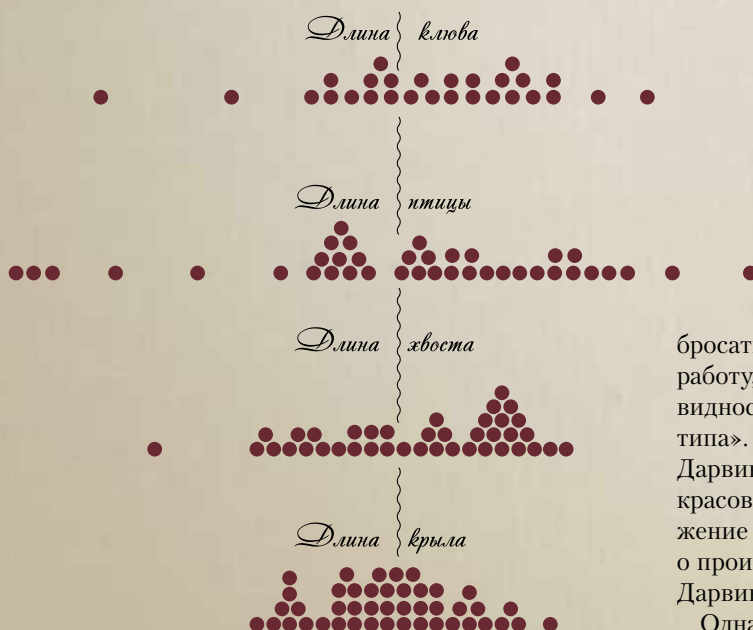
вверху справа — рис. из гл. «О бесплодии помесей, произошедших от скрещивания между отдельными видами».

Внизу —

табл. из гл. «Изменяемость видов в естественном состоянии».

По: (Уоллес, 1898)

Вариации 40 самцов *Agelaius phoeniceus*



Размер вариаций

Для клюва 1/6 Для всей длины 1/9
Для хвоста 1/4 Для крыла 1/8

бросать тезисы статьи и также спешно завершить всю работу, дав ей ясное название: «О стремлении разновидностей бесконечно удаляться от первоначального типа». Эту статью он и отправил с первой же оказией Дарвину, прося помочь с публикацией. Как писал Некрасов, «Уоллес послал ее Дарвину, надеясь, что приложение принципа “борьбы за существование” к вопросу о происхождении видов будет такой же новостью для Дарвина, как для него самого».

Однако предположение Уоллеса, что Дарвин поможет популяризации его работы, было ошибкой и навсегда лишило его вполне законного приоритета в опубликовании принципа эволюции путем отбора организмов, наиболее приспособленных к условиям среды. Дарвин

не только ничего не сделал для быстрой публикации работы Уоллеса, но и постарался принять все меры, чтобы утвердить свое первенство.

Спешное обнародование работы Дарвина

Получив труд Уоллеса, Дарвин понял, что его опередили. Показательно, что в письме к Лайелю он признался: «Я никогда не видел такого поразительного совпадения; если бы у Уоллеса была моя рукопись 1842 года, он не смог бы сделать лучше сокращенного обзора. Даже его названия соответствуют заголовкам моих глав».

Узнав о случившемся, два друга Дарвина – Чарлз Лайель и Джозеф Гукер, занимавшие высокое положение в научных кругах Англии, решили спасти положение и представили членам Лондонского Линнеевского общества одновременно и законченную работу Уоллеса, и короткую (на двух страничках) заметку Дарвина «О склонности видов к образованию разновидностей и видов посредством естественного отбора». Оба материала были зачитаны 1 июля 1859 г. на заседании общества и затем опубликованы под этой датой.

Дарвин на заседании не присутствовал. Выступавших было двое – Лайель и Гукер. Один из них с жаром, другой более сдержанно рассказали, что были свидетелями творческих мук Дарвина и удостоверили своим авторитетом факт его приоритета. Заседание кончилось в гробовой тишине. Никто никаких заявлений не сделал.

К концу года Дарвин закончил книгу «Происхождение видов» и оплатил ее издание. Книгу напечатали за две недели; весь тираж (1250 экземпляров) был раскуплен в один день. Дарвин спешно оплатил второе издание, и через месяц в продажу поступило еще 3000 экземпляров; затем вышло третье издание, исправленное и дополненное, потом – четвертое и т.д. Имя Дарвина приобрело огромную популярность.

Уоллес, целиком примирившийся с потерей приоритета, издал в 1870 г. книгу «Вклад в теорию естественного отбора», а в 1889 г. – огромный (750 страниц) том, символически названный «Дарвинизм. Изложение теории естественного отбора и некоторые из ее приложений».*

* Уже в XX в. «закон» Уоллеса о роли географической изоляции в ускорении эволюции видов стал неотъемлемой частью учения, получившего название «Синтетическая теория эволюции», разработанного американским ученым русского происхождения Ф. Г. Добржанским. Первым на роль географической изоляции для отбора генов указал в 1926 г. С. С. Четвериков в его работе «О некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения современной генетики»



Methona psidii (Heliconidae)



Leptalis orise (Pieridae)

Рисунок из гл. «Предостерегающая окраска и маскировка» кн. А. Уоллеса «Дарвинизм. Изложение теории естественного отбора и некоторые из ее приложений». По: (Уоллес, 1898)

Основная цель этих книг заключалась в том, чтобы проиллюстрировать примерами принцип лучшего выживания животных и растений, более приспособленных к данной среде. Дарвин в большей мере использовал примеры из области одомашнивания животных, выведения пород скота, декоративных птиц и рыб, селекции сортов растений.

Уместно вспомнить, что Уоллес и ранее (в статье 1856 г.) отвергал доказательность примеров эволюции, почерпнутых из сферы изменчивости одомашненных животных, справедливо указывая, что приспособительная (адаптивная) изменчивость у домашних животных не существует. Ведь именно человек отбирает лучшие для него формы, а сами животные не участвуют в борьбе за существование: «Таким образом, из наблюдений над разновидностями домашних животных нельзя сделать никаких выводов относительно разновидностей животных, живущих в диком состоянии».

Отношение Дарвина к Ламарку

Дарвин не устал повторять, что его взгляды не имеют ничего общего с ламарковскими, и на протяжении жизни не переставал дурно отзываться о своем великом предшественнике. Возможно, сама мысль, что он – не первый и что за 50 лет до него те же мысли уже были высказаны французом, тяготила его.



Один из раритетов Дарвиновского Государственного музея – единственный в России скелет дронга, нелетающей птицы, некогда обитавшей на о. Маврикий и вымершей в 1680—1690 гг. В гибели этого вида были повинны моряки, для которых беззащитные птицы стали источником провианта

Вымирание видов, по Дарвину, – явление, коррелирующее с происхождением новых видов: «Так как с течением времени деятельностью естественного отбора образуются новые виды, то другие должны становиться все более редкими и, наконец, исчезать. ...В главе, посвященной борьбе за существование, мы видели, что наиболее ожесточенная конкуренция должна происходить между формами, наиболее близкими – разновидностями одного вида или одного рода или ближайших друг к другу родов, так как эти формы будут обладать почти одинаковым строением, общим складом и привычками»

В 1840-е гг. в письмах к Гукеру он не раз писал об этом: «...не знаю никаких систематических сочинений об этом предмете, кроме книги Ламарка, но это – настоящая дрянь»; «Ламарк... повредил вопросу своим нелепым, хотя и умным трудом»; «Да сохранит меня Небо от глупого ламарковского “стремления к прогрессу”, “приспособления вследствие медленного хотения животных” и прочего». Правда, последнюю фразу из приведенных цитат он вынужден был продолжить словами: «Но выводы, к которым прихожу, не отличаются значительно от его выводов, хотя способы изменения вполне различны».

В одном из писем к Лайелю, отправленных почти двадцатью годами позже, он писал, обсуждая значение труда своего предшественника: «Я смотрю на нее (на “Философию зоологии” – прим. авт.), прочтя ее старательно два раза, как на жалкую книгу, из которой я не извлек никакой пользы. Но я знаю, что вы больше воспользовались ею».

В общем, как писал русский исследователь дарвинизма Вл. Карпов, первоначально «Ламарк был чужд и мало понятен Дарвину, как представитель другого склада ума, круга идей, другой национальности». Тем не менее принципиального сходства в книгах Ламарка и Дарвина было больше, чем различий. Оба автора были едины в центральном вопросе – провозглашении принципа прогрессивного развития видов, и оба заявляли, что именно необходимость лучше соответствовать требованиям внешней среды понуждает виды прогрессировать.

Даже основные группы примеров, использованных Дарвином, совпадали с примерами Ламарка (породы собак, домашних птиц, садовые растения). Только Дарвин старался привести как можно больше примеров, пусть и однотипных, но создающих у читателя впечатление солидности, основательности; Ламарк же ограничивал себя одним-двумя примерами по каждому пункту.

В чем мысли Дарвина сильно отличались от мыслей Ламарка, так это в попытке объяснения причин эволюции. Ламарк искал их внутри организмов, в заложенной в них способности изменять устройство тела в зависимости от упражнения органов (и во второй половине XIX в. это положение Ламарка расценивалось как чрезвычайно важное, ибо подавляющее большинство ученых полагали, что живым существам имманентно присуще свойство самосовершенствования). Дарвин же первоначально исходил из того, что свойства организмов могли изменяться из-за случайных причин, а внешняя среда исполняла роль контролера, отсекающего менее приспособленные особи. Но поскольку Дарвин не понимал, что могло изменяться в организмах, что собой представляют наследственные структуры, эти его мысли были целиком и полностью гипотетическим философствованием.

Парадокс заключается в том, что, начав с категорического отрицания «глупых» взглядов Ламарка, Дарвин постепенно стал менять свои взгляды и говорить о возможности непосредственного наследования приобретенных за время жизни признаков. Главной причиной такой перемены стало важнейшее обстоятельство, которое мешало и Ламарку, а именно: отсутствие сведений о законах наследования признаков, незнание того, что в организме существуют особые структуры, несущие наследственную информацию.

Однако если во времена Ламарка наука была еще далека от постановки вопросов, связанных с обнару-

жением законов наследственности, и было бы нелепо бросить даже тень укора в адрес Ламарка, то ко времени публикации «Происхождения видов» положение в корне изменилось.

Геммулы вместо генов

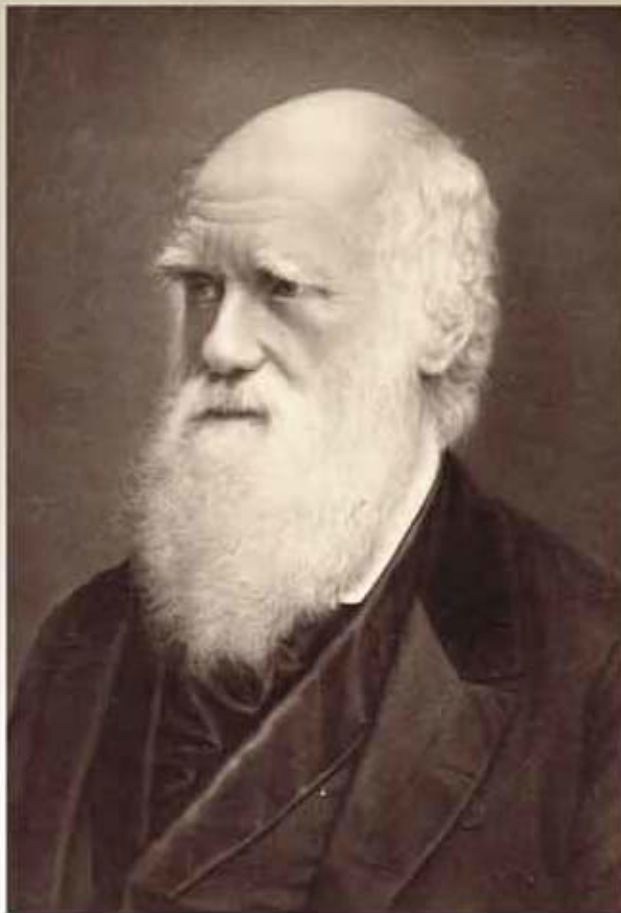
Первые подходы к познанию законов наследственности, правда еще в достаточно аморфном виде, сложились в результате работ немецкого исследователя Йозефа Готлиба Кёльрёйтера (1733—1806), несколько лет работавшего в Петербурге, и ряда других европейских ученых. Кёльрёйтер в 1756—1760 гг. провел первые опыты по гибридизации и сформулировал понятия о наследуемости.

Англичанин Томас Эндрю Найт (1789—1835), скрещивая разные сорта культурных растений, пришел к выводу, что в поколениях гибридных растений признаки, по которым исходные сорта различаются между собой, «рассыпаются» и проявляются индивидуально. Причем он отметил, что существуют мелкие индивидуальные отличия, которые далее не «делятся» при скрещиваниях и сохраняют свою индивидуальность в поколениях. Тем самым уже в начале XIX в. Найт сформулировал понятие об элементарных наследуемых признаках.

Француз Огюст Сажрэ (1763—1851) в 1825—1835 гг. сделал другое важнейшее открытие. Следя за найтовскими «элементарными признаками», он обнаружил, что некоторые из них при комбинировании с другими подавляют проявление этих признаков. Так были открыты доминантные и рецессивные признаки.

В 1852 г. другой француз, Шарль Нодэн (1815—1899), более внимательно изучил эти два типа признаков и, подобно Сажрэ, установил, что в комбинациях доминантных и рецессивных признаков последние перестают проявляться. Однако стоит скрестить между собой такие гибриды, как у части их потомков они снова проступают (позже Мендель назовет этот процесс расщеплением признаков). Эти работы доказывали

Первое издание знаменитой книги Ч. Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятных пород в борьбе за существование». Лондон, 1859. Государственный Дарвиновский музей (Москва)



Чарльз Дарвин, 1868 г.
Эта фотография – один из раритетов Государственного Дарвиновского музея – была привезена его основателем А. Ф. Котсом.
Фото Дж. М. Кэмерон





Первый генетик – крестьянский сын Иоганн Мендель, ставший настоятелем августинского монастыря Святого Томаша в Брюнне, – провел свои знаменитые опыты по скрещиванию разных сортов гороха на маленьком участке в монастырском саду (фото внизу)



важнейший факт – сохранение наследственных структур, несущих информацию о подавляемых (рецессивных) признаках даже в тех случаях, когда внешне эти признаки не проявлялись. Нодэн попытался открыть количественные закономерности сочетания доминантных и рецессивных признаков, но, взявшись следить сразу за большим их числом, запутался в результатах и не смог продвинуться вперед.

Дарвину были хорошо известны результаты работ этих ученых, но он не понял их значения, не оценил той великой пользы, какую несли ему открытия элементарных наследственных единиц, закономерностей их комбинирования и проявления у потомков. Следовало сделать еще один шаг – упростить задачу и анализировать количественное распределение признаков у организмов, различающихся одним или максимум двумя признаками, и тогда законы генетики были бы открыты.

Этот рывок в науке совершил чешский естествоиспытатель, блестящий экспериментатор Иоганн Грегор Мендель, в 1865 г. опубликовавший гениальный труд, в котором изложил выводы экспериментов по выявлению законов наследственности. Схему своих опытов Мендель построил именно путем упрощения задачи, когда он решил скрупулезно следить за поведением в скрещиваниях сначала лишь одного наследуемого признака, а затем – двух. В результате он доказал, теперь уже окончательно, наличие элементарных единиц наследственности, четко описал правила доминирования, открыл количественные закономерности комбинирования единиц наследственности у гибридов и правила расщепления наследственных признаков.

Дарвин, следовательно, мог сам эти законы открыть (он продвинулся вперед в понимании важности выяснения законов наследования, к тому же прогресс науки в то время был столь ощутим, что сделанное Менделем было в принципе доступно любому задумывающемуся над проблемами наследования). Но Дарвин не был экспериментатором. Конечно, он мог просто прочесть опубликованный Менделем труд на немецком языке, однако этого тоже не произошло.

Вместо этого Дарвин принялся придумывать гипотезу (он претенциозно назвал ее теорией) *пангенезиса* о том, как осуществляется передача наследственных свойств потомкам. Он допустил наличие в любой части тела «...особых, независимо размножающихся и питающихся наследственных крупинок – геммул, собирающихся в половых продуктах, но могущих быть рассыпанными и по всему телу... каждая из которых может восстановить в следующем поколении ту часть, которая дала им начало».

Гипотеза эта была отнюдь не оригинальной: ту же идею выдвинул в своей 36-томной «Истории природы» Жорж Луи Леклерк Бюффон за сто лет до Дарвина. Многие

крупные ученые, в их числе и те, кто помог Дарвину укрепить свой приоритет в провозглашении роли естественного отбора в эволюции (Гукер и Лайель), советовали Дарвину не публиковать его «теорию пангенезиса». Он на словах соглашался с ними, но на деле решил не отступать от своего и включил соответствующую главу в книгу «Изменения животных и растений под влиянием одомашнивания», опубликованную в 1868 г. (три годами позже труда Менделя).

До конца своей жизни Дарвин сохранял убеждение, что его теории пангенезиса уготовано великое будущее. Хотя в письмах к тем, от чьей помощи он всю жизнь зависел (Лайелю, Гукеру, Гексли), он кокетливо называл это свое детище «опротечивой и недоработанной гипотезой», говорил, что «заниматься такими умозрениями – “чистейший вздор”» и обещал «постараться убедить себя не печатать» изложение своей «теории», но обещание это он выполнять не собирался, а только критический запал его высоких друзей старался пригасить. Другим адресатам в это же самое время он писал совершенно иное: «В глубине души я считаю, что в ней заложена великая истина» (письмо А. Грею, 1867 г.), или: «Я предпочту умереть, чем перестать защищать от нападков свое бедное дитя» (письмо Г. Спенсеру, 1868 г.). Те же нотки звучали и позже: «В отношении пангенезиса я не собираюсь сворачивать знамен» (письмо А. Уоллесу, 1875 г.); «Мне пришлось много думать по этому вопросу, и я убежден в его большом значении, хотя придется долбить годы, пока физиологи дотумкают, что половые органы лишь собирают воспроизводительные элементы» (письмо Дж. Ромэйнсу, 1875 г.).

Бесхвостую кошку нельзя получить упражнениями

В большинстве случаев при обсуждении гипотезы пангенезиса Дарвина принято говорить, что ее автор не ушел далеко от своего времени, а, дескать, Мендель опередил свое время на 35 лет (недаром его законы действительно переоткрыли 35 годами позже). Но можно сказать и по-другому: в понимании механизмов наследования признаков Дарвин не дорос до своего современника Менделя.

А между тем вопрос этот был для Дарвина важнейшим. В первом издании «Происхождения видов» он исходил из предпосылки, что изменения у живых существ возникают часто и что они неопределенны: некоторые несут какую-то пользу организму, остальные – вредны или бесполезны. Он считал, что в отношении полезных признаков все ясно – они в основном наследуются. «Всякое изменение, как бы оно ни было незначительно, и от каких бы причин оно ни зависело, если оно сколько-нибудь выгодно для особи какого-либо вида – всякое такое изменение будет способство-

вать сохранению особи и большею частью передастся потомству», – писал он.

Он считал, что в самой изменчивости не содержится предопределенности, изначальной пользы. В этом пункте он видел коренное отличие своих взглядов от ламарковских. Никакого «внутреннего стремления к совершенству», никакого вложенного в живые существа свойства предопределенности в «улучшении вследствие медленного хотения» не существует (слова «медленное хотение» принадлежали самому Дарвину).

Однако, несмотря на демонстративное отвержение ламарковского постулата, Дарвин, как показывает приведенная выше цитата о наследовании «всякого изменения, как бы оно ни было незначительно, и от каких бы причин оно ни зависело», лишь бы оно «было выгодно для особи какого-либо вида», был даже в этот начальный момент не слишком далек от Ламарка. Он также приписывал организмам вложенную в них (то есть предопределенную) способность сохранять в наследственной основе любые полезные отклонения. Гипотеза о геммулах, воспринимающих полезные стимулы, существа дела не меняла. Ни одного факта в пользу своей гипотезы у Дарвина не было, и в этом смысле Ламарк с его «упражнением органов» был ничуть не слабее в аргументации, чем Дарвин.

Отказавшись от ламарковского наследования приобретенных признаков, Дарвин ничего реального взамен не предложил, а просто обошел вопрос о том, что, как и когда наследуется, разделив возможную изменчивость на два типа. Первый – определенно благоприятные изменения, которых «жаждет» организм и которые являются результатом прямого ответа на действие среды (такое наследование он отрицал). Второй тип – неопределенные изменения, которые могут возникать и не под прямым влиянием внешней среды (они наследуются). В этом пункте он видел главное отличие своей доктрины от взглядов Ламарка, относимых им к ошибочным.

Но почему первые изменения не наследуются, а вторые возникают и наследуются? Что собой вообще представляют наследственные структуры и как они передаются потомкам, он себе не представлял. Назвав их геммулами, он ни на йоту не приблизился к пониманию их природы. Интуитивно он, возможно, догадывался, что, сколько ни отрубай хвосты кошкам, чтобы те, прыгая с комодов, не сбивали веджвудских статуэток, приплод от бесхвостых котов и кошек все равно будет с хвостами.

«Кошмар Дженкина»

Единственное убеждение, которое Дарвин разделял с большинством своих современников – это то, что передача наследственности сродни слиянию жидкос-

ти, скажем, крови. Кровь матери-рекордистки сливается с кровью обычного, ничем не выделяющегося отца – и получается полукровка. А если идентичные организмы (родные брат и сестра) дают потомство, то потомство это будет «чистых кровей» (их назовут позже чистой «линией»).

Дарвин полностью придерживался этих взглядов, поэтому на него так сокрушительно подействовала критика, высказанная в июне 1867 г. инженером Флемингом Дженкином в журнале «Северное Британское обозрение». Дженкин был крупнейшим специалистом по электричеству, электрическим сетям, при его личном участии были проложены кабели в Европе, в Южной и Северной Америке, он считается отцом телеграфа, всю жизнь был ближайшим другом Уильяма Томсона, позднее ставшего лордом Кельвином. За год до публикации своей разгромной статьи о главном принципе, примененном Дарвином для обоснования естественного отбора, Дженкин стал профессором инженерной школы Лондонского Университетского Колледжа. Своей блестяще написанной статьей, не содержащей ни одного лишнего слова, Дженкин, как считалось, одним ударом подрубил под корень дарвиновское объяснение наследования полезных уклонений.

Допустим, Дарвин прав, объяснял Дженкин, и есть неопределенная изменчивость, благодаря которой какой-то одиночный организм приобрел полезное для него уклонение (обязательно одиночный, иначе это – массовое ламарковское изменение под влиянием среды). Но скрещиваться этот счастливчик будет с обычной особью. Значит, произойдет разбавление «кровей» – признак у потомства сохранит только половину полезного уклонения. В следующем поколении от него останется четвертинка, затем – восьмушка и т. д. В результате вместо эволюции произойдет рассасывание полезных уклонений (Дженкин употреблял термин *swamping* «заболачивание» или засасывание неизменными наследственными потенциями измененной потенции).

Критика профессора-инженера вызвала у Дарвина чувства, которые он называл не иначе, как «кошмар Дженкина». Как признал Дарвин в одном из писем, верность рассуждений оппонента, «едва ли может быть подвергнута сомнению». В письме Гукеру от 7 августа 1860 г. Дарвин написал: «Знаете, я почувствовал себя очень приниженным, закончив чтение статьи».

В конце концов, после долгих размышлений, он увидел только один способ ответа на критику: признать, что среда влияет прямо на наследственность и тем самым ведет к изменению сразу большого числа особей, обитающих в новых условиях. Только в этом случае «рассасывания» новых признаков не должно было происходить. Такое признание роли массового прямого влияния среды в прогрессивной эволюции означало решающее

сближение с позицией Ламарка и признание принципа наследования благоприобретенных признаков.

Согласившись с доводами, содержащимися в разгромной статье Дженкина относительно дарвиновского механизма наследования полезных признаков, Дарвин решил внести исправления в очередное, пятое, а затем и шестое издания книги. «...Мне так грустно, – писал он Гукеру, – но моя работа ведет меня к несколько большему признанию прямого воздействия со стороны физических условий. Наверное, я потому жалею об этом, что оно уменьшает славу естественного отбора».

А между тем спасительный выход для Дарвина уже существовал. Грегор Мендель за несколько лет до этого доказал, что наследственные структуры ни с чем не сливаются, а сохраняют свою структуру неизменной. Если единица, отвечающая за передачу наследственности (позже ее называли геном), изменена, и в результате контролируемый ею признак формируется по-новому, то все потомки этого первого наследственно изменившегося организма будут нести такой же новый признак. «Кошмар Дженкина», попортивший так много крови Дарвину, рассеивался полностью, и эволюционная теория приобретала законченную форму. Но Дарвин не знал работу Менделя, а сам до его выводов не додумался.

Литература

Loren C. Easley. *Charles Darwin, Edward Blyth, and the theory of natural selection* // *Proc. Amer. Philosoph. Soc.* 1959. V. 103, N. 1. P. 94–115.

Edward Blyth. *An attempt to classify the «varieties» of animals, with observations on the marked seasonal and other changes which naturally take place in various British species, and which do not constitute varieties* // *The Magazine of Natural History (London)*. 1835. V. 8. P. 40–53; *On the physiological distinction between man and all other animals, etc.* // *The Magazine of Natural History (London)*, n.s. 1837. V. 1. P. 1–9, and P. 77–85, and P. 131–141; отрывки из работ Блута, также как воспоминания о нем Артура Гроута, опубликованные в августовском номере журнала *Journ. of Asiatic Society of Bengal*, 1875, приведены в виде приложения к статье Эйсли (см. прим. /1/, с. 115–160).

Уоллес А. П. Дарвинизм. Изложение теории естественного подбора и некоторые ее приложения. Перевед с англ. проф. М. А. Мензбира. Библиотека для самообразования. М.: Изд. Сытина, 1898. Т. XV.

Fleeming Jenkin. *Review of The Origin of Species* // *North British Review*. 1867. V. 46. P. 277–318.

Редакция и автор благодарят сотрудников Государственного Дарвиновского музея Е. Ю. Баранову, И. П. Калачеву и к. б. н. А. С. Рубцову за помощь в подготовке иллюстративного материала (С. 89–91, 96–97)



Дарвиновский музей: ПРОЙДИ ПУТЕМ ЭВОЛЮЦИИ

Государственный Дарвиновский музей – первый в мире музей эволюции – основан в 1907 г. при Московских высших женских курсах. Только 87 лет спустя музей переехал в собственное здание, и сегодня основная экспозиция занимает три этажа общей площадью 5000 м². К 100-летию юбилею музея было построено новое здание фондохранилища, с большими выставочными залами и помещениями для работы с детьми.

Основная миссия музея – сбор, сохранение, изучение и экспонирование артефактов, иллюстрирующих процесс эволюции органического мира на Земле. Фонды музея насчитывают около 400 тыс. ед. хр.

Здесь хранятся такие раритеты, как скелет дронты, чучела других вымерших птиц – бескрылой гагарки, странствующих голубей. Гордость музея – крупнейшая в мире (около 800 чучел) коллекция абберантов, т. е. животных с аномальной окраской. Музей славится также своими коллекциями по географической и индивидуальной изменчивости животных.

Характерная особенность Дарвиновского музея – широкое использование в экспозиции произведений анималистического искусства: живописи, графики, скульптуры и малой пластики известных художников-анималистов.

В фондах музея хранится и редчайшее собрание книг о природе, насчитывающее около 9 тыс. ед. хр. Наряду с уникальными естественнонаучными экспонатами, произведениями искусства и редкими книгами, музей бережно хранит коллекции известнейших ученых, путешественников-первопроходцев, имеющие огромную мемориальную и историческую ценность.

Экспозиция музея постоянно совершенствуется, в том числе и с применением современных технических средств.

В музее можно увидеть скелеты и движущиеся модели динозавров. Особой популярностью пользуются аудиоблоки с голосами птиц, интерактивный комплекс «Жизнь в почве» и, конечно, виртуальная экскурсия по музейным фондам «За семью печатями». В центральном зале музея посетителей ждет видеомзыкальная программа «Живая планета» и уникальная видеоэкскурсия «Многообразие жизни на Земле», где впервые в мировой музейной практике возможности осветительной, видео- и аудиоаппаратуры соединены с преимуществами постоянной естественнонаучной выставки.

В музее сделано все, чтобы экспозиция была доступна людям с ограниченными физическими возможностями. Для инвалидов-колясочников предусмотрены пандусы, специально оборудованные туалеты, лифты, подъемник; для слепых и слабовидящих посетителей – специальные этикетки для скульптуры и интерактивных экспонатов, особым образом подобранные коллекции, муляжи и модели.

Сегодня Дарвиновский музей стал любимым местом семейного отдыха: ежегодно его посещает около 400 тыс. посетителей, в том числе много детей. В феврале 2010 г. в выставочном комплексе музея заработал новый интерактивный комплекс «Пройди путем эволюции». С его помощью можно «вернуться» на 3,5 млрд лет назад, пройти по лабиринту эволюции и проследить за возникновением и развитием на Земле различных видов живых существ.



Мировую экономику уже не первый год лихорадит от панических прогнозов насчет истощения запасов нефти и скачков цен на «черное золото». Научные проблемы, обсуждавшиеся вчера узким кругом специалистов, сегодня выплеснулись на страницы массовых изданий. Наряду с серьезными разработками в области производства биотоплива публике представляют и откровенно спекулятивные проекты, так что порой непросто разобраться – каковы же реальные перспективы «зеленых» технологий

Топливо из масла и опилок

Ключевые слова: биомасса, катализ, биотопливо, биоэнергетика.

Key words: biomass, catalysis, biofuels, bioenergetics



ЯКОВЛЕВ Вадим Анатольевич – кандидат химических наук, заведующий лабораторией каталитических процессов переработки возобновляемого сырья Института катализа им. Г.К. Борескова СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 35 научных публикаций и 15 патентов РФ

Идея биотоплива не нова – растительное сырье в том или ином виде веками обеспечивало энергетические потребности человечества. Всего 70–80 лет назад даже автомобили ездили на дровах! Машины оснащали газогенераторами, принцип действия которых был основан на газификации древесного топлива.

Такой транспорт появился в Европе уже в начале XX в. В нашей стране работы над автомобильными и тракторными газогенераторами начались в 1920-е гг. В основном ими оснащались грузовики, ведь подобный автомобиль должен был везти достаточно тяжелую и объемную газогенераторную установку и целую поленицу дров.

Однако на Западе существовали «дровяные» варианты легковых фиатов и ситроенов, а советские инженеры сумели установить небольшие газогенераторы на легковые ГАЗ-А и «эмку». Последнюю подобную модель «Урал-352» выпускали в Миассе вплоть до 1956 г.

После Второй мировой войны эра биотоплива практически закончилась: резкое увеличение добычи нефти вело к неуклонному снижению стоимости бензина и дизельного топлива. Однако нельзя сказать, что переход к ископаемым углеводородам был окончательным и бесповоротным. То здесь, то там разработчики предлагали альтернативу «черному золоту», в качестве которой чаще всего выступал этиловый спирт, полу-

чаемый, как известно, из растительного сырья. Даже первая советская баллистическая ракета Р-1 работала на 75%-м водном растворе этилового спирта, который сгорал в жидком кислороде. Правда, топливо оказалось низкокалорийным, а сама система – неэффективной.

При таком раскладе к этанолу вернулись бы, скорее всего, не раньше, чем после истощения основных нефтяных месторождений. Однако в дело вмешалась политическая конъюнктура.

Не пить, а ездить

В США работы по биотопливу начались сразу же после введения эмбарго на арабскую нефть в 1973 г. Одним росчерком пера президент Джимми Картер перепрофилировал новый завод по производству спиртных напитков на производство топливного этанола. С тех пор на протяжении последних 30 лет колебания цен на нефть неизменно подогревали интерес ведущих стран к альтернативному горючему.

Настоящим пионером биотоплива стала Бразилия, где заправлять автомобили спиртом начали с 1970-х гг. Основная причина – отсутствие собственных нефтяных месторождений и наличие огромных плантаций сахарного тростника. Сегодня биоэтанол обеспечивает до 40% потребностей страны в горючем. В Бразилии уже давно покупают в основном так называемые *flexible fuel vehicles* (FFV) – автомобили, которые могут ездить как на этаноле, так и на бензине. Такой автомобиль дороже обычного всего на 200–300 долл. – в эту цену входит стоимость кислородного датчика, специальных прокладок, рассчитанных на этиловый спирт, да небольшой модернизации бортового компьютера.

К бразильскому результату стремятся все развитые страны мира. США уже сейчас производят почти столько же топлива на основе биоэтанола, сколько и Бразилия, однако его доля на огромном американском топливном рынке пока не превышает 3%. В ближайшее время здесь планируется построить дополнительно 132 завода по производству топливного этанола из кукурузы, благодаря чему его производство удвоится. Евросоюз планирует к 2015 г. довести потребление биотоплив до уровня около 6% от общего объема.

Нужно заметить, что сегодня топливный биоэтанол намного более распространен в мире, чем принято думать. Около 80% всего этилового спирта производится для использования именно в качестве горючего, 12% – для технических целей, и лишь 8% имеет пищевое предназначение.



«Зеленый» дизель

Если этанол – частичный заменитель бензина, то для дизельного топлива также имеется возобновляемый заменитель – *биодизель*. Его получают из метанола и растительных масел, в первую очередь рапсового, пальмового и соевого, методом переэтерификации.

Безусловным лидером по производству биодизеля являются страны ЕС. В 2009 г. здесь было произведено более 6 млн т биодизельного топлива, и объемы его производства устойчиво растут. Более того, в 2008 г. успешно совершил экспериментальный перелет из Лондона в Амстердам Боинг-747, баки которого были заправлены смесью из кокосового и пальмового масел и авиационного керосина.

Насколько полноценной заменой станут биоэтанол и биодизель традиционному топливу? У этанола есть несомненные преимущества – высокое октановое число (108 против 92–98 у бензина), что позволяет двигателям развивать гораздо более высокую мощность. Процесс сгорания этанола – кислородсодержащего соеди-

нения – гораздо эффективнее по сравнению с бензином, что среди прочего уменьшает токсичность выхлопных газов. Однако теплотворная способность этанола почти на 40 % ниже, чем у бензина, что приводит к более высокому расходу топливной смеси. Другим недостатком этанола является его способность поглощать большие количества воды, что приводит к расслоению топлива и ухудшению его качества.

Биодизель, как и биоэтанол, обладает как недостатками, так и достоинствами. В отличие от обычного дизельного топлива он почти не содержит серы. При попадании в почву или воду полностью разлагается уже через три недели. Кроме того, он обладает хорошими смазывающими характеристиками и более высоким цетановым числом – не менее 51. Однако более высокая вязкость не позволяет использовать его в холодное время года.

Поэтому в США и Европе сегодня проводится политика «мягкой» интеграции биотоплив: в основном, используется топливная смесь, содержащая 10 % этанола и 90 % бензина (стандарт E10). Значительно реже



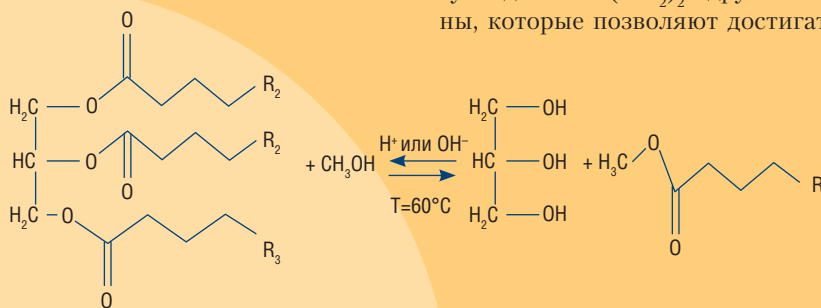
В традиционной технологии получения биодизеля переэтерификация метанолом жиров происходит при относительно невысоких (50–80 °C) температурах с использованием либо щелочей (NaOH или KOH), либо минеральных кислот (H_2SO_4 , HCl, H_3PO_4) в качестве катализаторов.

Кроме этого, иногда в качестве катализаторов переэтерификации триглицеридов используют более сложные основания, такие как производное угольной кислоты гуанидин $HNC(NH_2)_2$ и другие амины, которые позволяют достигать

за одну стадию высокой (до 98%) степени превращения вещества.

Такая гомогенная технология получения биодизеля, несмотря на простоту, имеет ряд недостатков: полученную смесь продуктов необходимо разделять, нейтрализовать и тщательно промывать. В результате образуются большие количества солей, мыла и сточных вод, которые необходимо утилизировать. Сам же катализатор при этом безвозвратно теряется. Получаемый при этом полезный побочный продукт – глицерин – загрязнен раствором солей и требует дополнительной очистки. Все это повышает себестоимость биодизеля и уменьшает конкурентоспособность этой технологии.

За последние пять лет резко возросло число работ, посвященных более экологически чистому способу получения биодизеля с применением так называемых *гетерогенных катализаторов* основной и кислотной природы. Отличие гетерогенных катализаторов от гомогенных в том, что они находятся не в одной фазе с реагирующими веществами,



встречается горючее с более высоким содержанием этанола – E85.

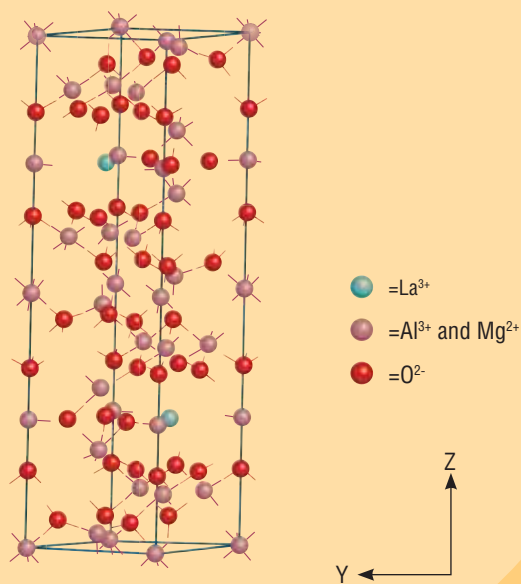
Топливо, содержащее десятую часть этанола, не требует переделки двигателя машины и сегодня разрешено к применению всеми автопроизводителями. Поскольку в Америке в большинстве мегаполисов федеральный закон обязывает продавцов топлива применять кислородсодержащие добавки (норма – 2,7% кислорода в бензине), то этанол сегодня практически заменил использовавшийся ранее метил-трет-бутиловый эфир. Для автомобилей, работающих на дизельном топливе, применяется смесь, состоящая на 20% из биодизеля и на 80% из солярки (марка B20).

Поэтому можно уверенно говорить, что топливные смеси – это уже стандарт сегодняшнего дня.

Такой компромиссный вариант одновременного использования традиционного моторного топлива и биотоплива позволяет использовать все достоинства первого и нивелировать недостатки последнего. Однако имеется другой подход интеграции биотоплив в существующую инфраструктуру потребления – налаживание

ОКТАНОВОЕ ЧИСЛО топлива для двигателей внутреннего сгорания – условная величина, характеризующая меру его детонационной стойкости. Детонационная стойкость н-гептана принимается равной 0, а изооктана – 100. Октановое число топлива равно процентному содержанию изооктана в эталонной смеси с н-гептаном, которая ведет себя так же, как и исследуемое топливо.

ЦЕТАНОВОЕ ЧИСЛО – характеристика воспламеняемости дизельных топлив, определяющая промежуток времени от впрыска топлива в цилиндр до начала горения. Воспламеняемость α -метилнафталина принимается за 0, гексадекана (цетана) – за 100. Цетановое число дизельного топлива равно объемной доле цетана в модельной смеси. Чем оно выше, тем более спокойно и плавно горит топливная смесь. Оптимальную работу обеспечивают топлива с цетановым числом равным 40–55



Гексаалюминат лантана – гетерогенный катализатор перегидрификации, перспективный для использования в технологиях получения биодизеля — был разработан в лаборатории приготовления катализаторов ИК СО РАН (Новосибирск).

По: (Иванова и др., Патент РФ 2 366 503 от 10.09.2009, пр. 14.04.2008)

а образуют самостоятельную фазу, и реакция идет на границе фаз. Преимущества гетерогенных катализаторов не только в том, что их можно использовать многократно, но и в том, что биодизель получается гораздо более высокого качества. При этом исключается стадия предварительной обработки масла, минимизируется объем жидких отходов, не образуются соли и мыла.

Однако к гетерогенным катализаторам перегидрификации предъявляются особые требования. В частности, они должны быть устойчивы к воде, содержащейся в исходных продуктах.

Все эти требования были учтены в Институте катализа СО РАН при разработке гетерогенных катализаторов перегидрификации. Понимание целевых реакций на молекулярном уровне позволило подойти к процессу разработки осознанно и целенаправленно.

Акцент делался не столько на каталитическую активность веществ, сколько на стабильность их работы в реальных условиях. В результате было установлено, что одними из наиболее перспективных катализаторов для получения биодизеля являются гексаалюминаты бария, кальция и лантана.

Гексаалюминаты характеризуются относительно низкой активностью по сравнению с другими каталитическими системами, но у них есть важное достоинство: они обладают высокой устойчивостью к выщелачиванию. Особенно это относится к катализаторам, прокаленным при температуре 1200 °С.

производства более качественного биотоплива второго поколения.

Альтернативным процессу переэтерификации триглицеридов жирных кислот и их производных для получения биодизеля может быть *каталитический крекинг* (разложение углеводородов сырья под действием высокой температуры в присутствии катализаторов), а также *гидрокрекинг* (крекинг в присутствии водорода).

В результате каталитического крекинга эфиров и триглицеридов жирных кислот образуются углеводороды дизельной, бензиновой и керосиновой фракций. Основным недостатком этого процесса является быстрая коксообразность катализатора – образование на его поверхности углеродных отложений.

В процессе гидрокрекинга используются катализаторы на основе переходных металлов, в присутствии которых происходит целый ряд разнообразных реакций. Основными продуктами гидрокрекинга триглицеридов являются легкие *n*-алканы C_{15} – C_{17} , которые получили название *грин-дизель* (*Green diesel*) или «суперцетан» (*Supercetane*).

Одно из преимуществ технологии гидрокрекинга перед переэтерификацией в производстве биотоплив – возможность реализации этого процесса на существующем стандартном нефтеперерабатывающем оборудовании. Кроме того, продукты гидрокрекинга по своему составу и свойствам подобны углеводородам, входящим в состав дизельной и бензиновой нефтяных фракций, поэтому могут быть использованы совместно с ними в двигателях внутреннего сгорания.

Для гидрокрекинга растительных масел и жирных кислот, в основном, используются промышленные сульфидированные катализаторы нефтепереработки ($NiMo/Al_2O_3$ и $CoMo/Al_2O_3$ при температурах 310–360 °С и давлениях водорода 7–15 МПа). Получаемые продукты – *n*-алканы – имеют такую же длину углеводородной цепи, что и исходные жирные кислоты; кислород при этом удаляется в виде воды, а глицериновая группа превращается в пропан.

Однако что хорошо для нефти, не очень подходит для растительных масел: из-за низкого содержания серы в исходном сырье катализаторы быстро десульфидируются и дезактивируются. Добавление соединений серы спасает положение, но целевой продукт в результате загрязняется. Поэтому более перспективными являются катализаторы несulfидной природы.

В Институте катализа СО РАН была разработана серия катализаторов на основе никеля и меди, позволяющая эффективно превращать растительные масла и их производные в углеводороды топливного назначе-

Грин-дизель имеет более высокое цетановое число, чем биодизель и дизельное топливо, а также более высокую стабильность благодаря отсутствию кислородсодержащих функциональных групп. Поэтому сегодня данный процесс привлекает внимание исследователей в большей степени, чем получение биодизеля.

Горючее «из табуретки»

Чем активнее биотопливо входит в нашу жизнь, тем громче голоса скептиков. Так ли экологически безупречно «зеленое горючее»? Не загрязняет ли его производство планету сильнее, чем все автомобильные выхлопы, вместе взятые? И главное – не поставит ли увлечение экоотопливом человечество на грань голодной смерти?

Известно, что с одного гектара можно получить не более 0,3 т соевого масла, 1 т – рапсового и 5 т – пальмового. С пальмой – «топливным рекордсменом» среди наземных растений – связывают свои планы на будущее многие азиатские государства. Так, власти Малайзии намерены в ближайшее время полностью перейти на биодизель из пальмового масла. А японская фирма



ния при тех же температурах и давлении водорода, что и промышленные катализаторы.

Следует отметить, что сама по себе медь не обладает каталитической активностью в реакции гидрокрекинга, но она через дополнительную активацию водорода способствует восстановлению оксида никеля при более низкой температуре, а также препятствует побочной реакции метанизации продуктов гидрокрекинга.

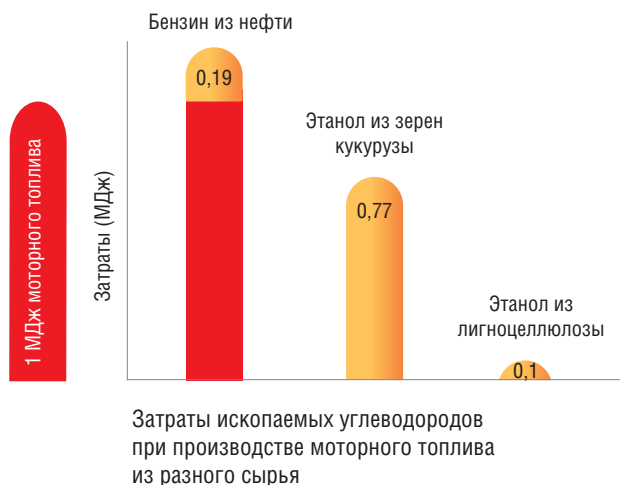
«Тоуо» собирается построить на Филиппинах завод по производству биосолярки из кокосовых орехов. Россия же и Европа, по понятным причинам, в первую очередь ориентируются на выращивание рапса.

Вследствие биотопливного бума во всем мире действительно выросли цены на кукурузу и все виды масляничных культур, в том числе даже на те, которые не используются при производстве биодизеля. И если в России по состоянию на 2005 г. пустовало более 15 млн га пашни, потенциально пригодной для выращивания рапса топливного назначения, то большинство других стран не может себе позволить такое «расточительство».

В поисках альтернативного источника биотоплива исследователи все чаще отказываются от использования сельскохозяйственных культур. Например, обращаются к идее переработки органических отходов. Пока акции по использованию отходов носят скорее рекламный характер, однако среди них есть удачные проекты. Например, на аризонском курорте Фаирмонд в биотопливо превращают... отработанный кулинарный жир.



В Институте катализа СО РАН успешно ведутся работы по созданию эффективных катализаторов для производства биотоплива из доступного растительного сырья. Слева – катализаторы для получения биотоплива, разработанные в ИК СО РАН; справа – установка для тестирования катализаторов при повышенных давлениях



Энергетические затраты для производства биоэтанола из кукурузы и отходов деревопереработки отличаются более, чем в 7 раз, что указывает на перспективность использования «спирта из табуретки» в качестве добавки к традиционному бензину. Однако российские технологии получения гидролизного спирта из древесины морально устарели и практически нигде в мире больше не используются. Данные по: (Farrell et al., 2006; Уолд, 2007)

Один из наиболее перспективных источников биодизельного топлива – микроскопические водоросли, такие как известная хлорелла. Микроводоросли обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционно используемыми масленичными культурами: они способны накапливать большие (до 75% сухого остатка) количества жиров; растут быстрее любых других растений; могут жить как в морской, так и в пресной воде. Но главное – они не конкурируют с сельскохозяйственными культурами за посевные площади. Более того, микроводоросли можно выращивать даже в загрязненных нитратами и фосфатами сточных водах, попутно их очищая. А отходы от производства биотоплива из микроводорослей также могут быть переработаны в ценные продукты (биополимеры, пигменты, удобрения).

Впрочем, можно и вовсе не заниматься разведением чего бы то ни было, ведь ценное сырье в буквальном смысле валяется под ногами. Речь идет о переработке отходов деревообрабатывающей промышленности, которая уже сегодня может быть достаточно эффективна не только в экологическом, но и в экономическом плане.

Традиционный продукт переработки древесных отходов – гидролизный спирт (вспомним знаменитую «табуретовку» Остапа Бендара). Однако отходы дере-

вообрабатывающей промышленности можно использовать в качестве сырья для получения топлива более эффективно, если отойти от традиционного выбора между этанолом и бензином. В самом деле, если каждое из этих топлив имеет свои недостатки, нельзя ли создать из опилок новое горючее?

Такие работы уже ведутся во всем мире. С помощью *быстрого пиролиза* из древесины можно получить продукт, условно названный «бионефтью», – жидкость, похожую на разбавленный деготь. Из-за высокого (до 45 %) содержания кислорода бионефть не пригодна для использования напрямую в качестве моторного топлива. Из нее нужно удалить кислород и насытить водородом, т. е. провести реакцию *гидродеоксигенации*. И сегодня одна из важнейших задач в этой области – разработка соответствующих катализаторов.

Продукты деоксигенации бионефти могут использоваться для дальнейшей переработки на стандартном нефтеперерабатывающем оборудовании совместно с нефтяными фракциями.

Вне зависимости от того, удастся ли разработать эффективные технологии производства биотоплива или нет, остается открытым вопрос: в состоянии ли биоресурсы в принципе обеспечить энергетические потребности человечества?

Любой используемый на Земле вид энергии (кроме атомной) имеет в своей первооснове энергию Солнца. Ежегодно на Землю обрушивается 10^{12} Вт солнечной энергии, и хотя все наземные растения с помощью фотосинтеза способны аккумулировать менее 1 %, речь идет об огромной величине!

С учетом современных возможностей переработки доступного растительного сырья эксперты прогнозируют, что в ближайшие десятилетия биоэнергетика обеспечит не более одной пятой от общего объема энергопотребления. Это немало, особенно если учесть, что в первую очередь речь идет о замене автомобильного горючего. Что касается содержимого бензобаков, то современные технологии позволят к 2020 г. заменить каждый десятый литр горючего традиционного на горючее, полученное напрямую из растительного сырья. Более того, новые

Быстрый пиролиз – термический процесс, протекающий без доступа воздуха, при котором происходит моментальный ($1000\text{--}10000\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{сек.}$) нагрев и быстрое (буквально за пару секунд) охлаждение получаемых продуктов. При пиролизе древесины все ее компоненты – целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин частично разлагаются, образуя сложную смесь кислородсодержащих органических соединений.

Следующая стадия – *гидродеоксигенация* полученной таким образом бионефти. В рамках международного проекта BIOSOUR специалисты ИК СО РАН разрабатывают катализаторы нового типа, которые могли бы эффективно справиться с такой задачей.

Здесь были предложены несulfидированные никельсодержащие катализаторы гидродеоксигенации. Серия никелевых и биметаллических медь-никелевых катализаторов, где в качестве носителей использовался ряд оксидов (Al_2O_3 , SiO_2 и др.) была протестирована на модельном соединении бионефти – анизоле (метильном эфире обыкновенного фенола) при температуре $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении водорода 0,5 МПа.

Оказалось, что предложенные катализаторы по основным показателям превосходят коммерческие аналоги. Тестирование лучших образцов катализаторов гидродеоксигенации на реальной бионефти в университете Гронингена (Нидерланды) подтвердило их перспективность.

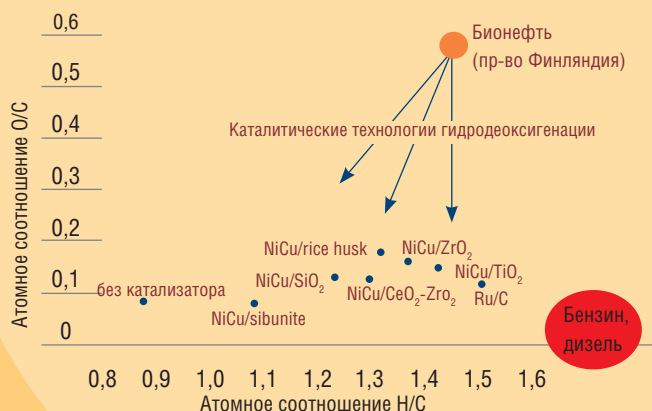
Экспериментальная установка по получению бионефти из измельченной древесины.
Разработка ИК и КТФ ИГиЛ СО РАН



научные разработки, вероятно, скорректируют этот прогноз в сторону увеличения доли биодизеля и биоэтанола.

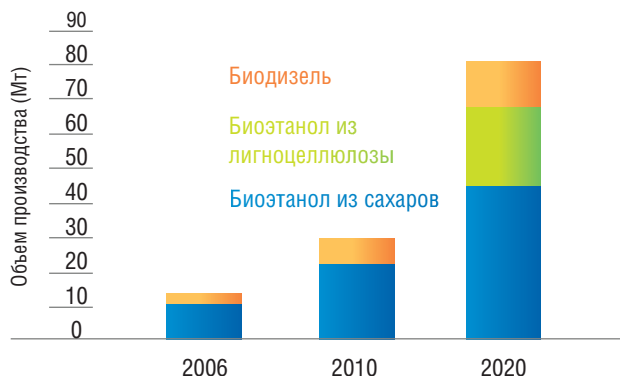
Что касается России, то хотелось бы, чтобы наша страна стала не столько потребителем смесевых топлив, сколько крупнейшим экспортером биотоплива. При этом предпочтительно, чтобы биотопливо производилось в непосредственной близости от сырьевой базы и с использованием современных отечественных технологий. Безусловно, также необходима корректировка ряда нормативных актов, например, по поводу акцизов на топливный биоэтанол.

Первые шаги уже делаются в обоих направлениях. Так, введен в действие ГОСТ Р 52368—2005 «Топливо дизельное евро», который предусматривает применение биодизеля. Растут посевные площади для выращивания рапса; начато или планируется строительство около двадцати заводов по производству топливного биоэтанола из злаковых культур и т. д. Интенсивность усилий, направленных на создание производств биотоплива из возобновляемого сырья, дает основание надеяться,



Традиционные бензин и дизельное топливо имеют элементное соотношение водород/кислород 1,8—2,0 моль/моль; кислород/углерод — 0—0,02 моль/моль

С помощью современных каталитических технологий пока не удается получить из растительного сырья биоинефть, аналогичную по составу традиционному бензину и дизельным маслам, хотя цель уже близка. На настоящий момент удалось снизить содержание кислорода в биоинефти до 12—15%, что позволяет использовать полученные продукты в традиционных процессах нефтепереработки



По расчетам экспертов, доля биотоплив в общем мировом балансе транспортных топлив к 2020 г. достигнет 10%. По: (Central Analyst Review Group)

что наша страна в обозримом будущем будет занимать заметное место в мировом топливном балансе не только благодаря своим запасам ископаемого топлива.

Резюмируя, скажем, что если сравнивать прогресс в биоэнергетике и производстве биотоплив с полетом самолета, то можно считать, что человечество уже прошло точку невозврата и должно двигаться только вперед. И дело теперь лишь за учеными и технологиями, которые должны сделать все, чтобы биотоплива стали конкурентными на топливном рынке. В свое время великий Менделеев заметил, что «сжигать нефть все равно, что топить печку ассигнациями». Так не пора ли вернуться к дровам?

Литература

Дундич В. О., Яковлев В. А. Гидродеоксигенация биодизеля в присутствии катализаторов на основе благородных металлов // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2009. Т. 17. С. 527—532.

Яковлев В. А., Хромова С. А., Ермаков Д. Ю. и др. Катализатор, способ его приготовления (варианты) и процесс гидродеоксигенации кислородорганических продуктов быстрого пиролиза биомассы, Патент РФ, 2 335 340, от 10.10.2008, пр. 22.08.2007.

Дундич В. О., Хромова С. А., Ермаков Д. Ю. и др. Исследование никелевых катализаторов реакции гидродеоксигенации биодизеля // *Кинетика и катализ*. 2010. Т. 51, № 5. С. 728—734.

Yakovlev V. A., Khromova S. A., Sherstyuk O. V. et al. Development of new catalytic systems for upgraded bio-fuels production from bio-crude-oil and biodiesel // *Catalysis Today*. 2009. V. 144 P. 362—366.

В публикации использованы фото М. Кошелевой

ГРИБНАЯ ЛИЛИПУТИЯ —

*Собирая в осеннем лесу
крепенькие боровики,
мы не задумываемся, что
имеем дело не с самими
грибами, а лишь с их плодовыми
телами, пусть и крупными.
Систематически все грибы
относятся к микроорганизмам,
и огромное большинство из них
действительно можно увидеть
невооруженным глазом лишь
когда они образуют колонии,
разрастаясь на подходящем
субстрате.
Этот огромный, невидимый
микрокосм окружает нас.
Вы найдете грибы везде:
в воздухе и почве, в домах и
на музейных экспонатах, и даже —
в обычном утреннем бутерброде...*

Ключевые слова: грибы, микромицеты, фитопатогены, колонии, паразиты, хищники, спороношение.

Key words: fungi, micromycetes, phytopathogens, colonies, parasites, predators, sporulation



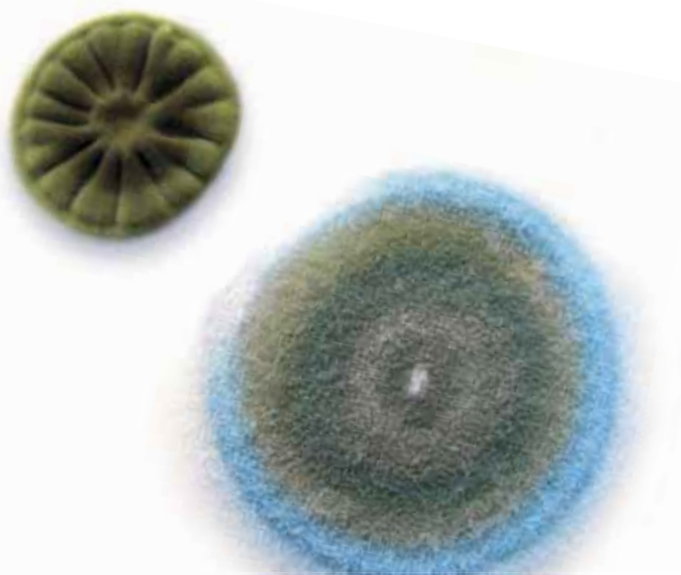
ОТ ПАРАЗИТОВ ДО ХИЩНИКОВ

ТЕПЛЯКОВА Тамара Владимировна – доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией микологии ФГУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора (Кольцово, Новосибирская обл.).

Сфера научных интересов: биологические средства защиты растений и животных; разработка противовирусных препаратов на основе съедобных и лекарственных грибов.

Автор и соавтор более 150 печатных работ, в том числе 2 монографии, 9 авторских свидетельств и патентов





В рассевах проб атмосферного воздуха были идентифицированы представители 18 родов микромицетов, не считая неопознанных



Среди высших организмов грибы составляют отдельное обширное царство*. Систематики выделяют в нем два отдела: слизевые грибы – Мухомycota, и собственно грибы (истинные грибы) – Eumycota, которые, в свою очередь, подразделяются на шесть классов. Неспециалисту разобраться во всех классификационных тонкостях грибного разнообразия невозможно, да и не нужно. К тому же и сами микологи для удобства делят все грибы, независимо от их систематической принадлежности, на две группы, согласно размерам – микро- и макромицеты.

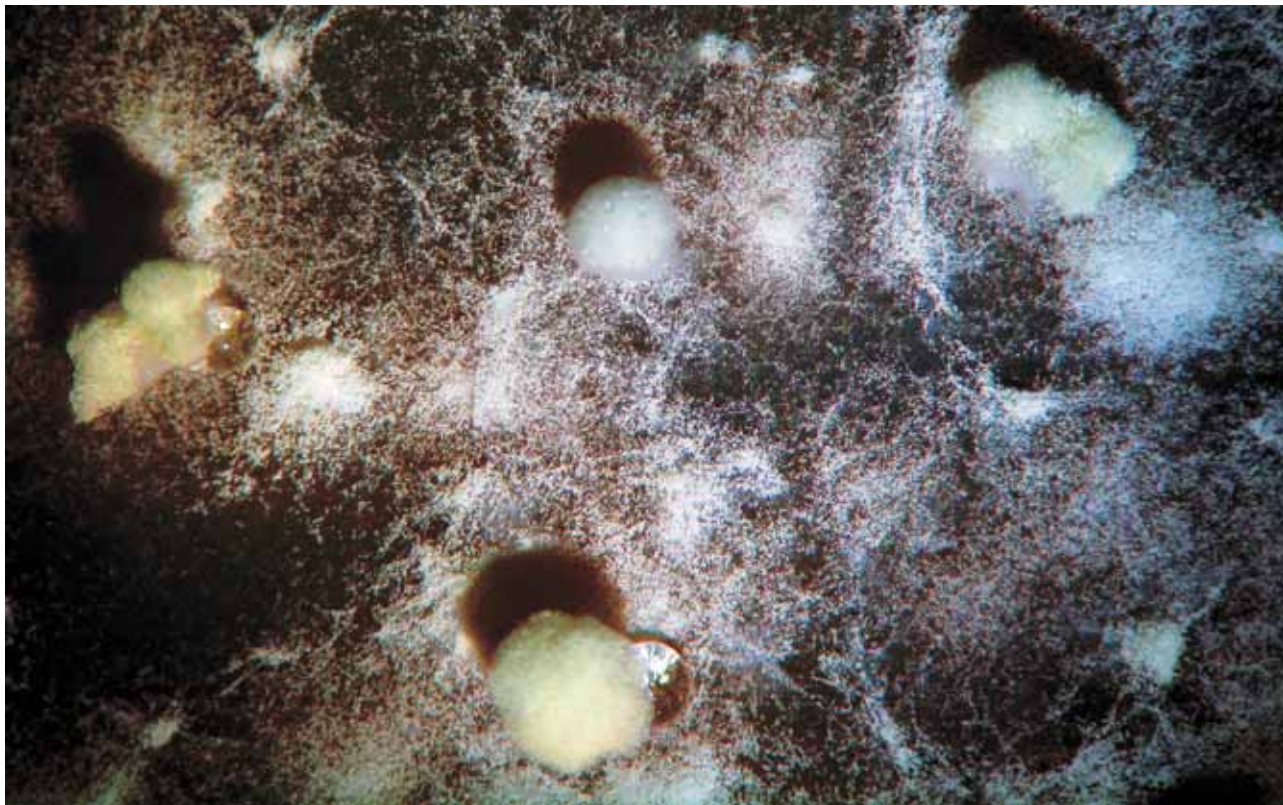
Микромицеты (от греч. *mikros* – маленький и *mykes* – гриб) оправдывают свое название: большинство из них можно увидеть лишь с помощью микроскопа. Однако, разрастаясь на подходящем субстрате, микромицеты могут становиться видимыми невооруженным глазом, образуя всем известные «плесени». При этом они никогда не образуют крупных плодовых тел, как, например, шляпочные грибы, широко используемые в кулинарии и медицине.

Однако человек давно научился использовать в своих целях и эти малозаметные и не всегда презентабельные создания. Виноделие, хлебопечение – примеры первых биотехнологий, где нашли применение дрожжи, одноклеточные представители обширного класса сумчатых грибов (к этому же классу относятся сморчки и знаменитые трюфели). В историю сыроварения яркую страницу вписали грибы р. *Penicillium*, представители которого придают острый вкус и голубой мраморный окрас знаменитому рокфору. Этот же род открыл новую эру в лечении тяжелых бактериальных инфекций, дав миру антибиотики.

Сначала человек использовал дикие штаммы, но затем с помощью селекции, а потом и достижений генетики удалось получить высокоэффективные штаммы микромицетов, которые сегодня широко используются не только для получения вин, сыра и антибиотиков, но также органических кислот, ферментов, витаминов, кормовых добавок и т.п. Микроскопические грибы стояли и у истоков разработки биологических средств защиты растений от насекомых-вредителей, болезней и сорняков.

Но у каждой медали есть две стороны. Так, среди микромицетов есть много видов, способных вызывать различные заболевания у растений, животных и человека. Фактором риска для здоровья человека считается присутствие в жилых помещениях спор грибов родов *Aspergillus*, *Cladosporium* и *Penicillium*, поскольку некоторые их представители могут вызывать серьезные

* См. «НАУКА из первых рук». 2010. № 3 (33). С. 104–113



заболевания (*микозы*) либо аллергии (Иванова и др., 2007; Кононенко и др., 2008). Патогенные и аллергенные виды микроскопических грибов выделяют даже из музейного воздуха и выставочных экспонатов (Богомолова и др., 2007).

Таким образом, и полезные, и вредные для человека микроскопические грибы находятся прямо рядом с нами: в почве, воздухе, на стенах домов и т. п. Эти микроорганизмы, как показывают исследования, являются неотъемлемыми структурными и функциональными компонентами любых наземных экосистем.

Прямо из воздуха

Чтобы убедиться в вездесущности микромицетов, достаточно посмотреть результаты биологического мониторинга атмосферного аэрозоля юга Западной Сибири, который был проведен сотрудниками нескольких научных подразделений ГНЦ ВБ «Вектора» (Сафатов, Теплякова и др., 2009).

Среди грибов, обнаруженных в рассевах проб атмосферного воздуха, были идентифицированы представители 18 родов, не считая неопознанных. Доминирующими являются грибы родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* и *Alternaria* – все эти потенциально опасные для здоровья человека виды грибов

Микроскопические грибы – одни из самых вездесущих высших (эукариотических) организмов. Вверху – колония энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana* из рассевов атмосферного воздуха





характерны и для других регионов СНГ, от Аджарии до Санкт-Петербурга (Иванова и др., 2007; Верулидзе и др., 2008). Представители еще пяти родов являются *фитопатогенными*, т. е. вызывают заболевания у растений.

Однако в рассевах проб атмосферного воздуха обнаружались и колонии грибов, являющиеся потенциальными продуцентами различных биологически активных веществ. Например, темноокрашенные грибы, содержащие *меланин*, споры которых, как оказалось, присутствовали во всех пробах атмосферного воздуха.

Как известно, меланин (от греч. *melanos* – черный) – широко распространенный в природе темный пигмент, содержащийся в эпидермисе, волосах, сетчатке

Колонии микроскопических грибов из рассевов атмосферного воздуха поражают разнообразием и причудливостью своей формы и окраски

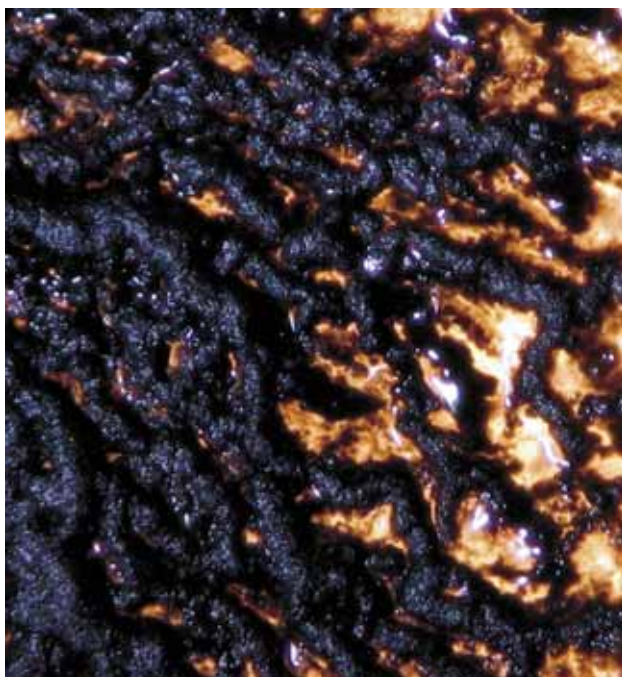
глаза и т. д.; именно этот пигмент в большом количестве образуется в нашей коже под действием ультрафиолетовых лучей. Но одним загаром его функции не ограничиваются: меланин не только является регулятором процессов клеточного метаболизма, но и играет роль универсального протектора при действии на клетку физико-химических факторов мутагенной и канцерогенной природы (Борщевская и др., 1999).

В настоящее время в Беларуси уже производятся мази от кожных заболеваний, в которых используется меланин, полученный из грибов (Литвинов и др., 2008). Занимаются грибными меланинами и иркутские исследователи (Огарков и др., 2008).

Среди грибов, часто встречающихся в рассевах и представляющих интерес для медицинской биотехнологии, хочется выделить р. *Aureobasidium*. На основе одного из видов этого рода в той же Беларуси уже начато промышленное производство нового плазмозамещающего вещества (Литвинов и др., 2008).

Многие грибы-микромикеты содержат темный пигмент меланин и являются потенциальными продуцентами этого биологически активного вещества.

Внизу – колония и почкующиеся конидии гриба р. *Aureobasidium* из рассева пробы воздуха.
Световая микроскопия





За чужой счет

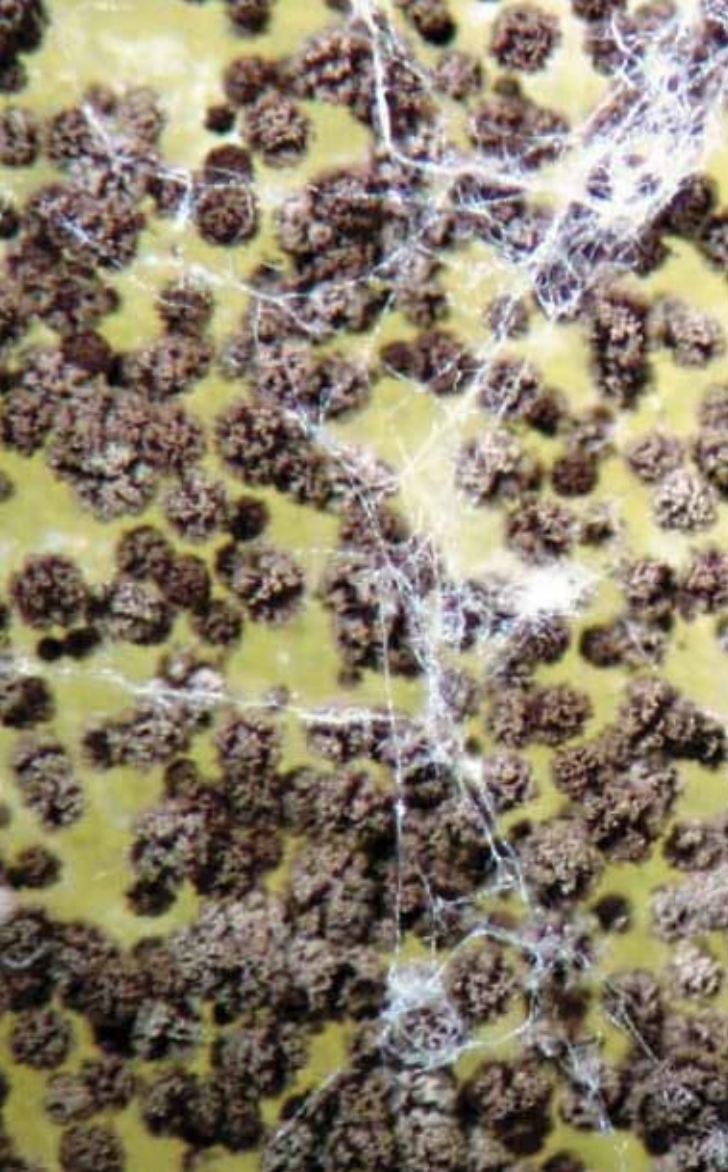
Колонии грибов, выросшие из рассевов атмосферного воздуха, часто представляли собой смесь из колоний двух и более видов, которые различались по форме и цвету. Внимательное исследование под микроскопом показало, что часто имело место паразитирование одного вида гриба на другом.

Термин «микотрофия» обозначает способность организма развиваться в природе за счет грибов. Микотрофными бывают вирусы, бактерии, актиномицеты... Но все эти организмы превосходят по числу видов и паразитической активности сами грибы, которые так и называются – *микотрофы*. Численность этой группы, куда входят представители почти всех классов грибов, достигает 2 тыс. видов (Рудаков, 1981).

Микотрофные грибы широко распространены в разных климатических зонах и во всех местообитаниях: в воде, почве, на плодовых телах и в мицелии макроскопических грибов, на поверхности и внутри мицелия различных микромицетов и т. д. Эти грибы играют в природных экосистемах важную роль: они способствуют разложению и минерализации грибных остатков и ограничивают численность популяций других грибов.

Микотрофы являются естественными врагами фитопатогенных грибов, поэтому их используют в практике биологической защиты





родных или культивируемых грибов. Например, практически все штаммы съедобных грибов-базидиомицетов, отобранные в 1950–1970-е гг. для промышленного культивирования в целях получения грибной биомассы, оказались микофильными гифомицетами.

В результате культивирования таких штаммов породило ошибочные представления, что в глубинной культуре базидиомицетов образуются мутанты с несвойственным высшим грибам типом спороношения. Поскольку грибная биомасса, полученная в результате такого культивирования, не имела ожидаемого вкуса и аромата, это отрицательно сказалось на развитии исследований в области глубинного культивирования съедобных грибов (Бухало, 1998).

В результате исследований удалось установить, что микофильные грибы могут присутствовать в культурах многих съедобных и лекарственных грибов длительное время в форме мицелия (т. е. гифа паразита сохраняется в гифе базидиомицета) (Теплякова, 1999). Причем их присутствие в пересеваемых колониях долгое время может не проявляться – обнаружить его можно только при исследовании образцов под микроскопом.

Однако иногда гриб-паразит может получить преимущественное развитие. И специалист-миколог, не знакомый с особенностями жизнедеятельности микофильных грибов, не всегда может разобраться с причиной массового размножения другого гриба,

Белая «паутина» на поверхности колонии гриба р. *Aspergillus* – мицелий паразитического микофильного гриба. Внизу – гифа микофильного гриба внутри конидиеносца *Aspergillus*.
Световая микроскопия

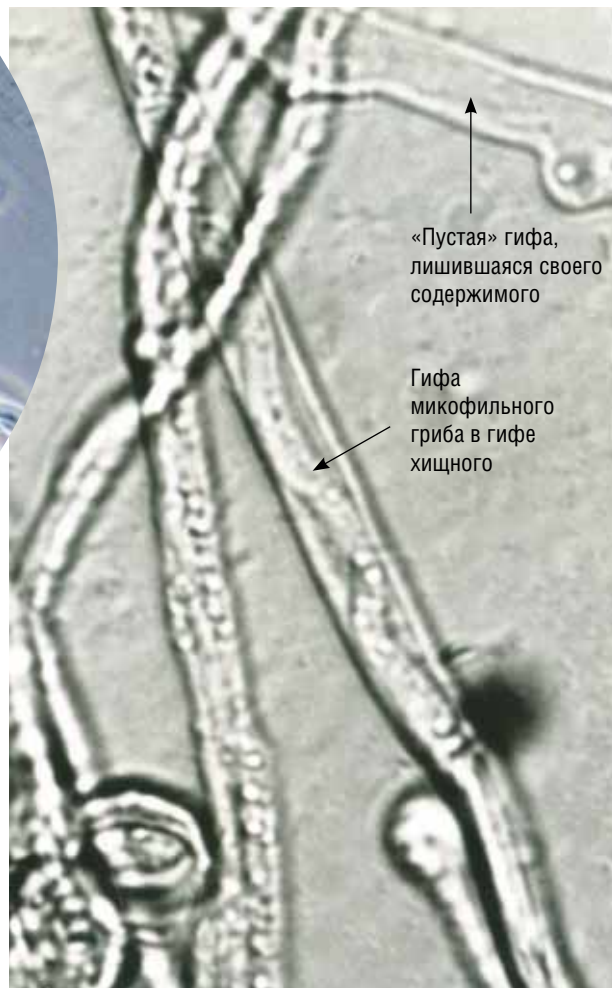
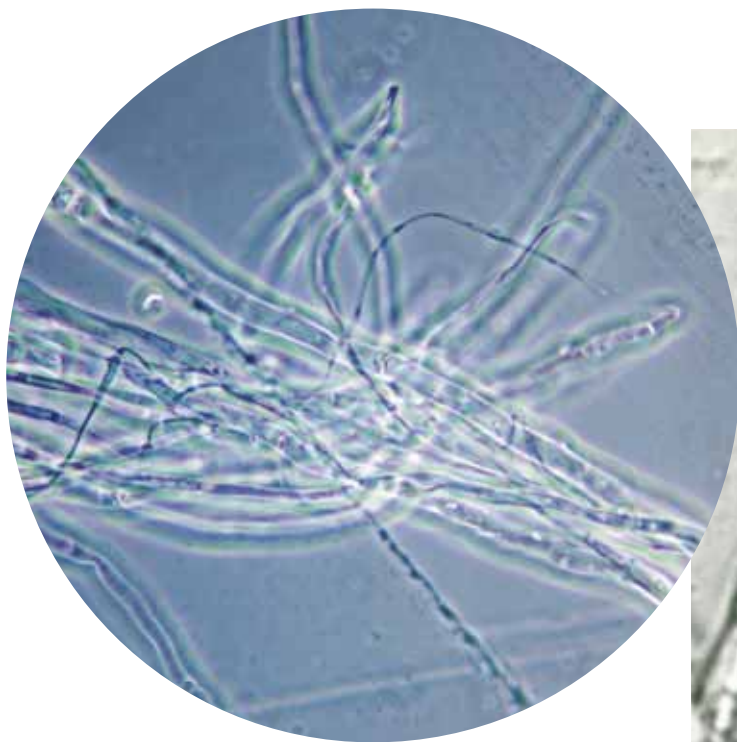
растений. Например, продуцентами биопрепаратов являются грибы р. *Trichoderma*, *Ampelomyces* и др. С другой стороны, микофилы представляют серьезную угрозу для культивируемых съедобных грибов – достаточно упомянуть белую гниль шампиньона, вызываемую грибом *Mycogone perniciosa*. Урожайность грибной культуры при таком заражении снижается вдвое и более.

Паразитические грибы могут играть отрицательную роль и в ряде других случаев, связанных с культивированием грибов: при поддержании коллекций грибных штаммов, когда колонии пересеваются на новые питательные среды; при производстве коммерческого мицелия. Стоит добавить, что развитие в России промышленного грибоводства привело к появлению большого числа лабораторий по производству посевного мицелия. И не секрет, что в таких лабораториях зачастую нет даже микроскопа, и вся оценка роста и качества мицелия проводится визуально, по цвету колоний и скорости нарастания среды.

Грибы-микофилы представляют особую опасность при выделении тканевых и споровых культур из при-



Гифа
микофильного
гриба



Жертвами микофильного гриба могут становиться как мирные грибы-базидиомикеты, так и хищные гифомицеты.

Вверху – микофильный гриб (тонкие гифы) в культуре лекарственного гриба – чаги.

Справа – гифы микофильного гриба *Cephalosporium* внутри гиф хищного нематофагового гриба *Arthrobotrys oligospora*

а не культивируемого. Чаще всего это явление объясняется недостаточной стерильностью среды, однако причина лежит гораздо глубже.

В конечном счете культура базидиомикета может быть потеряна. Например, в Новосибирск из Казахстана был привезен запатентованный штамм шампиньона, продуцента биологически активного вещества. Автор штамма, опытный технолог, проводила контроль культуры гриба после его выделения из природы преимущественно визуально. В результате оказалось, что вместо шампиньона в качестве продуцента БАВ давно используется микофильный гриб р. *Verticillium*.

Охотники за нематодами

Среди микромицетов хочется особо выделить одну экологическую группу грибов, эволюционно связанную с обычными обитателями почвы нематодами (круглыми червями). Эти удивительные грибы, которых формально можно отнести к паразитам, по повадкам – настоящие хищники.

Естественные враги нематод названы *хищными грибами* за их способность формировать на гифах мицелия различного вида приспособления для улавливания своих жертв. Поскольку хищные грибы обнаружены практически во всех частях мира, это свидетельствует, что в природе они играют важную экологическую роль, утилизируя огромную массу нематод, многие из которых являются возбудителями опасных гельминтозов растений и животных.

Вообще роль хищных грибов в природе еще в полной мере не изучена, хотя в последние годы была проделана большая работа по отбору из природы эффективных штаммов нематофаговых грибов, изучению их особенностей, а также разработке технологии получения биопрепаратов против разных видов фитопаразитических нематод и испытанию их в природе (Теплякова, Ананько, 2009а, б).

Однако и на этих маленьких хищников нашлась управа – все те же микофильные грибы. С этим явлением исследователи из «Вектора» столкнулись при выделении гифомицетов из почвы в культуру: детальное



Отличительная особенность грибов – большое разнообразие органов и способов размножения. Грибы размножаются вегетативным, бесполом и половым путями, причем один и тот же вид гриба может размножаться разными способами. Поскольку при смене форм размножения внешний вид гриба может разительно изменяться, то неудивительно, что их могут принимать за самостоятельные виды.

Вегетативное размножение происходит без образования каких-либо специализированных органов – просто частями мицелия или отдельными клетками, которые образуются в результате расчленения нитей-гиф, почкованием. К вегетативному размножению относится также размножение хламидоспорами – особыми толстостенными клетками, образующимися на мицелии. Маркер бесполого и полового размножения – специализированные клетки-споры, аналоги семян высших растений. Споры грибов обычно неподвижные, у некоторых видов они очень малы и могут переноситься на огромные расстояния и на большую высоту. У других видов споры могут распространяться с помощью насекомых или животных, а некоторые грибы могут, как катапульта, с силой выстреливать споры в воздух.

При бесполом размножении споры образуются на особых гифах воздушного мицелия. Споры, образующиеся на вершине гиф, называют конидиями, а такие гифы, соответственно, конидиеносцами.

Кроме того, споры могут образовываться эндогенно, внутри особых клеток на конце конидиеносцев (спорангиоспоры).

При половом размножении грибов спорообразованию предшествует половой процесс – слияние половых клеток с последующим объединением генетического материала их ядер. Процесс этот происходит в специализированных органах размножения, например, в так называемых сумках (аскоспоры у сморчков, спорыньи) или в базидиях (базидиоспоры у многих лесных грибов)

Среди всех живых организмов грибы выделяются разнообразием способов размножения:

- 1 – хламидоспоры хищного гриба *Duddingtonia flagrans*;
- 2 – почкование клеток дрожжей р. *Aureobasidium*;
- 3 – конидиеносец с головкой конидий гриба р. *Aspergillus*;
- 4 – спорангиеносцы с эндогенными спорангиоспорами гриба р. *Rizopus*

микроскопическое исследование показало, что гифы и конидии хищного гриба вследствие паразитирования в них микофила иногда практически лишаются своего «живого» содержимого. Хотя внешне разрастание паразита в колонии хищника могло проходить незаметно, часто оно приводило к вытеснению хозяина. В результате качество биопрепарата против нематод падало, и ожидаемого эффекта при внесении его в почву не наступало.

Но есть и обратные примеры. Так, в лаборатории антибиотиков МГУ изучался сибирский штамм хищного гриба *Arthrobotrys longa* как потенциальный продуцент фибринолитических ферментов. Однако тщательное всестороннее исследование штамма показало, что продуцентом этих ферментов был вовсе не хищный гриб, а сопутствующий ему микофил р. *Cephalosporium*.

Дальнейшая оценка трех изолятов микофильных грибов, выделенных из хищных грибов, подтвердили предположение, что истинными продуцентами фибринолитических ферментов являются такие грибы-паразиты (Теплякова, 1999). Возможно, что дальнейший поиск штаммов грибов с фибринолитической активностью следует целенаправленно вести именно среди группы микофильных грибов.

Среди высших организмов грибы являются рекордсменами по способностям адаптироваться к самым разным условиям окружающей среды. Развитая поверхность нитей-гифов, составляющих грибной мицелий, обеспечивает большую площадь поглощения питательных веществ путем абсорбции. Имея мощный ферментативный аппарат, грибы могут разрушать многие материалы, созданные человеком – деревянные конструкции, строительные материалы и даже авиационное топливо.

Учитывая опасность биоповреждений, в строительные нормативы с 1997 г. введен термин «биологически активные среды», а для проведения регламентных технических осмотров самолетов ученые предлагают нормативно ввести обязательные контрольные анализы топлива и топливных систем с использованием стандартных микологических и микробиологических методов.

Но, как уже неоднократно упоминалось выше, наши давние враги могут стать и нашими союзниками, в том числе и в борьбе с человеческими недугами. Конечно, пока грибы, в том числе микроскопические, не часто используют для фармакологических целей, поэтому задача ученых – продолжать поиск эффективных продуцентов биологически активных веществ среди огромного природного разнообразия.



А вот результат успешной охоты – почвенная нематода, сжатая ловчим кольцом хищного гриба *Dactylariopsis brochopaga*. Световая микроскопия

Литература

- Борщевская М. И., Васильева С. М. Развитие представлений о биохимии и фармакологии меланиновых пигментов // Вопросы медицинской химии. 1999. Т. 45, вып. 1. С. 13–23.
- Огарков Б. Н., Огаркова Г. Р., Самусенок Л. В. Грибы – защитники, целители и разрушители. Иркутск: ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2008. 248 с.
- Рудаков О. Л. Микофильные грибы, их биология и практическое значение. М.: Наука, 1981. 160 с.
- Сафатов А. С., Теплякова Т. В., Белан Б. Д. и др. Концентрация и изменчивость состава микромицетов в атмосферном аэрозоле юга Западной Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2009. Т. 22, № 9. С. 901–907.
- Теплякова Т. В. Биоэкологические аспекты изучения и использования хищных грибов-гифомицетов. Новосибирск. 1999. 252 с.
- Патент № 2366178, РФ. Способ получения препарата на основе хламидоспор микроскопического гриба для борьбы с паразитическими нематодами растений и животных // Теплякова Т. В., Ананько Г. Г. // Бюл. № 25. 2009.
- Теплякова Т. В., Ананько Г. Г. Хищные грибы-гифомицеты против паразитических нематод // Защита и карантин растений. 2009. № 6. С. 22–25.

В публикации использованы фото автора



ЛИЦОМ К ПРИРОДЕ

Ю. Н. ЛИТВИНОВ, Н. В. ЛОПАТИНА

МУМИЕ

ОТ СКАЛЬНОЙ ПОЛЕВКИ



Этот симпатичный небольшой зверек – давний обитатель Горного Алтая и Тувы – несмотря на свою неплохую изученность, до сих пор окружен множеством мифов и загадок. И главная из них – его связь с мумие, известным лечебным средством древности, и сегодня используемым в фармакологии и медицине



ЛИТВИНОВ Юрий Нарциссович – доктор биологических наук, заместитель директора Института систематики и экологии животных СО РАН (Новосибирск), заведующий лабораторией экологии сообществ позвоночных животных. Автор и соавтор 100 научных публикаций



ЛОПАТИНА Наталья Васильевна – младший научный сотрудник Сибирского зоологического музея Института систематики и экологии животных СО РАН (Новосибирск). Специалист по горным видам млекопитающих. Автор и соавтор 10 публикаций

Исследуя фауну млекопитающих хребта Сайлюгем (Горный Алтай), в 1990 г. экспедиция Института систематики и экологии животных обнаружила на высоте свыше 2000 м большие колонии симпатичных светлых зверьков. Обитатели большого курумника (россыпи камней на склоне) интенсивно заготавливали в стожки довольно скудную горную растительность. Животные не боялись людей, проявляя несвойственную другим полевым дневную активность.

Оказалось, что исследователи повстречались с полевкой Стрельцова, или плоскочерепной полевкой (*Alticola strelzowi* Kastschenko, 1901), открытой в конце XIX в. известным сибирским биологом Н. Ф. Кашенко. Давний интерес к этому виду среди зоологов связан с тем, что всестороннее изучение столь неприметных обитателей скал могло бы прояснить загадку мумие – вещества, издавна пользующегося легендарной славой.

Биотехнологичное «производство»

Мумие – слово греческого происхождения, означает «сохраняющее тепло». Врачеватели древности использовали его для лечения многих болезней, а также для улучшения общего состояния организма. Богатый материал о применении мумие как биологического стимулятора широчайшего спектра действия можно найти в десятках древних трактатов. В настоящее время мумие также находит широкое применение в медицине, как народной, так



Скальные полевки активно заготавливают корм, совершенно не обращая внимания на наблюдателей

Первооткрывателем полевки Стрельцова был известный биолог, профессор Н. Ф. Кащенко. Николай Феофанович получил блестящее медико-биологическое образование и опыт работы приват-доцентом в известном в те годы Харьковском университете, а после защиты докторской диссертации в 1889 г. приехал в Томск, где стал первым профессором зоологии недавно открывшегося Томского университета.

С самого начала своей научной деятельности в Сибири Кащенко привлекло богатство и своеобразие фауны этого, тогда еще мало изученного, края. Он вплотную занялся изучением животного мира Сибири и впоследствии опубликовал свыше 50 работ на эту тему, а также организовал в 1887 г. зоологический музей в Томском университете.

В 1890 г. вышла работа Кащенко «Задачи зоологии в Сибири», где он предложил план проведения зоологических исследований в области так называемой прикладной зоологии, систематической зоологии, зоогеографии, а также подготовки определителей отдельных групп животных. По этому плану в разные удаленные районы Сибири были организованы полевые экспедиции по сбору зоологического материала. Во время одной из таких экспедиций в Центральный Алтай в 1898 г. и был обнаружен новый вид полевок.

В 1900 г. Кащенко издал «Определитель млекопитающих Томского края», который стал первым справочником такого рода, написанным на русском языке. Более поздние многочисленные определители млекопитающих ссылались на работу Кащенко и руководствовались его материалами



и традиционной, в том числе для заживления переломов, язв пищеварительного тракта и т.д.

Мумие – природная смесь органического и неорганического вещества, хорошо растворимого в воде; добывается в горах и пещерах Центральной Азии, где оно собирается в трещинах и пустотах скал в виде пленок и корок. Происхождение мумие до сих пор остается загадкой, хотя на этот счет существует множество гипотез.

Мумие животного происхождения, о котором пойдет речь ниже, находят в горах восточного Казахстана, Алтая и Тувы, и оно имеет непосредственное отношение к скальным полевым.

...Под большими камнями, в крутых расщелинах участники экспедиции обнаружили довольно крупные кучи слежавшегося помета. Очевидно, свои «уборные» полевки устраивают в одних и тех же местах из года в год. Там, где скопления экскрементов хорошо освещаются ярким горным солнцем, они со временем «расплавляются» и текут вниз по склону в виде однородной черно-коричневой массы со специфическим запахом. Это и есть практически чистое мумие.

Основными производными веществами для мумие, несомненно, являются компоненты высокогорных видов растений, входящих в рацион полевок. И это не обязательно можжевельник, как считает известный отечественный зоолог П. У. Мариковский (1991). Большое значение, вероятно, имеют кустарничковые формы нескольких видов полыней, которые полевки заготавливают наряду с другими растениями и которые имеют сильный запах, схожий с запахом мумие.

О том, что в запасах полевки Стрельцова значительную часть занимают стебли полыни с созревшими семенами, известно давно (Огнев, 1950). В сборах зоологов ИСиЭЖ из зимних запасов полевок Стрельцова в районе хр. Сайлюгем

были определены виды кустарничковых полыней, составляющие основу высокогорных растительных сообществ: полынь сантолинолистная, холодная и обедненная. Кроме того, в запасах полевок присутствовало еще около 30 видов других растений.

Полыни чрезвычайно богаты эфирными маслами. На первой стадии «биотехнологии» производства мумие в желудочно-кишечном тракте полевок перерабатывается растительный материал, богатый эфирными маслами и другими полезными веществами и микроэлементами. Дальнейшую работу со слежавшимися экскрементами проводит солнце и обедненный кислородом горный воздух.

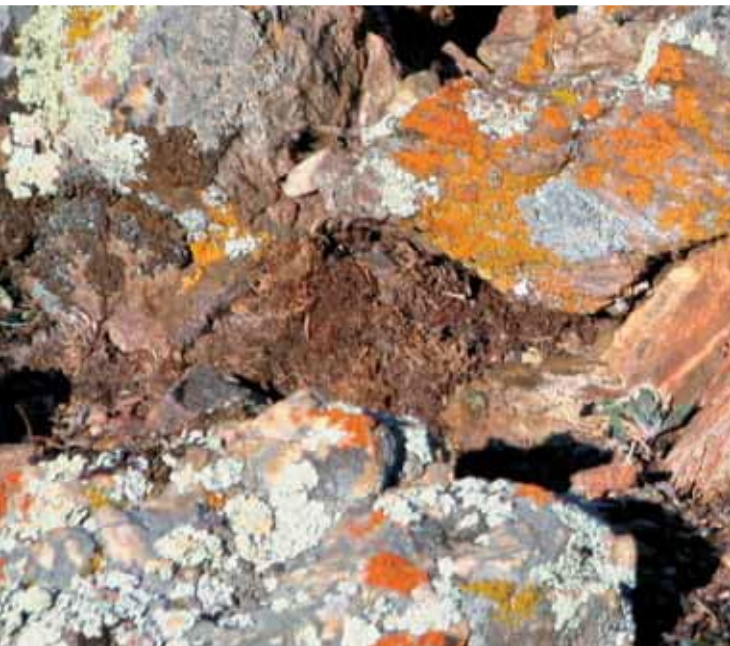


Полевка вчера и сегодня

Современный ареал полевки Стрельцова находится в горах Центральной Азии. В Горном Алтае и Туве она обитает в высокогорной тундростепи, где наряду с тундровой растительностью встречаются характерные для равнины угнетенные деревья и кустарники, а субальпийская растительность соседствует со степными видами. Численность полевки очень изменчива: наиболее многочисленна она в поселениях, занимающих большие

по площади территории, где скалы или курумники отстоят недалеко друг от друга.

Известно, что в плейстоцене характерные для скальных полевков биоценозы – петрофильные горно-степные ландшафты – занимали более обширные территории, нежели сейчас. Так, в плейстоценовых пещерных отложениях Горного Алтая скальные полевки были среди млекопитающих одной из самых массовых групп – до 15 % (Агаджанян и др., 2006).



Под действием солнца и горного воздуха слежавшийся помет полевков (фото справа) превращается в целебное мумие.

Его важными составляющими могут быть эфирные масла, которыми богаты кустарничковые формы полыни (фото внизу), входящие в пищевой рацион полевков



Пищевыми конкурентами полевков являются как мелкие растительноядные животные (в первую очередь пищухи и суслики, обитающие в непосредственной близости от поселений полевков), так и более крупные – заяц толай, сурки, горные бараны-архары, имеющие сходный пищевой рацион.

Немало и хищников, которым наша полевка приходится по вкусу. В горах Алтая и Тувы это прежде всего кот манул, а также светлый хорь. При высокой численности полевка Стрельцова может служить серьезным подспорьем в рационе даже для снежного барса. На нее



охотятся и многочисленные пернатые хищники, обитающие в горах, в первую очередь черный коршун, а также обычные в этих районах орлы, совы и мелкие сычики. А в Казахском мелкосопочнике полевка может стать жертвой узорчатого полоза или степной гадюки.



За последние годы экспедициями ИСиЭЖ СО РАН были проведены исследования по уточнению современного ареала полевки Стрельцова, получены новые данные по биологическим особенностям вида. В том числе было установлено, что к настоящему времени сформировались две хорошо различимые морфологически формы полевки: казахско-алтайская, занимающая большую часть ареала на востоке, и центрально-алтайская (тувино-монгольская), обитающая в северо-западной части ареала.

Работы по изучению систематики и экологии этого интересного, и не только для зоологов, зверька продолжаются.

Литература

Агаджанян А.К., Деревянко А.П., Шуньков М.В. Проблемы взаимоотношений первобытного человека и природной среды на примере Северо-Западного Алтая // *Эволюция биосферы и биоразнообразия*. М.: КМК. 2006. С. 439–459.

Кащенко Н.Ф. *Определитель млекопитающих животных Томского Края*. Томск, 1900.

Литвинов Ю.Н., Ержанов Н.Т., Лопатина Н.В., Абылхасанов Т.Ж. Новые сведения о мелких млекопитающих Казахского мелкосопочника // *Сиб. экол. журн.* 2010. № 5. С. 807–812.

Мариковский П.У. Правда о мумии // *Химия и жизнь*. 1991. № 11. С. 62–64.

Маркевич А.П., Квитницкий-Рыжов Ю.Н. Научная деятельность Н.Ф. Кащенко в области зоологии // *Изв. АН СССР. Сер. биол.* 1951. № 4. С. 14–22.

Огнев С.И. *Звери СССР и прилежащих стран. Грызуны*. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1950. Т. 7. 706 с.

Поздняков А.А., Литвинов Ю.Н., Лопатина Н.В. Эколого-морфологическая изменчивость алтайских популяций плоскокочерной полевки (*Alticola strelzowi* Kastsenko) // *Сиб. экол. журн.* 2004. № 4. С. 579–587.

Ключевые слова: полевка Стрельцова, мумии, Горный Алтай, горные ландшафты, полынь.

Key words: *Alticola strelzowi*, Mumiyo, Gorny Altai, rockscape, wormwood

В публикации использованы фото авторов





Альтернария (*Alternaria*) — широко распространенный род микроскопических грибов, представители которого обитают в почве, на опавших листьях, гниющих растениях и т. д. Насчитывает более ста видов; некоторые из них являются фитопатогенными и вызывают болезни у сельскохозяйственных культур.

Альтернария представляет потенциальную опасность и для человека: неспособная размножаться в человеческом теле, она, тем не менее, может быть причиной появления аллергии и аллергических дерматитов.

На фото — колония грибов р. *Alternaria* («черная плесень») из рассевов атмосферного воздуха юга Западной Сибири. Видны темноокрашенные грибница-мицелий и цепочки конидий — спор, образующихся при бесполом размножении на вершинах нитей мицелия. *Фото Т. В. Тепляковой (ГНЦ ВБ «Вектор», Кольцово, Новосибирская обл.)*