

Познавательный журнал для хороших людей

НАУКА

из первых рук

www.scfh.ru

3⁽⁴⁵⁾ ● 2012

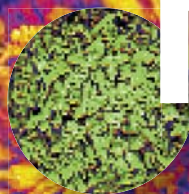
МИР РНК
ВЧЕРА
И СЕГОДНЯ

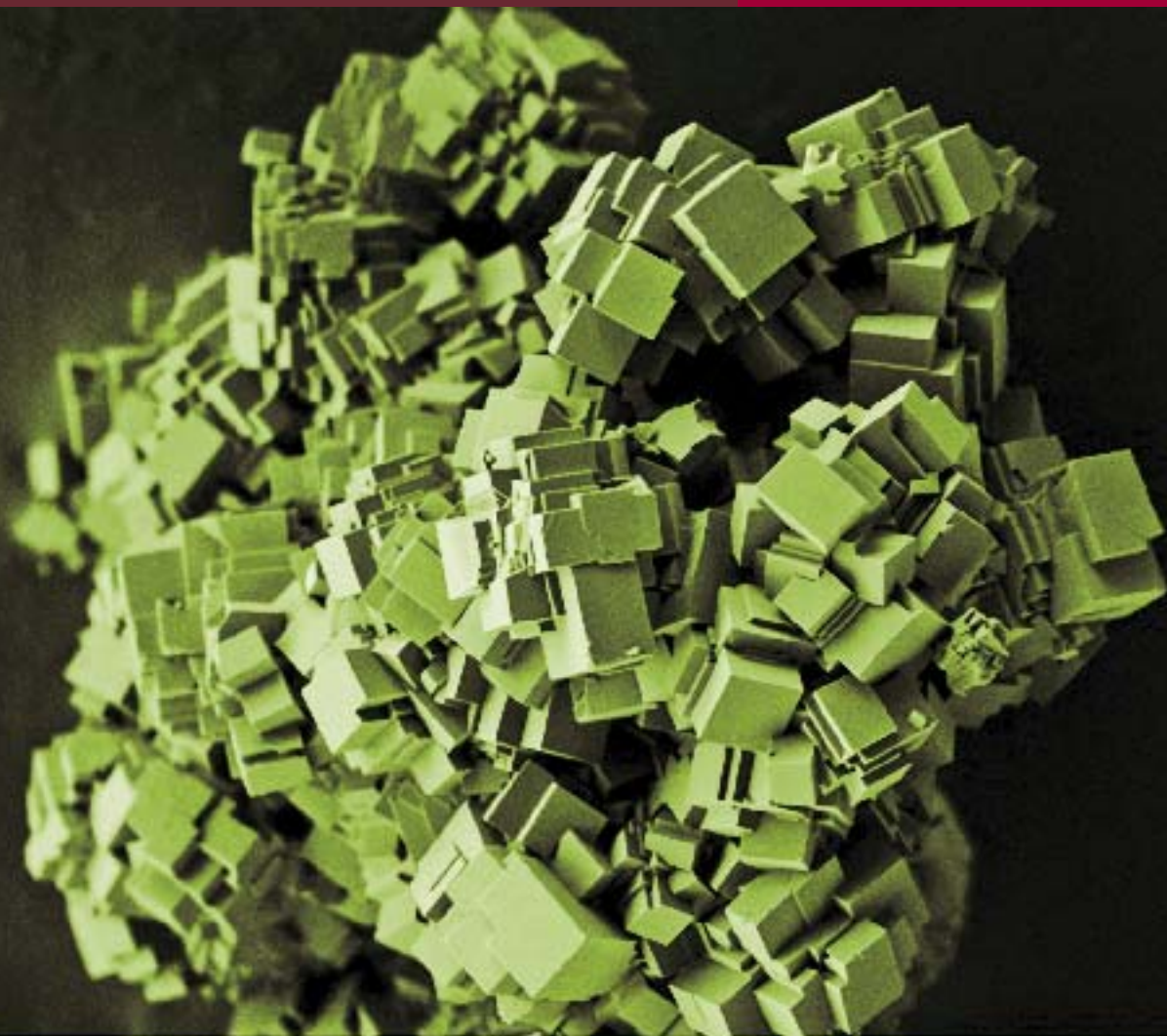
ПОСЛАНИЕ
ИЗ НОВОКАМЕННОГО
ВЕКА

АЛМАЗНАЯ
«ЛАСТОЧКА»
МАНЧАРЫ

«ФОРТУНУ
ВИЖУ Я В ТЕБЕ
ИЛИ ВЕНЕРУ...»

В поисках
Начала
всех начал





Флюорит (CaF_2) – один из наиболее широко распространенных в природе минералов, основной источник фтора в промышленности. Используется в качестве флюса в металлургических процессах; монокристаллы применяются в оптике ИК- и УФ-диапазонов, а также в качестве матриц для твердотельных лазеров.

При объединении кубических нанокристаллов флюорита возникают сростки удивительной формы, напоминающие знаменитых роботов-«трансформеров». Синтезируемые в лаборатории друзы практически идентичны по форме природным, однако по размерам могут различаться на 5–6 порядков!

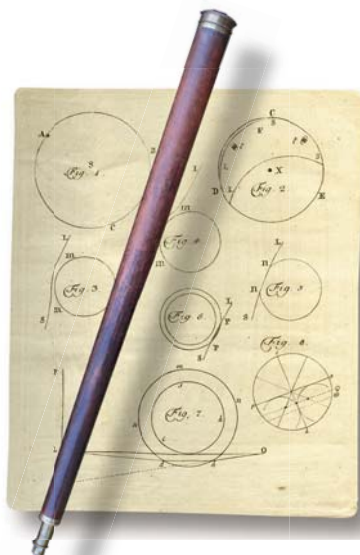
К.х.н. О.С. Иванова, д.х.н. В.К. Иванов (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Москва), д.х.н. П.П. Федоров (Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва)

3. 2012
научно-популярный журнал



НАУКА

из первых рук



В НОМЕРЕ:

Обнаружение в 2012 г. теоретически предсказанного бозона Хиггса стало завершающим штрихом Стандартной модели, описывающей физическую картину мира

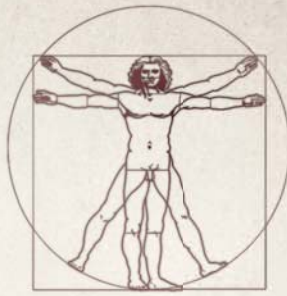
Первый алмаз найден в одной из трубок недавно открытого Хомпу-Майского кимберлитового поля, расположенного недалеко от г. Якутска

На ранее считавшейся «мусорной» ДНК, занимающей более 98 % нашего генома, синтезируется множество РНК, управляющих работой генов и целых генетических ансамблей

Международная команда физиков и астрономов подтвердила приоритет М. В. Ломоносова в открытии атмосферы Венеры, сделанном им более 250 лет назад

Жан-Жак Руссо: «...цель физических упражнений – укрепить душу, сделать ее неуязвимой и сильной: в таком случае тело сможет отражать все стрелы, которые могли бы ее ранить»

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

акад. Н.П. Похиленко

акад. М.И. Эпов

к. ф.-м. н. Н.Г. Никулин

Редакционный совет

акад. Л.И. Афтанас
чл.-кор. Б.В. Базаров
чл.-кор. Е.Г. Бережко
акад. В.В. Болдырев
акад. 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)
акад. 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. 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:
630090, Новосибирск,
ул. Золотодолинская, 11
Тел.: +7 (383) 330-27-22, 330-21-77
Факс: +7 (383) 330-26-67
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 2000 экз.

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

Дата выхода в свет 16.08.2012

Свободная цена

Перепечатка материалов только
с письменного разрешения редакции

© Сибирское отделение РАН, 2012
© «ИНФОЛИО», 2012

Над номером работали

Л. Беляева
В. Варламова
И. Гайнутдинов
к.х.н. Н. Копанева
к.филол.н. С. Коротаев
к.б.н. Л. Овчинникова
Л. Панфилова
к.б.н. М. Перепечаева
к.х.н. С. Прокопьев
А. Харкевич

Дорогие друзья!

Как известно, квинтэссенцией научного творчества является открытие – установление ранее неизвестных фактов и закономерностей устройства мироздания. Естественнаучное познание – процесс кропотливый и зачастую мучительно долгий: по мнению великого русского ученого, академика В.И. Вернадского, «корни всякого открытия лежат далеко в глубине, и как волны, бьющиеся с разбегу на берег, много раз плещется человеческая мысль около подготавливаемого открытия, пока придет девятый вал». При этом суть научного открытия состоит не только в том, чтобы просто обнаружить новый факт, но и осмыслить его, установить его место в общей картине окружающего мира.

В новом выпуске нашего журнала в первую очередь нужно отметить важнейший результат грандиозного международного проекта – экспериментальное наблюдение бозона Хиггса. Как известно, за последние десятилетия в физике микромира был достигнут большой прогресс, результатом которого стала так называемая Стандартная модель, описывающая фундаментальные взаимодействия элементарных частиц. Обнаружение новой, теоретически предсказанной частицы, ставшее завершающим штрихом в построении физической картины мира, произошло в экспериментах на самой крупной научной установке, когда-либо созданной человеком, – Большом адронном коллайдере. Приятно отметить, что в его создании и работе принимают активное участие и ученые из новосибирского Института ядерной физики СО РАН.

В отличие от открытий в физике элементарных частиц, представляющих важность, в первую очередь, с точки зрения фундаментальной науки, выявление потенциальной алмазности якутской кимберлитовой трубки интересно и с практической точки зрения. «Манчары» стала первой кимберлитовой трубкой на юго-востоке Сибирской платформы, открытой в постсоветское время на территории нашей страны. На основе результатов поискового бурения и научных исследований было выдвинуто предположение о существовании вблизи г. Якутска ранее неизвестного кимберлитового поля, которое было подтверждено геологоразведочными работами «АПРОСА». В этом году на «Манчары» был найден и первый алмаз.

Что касается «дел давно минувших дней», то удивительное современное продолжение получило открытие атмосферы Венеры, которое было сделано 250 лет назад первым русским академиком М.В. Ломоносовым. В подробном отчете о схеме и результатах своих наблюдений он заключил, что «планета Венера окружена знатною воздушною атмосферою, таковою (лишь бы не большею), какова обливается около нашего шара земного». В 2012 г., во время очередного прохождения планеты по диску Солнца, международная команда физиков и астрономов

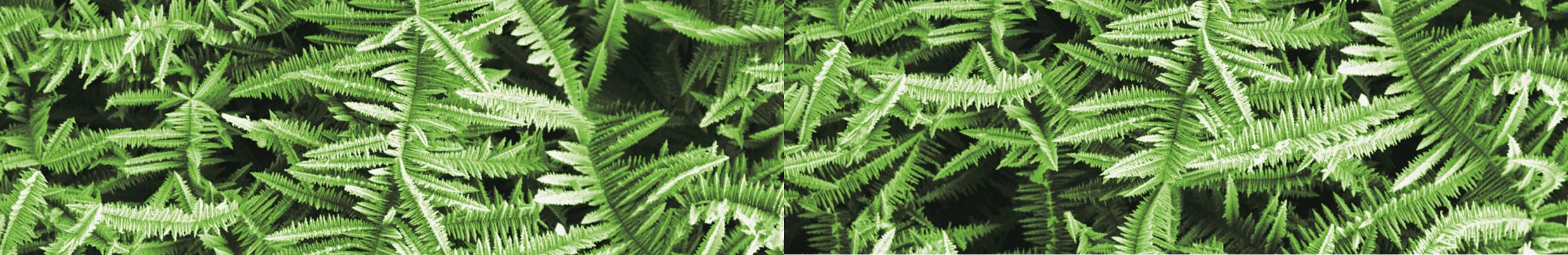


подтвердила приоритет русского ученого. Проведя архивные изыскания, они в деталях повторили его наблюдения с помощью телескопов XVIII в., аналогичных «зрительной трубе» самого Ломоносова.

Драматическими деталями изобилует и история открытия так называемого «мира РНК». Многие годы ближайшая родственница ДНК – рибонуклеиновая кислота (РНК), считалась лишь простым посредником в процессе реализации наследственной информации от гена к белку. Однако накопление информации о свойствах этих макромолекул, в том числе каталитических, привело к революционному скачку в представлениях, считавшихся незыблемыми. Около 98 % нашего генома занимает так называемая «некодирующая» ДНК, которая ранее считалась «мусорной». Но оказалось, что она служит «матрицей» для синтеза огромного количества разнообразных РНК, которые управляют работой отдельных генов и целых генетических ансамблей, обеспечивая слаженную работу клеток в многоклеточных организмах. Такие информационные свойства РНК открывают большие перспективы для создания новых диагностических и лекарственных средств.

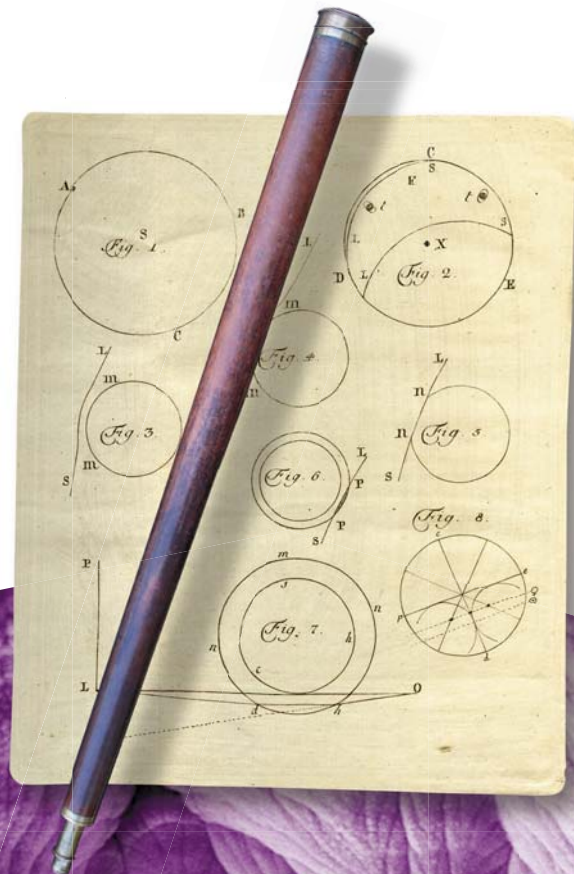
Истории всех научных открытий, больших и малых, разнятся так же, как их вклад в научно-технический прогресс, но любой из первооткрывателей может сказать о себе словами великого Ньютона: «Я кажусь самому себе мальчиком, играющим у моря, которому удалось найти более красивый камешек, чем другим, но океан неизведанного лежит передо мной».

Академик Н.Л. Добрецов,
главный редактор



Новосибирские археологи обнаружили уникальный **НЕОЛИТИЧЕСКИЙ МОГИЛЬНИК**, предположительно, **ДРЕВНЕЙШИЙ** из известных на сегодня в западно-сибирской лесостепи. **С. 14**

ДЛИНА самого короткого **ВОЛОКОННОГО ЛАЗЕРА** всего несколько сантиметров, а самого длинного – более 300 км! **С. 26**



.01

НОВОСТИ НАУКИ

- 6 **Ю. А. Тихонов**
В поисках начала всех начал
- 14 **В. И. Молодин**
Послание из новокаменного века
- 20 **А. П. Смелов, О. Б. Олейников, А. Д. Павлушин, А. В. Толстов**
Алмазная «ласточка» Манчары

.02

НАУКА – ТЕХНОЛОГИЯМ

- 26 **С. А. Бабин**
Лазер без зеркал
- 34 **М. А. Ядренкин**
Виртуальный парашют: от фантастики к реальности

.03

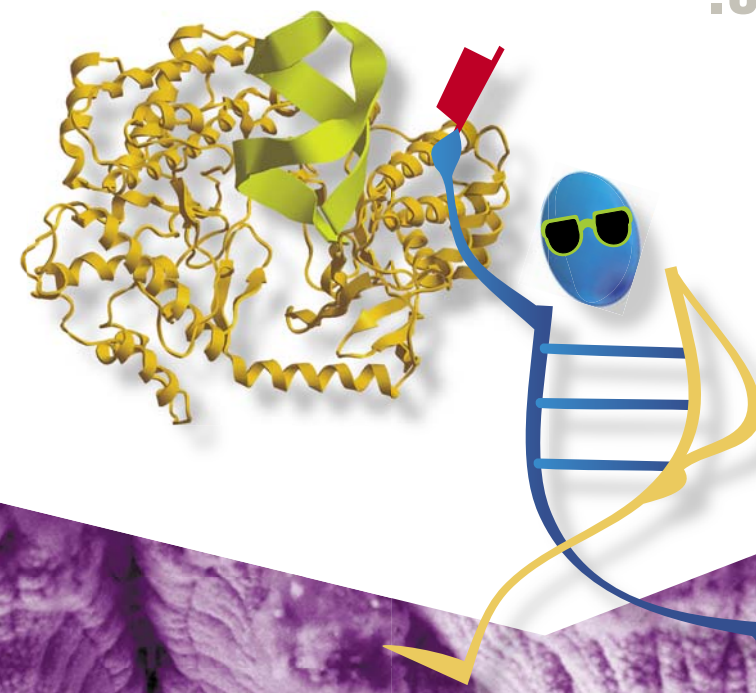
ЧЕЛОВЕК

- 40 **В. В. Власов, П. Е. Воробьев**
Мир РНК: вчера и сегодня
- 50 **Е. Ю. Рыкова, И. А. Запорожченко, П. П. Лактионов**
Нуклеиновые странники



Гидроксиды редкоземельных металлов с **ДВУМЕРНОЙ** слоистой структурой могут, подобно «**ТРАНСФОРМЕРАМ**», образовывать причудливые **ТРЕХМЕРНЫЕ** объекты. **С. 105**

ФИБРОБЛАСТЫ – клетки, продуцирующие соединительную ткань и следящие за ее состоянием, умеют **ПЕРЕДВИГАТЬСЯ** подобно амебам. **С. 117**



.04

ИСТОРИЯ НАУКИ

- 60 **В. Д. Шильцев, И. Н. Нестеренко**
«Фортуны вижу я в тебе или Венеру...»
- 74 **Н. А. Копанев**
«Здоровое тело служит здоровому духу...»
К 300-летию со дня рождения Жан-Жака Руссо

.05

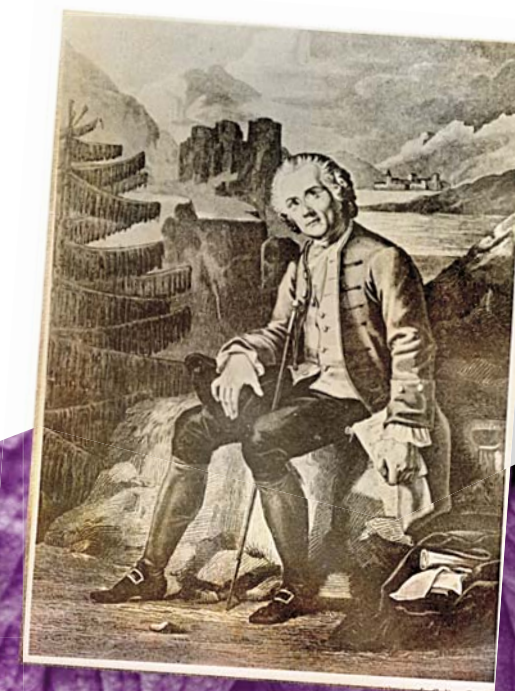
НЕ НАУКОЙ ЕДИНОЙ

- 84 **В. В. Власов**
Гранд-Каньон – мечта туриста и учебник для геолога

.06

НАУКА В КАРТИНКАХ

- 96 Мир глазами науки



В ПОИСКАХ НАЧАЛА ВСЕХ НАЧАЛ

4 июля 2012 г. в Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН) состоялся расширенный семинар, на котором в присутствии приглашенных ученых и прессы было объявлено о том, что двумя независимыми группами исследователей, работающими на детекторах ATLAS и CMS, которые входят в состав Большого адронного коллайдера, был обнаружен бозон Хиггса. Эта частица играет ключевую роль в современной физике элементарных частиц, ее существование необходимо для непротиворечивого замыкания так называемой Стандартной модели – теории, которая в настоящее время дает наиболее глубокое и полное описание происходящих в микромире процессов. Потому обнаружение бозона Хиггса вызвало широкий резонанс и по праву может считаться историческим событием



ТИХОНОВ Юрий Анатольевич – доктор физико-математических наук, профессор, заместитель директора по научной работе Института ядерной физики СО РАН, руководитель группы ИЯФ СО РАН в детекторе ATLAS. Область научных интересов: физика элементарных частиц. Автор и соавтор 180 научных работ

Стандартная модель и бозон Хиггса

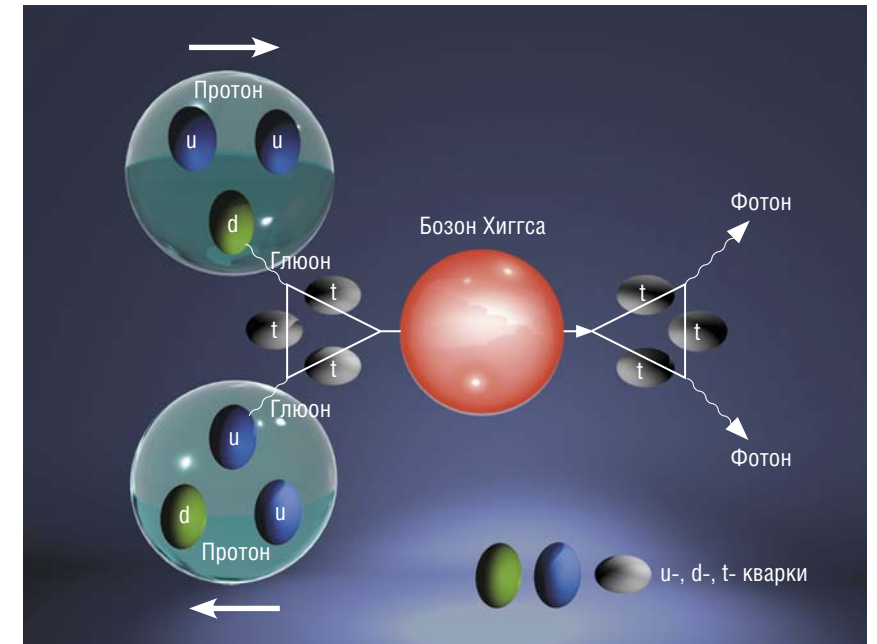
Знание о том, из чего состоит материя, что представляют собой ее самые мельчайшие частицы, лежит в основе понимания физических законов природы. Возникшее на заре развития науки понятие об атомах как неделимых частицах вещества со временем сменило представление о структуре атома, а затем ученые выяснили, что входящие в состав атомов протоны и нейтроны имеют собственное внутреннее строение. Есть ли предел делимости материи, каковы самые элементарные ее «кирпичики», как взаимодействуют частицы на элементарном уровне? Ответы на эти вопросы имеют философское значение и, конечно же, важны для практики.

Физика микромира, желание узнать, каков тот самый «первокирпичик», оказались очень тесно связаны с физикой макромира, астрофизикой, наукой о Вселенной. Сегодня существует достаточно прочно обоснованная теория происхождения Вселенной. Считается, что Вселенная возникла из бесконечно малой точки с очень большой энергией. Более 10 млрд лет назад произошел Большой взрыв, и первоначально все состояло только из элементарных частиц. Затем Вселенная начала расширяться, стали образовываться ядра атомов, потом атомы, а из них формировались планеты, звезды.

Есть в настоящее время и красивая, хорошо развитая физическая теория – Стандартная модель, которая объясняет явления, происходящие в микромире. Один из ее краеугольных камней – предположение о существовании так называемого бозона Хиггса. Оно позволяет связать вместе основные положения этой теории, объясняет появление у частиц массы. Понять, каким образом возникают массы у частиц, позволил механизм спонтанного нарушения электрослабой симметрии, предложенный 50 лет назад сразу несколькими исследователями. Именем одного из них, Питера Хиггса, была названа отвечающая за эти процессы частица с массой предположительно от 100 гигаэлектронвольт до тераэлектронвольт. Ее давно пытались

Ключевые слова: Стандартная модель, бозон Хиггса, нарушение электрослабой симметрии, ATLAS, CMS.
Key words: the Standard Model, Higgs boson, electroweak symmetry breaking, ATLAS, CMS

Сталкивающиеся в коллайдере протоны состоят из трех кварков (два u-кварка и один d-кварк), которые непрерывно испускают глюоны. При взаимодействии глюонов в момент столкновения рождается бозон Хиггса, распадающийся впоследствии на два фотона

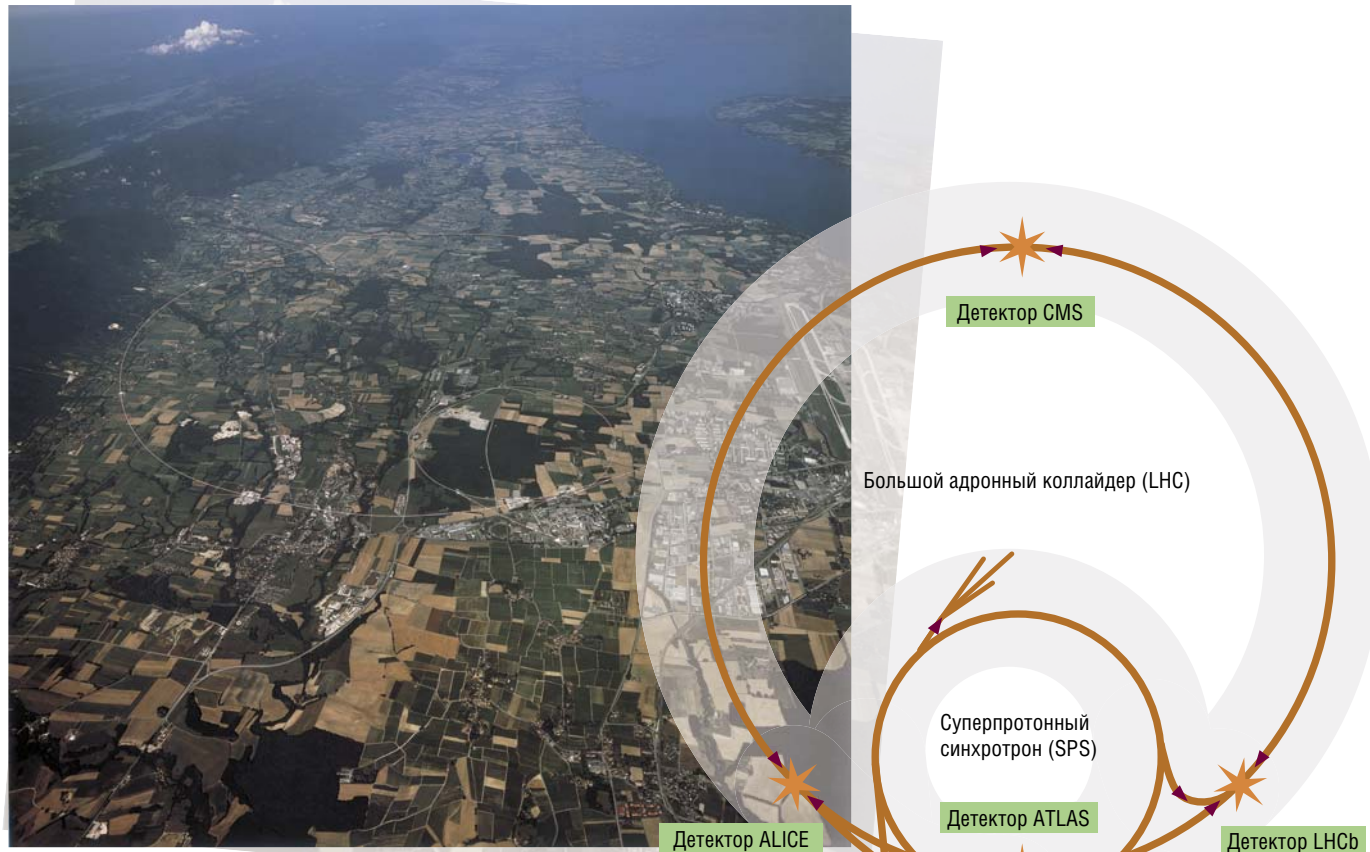


СТАНДАРТНАЯ МОДЕЛЬ

Вещество состоит из двенадцати фундаментальных частиц, являющихся истинно элементарными, т. е. не имеющих внутренней структуры: шесть кварков (d, u, s, c, b, t) и шесть лептонов (электрон, мюон, τ -лептон и, соответственно, три сорта нейтрино). Все эти частицы – фермионы, их спин (собственный магнитный момент) равен $\frac{1}{2}$ (в единицах постоянной Планка). Частиц-переносчиков взаимодействия также двенадцать: восемь безмассовых глюонов – для сильного взаимодействия, три тяжелых калибровочных бозона (W^+ , W^- и Z^0) – для слабого взаимодействия и один фотон – для электромагнитного взаимодействия. Эти частицы обладают единичным спином и, следовательно, являются бозонами. Кварки участвуют во всех трех типах взаимодействий. Из кварков состоят адроны, которые подразделяются на две основные группы: барионы (состоят из трех кварков) и мезоны (из одного кварка и одного антикварка). Самые стабильные и поэтому наиболее распространенные в природе барионы – это хорошо всем известные протоны и нейтроны, образующие атомные ядра

БОЗОН ХИГГСА

В природе существует четыре фундаментальных, разных по «силе» взаимодействия: электромагнитное, слабое, сильное и гравитационное. Теории этих взаимодействий сначала развивались независимо друг от друга. Наибольших успехов в середине XX в. достигла квантовая электродинамика – теория электромагнитных взаимодействий, переносчиком которых является безмассовый фотон (свет). В теории слабых взаимодействий также наблюдался большой прогресс, но и в квантовой электродинамике, и в теории слабых взаимодействий существовали фундаментальные проблемы, которые невозможно было решить по отдельности. На предположении, что эти взаимодействия связаны друг с другом, построена замечательная теория – электрослабая модель Вайнберга-Салама. Однако из нее следовало, что переносчики слабого взаимодействия, W^- и Z^0 -бозоны, должны быть безмассовыми, а эксперименты показали, что они имеют массу и весьма большую. И тогда возникла идея ввести еще одно фундаментальное поле, квантом которого является бозон Хиггса. Взаимодействие этого поля с электрослабым полем придает W^- и Z^0 -бозонам массу, а фотон остается безмассовым. Зависимость потенциала хиггсовского поля от его напряженности была выбрана именно такой, чтобы реализовалось спонтанное нарушение симметрии. А далее естественным образом в эту схему введены фермионы (лептоны и кварки) – они также приобретают массу через взаимодействие с хиггсовским полем. Объединение электрослабой теории и теории сильных взаимодействий (квантовой хромодинамики) и стало так называемой Стандартной моделью



Большой адронный коллайдер находится под землей на границе Франции и Швейцарии, недалеко от Женевы. Он представляет собой систему кольцевых ускорителей, расположенных в 27-километровом кольцевом тоннеле, оснащенных детектирующими устройствами

СХЕМА РАБОТЫ БАК

В вакуумных камерах Большого адронного коллайдера навстречу друг другу обращаются пучки протонов (около 1300 сгустков в каждом направлении). Пучки сталкиваются в определенных местах, где установлена детектирующая аппаратура для регистрации рождающихся при столкновении частиц. На орбите протоны удерживаются с помощью сверхпроводящих магнитов. Каждый магнитный диполь длиной 15 м весит около 25 т. Магниты создают поле напряженностью более 8 Тл и работают при температуре 1,8 К, для чего необходима специальная система охлаждения сверхтекучим жидким гелием. Основным режим работы коллайдера – протон-протонные столкновения, но также в его конструкции предусмотрена возможность ускорения пучков тяжелых ионов, вплоть до ядер урана. Такую возможность обеспечивает установка электронного охлаждения тяжелых ионов, обеспечивающая накопление достаточного количества

ионов. Эта установка была разработана и изготовлена созданная в ИЯФ. На коллайдере построено четыре комплекса детектирующей аппаратуры, имеющих собственные имена: ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS), CMS (Compact Muon Solenoid), LHCb (Large Hadron Collider beauty experiment) и ALICE (A Large Ion Collider Experiment). С помощью двух максимально универсальных детекторов ATLAS и CMS исследуют взаимодействия элементарных частиц на предельно малых расстояниях. Именно с помощью этих детекторов ведут поиск бозона Хиггса



обнаружить, но параметры ускорителей не позволили этого сделать. Все остальные фундаментальные частицы, предсказываемые Стандартной моделью, уже открыты, например, W-бозоны и Z-бозоны обнаружены в ЦЕРНе в 1980-х гг. Столкновения протонов с очень большой энергией, возможно, позволили бы создать условия, существовавшие в нашей Вселенной в самом начале ее развития. Ученые надеялись, что в ходе этих экспериментов смогут появиться и частицы, которые тогда доминировали, в том числе хиггсовский бозон. Изучение процессов их возникновения и распада помогло бы проверить и подтвердить многие теоретические предположения об объектах микромира, составе материи, о происхождении Вселенной и, возможно, ее дальнейшей судьбе.

С этой целью в начале 1990-х гг. на границе Франции и Швейцарии, недалеко от Женевы, начали строить Большой адронный коллайдер (БАК). Это ускоритель тяжелых элементарных частиц, преимущественно протонов. Он позволяет при столкновении двух протонов достичь энергии до 14 ТэВ, рекордной для ускорительной техники на сегодняшний день. Большое значение имеет и интенсивность столкновений частиц в единицу времени – так называемая светимость. По этому параметру БАК также не имеет равных среди других коллайдеров. Два года назад после различных

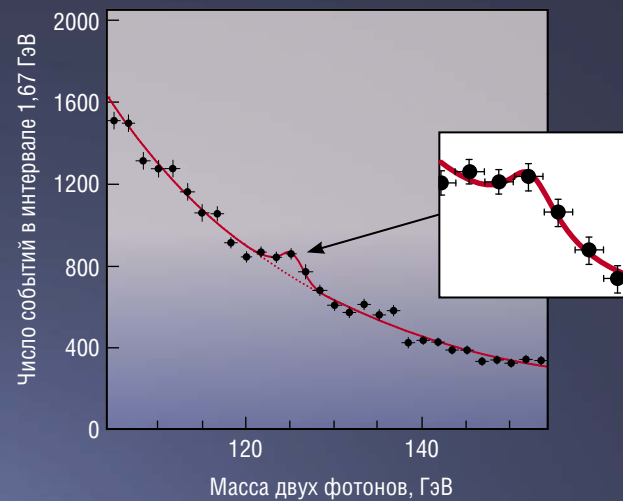
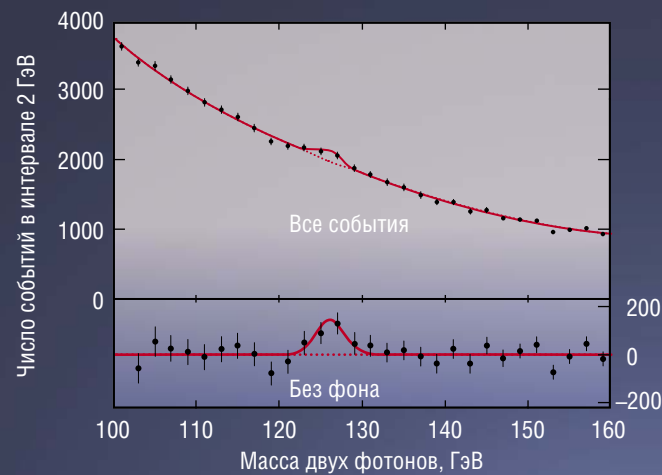
Исследователи из Института ядерной физики СО РАН, принимавшие участие в экспериментах по обнаружению бозона Хиггса.

Слева направо: А. Талышев, Д. Максимов, А. Анисенков, А. Сухарев, к. ф.-м. н. С. Пелеганчук, О. Белобородова, В. Бобровников, д. ф.-м. н. Ю. Тихонов, И. Орлов, А. Масленников

задержек, вызванных техническими причинами, он вступил в строй и очень быстро вошел в рабочий режим. Анализ накопленных за это время данных о столкновениях протонов позволил выделить события, связанные с рождением бозона Хиггса.

Научная конкуренция – основа достоверности

Существуют два больших эксперимента: ATLAS, в котором участвует и группа сотрудников ИЯФ СО РАН, и CMS, его своеобразный конкурент. На обоих детекторах изучаются сходные процессы, данные, полученные в ходе разных экспериментов, дополняют друг друга, делая заключения ученых более достоверными.



Данные 2011 и 2012 гг.
 Аппроксимация на основе Стандартной модели
 Полином 4-го порядка

Экспериментальные данные с детекторов ATLAS и CMS, говорящие о существовании частицы с массой 125 ГэВ, идентифицированной как бозон Хиггса

Предварительные результаты 2011 г. показали, что бозон Хиггса, возможно, действительно рождается при столкновении двух протонов, и его масса составляет примерно 125 ГэВ. Данные, набранные и суммированные в 2012 г., подтвердили эти выводы и значительно увеличили уверенность в том, что наблюдается действительно бозон Хиггса. Вероятность того, что наблюдаемые события, интерпретируемые как рождение бозона Хиггса, являются случайной флуктуацией других известных (фоновых) процессов, составила менее одной миллионной. Это позволило утверждать, что искомая частица открыта. Исторический факт был обнародован 4 июля 2012 г. в двух докладах ученых, занятых в экспериментах ATLAS и CMS, на специальном семинаре в ЦЕРНе. Знаменательно, что при этом присутствовал сам 83-летний Питер Хиггс.

Такие эксперименты — труд огромного коллектива, в каждом принимало участие от 2000 до 3000 человек: научные работники, программисты, инженеры, технический персонал и, конечно же, физики, занятые сложнейшим финальным анализом. Он состоит из многих частей, и на каждом его этапе значительна

КАК ИЩУТ БОЗОН ХИГГСА?

Каким именно образом из массы событий, регистрируемых детектором, выделяют рождение бозона Хиггса? На БАК за одну секунду происходит около 0,5 млрд реакций протона с протоном, и в каждой такой реакции рождается до 300 новых частиц. Всего за 2011—2012 гг. в столкновениях возникло более 10^{18} частиц. Из этого огромного количества частиц, по оценкам, бозонов Хиггса было всего около 10^5 шт.

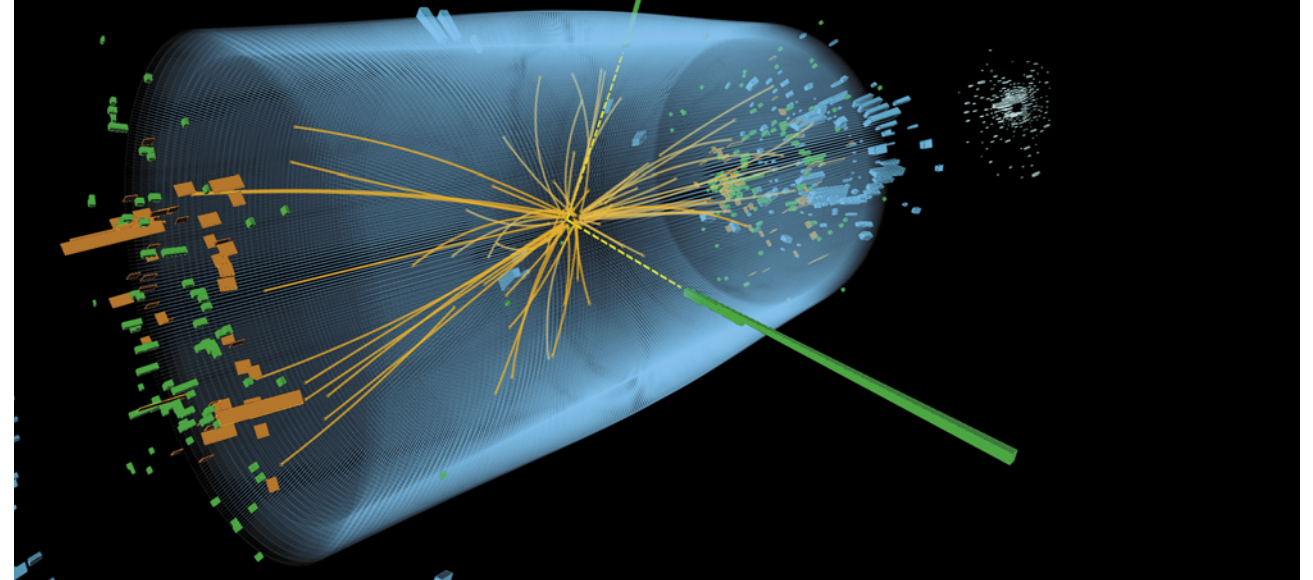
Рождаемые частицы регистрируются различными элементами детектора, определяются их углы вылета, импульсы, энергии и пр., полученная информация переводится в цифровой вид. Сначала для подавления фона используется набор быстрых процессоров — триггеры разного уровня, которые отсеивают события, являющиеся очевидным фоном, после чего оставшиеся данные записываются на диски. Затем начинается трудоемкий процесс компьютерного анализа, при этом для поиска хиггсовского бозона используются характерные моды его распада. Наиболее продуктивными тут оказались каналы распада на два фотона и четыре лептона. Всего таких событий зарегистрировано несколько десятков, поскольку далеко не все из родившихся бозонов могут быть зарегистрированы и выделены из фона



Физики, работающие на детекторе CMS, изучают столкновения на Большом адронном коллайдере, чтобы узнать больше о Вселенной, в которой мы живем:

- Какова природа материи и основные силы?
- Из чего возникло вещество (масса)?
- Какова природа горячей плотной материи ранней Вселенной?
- Что такое темная материя?
- Имеет ли пространство дополнительные измерения?

ЕСТЬ ЛИ У ПРИРОДЫ В ЗАПАСЕ СЮРПРИЗЫ ДЛЯ НАС?



На рисунке изображены зарегистрированные детектором CMS траектории частиц, родившихся после столкновения двух протонов

роль российских физиков. Россияне в ЦЕРНе сейчас около 500 человек, они полноценно участвуют в исследованиях от создания аппаратуры до проведения экспериментов и обработки результатов.

С самого начала Россия и научные учреждения Российской академии наук принимали непосредственное участие в создании Большого адронного коллайдера, общий вклад российской стороны составляет около 7%. В 1996 г. вышло специальное постановление правительства Российской Федерации, подписанное В. Черномырдиным, об участии нашей страны в этом проекте, научным институтам и промышленным предприятиям выделено около 100 млн долларов для разработки и изготовления различных элементов как коллайдера, так и детекторов. Кроме того, значительные денежные средства были получены из ЦЕРНа. В работе приняли участие ведущие научные центры России, такие как Институт ядерной физики СО РАН, Институт ядерных исследований РАН, Санкт-Петербургский институт ядерной физики, Физический институт им. П. Н. Лебедева, Санкт-Петербургский физико-технический

институт им. А. Ф. Иоффе, Институт физики высоких энергий, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» и др. Только сотрудники ИЯФ СО РАН разработали, изготовили, установили и наладили 360 дипольных и 180 квадрупольных магнитов для инжекционных каналов БАК, сверхвысоковокуумное оборудование, установку для электронного охлаждения тяжелых ионов и множество другой высокотехнологичной аппаратуры суммарным весом около 5000 т на сумму более 200 млн долларов.

Непознанного еще много

Исследования бозона Хиггса еще далеко не завершены. На сегодняшний день достоверно установлено, что наблюдаемая частица — бозон. Но предстоит набрать больше статистики, точнее изучить свойства этой частицы, чтобы доказать, что они именно таковы, как предсказано теорией. И хотя открытие бозона Хиггса — событие, значение которого трудно переоценить, это не единственная задача для Большого адронного коллайдера.



Детектор CMS (Compact Muon Solenoid – компактный мюонный соленоид) состоит из очень большого магнита, изготовленного из охлаждаемого жидким гелием сверхпроводящего материала, и детектирующих элементов различного типа. Предназначен для регистрации тяжелых частиц, рождающихся при столкновении протонных пучков

Стандартная модель, при всей ее красоте, имеет свои пределы применимости. Объясняя многие явления, она одновременно ставит перед физикой частиц новые вопросы, часть которых, вероятно, помогут решить эксперименты, проводимые с использованием БАК. К примеру, попытки вычислить радиационные поправки к массе самого хиггсовского бозона в Стандартной модели дают бесконечный результат. Для решения этой важнейшей теоретической проблемы предлагаются самые разные модели – наиболее популярна теория суперсимметрий, положения которой нуждаются в экспериментальном подтверждении.

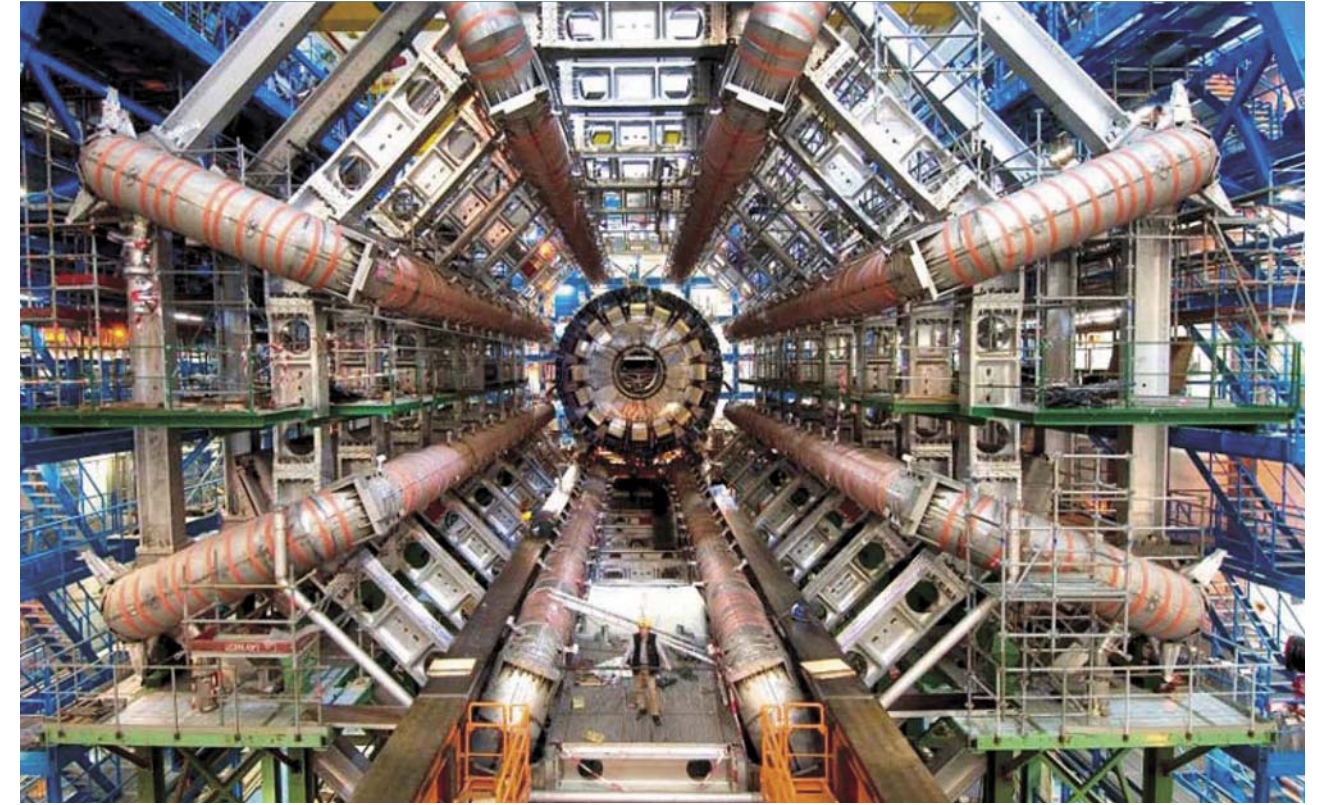
Важно отметить, что Стандартная модель предлагает механизм возникновения масс у частиц, но вовсе не дает объяснения природы «иерархии» масс частиц: масса нейтрино составляет лишь доли электронвольт, а масса t -кварка – сотни гигаэлектронвольт! Модель так называемых дополнительных размерностей претендует на решение этой фундаментальной проблемы,

и ее предсказания также проверяются в экспериментах на БАК.

Кроме того, в фундаментальной физике есть целый ряд нерешенных проблем – природа темной материи, природа асимметрии Вселенной: после Большого взрыва должно было образоваться одинаковое количество материи и антиматерии и с течением времени просто аннигилировать, но антиматерия не наблюдается в заметных количествах, преобладает материя, и пока не понятно, по какой причине.

Особая тема – поиск явлений, выходящих за рамки Стандартной модели, относящихся к так называемой «новой физике». В проводимых экспериментах рождается множество частиц, большинство которых, конечно, уже открыто. Но возможности Большого адронного коллайдера позволяют продолжить поиск новых, пока неизвестных объектов микромира.

Ученые теперь изучают совершенно новые явления при ранее недостижимых энергиях. В 2012 г. только



Детектор ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS) выполняет аналогичные детектору CMS задачи, но имеет гораздо большие размеры, отличается конструкцией, расположением детекторов, напряженностью создаваемого отклоняющими магнитами поля

российскими специалистами, занятыми в эксперименте ATLAS, опубликовано около 70 научных работ. Не все из них посвящены таким ярким достижениям, как открытие бозона Хиггса, но и они расширяют наши знания о природе элементарных частиц, о том, как устроен мир, и что произошло более 10 млрд лет назад.

Сегодня для поиска явлений «новой физики» становятся актуальными прецизионные эксперименты на новых установках – электрон-позитронных ускорителях нового поколения с высокой светимостью в области энергий 0,3–12,0 ГэВ (супер e^+e^- -фабрики). Такие установки подразделяются на три класса: супер-В фабрики (7–12 ГэВ) – две уже сооружаются в Японии и Италии, кстати, в их проектировании принимали участие сотрудники ИЯФ СО РАН, супер-ф фабрика (0,3–2,0 ГэВ) – ее прототипом является ВЭПП-2000, созданный в ИЯФ, который после модернизации будет иметь необходимые параметры, и наконец, супер-С-Тау фабрика (2,0–7,0 ГэВ), проект которой также детально разработан в ИЯФ.

Так что научная жизнь не стоит на месте, и любопытство ведет ученых все дальше по пути познания. Мы не знаем, какие научные открытия еще будут сделаны, но совершенно ясно одно: человеческих усилий достаточно, чтобы понять основы устройства окружающей нас Вселенной. А практические результаты, полезные для повседневной жизни, будем надеяться, не заставят себя ждать.

Лумература

Readiness of the ATLAS Liquid Argon Calorimeter for LHC Collisions ATLAS Collaboration // Eur. Phys. J. 2010. C 70. P. 723–753.

Liquid argon calorimeter performance at high rates NIM A 669. 2012. P. 47–65.

Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC. Submitted to PLB 31/07/2012 <http://arxiv.org/abs/arXiv:1207.7214>.

ПОСЛАНИЕ ИЗ НОВОКАМЕННОГО ВЕКА

Во время раскопок поселения кротовской культуры периода развитой бронзы недалеко от с. Венгерovo (Новосибирская обл.) новосибирские археологи из Института археологии и этнографии СО РАН обнаружили уникальный неолитический могильник. Академик В. И. Молодин считает, что уже сейчас можно говорить о древнейшем из известных на сегодняшний день неолитическом комплексе в пределах, по крайней мере, западно-сибирской лесостепи. Его возраст, по самым скромным подсчетам, не меньше VII тыс. лет

Пролог

У археологов есть такая примета: самые главные находки попадают либо в контрольных бровках, либо в самом конце полевого сезона, когда уже пора уезжать...

Так было и на этот раз. Поздней осенью 2011 г. мы завершали почти полугодовой сезон раскопками поселения периода развитой бронзы (конец III тыс. до н.э.). И вот, на самом краю раскопа, уже далеко за пределами древнего жилища, совершенно неожиданно натолкнулись на захоронение. Погребение было необычным – останки нескольких костяков (как потом оказалось, пяти) лежали компактной кучкой. Вид костей был явно очень древний. К тому же, они несомненно были стратиграфически более ранними, чем поселение кротовской культуры, которое мы исследовали. Среди костей обнаружены и каменные орудия. С двух сторон, уходя под стенки раскопа, погребение как бы оконтуривало два глубоких рва. Пытаясь максимально обнажить захоронение по периметру, мы обнаружили еще один череп человека, скелет же уходил в стенку раскопа...

Уже тогда мне и моим коллегам было понятно, что наткнулись мы, скорее всего, на неолитический могильник, а в Западной Сибири это большая удача. Конечно, соблазн продолжить поиски был чрезвычайно велик, однако до завершения сезона оставались считанные дни, работы на соседних объектах не были завершены, много времени требовала и разборка нашего стационарного лагеря. Смущали и ровики: а что если это не одиночные погребения, а целый комплекс, огороженный рвом? Тогда, даже раскопав следующее захоронение, мы рискуем не понять главного... Пришлось принять очень тяжелое решение – законсервировать показавшееся погребение и отложить раскоп до следующего года... Как оказалось, поступил я абсолютно правильно.

Замечательный июнь

Конечно, всю зиму мы были в ожидании. Посоветовавшись со своими ближайшими помощниками по Западно-Сибирскому отряду Людмилой Мыльниковой и Лилией Кобелевой, мы решили начать раскопки на памятнике сразу, как только развернем лагерь нового сезона 2012, т.е. в конце мая – начале июня.

Так и поступили. Работу на раскопе возглавила к. и. н. Л. Н. Мыльникова, ее помощницей я назначил свою аспирантку Марину Нестерову. На раскопе трудились студенты-практиканты из НГПУ, а при необходимости и опытные археологи, сотрудники Института археологии и этнографии СО РАН.

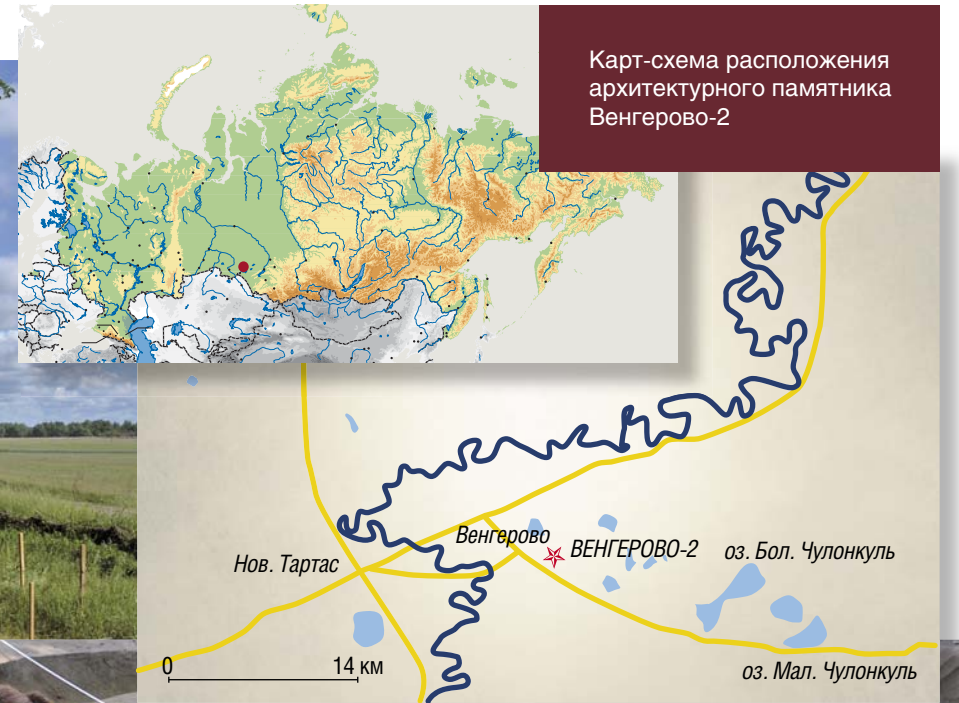


МОЛОДИН Вячеслав Иванович – действительный член РАН, доктор исторических наук, заместитель директора Института археологии и этнографии СО РАН, профессор НГУ, член-корреспондент Германского археологического института, лауреат Международной премии А. П. Карпинского, Государственной премии РФ (2005 г.) Автор и соавтор более 1100 научных работ, в том числе 50 монографий

Ключевые слова: неолитический могильник, Венгерovo-2, скребло, глиняный сосуд, палеогенетика, радиоуглеродный анализ.
Key words: Neolithic burial ground, Vengerovo-2, scraping knife, figuline, paleogenetics, radiocarbon analysis



Разметка будущего раскопа. На поверхности – никаких признаков могильника



Карт-схема расположения архитектурного памятника Венгерovo-2



Самое интересное и самое главное. Девушки расчищают центральное захоронение. Слева направо: к. и. н. Л. Н. Мыльникова, аспирантка М. С. Нестерова, к. и. н. Н. С. Ефремова, аспирантка Ю. Н. Ковыршина



В левой руке
основного
погребенного
зажата
массивная
каменная
пластина



Так выглядит расчищенное захоронение
в центре погребального сооружения

В рамках нашего междисциплинарного проекта с Институтом нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН (руководитель проекта к. г. -м. н. А. К. Манштейн) на месте будущего раскопа провели целенаправленный геофизический мониторинг, который, к сожалению, практически ничего не дал. Мы, впрочем, уже имели возможность убедиться, что геофизические методы не всегда работают на археологических объектах, в этой проблеме еще предстоит разобраться...

Тем не менее раскоп мы заложили, ориентируясь на прошлогоднюю информацию, предполагая наличие специального ровика вокруг захоронений. Предстояло исследовать площадь около 150 м². Раскоп, в общем-то, небольшой, лишь мешало несколько берез, да замедляли дело остатки культурного слоя эпохи бронзы, с которыми тоже приходилось поработать, но прекрасная погода, неиссякаемый энтузиазм участников экспедиции, а также практически полное отсутствие в этом году в Барабе комаров способствовали хорошему темпу раскопок и прекрасному настроению.

И вот, наконец, мы вышли на долгожданный материк, т. е. уровень непо потревоженной человеком почвы, на котором нужно суметь выделить аномалии – конструкции, захоронения, ямы, и т. д., связанные с человеческой деятельностью. Хотя картина, открывшаяся перед

нами, оказалась не очень легко читаемой, все же разобраться в ней было вполне по силам. После тщательной зачистки всей поверхности раскопа стало очевидно, что с ровиком мы не ошиблись. Почти правильным прерывистым кольцом он оконтуривал довольно обширную площадку, практически в самом центре которой (а это мы знали заранее) находилась могила. Ров оказался глубок, а местами он переходил в еще более глубокие ямы. Найденные в его заполнении фрагменты неолитических сосудов и миниатюрных каменных орудий определенно свидетельствовали о хронологии памятника. Ров имел перемычки в северной и южной части, по-видимому, носившие когда-то особый сакральный смысл. Ко всему прочему оказалось, что центральная могила окружена вторым, внутренним ровиком, состоявшим, однако, из глубоких подпрямоугольных ям, весьма напоминавших по форме могилы. Это сложное архитектурное сооружение, возведенное при оформлении неолитического некрополя, было совершенно необычным для столь древней эпохи. По крайней мере, аналогов в Северной Азии я не знаю. Но самое главное ожидало нас впереди.

В центре сакрального пространства, выделенного при помощи округлого рва и ям, располагалось основное захоронение, для которого, собственно говоря, и соору-

жалась вся эта конструкция. В довольно большой по площади могильной яме сидя была похоронена взрослая женщина. Надо сказать, что такая поза покойника встречается в могильниках любых эпох и культур очень редко, но именно для неолитического времени подобные вариации, когда погребенных помещали в могилу, например, стоя, наиболее характерны.

На костях и черепе женщины отчетливо виднелись следы охры – бордово-красной минеральной краски, которой был окрашен труп перед захоронением. В левую руку умершей вложили массивную каменную кремневую пластину, обработанную краевой ретушью – скребло, орудие, которое могло использоваться для обработки шкур, дерева, чистки рыбы и т. д. На теле женщины были найдены еще три массивных каменных скребловидных орудия, выполненных уже на отщепе. Важно, что по своим размерам эти четыре орудия значительно превосходят все известные предметы, относящиеся к западно-сибирскому неолиту. Поражает их архаика. Может быть, это свидетельство особой древности комплекса?

Покойную в иной мир сопровождали еще не менее девяти-десяти человек. Останки пятерых мы уже видели в прошлом году, костяк мужчины, лишенный правой руки и правой части грудной клетки, лежал

чуть в стороне и выше главного захоронения. Кроме того, над основной могилой были обнаружены следы погребальной тризны: глиняный сосуд и острие сло-манного костяного кинжала или крупного наконечника копья рядом с небольшим костерком. Кстати говоря, круглодонный сосуд грушевидной формы, украшенный горизонтальными волнами, – без сомнения, неолитический, но весьма своеобразный.

Вероятно, с тризной связаны и кости ног еще одного человека, полностью сохранились лишь стопы. Наконец, зубы последнего погребенного были обнаружены в засыпке основной могильной ямы.

Гипотезы и факты

Как видите, дорогой читатель, нам повезло фантастически. Исследованный комплекс без всякого преувеличения уникален. И теперь над ним предстоит серьезнейшая работа, которая уже началась.

Прежде всего должен отметить, что в полевых работах приняли самое деятельное участие наши коллеги из Института цитологии и генетики СО РАН. Группа ученых под руководством заместителя директора института д. б. н. В. А. Мордвинова прибыла в отряд, что называется, по первому моему звонку. Мы обсудили стратегию исследований, а как только вышли на расчистку

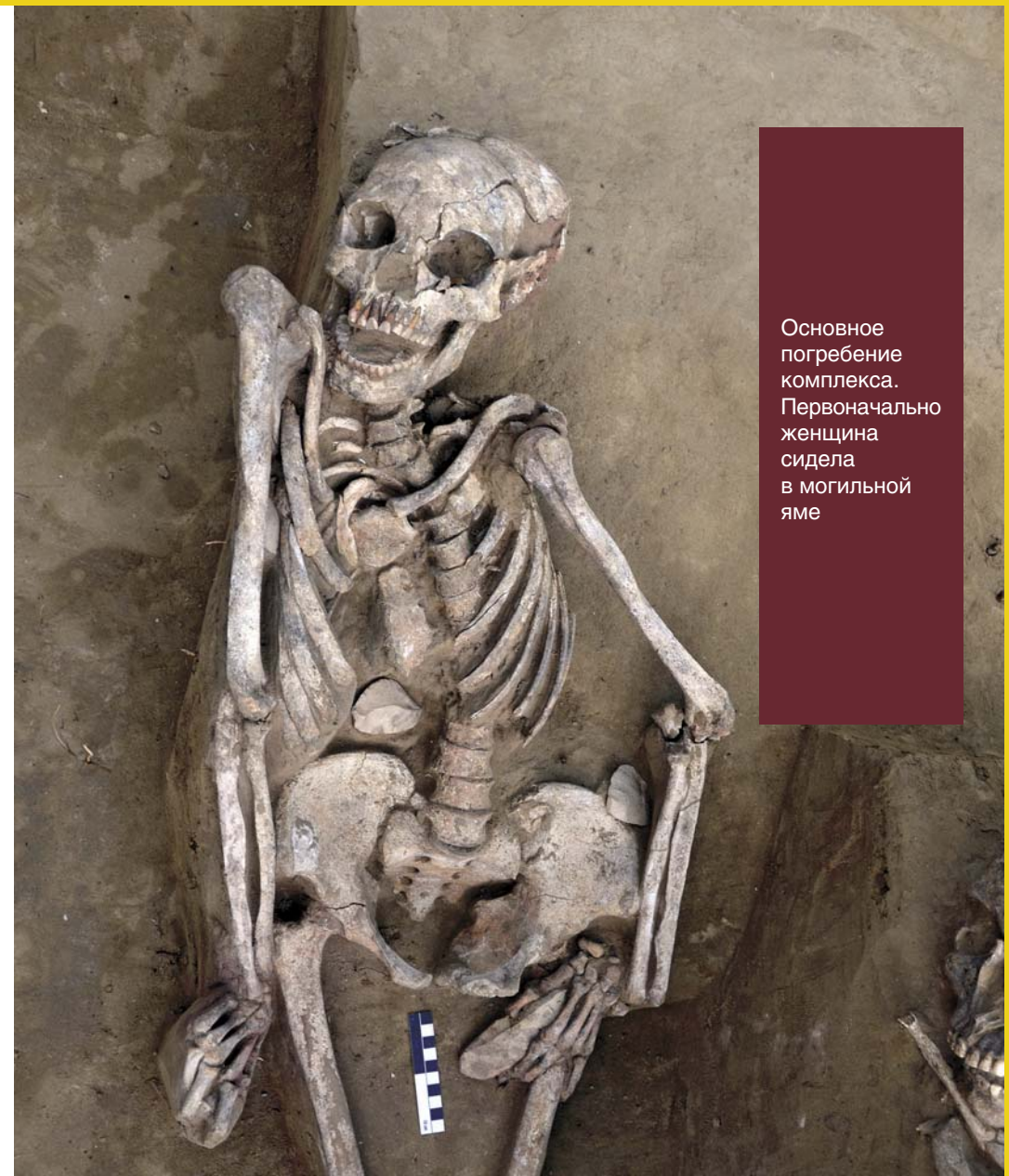


Неолитический комплекс после окончательной расчистки. В центре – основная могильная яма. По периметру ее оконтуривают два ряда

захоронения, к нам присоединился к.б.н. А.С. Пилипенко, занимающийся проблемами палеогенетики. Крайне важно, что пробы для проведения анализов были отобраны Александром прямо на раскопе, что минимизировало их возможное загрязнение. Еще один сотрудник ИЦиГ А.С. Розанов, взял из захоронения микробиологические пробы впервые в условиях нашего региона. Эта работа была продублирована коллегами из ИНГГ д.г.-м.н. А.Ю. Казанским и д.г.-м.н. Г.Г. Матасовой, правда, с несколько иными целями – необходимо понять, почему в отдельных случаях геофизика не готова помочь археологии.



Студентам историкам Государственного педагогического университета тоже повезло. Археологическая практика проходит на интереснейшем памятнике



Основное погребение комплекса. Первоначально женщина сидела в могильной яме

В антропологической лаборатории нашего института за уникальный материал незамедлительно взялся антрополог к.и.н. Д.В. Поздняков. Были отобраны пробы и на радиоуглеродный анализ, который к.г.-м.н. Л.А. Орлова пообещала оперативно выполнить уже в сентябре.

Ну а у нас, археологов, свои проблемы. Необходимо самым тщательным образом обработать и изучить найденный орудийный набор, подобрать ближайшие аналогии, попытаться определить его культурно-хронологическую принадлежность, наконец, интегрировать полученные данные наших коллег-естественников. Однако уже сейчас я рискну предположить, что перед нами – древнейший из известных на сегодня

дняшний день неолитический комплекс в пределах, по крайней мере, западно-сибирской лесостепи. Его возраст, по самым скромным подсчетам, не меньше V тыс. до н.э.

«...за окнами августа»

Но ведь полевой сезон еще не закончен, сейчас, когда я пишу эти строки, он в самом разгаре, а значит... Почему мы думаем, что обнаруженный на древней террасе реки Тартас комплекс, был единственным?! Вдруг мы наткнулись на целый могильник, и другие сооружения необходимо просто хорошенько поискать...

Так что история, может быть, еще только-только начинается!

АЛМАЗНАЯ «ЛАСТОЧКА» МАНЧАРЫ

В июле 2012 г. в Институте геологии алмаза и благородных металлов СО РАН (Якутск) в пробах керн из недавно открытой кимберлитовой трубки «Манчары» был обнаружен первый алмаз. Эта находка позволяет оценить перспективы юга-востока Сибирской платформы как нового алмазоносного района страны

Более четверти века назад сотрудники Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН обнаружили в Центральной Якутии геофизические аномалии трубчатого типа, предположительно кимберлиты. В 2007–2008 гг. в результате поисковых буровых работ, проводимых «Якутскгеологией» в бассейне р. Тамма в 100 км южнее Якутска, была открыта первая кимберлитовая трубка на юго-востоке Сибирской платформы. Ее назвали по имени Басылая Манчары – якутского народного героя, своеобразного сибирского Робина Гуда XIX в. (Смелов, 2009).

Вскоре на реках неподалеку от Якутска был найден пироп – этот минерал является постоянным спутником алмазов. Проведя сравнительный анализ химического состава пиропов из кимберлитов «Манчары» и современных речных отложений, геологи предположили существование здесь целого кимберлитового поля, названного Хомпу-Майским (Зайцев и др., 2010; Смелов и др., 2009, 2010).



Хомпу-Майское кимберлитовое поле, в состав которого входит трубка «Манчары», находится в Центральной Якутии. Добраться сюда можно только зимой с помощью тяжелой техники. Трубка «Манчары» имеет воронкообразную форму, диаметр ее верхней части около 200 м, она перекрыта юрскими отложениями мощностью более 100 м



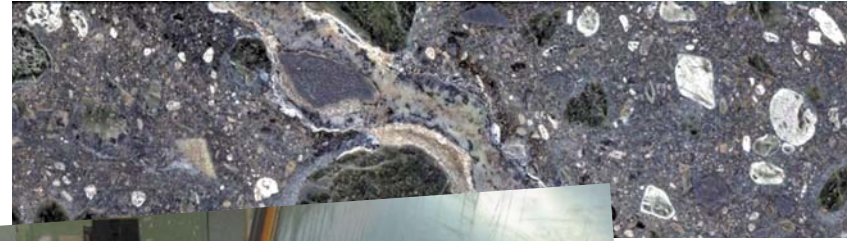
Первый алмаз недавно открытого Хомпу-Майского кимберлитового поля обнаружила при исследовании керн м. н. с. ИГАБМ СО РАН К. Л. Пироговская. Вес этого кристалла (вверху) составляет всего 0,003 карата, но ученые и геологи надеются найти в новом алмазоносном районе и такие крупные кристаллы, как семикаратовый якутский алмаз из фондов института (слева)

Ключевые слова: алмаз, кимберлиты, Сибирская платформа, Манчары.
Key words: diamond, kimberlites, Siberian platform, Manchary

Сотрудниками ИГАБМ были детально описаны петрография и минералогия кимберлитов трубки «Манчары». По содержанию изотопов рубидия и стронция их возраст оценен в 358 млн лет. Геолого-геофизические данные также подтверждали предположение о проявлении на юго-востоке Сибирской платформы *среднепалеозойского кимберлитового магматизма*, с которым в Якутской кимберлитовой провинции связаны все известные промышленные месторождения алмазов. Судя по физико-химическим параметрам образования барофильных (рожденных на больших глубинах при высоких давлениях) минералов из кимберлитов новой трубки, мощность мантийного кила литосферы – части мантии под литосферными щитами, которая не вовлекается в конвективный кругооборот и дрейфует вместе с литосферой, на юго-востоке Сибирской платформы в среднем палеозое достигала 230 км, а этого вполне достаточно для кристаллизации алмазов.

- Находки пиропов в окрестностях г. Якутска
- Юрские отложения (145–200 млн лет)
- Неогеновые отложения (до 23 млн лет)





Кимберлиты «Манчары» представляют собой брекчию – породу из сцементированных обломков, в которой содержатся характерные для кимберлитов минералы, такие как оливин, флогопит и пироп

а

В новой модернизированной линии обогащения кимберлитов не используется оборудование, содержащее технические алмазы:
 а – распиловка керна (инженер В. П. Жуков);
 б – поиск крупных алмазов (с. н. с. А. Д. Павлушин);
 в – ситование кимберлита (аспирант Н. А. Опарин);
 г – поиск мелких алмазов в тяжелой фракции (с. н. с. О. Б. Олейников)

б



в



г

КАК НАЙТИ АЛМАЗ?

Все это говорило о потенциальной алмазности района, поэтому главный геолог АК «АЛРОСА» С. И. Митихин разработал рациональную схему проведения геологоразведочных работ, а Ботуобинская и Арктическая геологоразведочные экспедиции «АЛРОСА» начали геофизические исследования и буровые работы. В ИГАБМ было закуплено новое оборудование для распиловки керна, усовершенствована система ситования и гравитационного обогащения кимберлитов, используемая для поиска алмазов в пробах керна.

Геологам «АЛРОСА» удалось доказать, что Хомпумайское кимберлитовое поле состоит не менее чем из четырех кимберлитовых тел. В первой трубке «Манчары» были дополнительно пробурены две скважины глубиной до 200 м. Но оставался открытым главный вопрос – имеются ли в новых трубках алмазы?

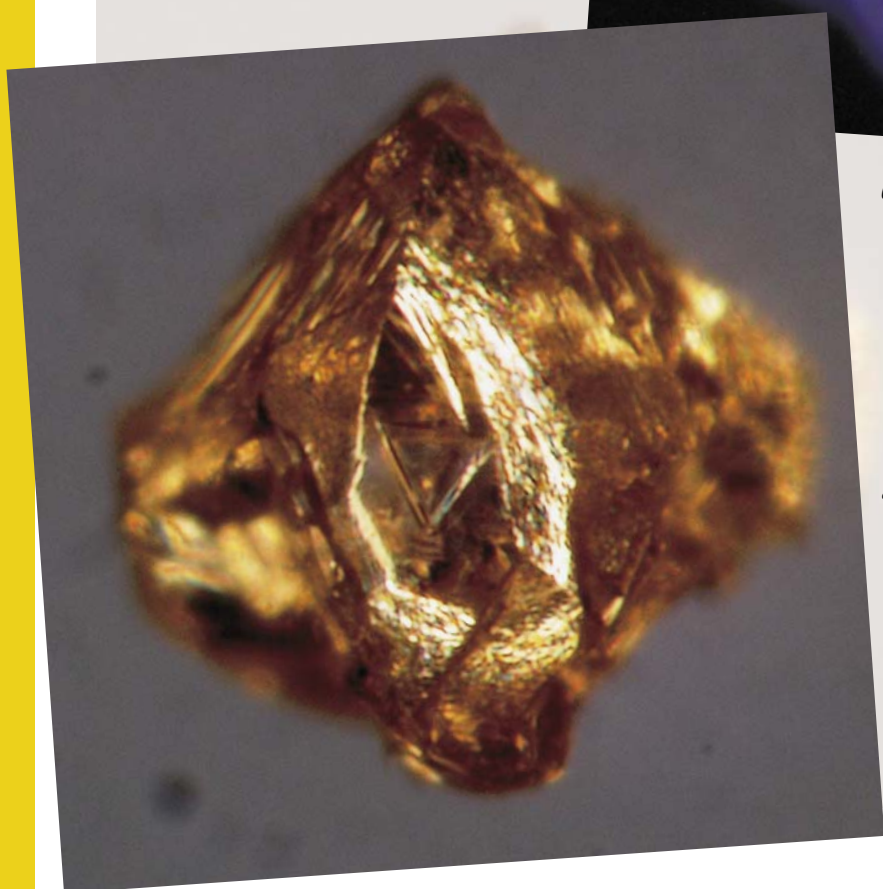
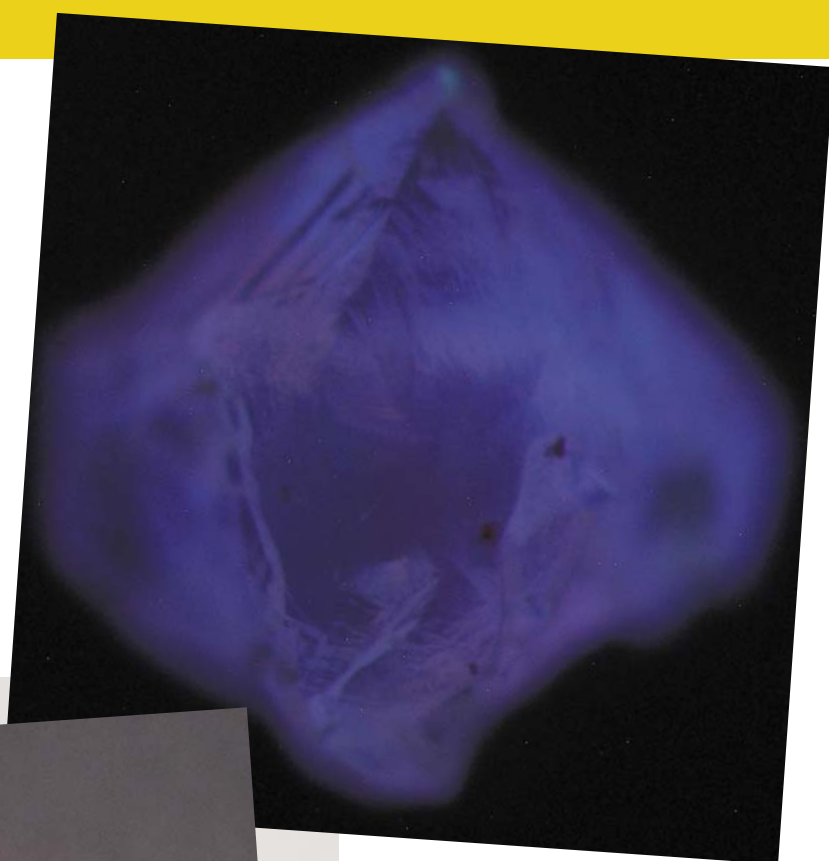
На сегодня в Якутской кимберлитовой провинции известно около 1070 кимберлитовых тел, из которых только 11 % содержат алмазы и лишь 1 % является промышленно алмазоносным. Очевидно, что вероятность содержания алмазов в четырех новых трубках была

Для исследования проб керна из трубок нового Хомпумайского кимберлитового поля в ИГАБМ СО РАН была разработана специальная технологическая линия обогащения кимберлитов, исключая загрязнение алмазами техногенного происхождения.

Обогащение кимберлитов и поиск алмазов – процесс многостадийный и трудоемкий. После распиловки керна часть его используют для минералогического и петрологического исследования, но в основном дробят на кусочки менее 2 см. Крупные алмазы, которые легко обнаружить визуально, встречаются крайне редко. Для поиска более мелких алмазов кимберлит дополнительно дробят и последовательно пропускают сквозь сита с разным размером ячеек. Каждый такой этап заканчивается гравитационным обогащением кимберлита и изучением его тяжелой фракции.

Следующие этапы исследования керна связаны с химической, электромагнитной, электростатической и фотолюминесцентной сепарацией алмазов

Первый алмаз «Манчары» представляет собой частично растворенный обломок октаэдрического кристалла, по форме напоминающий усеченную пирамиду. Основание пирамиды, близкое к квадрату, в поперечнике достигает 0,7 мм, размер вдоль оси пирамиды составляет около 0,4 мм. Вес кристалла – 0,003 карат (0,6 мг). Кристалл прозрачен, со слабым желтым оттенком. Первичная поверхность и механические сколы природного происхождения полностью сглажены в результате процессов природного травления алмаза



В ультрафиолетовом свете кристалл проявляет яркое голубое свечение. Анализ методом ИК-фурье-спектроскопии позволяет отнести его к широко распространенному среди природных алмазов типу IaB. Линии ИК-спектра указывают на присутствие примеси атомов азота, находящегося преимущественно в агрегированном состоянии. Основные черты ИК-спектра поглощения алмаза сходны с ИК-спектрами алмазов из известных кимберлитов Якутской провинции.
а – алмаз в проходящем свете;
б – в ультрафиолетовом свете

очень мала. Однако при скрупулезном ручном просмотре концентратов кимберлитов из «Манчары» сотрудники института К. Л. Пироговской удалось обнаружить кристалл алмаза!

Следует подчеркнуть, что на юго-востоке Сибирской платформы алмазы находили и раньше, впервые – в 1927 г., в отложениях рек, дренирующих кристаллические породы Алдано-Станового щита, когда там были открыты и промышленно разрабатывались золотоносные россыпи. Однако дальнейшие попытки поиска алмазов в этом районе не увенчались успе-

хом. Наиболее достоверными находками того времени признаются пять кристаллов из россыпи золота на р. Джеконда и один – из элювиальных отложений над трубкой «Кайла» мезозойского возраста. Своей округлой формой эти алмазы очень отличаются от плоскогранных октаэдров, обычных для среднепалеозойских кимберлитов Сибирской платформы. Подобные округлые алмазы схожи с алмазами уральского типа и в основном характерны для мезозойских кимберлитов севера Якутской кимберлитовой провинции, в которых, как правило, находят мало алмазов.

Однако первый алмаз из кимберлитов трубки «Манчары» является обломком октаэдрического кристалла. Его находка указывает на потенциальную алмазоносность кимберлитов Хомпу-Майского поля среднепалеозойского возраста, а, как уже упоминалось, именно с такими породами в Якутии связаны промышленные месторождения алмазов.

В ближайшие годы сотрудники ИГАБМ совместно с исследователями из новосибирского Института геологии и минералогии СО РАН и геологами «АЛРОСА» планируют продолжить изучение кимберлитовых тел Хомпу-Майского поля, расширив район поиска в западном направлении в надежде обнаружить новые месторождения алмазов. Есть все основания считать, что первый алмаз «Манчары» станет «первой ласточкой» нового этапа в освоении минеральных богатств якутского региона.

Д. г.-м. н. А. П. Смелов, к. г.-м. н. О. Б. Олейников, к. г.-м. н. А. Д. Павлушин (Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, Якутск), д. г.-м. н. А. В. Толстов (Ботубинская геологоразведочная экспедиция АК «АЛРОСА»)

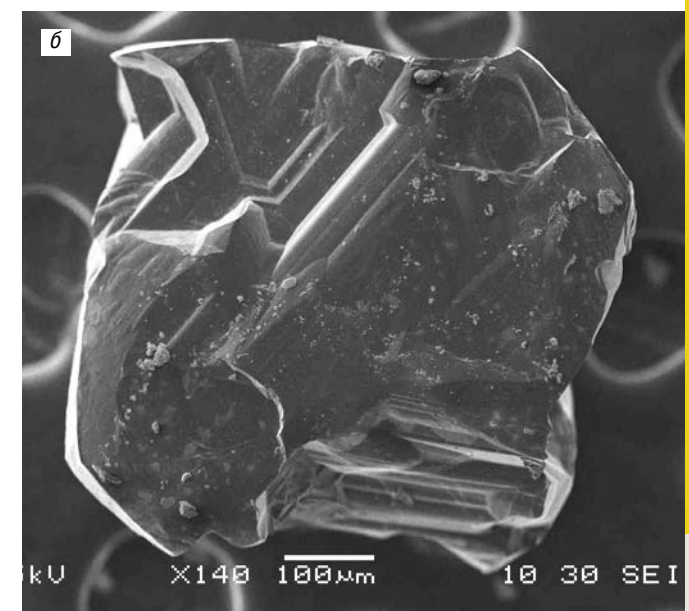
Литература

Зайцев А. И., Смелов А. П., Алтухова З. А. Первые данные по изотопному составу стронция и возрасту кимберлитов трубки Манчары (Центральная Якутия) // Отечественная геология. 2010. № 5. С. 51–60.

Мишин В. М. и др. Новый геофизический подход к минералогическому районированию Сибирской платформы и перспективы алмазоносности Якутского погребенного поднятия // Литосфера. 2011. № 5. С. 30–50.

Смелов А. П. Якутия прирастает кимберлитами // Наука из первых рук. 2009. № 2. С. 12–13.

Смелов А. П. и др. Кимберлиты трубки Манчары. Новое кимберлитовое поле центральной Якутии // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 1. С. 153–159.

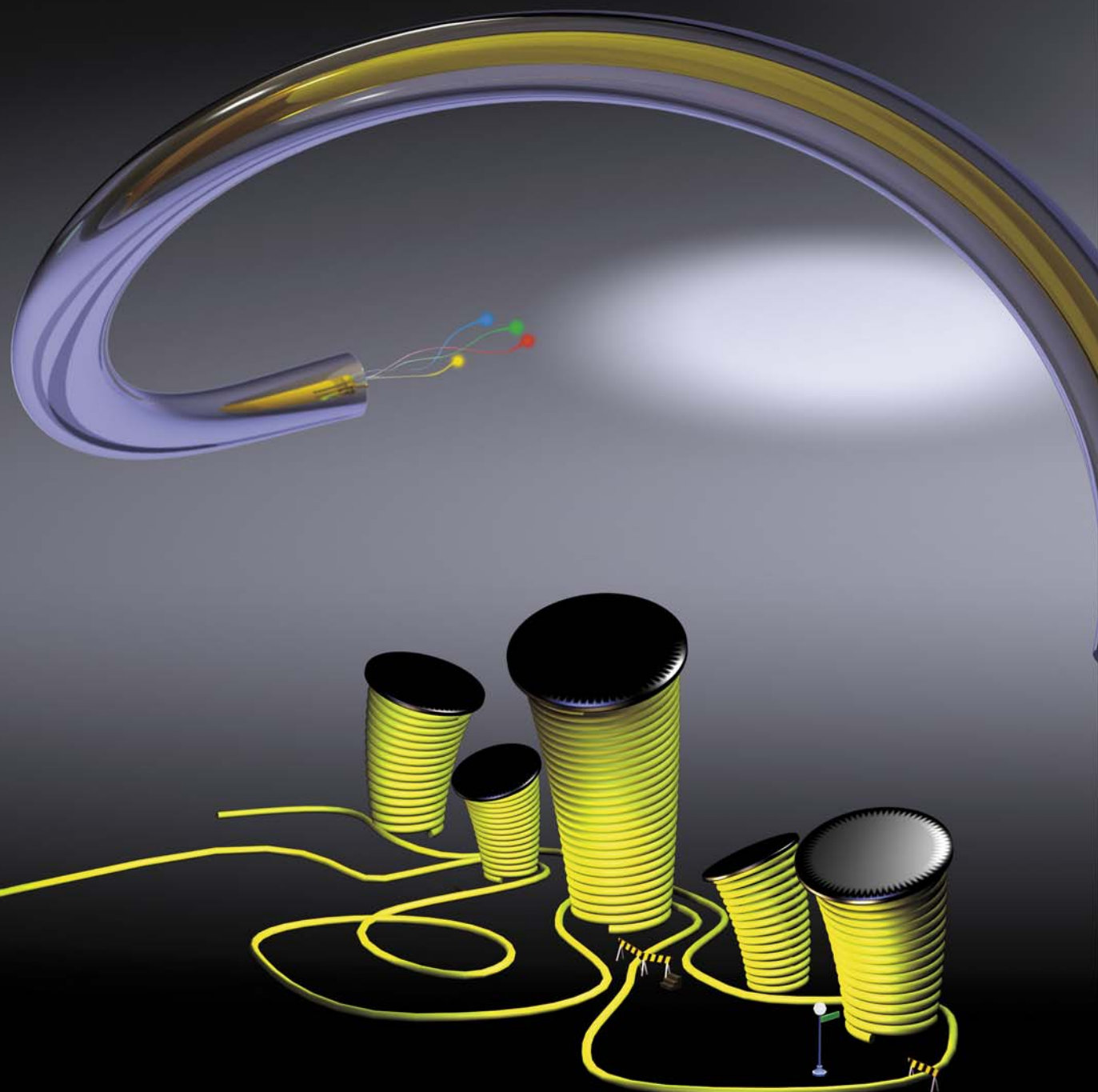


Так выглядит основание октаэдрического кристалла алмаза из кимберлитовой трубки «Манчары»: а – в проходящем свете; б – в обратно-рассеянных лучах. Электронная микроскопия

Авторы благодарят участников Ботубинской и Арктической экспедиций АК «АЛРОСА» за тяжелую работу в условиях суровой якутской зимы, а также младший научный и инженерно-технический персонал ИГАБМ СО РАН за техническую разработку методики обогащения кимберлитов

ЛАЗЕР

С. А. БАБИН



без

ЗЕРКАЛ

В длинном волоконном световоде может возникнуть лазерная генерация света – необходимая для этого положительная обратная связь создается из-за рэлеевского рассеяния генерируемого излучения на неоднородностях волокна. Такой лазер может быть отнесен к классу «случайных» лазеров, активно изучаемых в последнее время. По эффективности и качеству создаваемого пучка света лазер с распределенной случайной обратной связью не уступает лазеру с обычным резонатором, но при этом его излучение обладает рядом уникальных свойств



БАБИН Сергей Алексеевич – член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией волоконной оптики Института автоматики и электрометрии СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор более 200 научных работ и 6 патентов

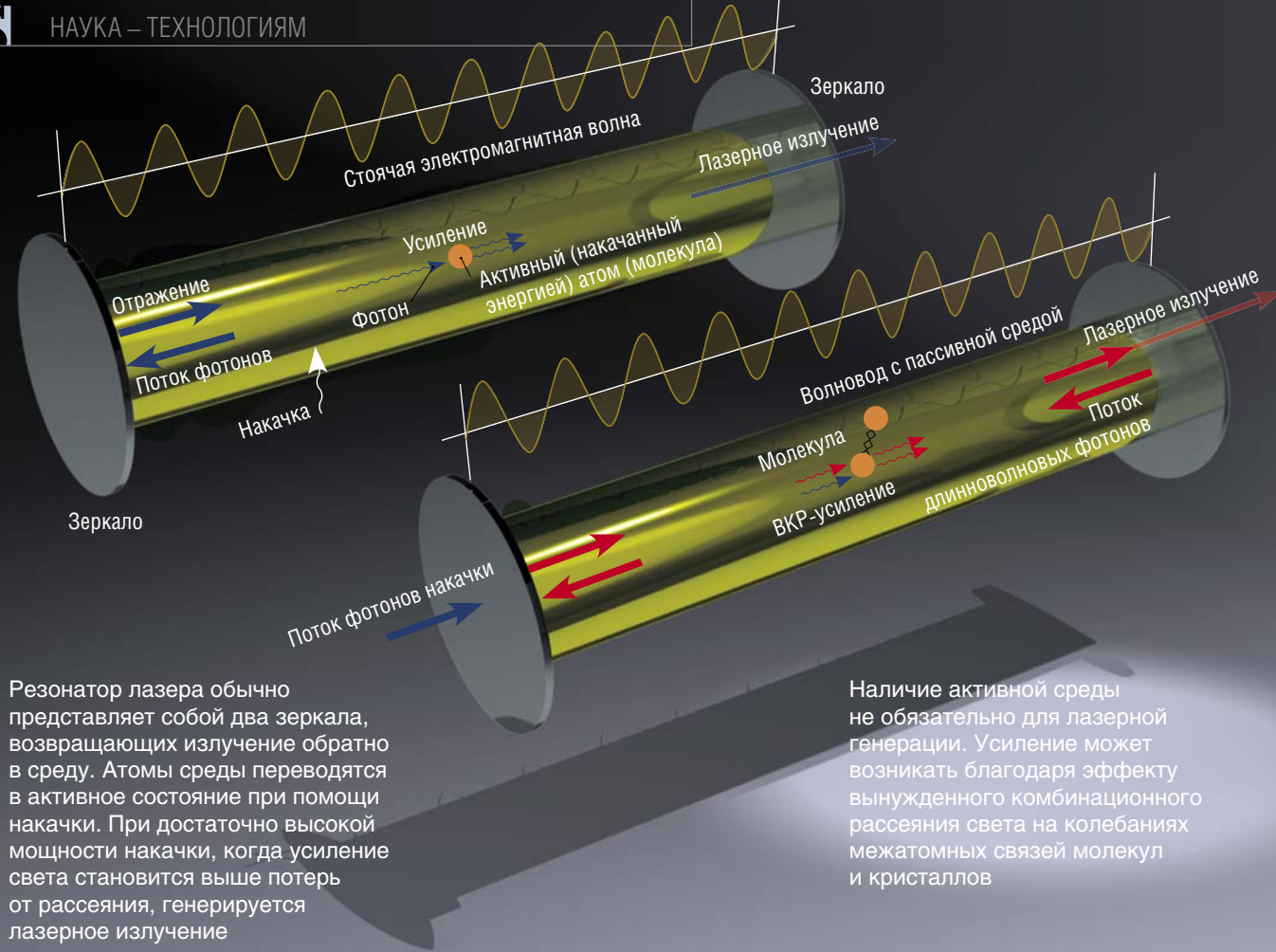
Ключевые слова: лазеры, оптоволокно, рэлеевское рассеяние, вынужденное комбинационное рассеяние.
Key words: laser, optical fiber, Rayleigh scattering, stimulated Raman scattering

Устройство лазера сейчас знает даже школьник. С лазерами мы сталкиваемся практически на каждом шагу – в магазинах при сканировании штрих-кодов, при воспроизведении и чтении компакт-дисков, при печати на лазерных принтерах. Широко используются лазеры и в промышленности – для резки, сварки и пайки деталей из различных материалов.

Известно, что для лазерной генерации нужна активная среда, атомы которой переведены в возбужденное состояние с помощью накачки, и резонатор, который позволяет генерировать когерентное излучение. Среда может быть разными – газы и плазма, жидкости и твердые тела (полупроводники, кристаллы и стекла). Возбуждение атомов активной среды в основном осуществляется электрическим током или светом, получаемым от ламп или светодиодов, – в этом случае говорят об оптической накачке.

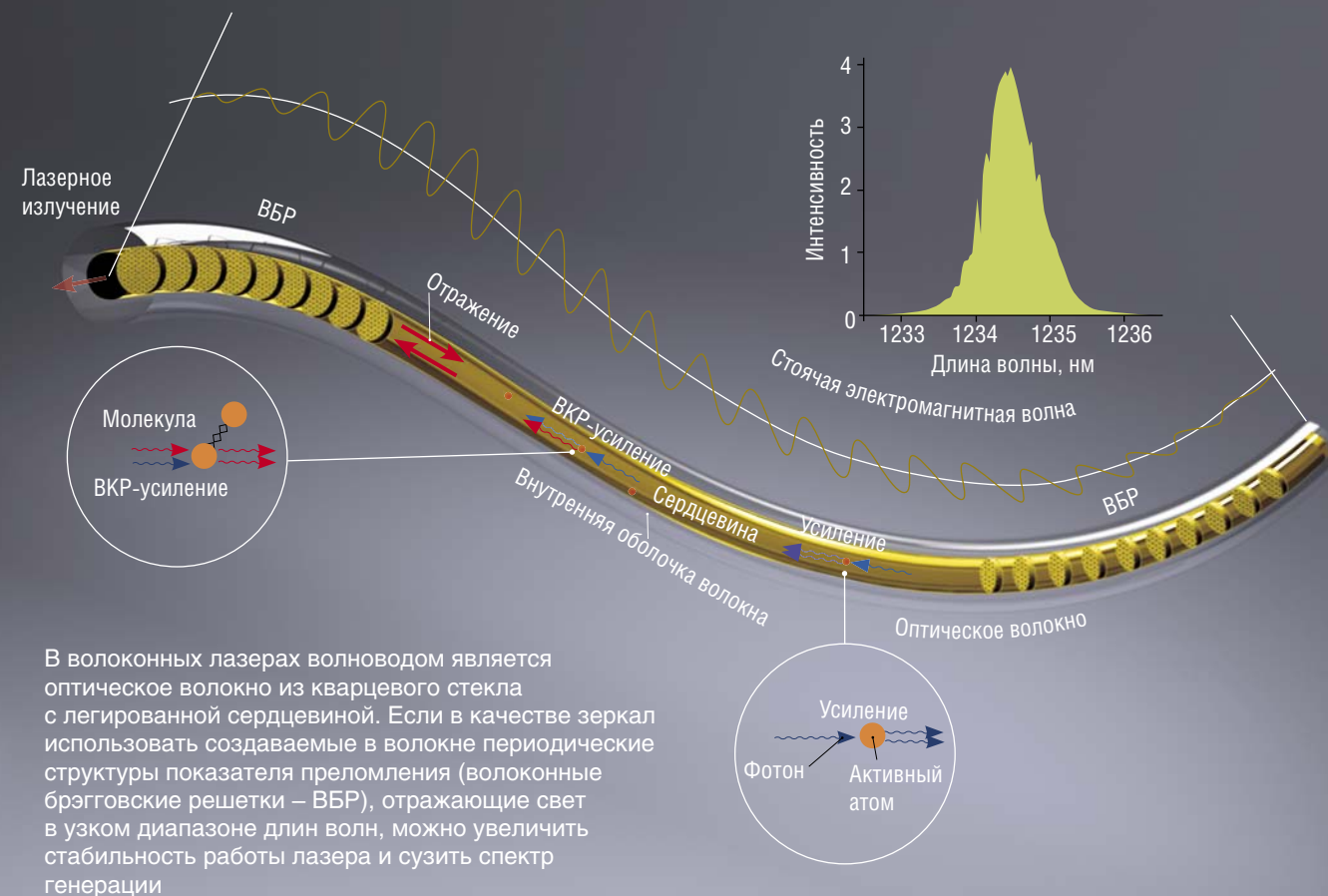
Резонатор обычно состоит из двух зеркал, установленных параллельно друг другу. Зеркала отражают свет назад в активную среду, и если его усиление за счет вынужденного излучения возбужденными атомами превышает потери, то возникает генерация и мощность излучения резко возрастает. Однако мощность не может расти до бесконечности и стабилизируется на уровне, определяемом эффектом насыщения усиления – усиление в стационарном режиме становится равным потерям в резонаторе.

Резонатор и сам лазер не могут быть очень длинными, так как пучок света при распространении расширяется из-за дифракции. Чем меньше размер пучка, тем сильнее его расходимость и, соответственно, больше потери на зеркалах. Чтобы устранить дифракционные потери при расхождении пучка, можно использовать полностью закрытый резонатор, разместив в промежутке между зеркалами волновод. В качестве волновода может выступать, например, волоконный световод. В последнее время лазеры на основе оптоволокна получили широкое распространение.



Резонатор лазера обычно представляет собой два зеркала, возвращающих излучение обратно в среду. Атомы среды переводятся в активное состояние при помощи накачки. При достаточно высокой мощности накачки, когда усиление света становится выше потерь от рассеяния, генерируется лазерное излучение

Наличие активной среды не обязательно для лазерной генерации. Усиление может возникать благодаря эффекту вынужденного комбинационного рассеяния света на колебаниях межатомных связей молекул и кристаллов



В волоконных лазерах волноводом является оптическое волокно из кварцевого стекла с легированной сердцевиной. Если в качестве зеркал использовать создаваемые в волокне периодические структуры показателя преломления (волоконные брэгговские решетки – ВБР), отражающие свет в узком диапазоне длин волн, можно увеличить стабильность работы лазера и сузить спектр генерации

Оптоволоконная революция

Как же устроен волоконный световод? Его сердцевина изготовлена из легированного кварцевого стекла и имеет повышенный показатель преломления. Диаметр сердцевины составляет около 10 мкм, диаметр внешней стеклянной оболочки порядка 100 мкм. Внешняя оболочка покрывается пластиком. В таком волноводе свет распространяется практически без потерь. Незначительные потери возникают из-за рэлеевского рассеяния на субмикронных неоднородностях показателя преломления, которые всегда есть в стекле. Коэффициент потерь уменьшается с ростом длины волны: минимум потерь в пассивных волокнах, используемых в телекоммуникациях, достигается вблизи ~1,55 мкм (инфракрасное излучение) и составляет около 5 % исходной мощности на километр волокна.

Другим важным свойством волоконных световодов является фоточувствительность: если облучать сердцевину волокна ультрафиолетовым излучением, можно локально изменить показатель преломления. Периодические изменения интенсивности, полученные например, при помощи интерференции двух пучков

ультрафиолета, позволяют сформировать в сердцевине световолокна периодическую структуру – так называемую *волоконную брэгговскую решетку* (ВБР), которая отражает свет с определенной длиной волны за счет конструктивной интерференции дифрагирующих пучков. Коэффициент отражения такой решетки может превышать 99 %. Брэгговскую решетку можно использовать в качестве узкополосных внутриволоконных лазерных зеркал, при этом они выдерживают большую мощность и «живут» много лет.

РЭЛЕЕВСКОЕ РАССЕЯНИЕ

Рассеяние света без изменения длины волны и, соответственно, практически без потерь, называемое также упругим рассеянием, на частицах, неоднородностях или других объектах, размеры которых меньше длины волны. В частности, именно рэлеевским рассеянием обусловлен голубой цвет неба – синяя часть спектра рассеивается молекулами, входящими в состав воздуха, наиболее эффективно

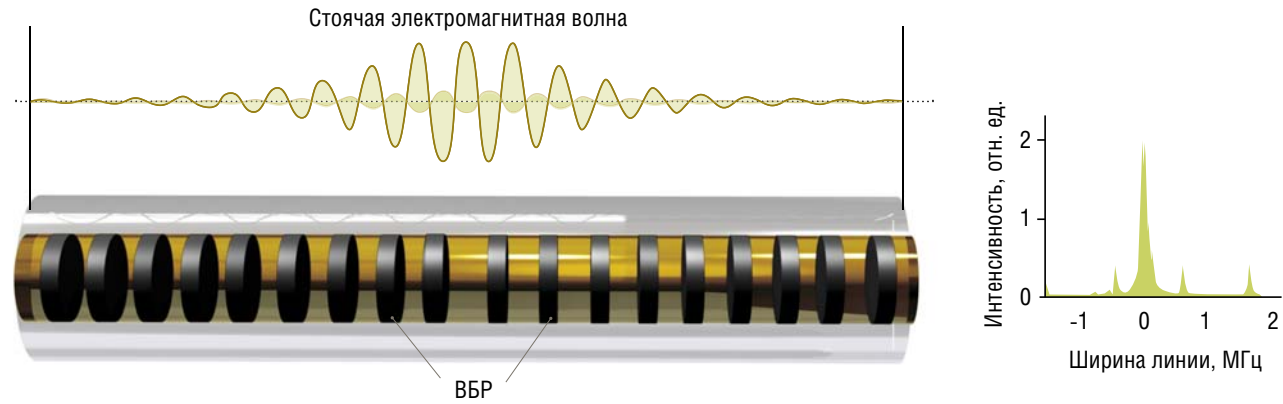
Простейший вариант волоконного лазера представляет собой отрезок волоконного световода с сердцевиной, легированной ионами редкоземельных элементов (иттербий, эрбий и др.), на концах которого сформированы брэгговские решетки. Некогерентное излучение лазерного диода накачки заводится в волокно через ответвитель и переводит ионы редкоземельной примеси в возбужденное состояние, создавая таким образом усиливающую среду. Волоконные брэгговские решетки, отражающие свет на резонансной частоте, формируют резонатор лазера непосредственно в волоконном световоде. Реализация полностью волоконной схемы привела к революции в лазерной технике – такой лазер не требует юстировки зеркал, обладает высокой эффективностью и стабильностью генерации при высоком качестве пучка. В последнее десятилетие волоконные лазеры активно развивались в технологическом плане и получили широкое распространение на практике, в первую очередь в оптической связи и обработке материалов.

Лазер длиной в 300 км

Наиболее яркие достижения лаборатории волоконных лазеров Института автоматики и электрометрии СО РАН касаются изучения двух предельных случаев: очень коротких и очень длинных волоконных лазеров. Если в активном волокне длиной всего несколько сантиметров сформировать брэгговскую решетку, то мы получим лазер с распределенной обратной связью (так называемый РОС-лазер). В нем достигается очень устойчивая и эффективная генерация излучения одной определенной длины волны.

Обратная ситуация рассматривалась по схеме лазера на основе пассивного одномодового волокна, усиление в котором достигается за счет эффекта *вынужденного комбинационного рассеяния* (ВКР) при распространении по волокну излучения накачки.

В такой схеме можно получить распределенное усиление на большой длине оптоволоконка, а с помощью брэгговских решеток, отражающих излучение на его концах, создать линейный резонатор.



РОС-лазер – самый короткий волоконный лазер, в котором пару волоконных брэгговских решеток (ВБР) формируют в активном световоде так, чтобы расстояние между ними оказалось равным половине периода. В этом случае отражение (как и усиление) происходит не только на торцах, а практически в любой точке, т.е. распределено по длине волокна. Лазер с распределенной обратной связью (РОС) генерирует очень устойчивый монохроматический свет: ширина линии такого лазера меньше 100 кГц, а с автоподстройкой частоты – менее 1 кГц. По: (Никулин и др, 2009)

До каких же пределов возможно увеличение длины волоконного лазера? Работа начиналась с реализации лазеров с длиной резонатора единицы, а затем десятки километров (Babin, 2008). В 2009 г. совместно с коллегами из британского университета Астон был достигнут предел удлинения линейного резонатора – 270 км (Turitsyn *et al.*, 2009). Оказалось, что между отражающими волоконными брэгговскими решетками, разнесенными на такое большое расстояние, все еще формируется стоячая электромагнитная волна с четко выраженными спектральными линиями (модами), что само по себе удивительно. Поразительно, но и при дальнейшем увеличении длины, до 300 км и более, лазер тоже работает, правда, в «безмодовом» режиме.

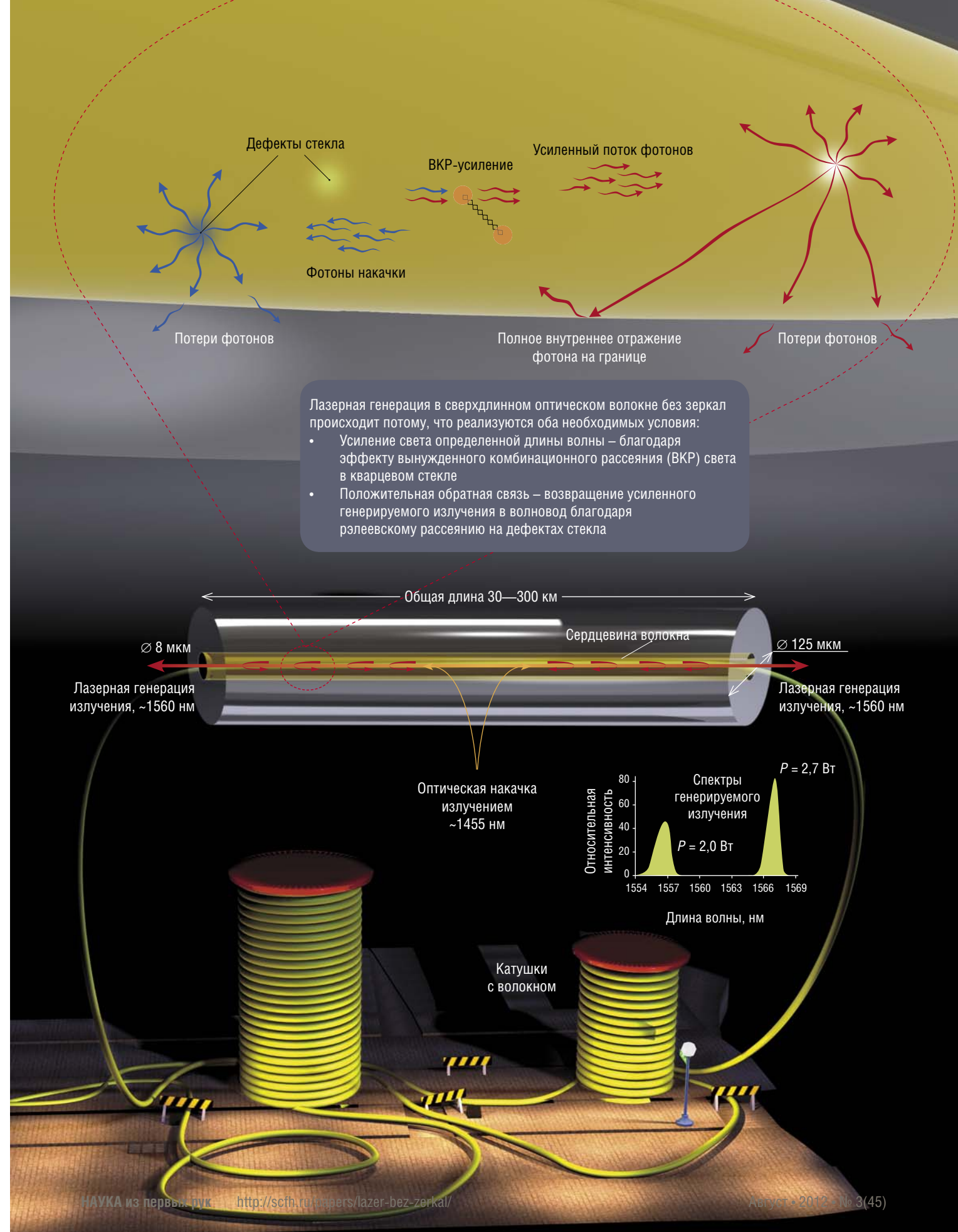
Было высказано предположение, что к генерации в этом случае приводит рэлеевское рассеяние на субмикронных неоднородностях показателя преломления – то самое, что определяет синий цвет неба над головой. Хотя такое рассеяние происходит во все стороны, часть излучения, рассеянного назад, попадает обратно в световод и распространяется во встречном направлении. Суммарный эффект рэлеевского отражения достаточно мал, на уровне 0,1 %, но если в волокне создать распределенное усиление, например за счет вынужденного комбинационного рассеяния, усиленное рассеянное излучение может быть достаточным для возникновения генерации.

ВЫНУЖДЕННОЕ КОМБИНАЦИОННОЕ РАССЕЯНИЕ (ВКР)

При взаимодействии фотона с молекулой может произойти поглощение энергии. При этом молекула возбуждается – возбуждаются ее внутренние колебания, а фотон теряет часть энергии. В результате частота рассеянного света становится меньше, чем у исходного. Такой процесс называют комбинационным рассеянием. Если интенсивность падающего света велика, то рассеянное какой-либо молекулой излучение вследствие квантовых эффектов усиливает процесс рассеяния падающей волны другими молекулами. Это явление называют «вынужденное комбинационное рассеяние» (ВКР), а в англоязычной литературе – эффект Рамана. Применение зеркал-резонаторов, отражающих рассеянную волну позволяет многократно увеличить этот эффект и получить когерентный пучок излучения

Самоорганизация лазерной генерации

Для проверки гипотезы был выполнен специальный эксперимент, в котором в волокне длиной 84 км создавалось распределенное ВКР-усиление и были приняты меры по устранению паразитных отражений от торцов и соединений волокна. Оказалось, что при превышении некоторого порога по мощности накачки с двух концов волокна наблюдается стационарная лазерная генерация. Поскольку в кварцевом стекле линия вынужденного комбинационного рассеяния имеет два локальных максимума, в генерации наблюдаются либо две линии, 1557 и 1567 нм, либо одна из них – в зависимости от мощности накачки. Эффективность генерации в такой системе сравнима с эффективностью обычных ВКР-лазеров. При этом было доказано, что эффект возникает благодаря случайной распределенной обратной связи (СРОС), возникающей из-за рэлеевского рассеяния.



Лазерная генерация в сверхдлинном оптическом волокне без зеркал происходит потому, что реализуются оба необходимых условия:

- Усиление света определенной длины волны – благодаря эффекту вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР) света в кварцевом стекле
- Положительная обратная связь – возвращение усиленного генерируемого излучения в волновод благодаря рэлеевскому рассеянию на дефектах стекла



Установка для изучения волоконных лазеров Института автоматки и электротметрии СО РАН

Такой СРОС-лазер можно представить в виде слабоотражающей брэгговской решетки показателя преломления со случайной амплитудой и случайным расстоянием между узлами в длинной слабоусиливающей среде. Удивительно, но при этом ширина и форма генерируемого спектра примерно соответствует спектру обычных волоконных лазеров с узкополосными зеркалами, т. е. ВБР.

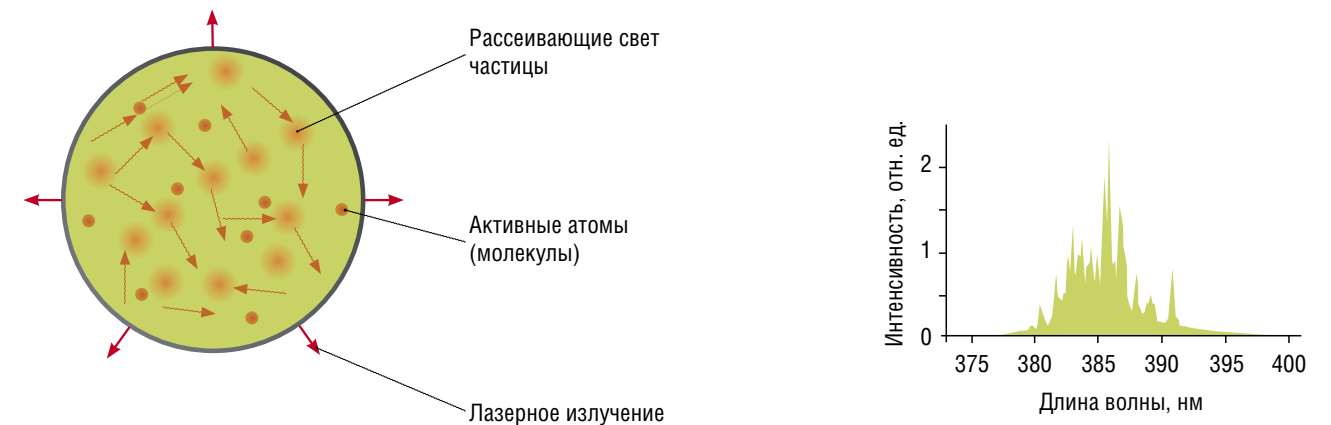
Отметим еще одну важную особенность СРОС-лазера: генерируемое в определенном месте волокна лазерное излучение локально истощает энергию излучения накачки, и это создает еще одну обратную связь. Такая связь принципиально меняет механизм генерации: открытый в продольном направлении случайный распределенный резонатор становится адаптивным и самоорганизующимся, что влияет на условия насыщения генерации, конкуренцию разных частотных компонент и, как следствие, на форму спектра и статистические свойства излучения. Эти вопросы фундаментального характера сейчас активно изучаются – после публикации наших результатов в 2010 г. (Turitsyn et al., 2010) этой проблемой занялось еще несколько групп (см., напр. (Andreasen, 2011)), и уже можно говорить о том, что научное сообщество признало предложенную схему новым типом лазерной генерации.

Из хаоса возникает порядок

Идеологически эта проблема близка активно развивающейся в последнее время концепции «случайных» лазеров (*random lasers*) – генерации в разупорядоченных усиливающих средах, таких как порошки лазерных кристаллов или полупроводников, суспензии лазерных красителей с рассеивающими наночастицами и др.

Впервые концепция была сформулирована в работе В. Г. Летохова (1967). В отличие от обычных лазеров, где свойства генерируемого излучения (спектр и форма выходного пучка) определяются резонатором, в «случайных» лазерах оптического резонатора в привычном понимании нет – их характеристики определяются процессами многократного рассеяния в разупорядоченной усиливающей среде. «Случайные» лазеры обладают предельно простой конструкцией, но обычно излучают в импульсном режиме, имеют сложный случайный спектр генерации и нестационарную направленность пучка.

Одним из способов улучшения их характеристик является переход к меньшей размерности. Было показано, что одномерные случайные среды: набор пластин случайной толщины или суспензия красителя с наночастицами в полном световоде (de Matos, 2007) – позволяют



Конструкция «случайного» лазера предельно проста: конгломерат из порошка лазерных кристаллов или суспензии лазерных красителей при оптической накачке превращается в «случайный» лазер. Их основная проблема – излучение в неперiodическом импульсном режиме, случайный спектр генерации в широком диапазоне длин волн и сложное неравномерное распределение направленности пучка

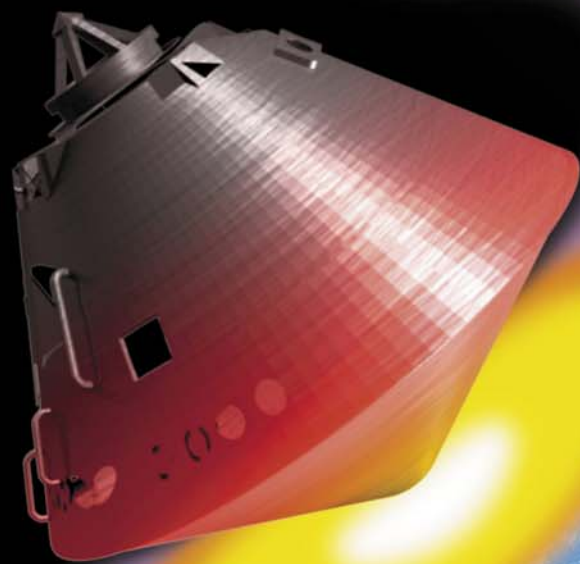
формировать направленный пучок, как в обычных лазерах, однако временные и спектральные характеристики в таком случае хуже.

В этом смысле созданный волоконный лазер со случайной распределенной обратной связью (СРОС) можно рассматривать как одномерный случайный лазер. При этом он отличается от объемных «случайных» лазеров узким спектром, высокой стабильностью и высоким качеством спектральных характеристик пучка, определяющимися волноводными свойствами оптоволокна. А в отличие от обычных волоконных лазеров с регулярными (точечными и распределенными) отражателями рэлеевские СРОС-лазеры генерируют «безмодовое» излучение, не имеют принципиальных ограничений по длине, могут достаточно просто перестраиваться по частоте и генерировать на многих линиях в разных спектральных диапазонах.

Уникальные свойства волоконных рэлеевских СРОС-лазеров открывают новый класс лазерных источников, которые могут найти применение как в фундаментальных и прикладных научных исследованиях, так и на практике, особенно в сверхдальней оптической связи и распределенных сенсорных системах. Благодаря лазерной генерации в оптоволоконной линии связи, которая служит накачкой ВКР-усилителя, распределенного вдоль всей линии, информационный сигнал может передаваться почти без потерь (*quasi-lossless transmission*) в широкой полосе. На этой основе возможно создание принципиально новой системы высокоскоростной передачи информации на большие расстояния без промежуточных усилителей.

Литература
 Басов Н. Г., Афанасьев Ю. В. *Световое чудо века*. М.: Педагогика, 1984.
 Летохов В. С. Генерация света рассеивающей средой с отрицательным резонансным поглощением // *ЖЭТФ*. 1967. Т. 53. С. 1442–1444.
 Никулин М. А., Бабин С. А., Дмитриев А. К. и др. Импульсивный волоконный лазер с распределенной обратной связью с низким уровнем частотных шумов // *Квант. электроника*. 2009. Т. 39. № 10. С. 906–910.
 Andreasen J., Cao H. Spectral behavior of partially pumped weakly scattering random lasers // *Opt. Express*. 2011. V. 19. № 4. P. 3418–3433.
 Babin S. A., Karalekas V., Podivilov E. V. et al. Turbulent broadening of optical spectra in ultralong Raman fiber lasers // *Phys. Rev. A*. 2008. V. 77. № 3, 033803.
 de Matos C. J. S., Menezes L. S., Brito-Silva A. M. et al. Random Fiber Laser // *Phys. Rev. Lett.* 2007. V. 99, 153903.
 El-Taher A. E., Harper P., Babin S. A. et al. Effect of Rayleigh-scattering distributed feedback on multiwavelength Raman fiber laser generation // *Optics Letters*. 2011. V. 36. № 2. P. 130–132.
 Turitsyn S. K., Ania-Castañón J. D., Babin S. A. et al. 270-km ultralong Raman fiber laser // *Phys. Rev. Lett.* 2009. V. 103, 133901.
 Turitsyn S. K., Babin S. A., El-Taher A. E. et al. Random distributed feedback fibre laser // *Nature Photonics*. 2010. V. 4.

ВИРТУАЛЬНЫЙ ПАРАШЮТ: от фантастики к реальности



Возвращающиеся на Землю космические аппараты при входе в атмосферу испытывают колоссальные тепловые нагрузки. Решением этой проблемы может служить торможение корабля при помощи так называемого магнитогидродинамического парашюта, идея которого была теоретически обоснована московскими физиками. Их новосибирские коллеги провели серию экспериментов, результаты которых наглядно продемонстрировали, как этот виртуальный парашют раскрывается в воздушном потоке под действием электромагнитных сил, что приводит к эффективному снижению скорости

Вот уже более полувека прошло с тех пор, как человек впервые покорил космос. Работа людей на орбите уже никого не удивляет. Времена, когда чуть ли не каждый ребенок мечтал стать космонавтом, прошли. Теперь многим из нас околоземные полеты представляются хорошо отлаженным процессом, а после просмотра зрелищных фантастических фильмов – так и вообще обыденным делом. В действительности осуществление космических полетов и сегодня связано с решением сложнейших инженерных и научных задач. Это касается не только вывода корабля на орбиту, но и доставки экипажа и оборудования обратно на Землю.

Одна из главных опасностей состоит в том, что спускаемый аппарат испытывает колоссальные тепловые нагрузки при входе в плотные слои атмосферы. В разреженном воздухе аппарат не успевает достаточно затормозиться, поэтому входит в плотную атмосферу на огромной скорости – несколько тысяч километров в час. Перед аппаратом происходит сильное сжатие воздуха, сопровождающееся его разогревом до нескольких тысяч градусов за ударной волной – границей резкого скачка плотности газа. Чтобы противостоять возникающим при этом тепловым потокам, посадочный модуль окружают толстыми слоями термической защиты из высокотехнологичных термостойких материалов. По мере снижения скорости аппарата до безопасной эта защита сгорает.

Проблемы торможения летательных аппаратов в разреженной атмосфере волновали инженеров, конструкторов и исследователей со времен создания первых космических кораблей (Петров, 1960). Большинство из предложенных способов снижения скорости основано на увеличении площади поперечного сечения аппарата – это приводит к росту его лобового сопротивления. Но при низких плотностях воздуха механические способы торможения оказываются малоэффективными. Одно из перспективных решений задачи торможения корабля в атмосфере связано с магнитной газодинамикой гиперзвуковых течений.

Ключевые слова: управление потоком, магнитогидродинамика, гиперзвуковой поток воздуха, МГД-парашют.

Key words: flow control, magnetohydrodynamics, hypersonic air flow, MHD-parachute



ЯДРЕНКИН Михаил Андреевич – аспирант Института теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор около 20 научных публикаций

Магнит удерживает плазму...

Исследователи из Объединенного института высоких температур РАН (Москва) предложили способ бесконтактного увеличения лобового сопротивления летательного аппарата с помощью магнитогазодинамического (МГД) воздействия на плазму вокруг корабля (Bityrin *et al.*, 2005). Плазма образуется по причине термической ионизации газа, поскольку набегающий с гиперзвуковой скоростью на аппарат воздух за ударной волной сильно уплотняется, что приводит к его разогреву до высоких температур.



Сильное сжатие воздуха за ударной волной от летящего с космической скоростью корабля приводит к мощному разогреву и термической ионизации окружающего аппарата газа

В отличие от обычного воздуха плазма обладает электропроводностью. А, как известно, в любой проводящей среде, движущейся сквозь магнитное поле, возникает наведенный электрический ток – это явление электромагнитной индукции. При этом на проводник с индуцированным таким образом током будет действовать сила, противоположная направлению движения проводника. Следовательно, эта сила будет противодействовать потоку плазмы, замедляя его.

Если таким способом затормозить плазму у поверхности летательного аппарата, то из нее сформируется виртуальное тело, движущееся с ним как единое целое. При этом должен увеличиться коэффициент лобового сопротивления корабля даже в разреженном воздухе, так что по достижении спускаемым аппаратом более плотных слоев атмосферы скорость уже будет снижена до уровня, обеспечивающего приемлемые тепловые нагрузки.

Примечательно, что концепция МГД-парашюта подразумевает полное отсутствие механических элементов, выдвигающихся в набегающий поток. В экономичном объеме (например, над и под крылом) можно расположить устройства, создающие магнитное поле.

Чтобы количественно оценить полезный эффект, производимый МГД-парашютом, авторы идеи рассмотрели простую модель тормозящегося тела – в виде пластины с округлыми краями. Математическое моделирование поведения частиц ионизированного газа в потоке воздуха показало, что в сильном магнитном поле форма

ударной волны значительно изменяется (косой скачок уплотнения трансформируется в отошедший прямой). Это происходит из-за того, что газ обтекает всю область МГД-взаимодействия, представляющую собой виртуальный затупленный объект много большего размера, чем реальное физическое тело. Интересно отметить, что в достаточно сильных полях ни форма тела, ни угол атаки (угол между направлением потока и продольной осью тела) не играют особой роли, т. е. эффективность торможения определяется только объемом зоны МГД-взаимодействия, которая в этом случае полностью охватывает тело.

**ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ:
ПРАВИЛА ПРАВОЙ И ЛЕВОЙ РУКИ**

На проводник с электрическим током в магнитном поле действует поперечная сила, направление которой указывает большой палец правой руки.

Когда проводник движется поперечно в магнитном поле, то в проводнике наводится электрический ток, направление которого определяет указательный палец левой руки.

Эти явления используются для преобразования электрической энергии в механическую (в электродвигателях) и обратно (в электрогенераторах)

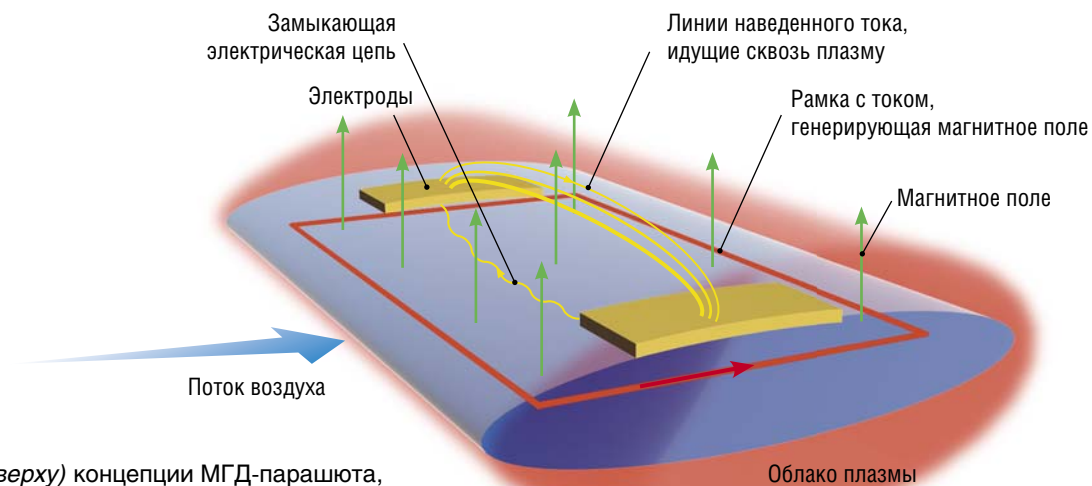
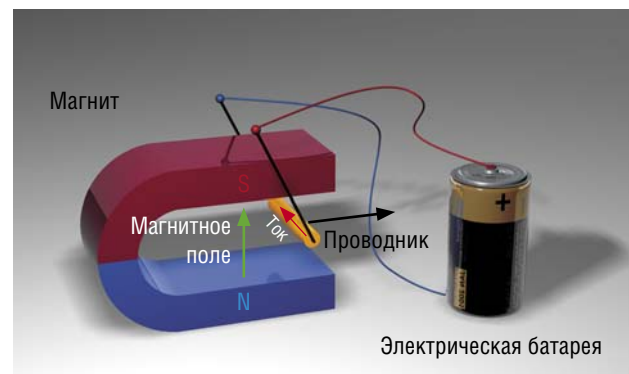
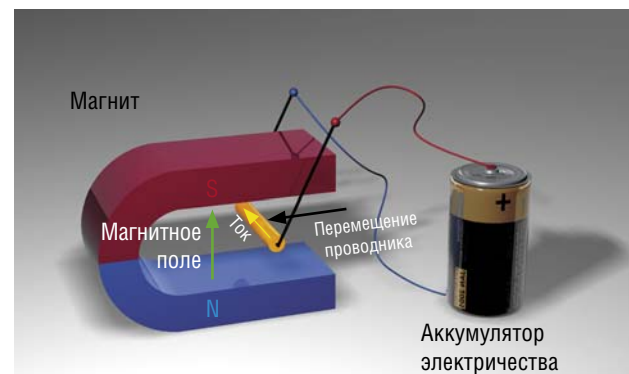
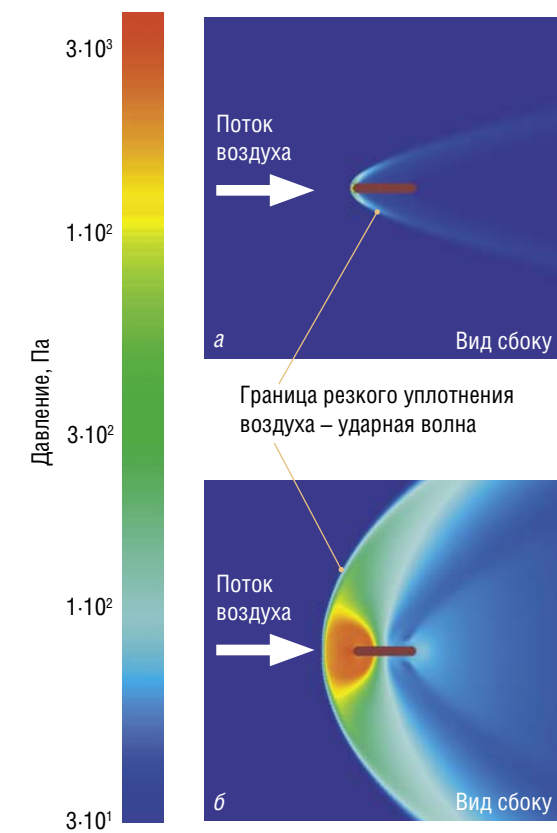


Схема (вверху) концепции МГД-парашюта, предложенной в Объединенном институте высоких температур РАН (Москва): поток плазмы (ионизованного воздуха) в сильном магнитном поле, специально генерируемом вокруг летящего тела, индуцирует поперечный электрический ток в плазме, который замыкается в электрической цепи между двумя выходящими на поверхность аппарата электродами. В этой области набегающему потоку плазмы противодействует электромагнитная сила, которая тормозит его, а при большой мощности поля даже удерживает возле модели. Математическое моделирование показало, что в отличие от обычного режима обтекания (а) при включении магнитного поля вокруг аппарата из плазмы формируется округлое виртуальное тело большого размера (б), движущееся неотрывно от аппарата и таким образом увеличивающее его сопротивление потоку воздуха подобно раскрытому парашюту. По: (Bityurin et al., 2005)



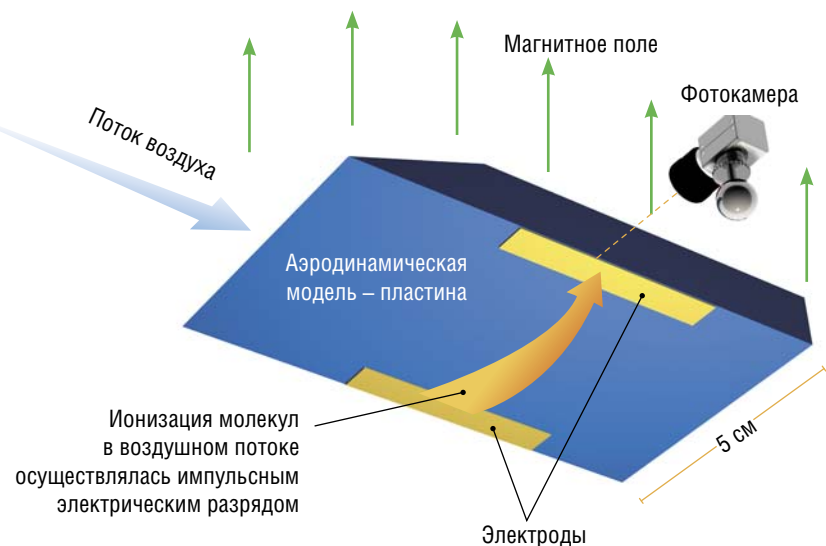
...и отталкивает ударную волну

На самом деле происходящие МГД-процессы в плазме намного сложнее, чем изложено выше, и далеко не все моменты взаимодействия полей и потоков понятны и легко объяснимы. Всегда есть сомнение – подтвердятся ли на практике результат математического моделирования? Это можно выяснить лишь экспериментальным путем. Однако натурный эксперимент в стратосфере потребует немалых затрат, поэтому сначала проводят наземный эксперимент, в котором имитируют атмосферные условия различными способами.

Такой эксперимент выполнили в лаборатории быстротекущих процессов Института теоретической и прикладной механики СО РАН (Fomichev et al., 2011). Для исследования различных способов МГД-управления гиперзвуковыми течениями в лаборатории 10 лет назад был создан специальный стенд на базе аэродинамической трубы импульсного действия. Экспериментальная установка позволяет создавать кратковременные гиперзвуковые потоки, скорость которых может достигать десятикратной скорости звука. Хотя время стационарного истечения газа из сопла не превышало миллисекунды, а продолжительность МГД-взаимодей-

а – в отсутствие магнитного поля торможение в разреженном воздухе неэффективно
б – включено магнитное поле, МГД-парашют тормозит корабль

ствия была на порядок меньше, это не стало препятствием для получения точных результатов. Отлаженная система синхронизации фотокамер, измерительных устройств и систем электропитания стенда позволили организовать измерения параметров газа и получить фотографии в нужные моменты времени с точностью до миллионной доли секунды.



В эксперименте по проверке эффективности МГД-торможения модель обтекаемого тела размещалась внутри аэродинамического стенда ИТПМ СО РАН. Стенд был создан на базе ударной трубы, позволяющей моделировать гиперзвуковые потоки воздуха, в 6–10 раз превышающие скорость звука (при этом параметры воздушного течения близки к полетным условиям на высоте 30–50 км над уровнем моря). Рабочая камера расположена внутри мощного электромагнита, который генерирует однородное поле, что существенно упрощает моделирование исследуемого эффекта. Воздух ионизировали высоковольтным электрическим разрядом. Фотографирование ударной волны в разреженном газе осуществлялось теневым методом с использованием адаптивного визуализирующего транспаранта*

* О способах визуализации течений разреженного газа читайте в статье: Голубев М. П. Увидеть невидимое // НАУКА из первых рук. 2010. № 6 (36). С. 36–45.

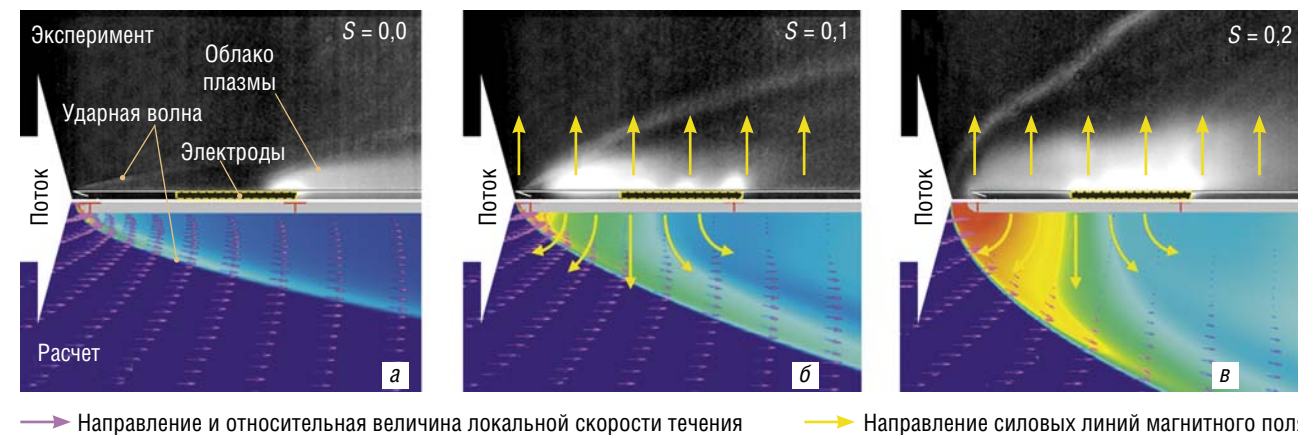


Результаты эксперимента оказались впечатляющими. Если при отсутствии магнитного поля светящееся плазменное облако мгновенно сносилось потоком назад, то в достаточно сильном магнитном поле происходило не только устойчивое горение разряда в области между электродами, но и последующее распространение плазмы против потока. Зона сжатого воздуха при этом действительно отодвигалась от аэродинамической модели, а граница этой зоны (ударная волна) из остроугольной становилась гладкой, как бы огибающей невидимый округлый предмет большого размера. Угол атаки при этом практически не оказывал влияния на процесс торможения, как и было предсказано на основании результатов математического моделирования.

Следует заметить, что свойства плазмы, получаемой в эксперименте в результате электрической ионизации воздуха, могли отличаться от свойств термически

ионизованного газа, заданных в расчетах. Также отличались от используемых в математической модели экспериментальные значения параметров воздушного потока и магнитного поля. Тем не менее в обоих случаях результаты электромагнитного влияния на обтекание тел качественно совпадают по изменениям формы ударных волн, наблюдаемым при увеличении мощности магнитного поля.

Единой основой для сравнения результатов разномасштабных моделей и экспериментов может являться безразмерный параметр гидромагнитного взаимодействия – критерий подобия Стюарта S , который определяет соотношение электромагнитных сил и скоростного напора набегающего потока воздуха. Так, сделанные по имеющимся данным оценки этого параметра для различных форм ударной волны показали, что по мере увеличения индукции магнитного



В ходе экспериментов было установлено, что без магнитного поля светящаяся область разряда (плазма) сдувается потоком назад (а). Однако включение магнитного поля влечет за собой сначала фиксацию плазмы вблизи электродов (б), а затем ее смещение к передней кромке модели (в). Граница резкого уплотнения воздуха при этом трансформируется и отодвигается от тела (а—в). Картина экспериментально наблюдаемых изменений по существу совпадает с результатами численного моделирования – это тем более удивительно, если принять во внимание то, что они были проведены для различных по размеру объектов, при разных значениях параметров воздушного потока, пространственной конфигурации и величины индукции магнитного поля. Предположительно, соответствие наблюдается при совпадении значений параметра Стюарта S

поля значение параметра S сначала возрастало (примерно до 0,3), затем падало. Оптимальные условия МГД-взаимодействия, судя по результатам обоих исследований, соответствовали значениям S около 0,25. При этом величина магнитной индукции в условиях эксперимента была на уровне 1–2 Тл. Хотя это на пять порядков больше, чем индукция магнитного поля Земли, такие поля вполне реализуемы при использовании современных магнитов.

Эффективность МГД-влияния электромагнитных полей на воздушный поток определяется безразмерным параметром гидромагнитного взаимодействия (называемого также критерием подобия Стюарта). Этот параметр определяет соотношение действующих электромагнитных сил и скоростного напора газового потока: $S = L\sigma B^2 / \rho v$, где L – характерный размер, σ – удельная электропроводность плазмы, B – величина магнитной индукции, ρ – плотность набегающего потока, v – его скорость

Безусловно, создание мощной магнитной системы на борту космического корабля – задача непростая. Требуются эффективные сверхпроводящие электромагниты или синтетические постоянные магниты, мощные запасы энергии и, следовательно, легкие и энергоемкие генераторы тока и высокотехнологичные устройства накопления электричества. Магнитная гидродинамика находится на стыке наук, и ее идеи зачастую обгоняют темпы технического прогресса, от которого зависит успех реализации предмета этой статьи.

Как бы то ни было, результаты экспериментальных и численных исследований убедительно продемонстрировали перспективность концепции МГД-парашюта. Это обстоятельство позволяет делать оптимистические прогнозы на будущее и возлагать дерзкие надежды на то, что аэродинамикой гиперзвуковых летательных аппаратов вскоре можно будет управлять – если и не силой мысли, то хотя бы силой гидромагнитного взаимодействия.

Литература
 Петров Г. Из космоса – на Землю // Техника – молодежи. 1960. № 8. С. 14–15.
 Шерклиф Д. Курс магнитной гидродинамики. М.: Мир, 1967.
 Bityurin V.A., Bocharov A.N., Lineberry J. Study of MHD Interaction in Hypersonic Flows // 15th Int. Conf. On MHD Energy Conversion, Moscow. 2005. Vol. 2. P. 399–416.
 Fomichev V.P., Yadrenkin M.A., et al. Experimental Study of the MHD-Parachute Phenomena in a Hypersonic Air Flow // AIAA Hawaii Summer Conf., Honolulu. 2011. 76-PDL-6/ICMHD-05.

Автор благодарит д. ф.-м. н. В. А. Битюрину и д. ф.-м. н. А. Н. Бочарова (ОИВТ РАН, Москва) за предоставленные материалы, а также своего научного руководителя д. ф.-м. н. В. П. Фомичева (ИТПМ СО РАН) за помощь в подготовке публикации. Работа выполнена при поддержке РАН (проект № 22-14) и РФФИ (грант № 10-08-00598-а)

В. В. ВЛАСОВ, П. Е. ВОРОБЬЕВ



Ключевые слова: мир РНК, некодирующие РНК, микроРНК, экзосомы, аптамеры.
Key words: RNA world, non-coding RNA, microRNA, exosomes, aptamers

вчера и сегодня

Долгое время считали, что рибонуклеиновая кислота (РНК), ближайшая «родственница» знаменитой ДНК, выполняет в организме служебные функции, являясь лишь посредником в сложнейших внутриклеточных процессах. И хотя признавалось, что на ранних этапах эволюции жизни РНК могла играть главенствующую роль, но казалось очевидным, что она давно уступила первенство более специализированным молекулам – катализаторам и носителям информации. Однако открытие множества регуляторных РНК, связанных с феноменом некодирующего «темного генома», буквально перевернуло представления о современном «мире РНК» и послужило толчком к поиску и созданию новых диагностических и лекарственных средств



ВЛАСОВ Валентин Викторович – академик РАН, доктор химических наук, заместитель председателя СО РАН, директор Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск), заведующий кафедрой молекулярной биологии Новосибирского государственного университета. Лауреат государственной премии РФ (1999). Автор и соавтор более 400 научных работ и 10 патентов



ВОРОБЬЕВ Павел Евгеньевич – кандидат химических наук, научный сотрудник лаборатории бионанотехнологии Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск), доцент кафедры молекулярной биологии Новосибирского государственного университета. Автор и соавтор более 20 научных работ

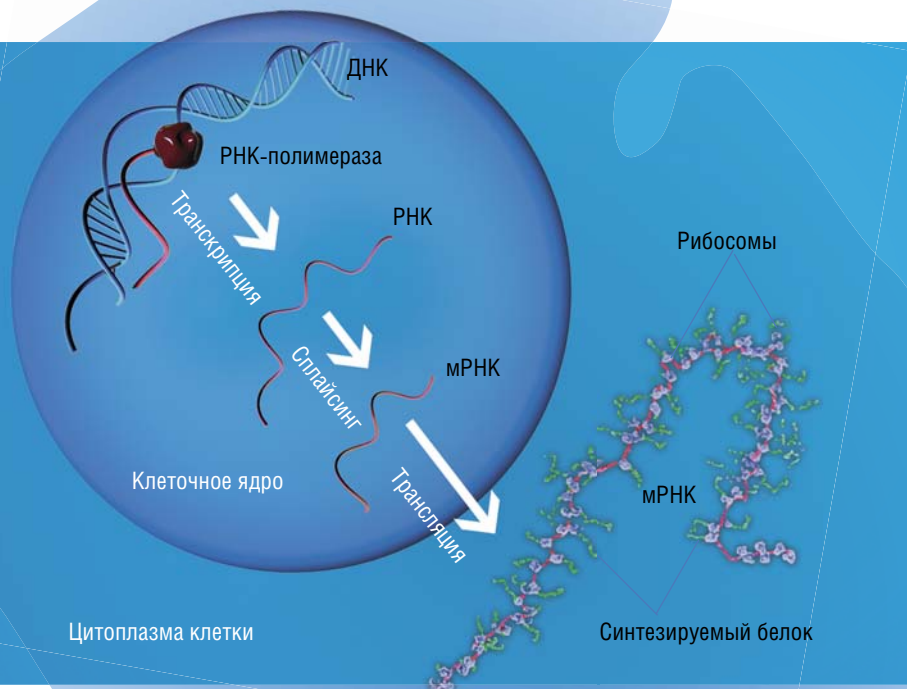
Классический взгляд на процесс реализации наследственной информации в живой клетке сформировался еще в начале второй половины XX в. Согласно ему, вся наследственная информация, определяющая жизнь организма, закодирована в виде последовательности нуклеотидов в особом биополимере – дезоксирибонуклеиновой кислоте (ДНК). «Размножение» и передача этой информации происходит путем удвоения молекул ДНК с участием специальных белков-ферментов.

Когда участок ДНК, в котором содержится информация о строении того или иного белка, – *ген* – начинает «работать», с него с помощью специальных ферментов считывается «промежуточная» информация в виде молекул рибонуклеиновой кислоты (РНК). Нуклеотидная последовательность этой РНК служит «программой»-матрицей для особых молекулярных машин – *рибосом*, которые приступают к синтезу соответствующего белка

В этой схеме преобразования генетического кода в конечный «полезный продукт» центральным эле-

ментом является ДНК. Была даже сформулирована «центральная догма молекулярной биологии», гласившая, что поток информации в живой клетке идет по направлению от ДНК к РНК и далее к белку, и только в этом направлении: синтезировать ДНК или РНК, соответствующую определенному белку, клетка не умеет. Неудивительно, что увлекательная книга молекулярного биолога М. Д. Франк-Каменецкого «Самая главная молекула», вышедшая в 1983 г., была посвящена именно ДНК.

Важная роль отводилась также белкам, как главным строительным «кирпичикам» и, в первую очередь, катализаторам, способным в условиях живой клетки опосредовать самые разные биохимические реакции и процессы. РНК же представлялась скорее «рабочей» молекулой, расходным материалом белкового синтеза. Конечно, помимо матричной РНК были известны и транспортные РНК, переносящие аминокислоты на рибосомы, а также РНК в составе рибосомного каркаса, однако и им отводилась роль скромных «золушек».



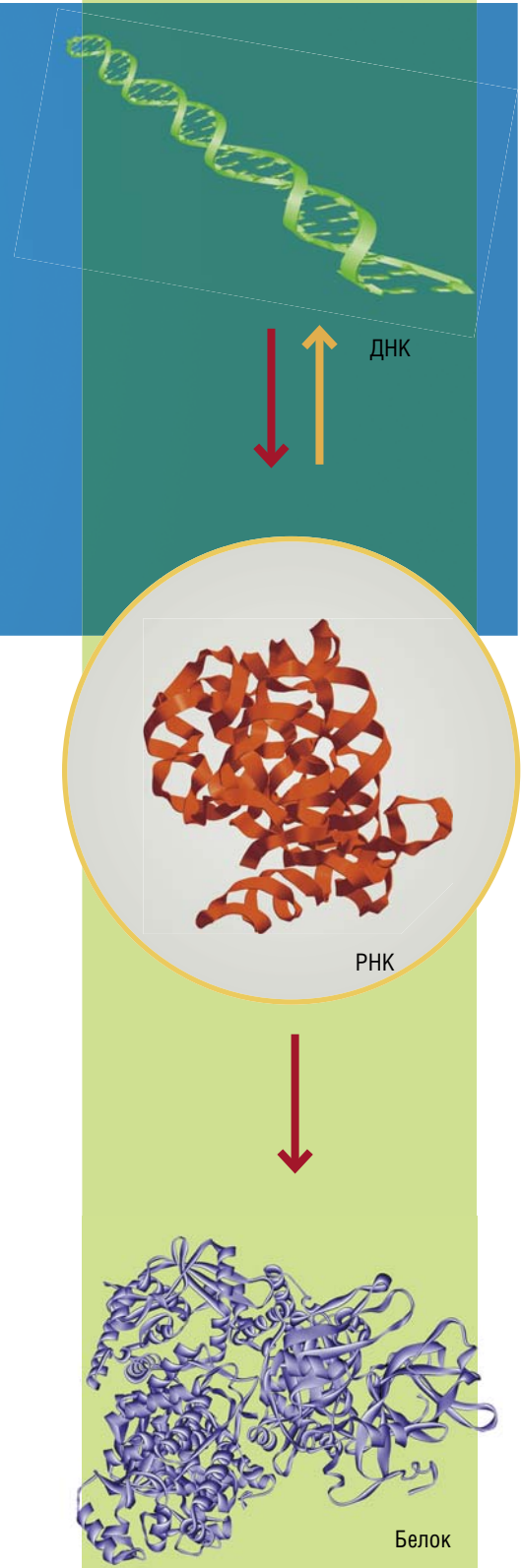
Вся наследственная информация закодирована в виде последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК. Участок ДНК, отвечающий за синтез одного белка, называют геном. При активации гена двойная спираль ДНК расплетается, и фермент РНК-полимераза синтезирует на ней по принципу комплементарности цепочку РНК (процесс транскрипции). После «созревания» (сплайсинга) эта РНК становится матрицей для синтеза белка из аминокислот, при этом каждая из них кодируется своим кодоном – тройкой нуклеотидов. Процесс трансляции (белковый синтез) на мРНК проводит множество рибосом – клеточных органелл, которые располагаются на РНК подобно бусинам. По мере продвижения рибосомы по матрице, т.е. считывания информации, белковая цепь удлиняется.
По: (Карпова и др., 2006)

Со временем стали накапливаться наблюдения, которые заставляли задуматься: а так ли просто все устроено в геноме? К примеру, оказалось, что у некоторых вирусов наследственная информация зашифрована не в ДНК, а в РНК, и они способны синтезировать ДНК по «матрице» РНК при встраивании своего генетического материала в геном клетки-хозяина. Однако несмотря на отдельные противоречия, взгляды на природу и роль важнейших биополимеров, вошедшие во все школьные учебники, десятилетиями оставались неизменными.
Между тем, невзирая на трудности экспериментов с РНК, молекулы которой менее стабильны, чем ДНК и белков, исследователи продолжали упорно изучать эти «немодные» биополимеры. И в конце XX в. классические научные представления начали рушиться под напором новых поразительных открытий.

Жизнь начиналась с РНК

После расшифровки генома человека и других высокоорганизованных животных оказалось, что большая часть ДНК не содержит генов, кодирующих белки. (К слову, когда сравнили геномы различных млекопитающих, оказалось, что по набору генов «царь природы» немногим отличается от той же мыши.) В геноме человека длиной около трех миллиардов пар нуклеотидов ожидали обнаружить более 100 тыс. генов, но их оказалось по крайней мере в три раза меньше! Причем в это число входят все гены, кодирующие белки, а также гены рибосомных и транспортных РНК. Вместе с известными на то время регуляторными последовательностями все эти гены занимают не более 1,5 % геномной ДНК. А что же остальная часть?
С полным пренебрежением к непонятному такую некодирующую ДНК – так называемый *темновой геном* – стали считать «мусором», накопившимся в процессе эволюции. И хотя впоследствии было обнаружено, что с участков «мусорной» ДНК все же считывается какая-то информация и синтезируется огромное количество РНК, это явление было оценено как «транскрипционный шум».

Первоначальный вариант «центральной догмы молекулярной биологии» гласил, что поток информации в живой клетке идет только в одном направлении: от ДНК к РНК и далее к белку. Однако впоследствии была обнаружена «обратная транскрипция» – синтез ДНК по матрице РНК. Этот процесс характерен для РНК-содержащих вирусов и необходим им для встраивания своего материала в геном клетки-хозяина



Самым удивительным открытием стал тот факт, что белки не являются монополистами в умении катализировать биологические реакции. Так, в ядре клетки обнаружился набор небольших РНК, которые при участии белков обеспечивают процесс созревания матричной РНК. Дело в том, что с гена считывается длинная РНК, которую необходимо нарезать на фрагменты и затем определенным образом «сшить», чтобы получилась нужная программа. Правильность этой «сшивки» и обеспечивают специальные РНК.

Был открыт и каталитически активный РНК-белковый комплекс *теломераза*, благодаря которому происходит синтез концевых участков хромосом. Оказалось, что в рибосоме РНК также выполняет не только структурную роль – из нее построен сам каталитический центр! Таким образом, все ключевые функции в процессе белкового синтеза принадлежат молекулам РНК.

Выяснилось, что РНК, подобно белкам, могут формировать компактные структуры, способные к высокоспецифичному взаимодействию практически с любыми маленькими и большими молекулами. РНК-катализаторы были найдены в природе, их используют как вирусы, так и клетки высших организмов. А вскоре самые различные каталитические РНК научились получать искусственным путем.

Факты упрямо указывали на первенство РНК как биологической молекулы. Да, ДНК является стабильным хранителем информации, но не может функционировать без помощи белков. Белки – эффективные катализаторы, но на роль носителей информации принципиально не годятся. А вот РНК оказалась именно такой универсальной, многофункциональной молекулой, какой и должна быть «прародительница».

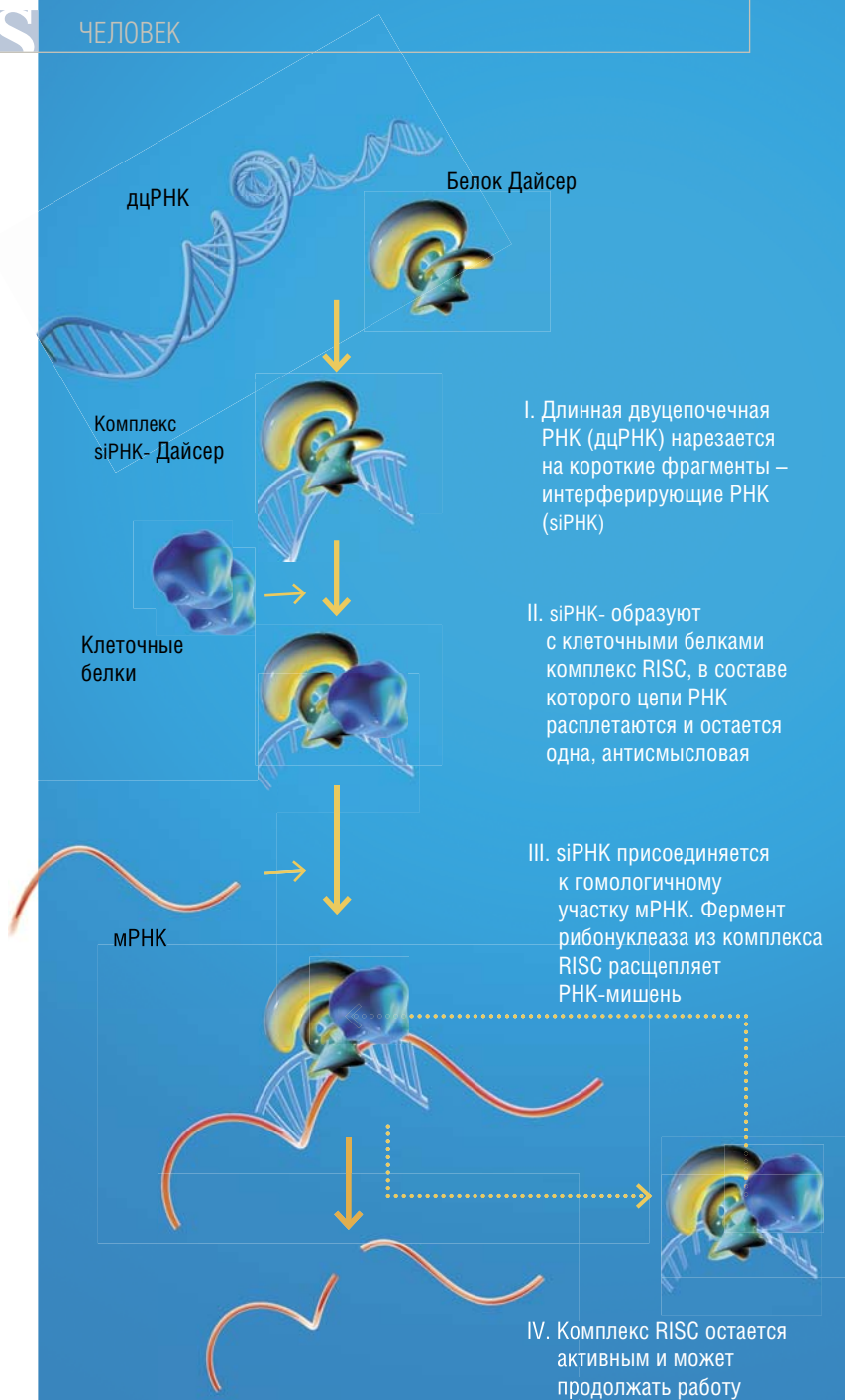
Стало ясно, что именно из простых РНК-содержащих систем произошел современный биологический мир. Но куда же делся этот «мир РНК», когда на смену пришли более специализированные молекулы? Не являются ли сегодня РНК своего рода «молекулярными окаменелостями», имеющими хотя и важное, но ограниченное значение? Еще совсем недавно ответ на эти вопросы сомнений не вызывал.

Тридцать лет спустя

В 1997 г. в Германии состоялась конференция, посвященная исследованиям РНК. Ей предстояло подвести итог масштабной программы исследований РНК: все, что касалось этих биополимеров, представлялось на тот момент ясным и понятным. В этой атмосфере настоящим «взрывом бомбы» прозвучал доклад об открытии *РНК-интерференции* – ранее неизвестного механизма регуляции функционирования генов с помощью специальных малых РНК.

Вообще-то удивительно, что обнаружение этого довольно очевидного механизма потребовало так много времени. Ведь теоретически было давно известно, что остановить работу целевой генетической программы, т.е. «заблокировать» конкретную нуклеиновую кислоту, можно путем присоединения к ней небольшого комплементарного фрагмента РНК или ДНК, достаточного по размеру, чтобы обеспечить избирательность действия.

Именно такой способ избирательного регулирования функций нуклеиновых кислот был впервые предложен еще в 1960-х гг. новосибирским исследователем Н. И. Гриневой и ее коллегами, работавшими под руководством будущего академика РАН Д. Г. Кнорре. Ученые справедливо решили, что лучший способ направленно воздействовать



РНК-интерференция – универсальный механизм регулирования работы генетических программ. Суть его в том, что короткие интерферирующие РНК селективно, по принципу комплементарности, присоединяются к другим РНК – чужеродным (например, вирусным) либо собственным матричным РНК клетки – и ингибируют их деятельность. В результате экспрессия тех или иных генов подавляется. Таким способом клетка решает целый ряд задач: от регулировки программы развития до противовирусной защиты. По: (Черноловская, 2008)

Идея направленного воздействия на гены с помощью фрагментов нуклеиновых кислот была выдвинута сотрудниками Института органической химии СО АН СССР (Новосибирск) Н. И. Гриневой и ее коллегами, работавшими под руководством Д. Г. Кнорре. Первую работу по этой теме сибирские химики опубликовали в 1967 г. Именно этот год считают сегодня официальной датой возникновения нового направления в молекулярной биологии и фармакологии. На фото – Д. Г. Кнорре (второй справа) с первыми сотрудниками лаборатории химии природных полимеров. 1962 г., Институт гидродинамики СО АН СССР По: (Власов, 2007)

на гены – использовать так называемые антисмысловые олигонуклеотиды, т.е. короткие комплементарные фрагменты ДНК или РНК (Belikova *et al.*, 1967).

И вот десятилетия спустя было доказано, что этот механизм направленного воздействия на генетический материал функционирует в живых системах при регуляции экспрессии генов. Это тот редкий случай в истории науки, когда явление сначала было описано теоретически, затем его схема реализована в эксперименте и лишь десятилетия спустя оно обнаружено в природе.

Забегая вперед, нужно отметить, что своими работами сибирские ученые открыли новое направление прикладной молекулярной биологии, которое сегодня бурно развивается во всем мире. Уже получены первые фармацевтические препараты на основе интерферирующих микроРНК, а в будущем ожидается создание широчайшего спектра лекарств, в том числе и для избирательной инактивации уже самих микроРНК (такие ингибиторы даже получили специальное название – «анти-мир») и других некодирующих РНК.



Tetrahedron Letters No.37, pp. 3557-3562, 1967. Pergamon Press Ltd. Printed in

SYNTHESIS OF RIBONUCLEOSIDES AND DIRIBONUCLEOSIDE PHOSPHATES CONTAINING 2-CHLOROETHYLAMINE AND NITROGEN MUSTARD RESIDUES.

A.M. Belikova, V.F. Zarytova, N.I. Grineva.

Institute of Organic Chemistry, Siberian Division of the Academy of Sciences of USSR, Novosibirsk.

(Received in UK 7 December 1966)

one of the main problems of biopolymers biochemistry to find the sites responsible for their biological activity. Modification of a monomer unit of the polymer with some reagent and subsequent study of the activity of the modified biopolymer is one of the approaches to elucidate the role of this unit activity under investigation.

На той же конференции 1997 г. было заявлено об обнаружении в клетках мозга и других органах множества разнообразных некодирующих РНК, концентрации которых меняются в зависимости от состояния организма. Стало очевидно, что речь должна идти не о свертывании, а о расширении дальнейших исследований РНК.

Сокровища «мусорной» ДНК

Очень скоро были получены данные о чрезвычайно широком распространении РНК-интерференции в природе и начаты работы по практическому использованию интерферирующих РНК для создания терапевтических препаратов и генетически модифицированных организмов.

Более того, было показано, что в организме синтезируется огромное число – тысячи видов – некодирующих РНК, информация о которых содержалась в той самой якобы ненужной «мусорной ДНК». Были обнаружены микроРНК-регуляторы активности генов, макроРНК, выполняющие различные регуляторные функции, а также множество других РНК с пока неизвестными функциями. Удивительно, что многие РНК находятся не только в клетках тканей, но и в крови, и способны «путешествовать» по организму.

Длинные некодирующие РНК пока что относительно мало изучены, и механизм их действия установлен лишь в некоторых случаях. Исследователи склоняются к заключению, что такие РНК играют роль организаторов сложных функциональных структур, включающих различные биомолекулы. Молекула РНК идеально подходит на подобную роль: она может содержать в себе

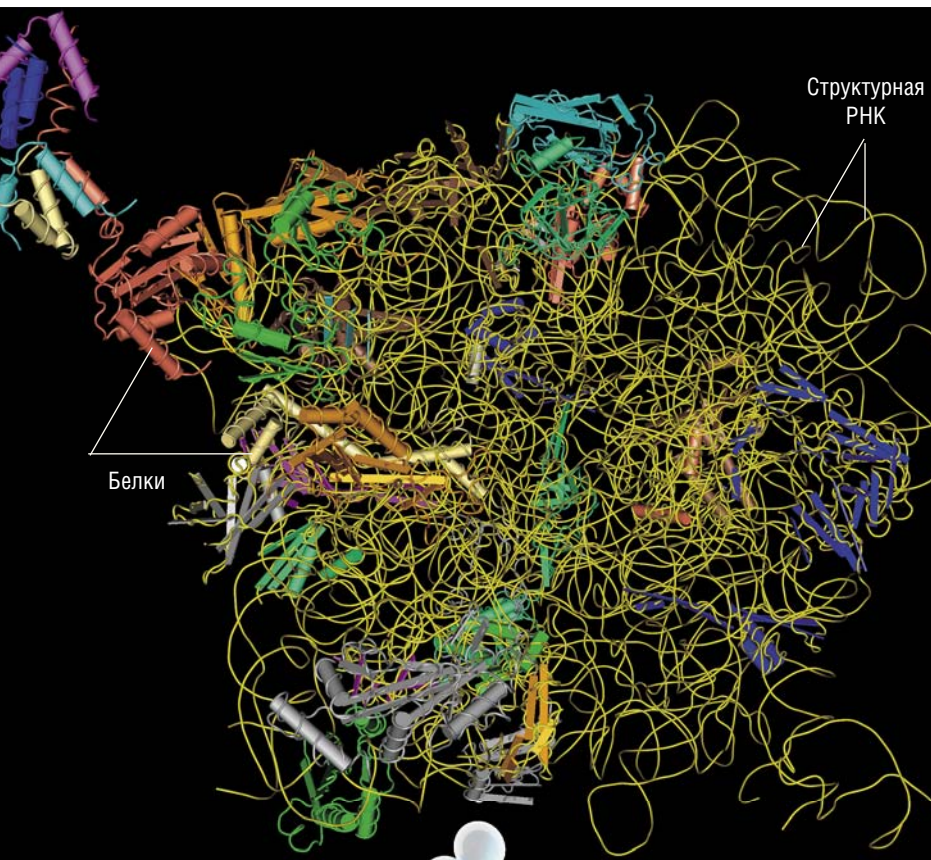
различные модули, которые способны связываться как с конкретными белками, так и с участками ДНК. Такие РНК-модули могут располагаться определенным образом относительно друг друга, благодаря чему появляется возможность создавать супрамолекулярные ансамбли любой степени сложности. Самый наглядный пример такой структуры – рибосома.

Таким образом, именно благодаря РНК создаются основные структуры клетки, делающие ее «живой». Длинные некодирующие РНК управляют также работой генетического аппарата клетки. Они включают и выключают работу целых областей хромосомы, определяя точки специфической модификации хромосомных белков.

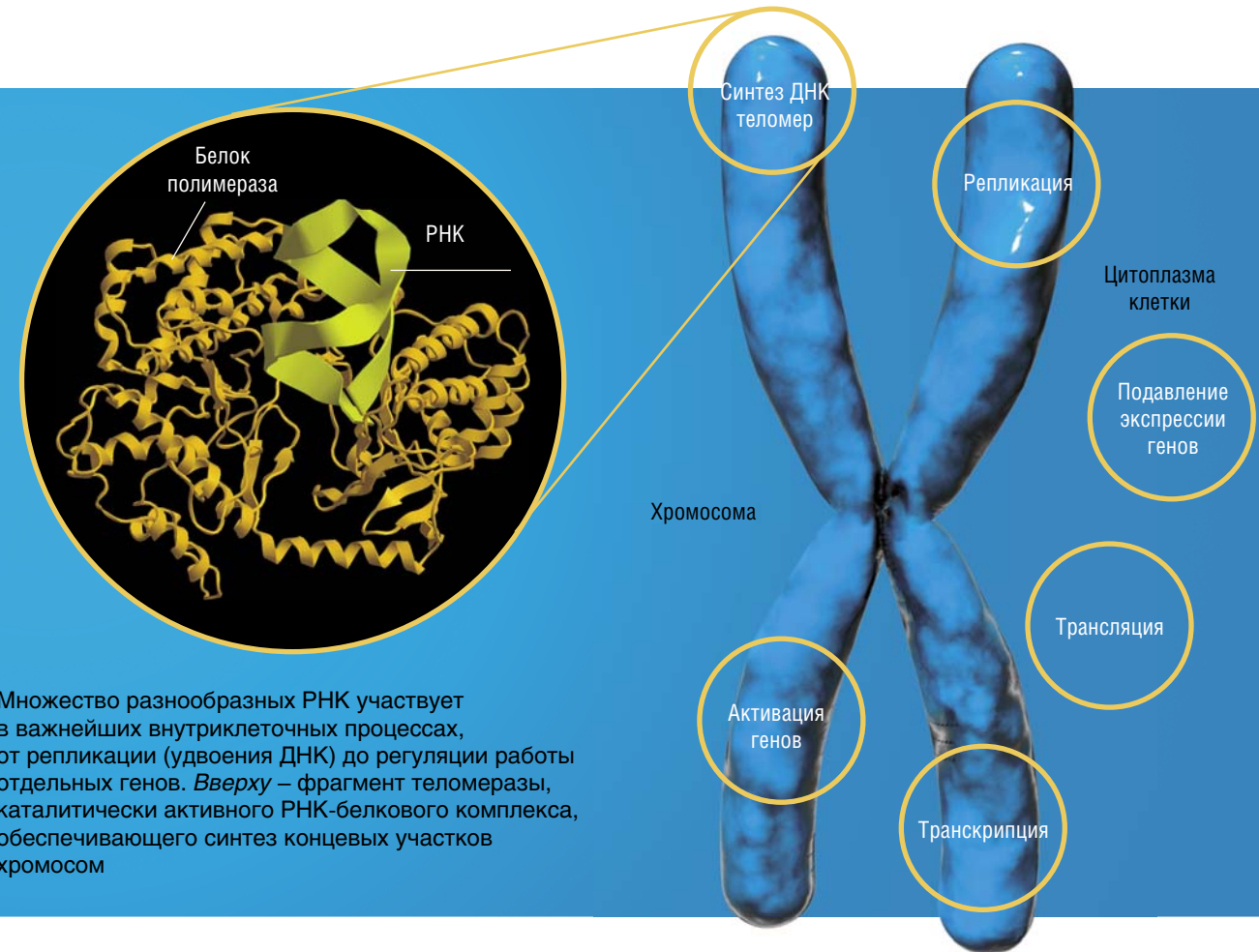
С состоянием организма тесно связаны и концентрации разнообразных микроРНК в органах и тканях. Эти РНК, участвуя в регуляции активности огромного числа генов, воздействуют на важнейшие физиологические и метаболические процессы, протекающие в отдельной клетке и в организме в целом.

Например, с помощью определенного набора микроРНК можно изменить степень клеточной дифференциации – получить из специализированных клеток недифференцированные стволовые либо, напротив, управлять дифференциацией стволовых клеток в нужном направлении. Доказано, что с помощью микроРНК регулируется дифференциация клеток жировой ткани, метаболизм липидов, секреция инсулина и других гормонов и т. д.

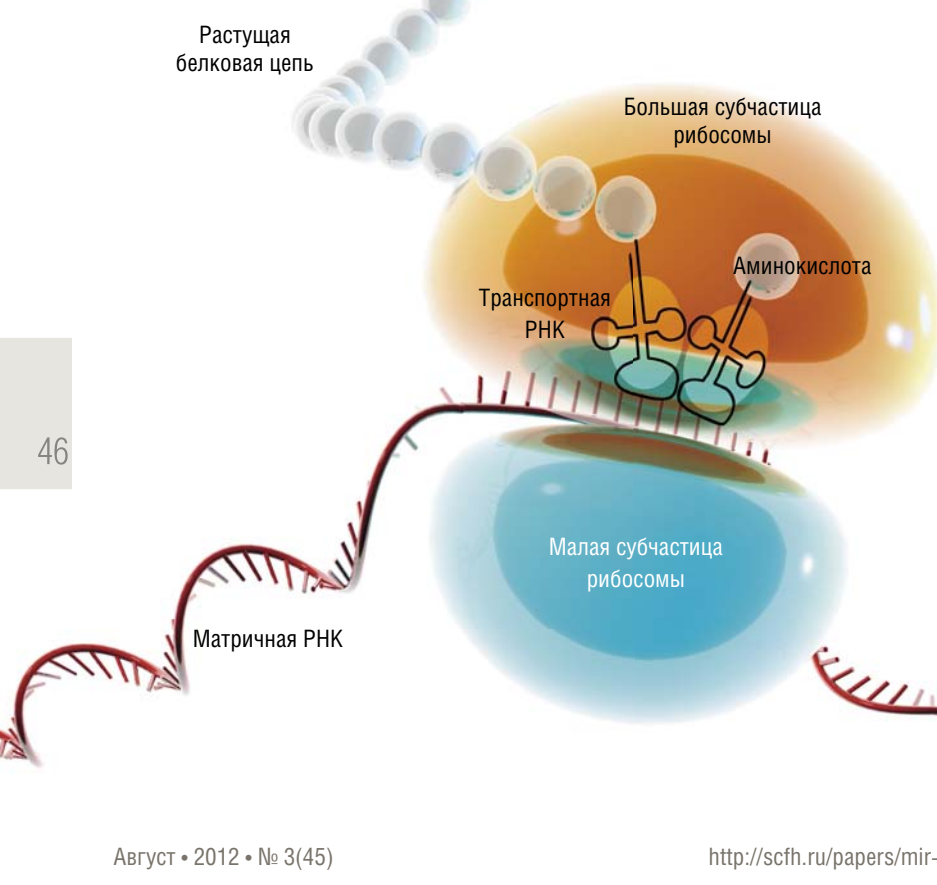
Судя по последним данным, в сферу «юрисдикции» РНК попадает свыше 60 % всех генов. Фактически, именно микроРНК «руководят» развитием целых



В рибосоме встречается три вида РНК: кодирующая мРНК, несущая информацию о строении белка, и два вида некодирующих РНК которые непосредственно участвуют в синтезе белка. Структурные рибосомные РНК вместе с белками составляют каркас субчастиц рибосомы; транспортные РНК активируют и переносят на рибосому аминокислоты, из которых синтезируется белок. Слева вверху – молекулярная структура большой субчастицы рибосомы клетки высших организмов



Множество разнообразных РНК участвует в важнейших внутриклеточных процессах, от репликации (удвоения ДНК) до регуляции работы отдельных генов. Вверху – фрагмент теломеразы, каталитически активного РНК-белкового комплекса, обеспечивающего синтез концевых участков хромосом



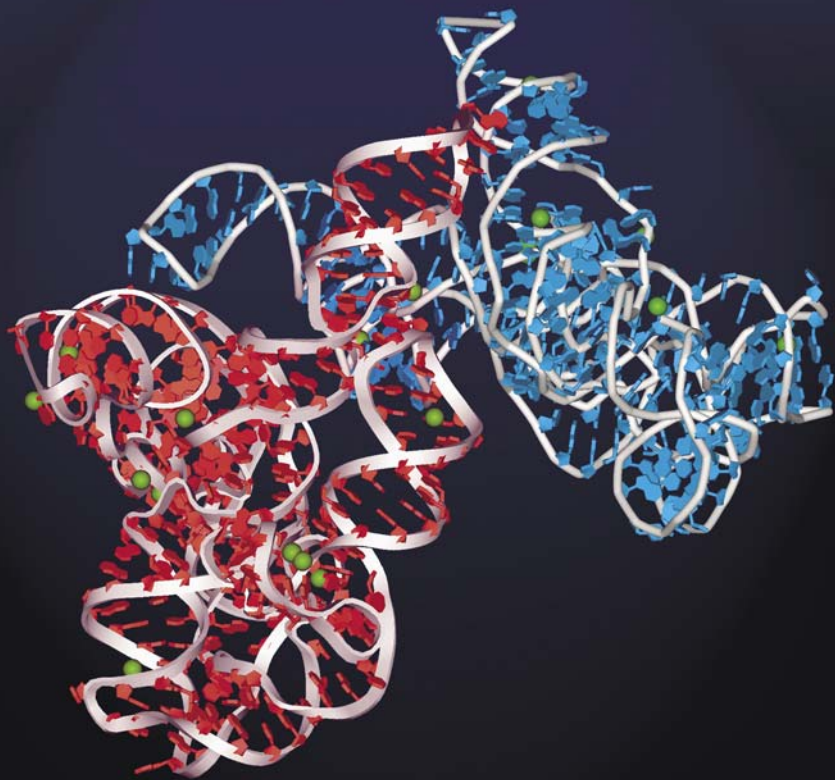
органов и организма в целом, запускающие одни процессы и останавливая другие по соответствующим «биологическим часам». В составе специальных транспортных мембранных структур, таких как экзосомы, микроРНК могут передаваться не только между тканями и органами одного организма, но даже между организмами. Например, в молоке матери содержатся экзосомы с микроРНК, которые играют важную роль в становлении иммунной системы ребенка, причем уровень их секреции особенно высок в первые шесть месяцев лактации (Kosaka *et al.*, 2010). Неудивительно, что интерес к таким транспортным структурам и составу переносимых ими микро- и других некодирующих РНК сегодня крайне высок, и недавно начатые

исследования были подхвачены тысячами ученых из разных стран. Было даже организовано международное общество по внеклеточным везикулам, а в апреле 2012 г. в Швеции состоялась первая конференция по этой тематике, где было объявлено о создании специализированного журнала.

Точки приложения

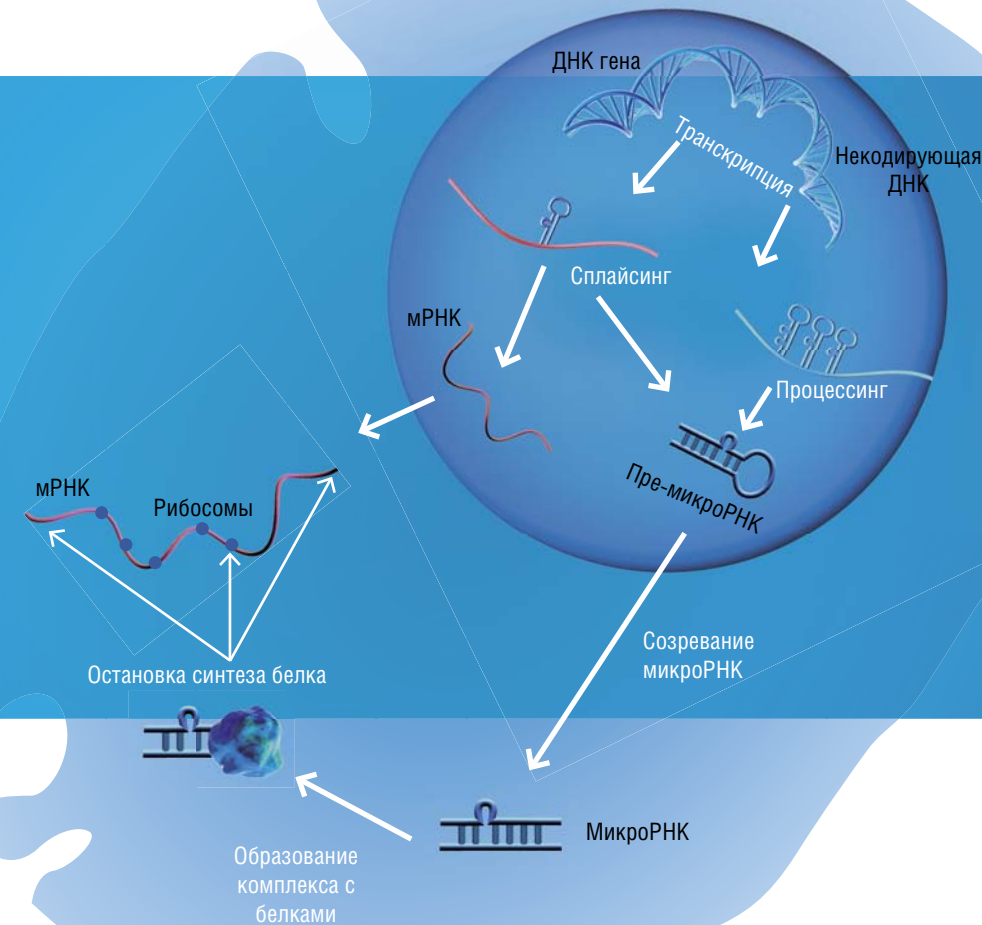
Итак, некодирующие РНК являются главными регуляторами, управляющими функциями генов и целых генетических ансамблей, при этом число известных некодирующих РНК постоянно растет. На их концентрацию и соотношение влияют и протекающие в организме патологические процессы (например, опухоли). Отсюда очевидна перспективность применения методов количественного анализа некодирующей РНК для целей медицинской диагностики. А подавление активности РНК, ассоциированной с развитием болезни, должно стать новым подходом в терапии. Сегодня известно, что с помощью определенных микроРНК можно блокировать развитие рака пред-

стательной и молочной желез (Tavazoie *et al.*, 2008). МикроРНК рассматриваются и в качестве потенциальных лечебных средств в терапии сердечно-сосудистых заболеваний (Latronico & Condorelli, 2009). Ведутся клинические исследования экзосом, содержащих микроРНК, которые циркулируют в крови при меланоме и различных формах рака легких (Rabinowits *et al.*, 2009). Подобные исследования активно ведутся и в Сибирском отделении РАН. Благодаря разработанной в Институте химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН оригинальной методике высокопроизводительного секвенирования РНК появилась возможность быстро и точно получать информацию о профиле микроРНК в различных клинических образцах. Уже опубликованы данные о спектрах микроРНК здоровых людей (Semenov *et al.*, 2012), ведется работа по определению соответствующих РНК-профилей при различных патологиях. В ИХБФМ получены и обнадеживающие экспериментальные данные о возможности проведения противоопухолевой и антиметастатической терапии ферментом



Белки не являются монополистами в умении катализировать биологические реакции – с этим успешно справляются и РНК, способные образовывать компактные структуры с каталитическими функциями. Слева – природный фермент – рибозим инфузории *Tetrahymena thermophil*. По: (Власов, 2007)

Благодаря открытию «темного генома» и множества некодирующей РНК, в том числе микроРНК, способной непосредственно блокировать синтез белка, сложившиеся во второй половине XX в. взгляды на процессы реализации генетической информации радикально изменились



РНКазой А, который влияет на концентрацию и спектр опухолевых микроРНК в клетках и сыворотке крови больных животных (Mironova *et al.*, 2012).

Исследованиями микроРНК с целью развития диагностических методов занимаются и в недавно организованном Институте молекулярной и клеточной биологии СО РАН (Новосибирск). Например, там был изучен профиль экспрессии некоторых микроРНК при различных опухолях щитовидной железы.

Детальное изучение свойств РНК подтолкнуло исследователей к созданию новых технологий, обещающих принести огромную пользу человечеству уже в ближайшем будущем. Речь идет о широко известной технологии SELEX, позволяющей получать молекулы РНК с заданными свойствами – *аптамеры*, которые способны селективно и прочно связываться с молекулой-мишенью. Суть аптамерной технологии в том, что сначала химико-ферментативными методами создаются так называемые РНК-библиотеки случайных последовательностей, содержащие огромное множество разнообразных молекул РНК. Затем из этого множе-

ства методами молекулярной селекции по способности специфично взаимодействовать с целевой молекулой отбирают аптамеры и нарабатывают их в нужном количестве, хотя искомая РНК может быть представлена в составе библиотеки единственной молекулой.

Сегодня в качестве аптамеров и терапевтических средств используется не только РНК с обычной «природной» структурой: с помощью различных химических модификаций можно получить молекулы, устойчивые к действию разрушающих РНК ферментов, которых много в биологических средах. Такие «искусственные» РНК имеют большие перспективы в диагностике заболеваний: например, можно получить РНК-аптамеры к молекулам – маркерам заболеваний и на их основе создать биосенсоры, обладающие уникальной чувствительностью.

Сочетание основанных на РНК биоаналитических подходов к диагностике заболеваний с новыми терапевтическими средствами на основе микроРНК и некодирующих РНК в ближайшем будущем должно привести к новому прорыву в медицине.

С каждым годом исследователи открывают все новые и новые грани удивительного «мира РНК». Высокопроизводительные технологии секвенирования нуклеиновых кислот позволили обнаружить в клетках и крови огромное множество разнообразных РНК, среди которых оказались транскрипты тех участков ДНК, которые ранее считались «молчащими».

В результате в конце XX в. удалось открыть природный механизм огромной значимости, управляющий работой клеточного генома, который задолго до этого события был предвосхищен сибирскими учеными в идее «антисмысловых нуклеотидов».

Раскрытие многих тайн «мира РНК», который долгое время скрывался от исследователей за ширмой более узкоспециализированных молекул, белков и ДНК, приблизило нас к пониманию фундаментальных вопросов происхождения жизни. И более того: этот мир РНК, претворившийся в новые перспективные биомедицинские технологии, постепенно становится частью повседневной жизни человечества.

Литература

Власов В.В., Власов А.В. Жизнь началась с РНК // НАУКА из первых рук. 2004. № 2 (3). С. 6–19.
 Власов А.В. Эволюция в пробирке // НАУКА из первых рук. 2006. № 1 (7). С. 50–59.
 Власов В.В. Лекарство для генов // НАУКА из первых рук. 2007. № 2 (14). С. 56–59.
 Карпова Г.Г., Грайфер Д.М., Малыгин А.А. Рибосома – минифабрика по производству белков // НАУКА из первых рук. 2006. № 6 (12). С. 46–53.
 Франк-Каменецкий М.Д. Самая главная молекула, Москва: Наука, 1983.
 Черниоловская Е.Л. РНК-интерференция: клин клином... // НАУКА из первых рук. 2008. № 1 (19). С. 54–59.
 Knorre D. G., Vlassov V. V., Zarytova V. F. et al. Design and targeted reactions of oligonucleotide derivatives, Boca Raton, CRC Press, 1994.
 Vlassov V. V., Pysnyi D. V., Vorobjev P. E. Nucleic acids: structures, functions, and applications. In Handbook of nucleic acids purification, Ed. D. Liu, Boca Raton, CRC Press, 2009.

Е.Ю. РЫКОВА, И.А. ЗАПОРОЖЧЕНКО, П.П. ЛАКТИОНОВ

НУКЛЕИНОВЫЕ СТРАННИКИ

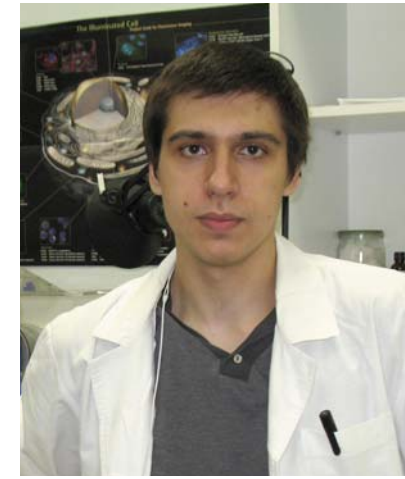


Что представляют собой свободные, т.е. внеклеточные нуклеиновые кислоты? Для обитающих в почве и в морских отложениях бактерий это – источник азота и фосфора, а для инфицированной патогеном клетки – сигнал «опасность!» Но, как было выяснено в последние десятилетия, функции и роль нуклеиновых «странников» на этом далеко не исчерпываются. И с каждым годом мы узнаем все больше об этих молекулах, которые во многом определяют функционирование биологических систем, от клетки до популяции

Ключевые слова: внеклеточные РНК, внеклеточные ДНК, горизонтальный перенос генов, микроРНК, транспорт нуклеиновых кислот.
Key words: exRNA, exDNA, horizontal gene transfer, microRNA, nucleic acid transport



РЫКОВА Елена Юрьевна – доктор биологических наук, старший научный сотрудник группы клеточной биологии Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 72 научных работ и 9 патентов



ЗАПОРОЖЧЕНКО Иван Андреевич – аспирант группы клеточной биологии Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 5 научных работ и 1 патента



ЛАКТИОНОВ Павел Петрович – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, руководитель группы клеточной биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 79 научных работ и 15 патентов

Нуклеиновые кислоты, ДНК и РНК, несут информацию о строении, развитии и размножении всех клеток живого организма, поэтому неудивительно, что клетки тщательно оберегают эти структуры от действия потенциально опасных внешних факторов. Так, у бактерий геномные ДНК компактно упакованы с помощью специальных белков и защищены от окружающей среды прочной клеточной стенкой; в клетках высших организмов ДНК хранится в клеточном ядре в составе сложных структур – хромосом.

Долгие годы считалось, что за пределы клетки нуклеиновые кислоты выходят лишь в случае смерти последней. Конечно, было известно, что у бактерий в ходе размножения ДНК переносится из одной клетки к другой, но и в этом случае она перемещается не свободно, а внутри специального белкового комплекса. Даже ДНК и РНК «условно живых» вирусов, представляющих собой автономные генетические программы, перемещаются во внеклеточном пространстве, упакованные в специальные транспортные структуры.

Однако исследования последних лет показали, что «свободные», т.е. внеклеточные нуклеиновые кислоты встречаются в больших количествах не только в таких

природных системах, как почва, но и непосредственно в живых организмах. Какую же роль играют и какие специфические функции выполняют эти нуклеиновые кислоты, находящиеся «в свободном плавании»?

Генетическая «интервенция»?

Нуклеиновые кислоты – довольно стабильные полимерные молекулы, поэтому они могут сохраняться в естественной среде длительное время после гибели организма. Так, в костной ткани относительно длинные фрагменты ДНК остаются практически неизменными в течение десятков тысяч лет (!), что делает возможным проведение палеогенетических исследований, таких как расшифровка генома мамонта или неандертальца.

В верхнем 10-сантиметровом слое океанических донных отложений концентрация ДНК бактериального происхождения составляет около 0,5 г/м², причем более 90 % ее является «свободной» (Dell'Anno, Danovaro, 2005). Общее же количество ДНК, ежегодно попадающее на дно океана, превышает 12 млрд т! Очевидно, что такие запасы в качестве потенциального источника азота и фосфора оказывают значительное влияние на жизнедеятельность морских микроорганизмов.

В почве, где ДНК растительного и бактериального происхождения может сохраняться месяцами и даже годами, ее концентрация достигает 2 мкг/г (Niemeier, Gessler, 2002). Интерес к такой ДНК сегодня подогревается проблемой генетически модифицированных организмов, ведь после гибели таких растений в окружающую среду попадает рекомбинантная ДНК. Имелись опасения, что подобные «модифицированные» гены будут ассимилироваться почвенными бактериями и переноситься в другие организмы путем так называемого горизонтального переноса генов – своего рода «параллельной» эволюции, характерной для микроорганизмов. Однако прямых доказательств переноса генетической информации от генно-модифицированных растений к бактериям на сегодня нет, и вообще вероятность такого процесса в природных условиях крайне мала.

Но иногда горизонтальный перенос ДНК становится реальным источником проблем. Речь идет о бактериальных пленках (так называемых *биофильмах*), которые образуются на твердых поверхностях, в том числе на поверхности эндопротезов, зубов (вызывая кариес), а также на стенках бронхов при бронхитах и пневмониях.

Такие пленки состоят из размножающихся бактерий, связанных между собой и с поверхностью полимерным гидратированным веществом из смеси полисахаридов, белков, ДНК и РНК (Nishimura *et al.*, 2003). Причем нуклеиновые кислоты появляются в межклеточном веществе биофильмов не только за счет гибели бактерий, но и в результате специального секреторного процесса, который стимулируется совместным «культивированием» различных видов бактерий (Hamilton *et al.*, 2005). Эти ДНК могут достаточно легко переноситься от одной

бактерии к другой, поэтому биофильмы – настоящая головная боль терапевтов: входящие в состав пленок болезнетворные бактерии не только скрываются там от действия опасных факторов, но и успешно эволюционируют за счет генетического обмена в устойчивые (в том числе к антибиотикам) штаммы.

Что касается потребления ГМО человеком, то в наш организм ежедневно с пищей попадает значительное количество чужеродных ДНК различного происхождения. Известно, что у людей, потребляющих в пищу генно-модифицированную сою – самый распространенный трансгенный продукт, специфичный трансген успешно переваривается в желудочно-кишечном тракте (Netherwood *et al.*, 2004).

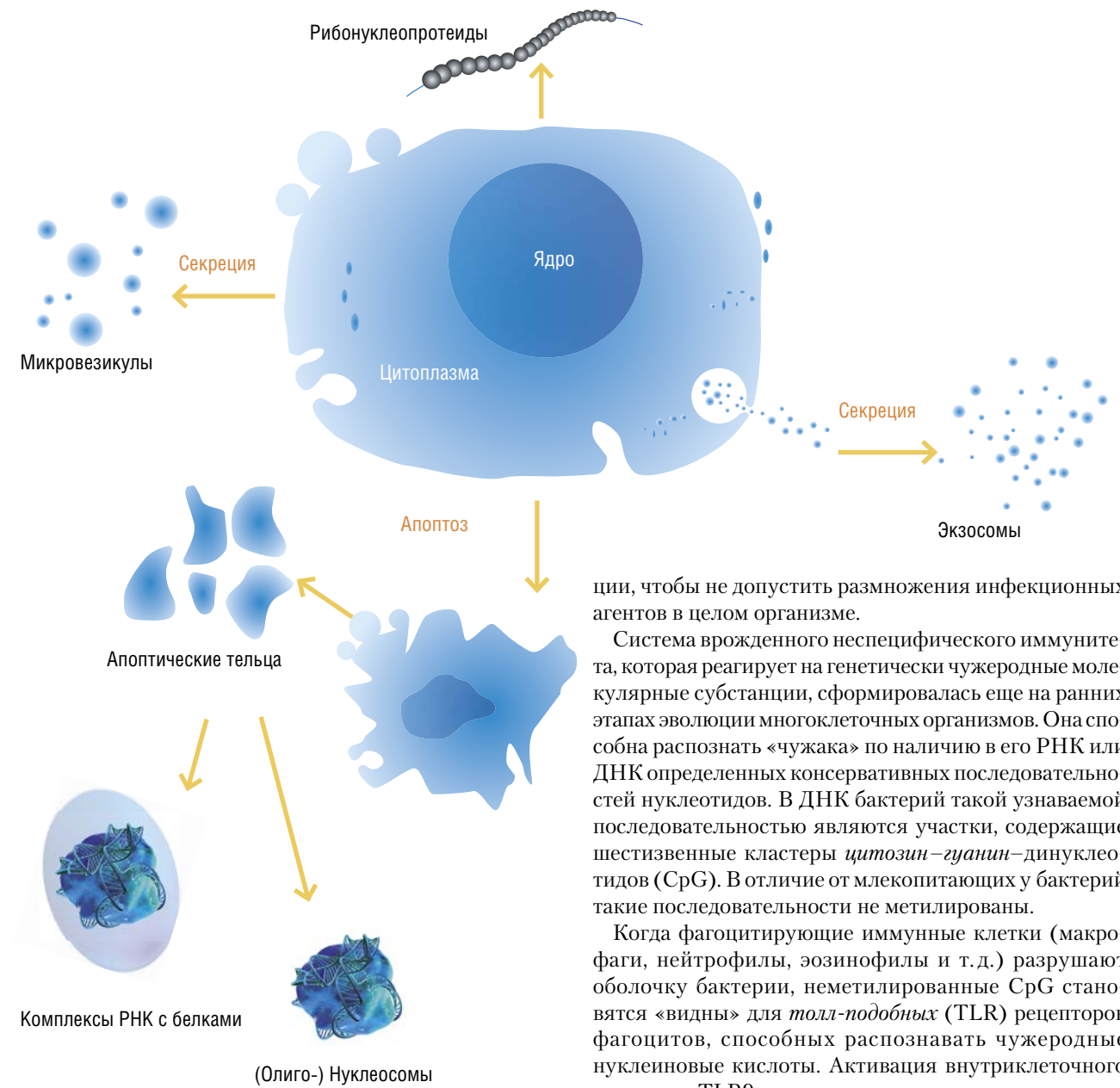
Однако со «съеденными генами» так происходит не всегда. Как показали исследования на лабораторных животных, фрагменты ДНК из переваренной пищи спустя двое суток после кормления могут попадать в кровь и задерживаться в клетках печени и селезенки (Hohlweg *et al.*, 2001). Однако в клетках животных не происходит считывания соответствующей РНК и синтеза белков, кодируемых растительными генами. Это справедливо и в отношении трансгенной ДНК, что подтверждается результатами эксперимента по кормлению лабораторных мышей ГМО-продуктами в течение восьми поколений (*там же*).

Таким образом, непосредственной опасности, связанной с употреблением трансгенных продуктов, на сегодняшний день не выявлено. Безусловно, в процессе эволюции должны были появиться механизмы, защищающие клетки от вторжения чужеродной ДНК, столь широко распространенной в окружающей среде.

Тем не менее отношения между нами и тем, что мы едим, не так просты. Судя по результатам последних исследований, в организмах животных РНК растительного происхождения могут сохранять свою биологическую активность! Так, китайским исследователям удалось обнаружить в клетках желудочно-кишечного тракта и затем в крови лабораторной мыши и человека микроРНК из пищи (риса и растений семейства крестоцветных), причем в значительных концентрациях. Эта чужеродная микроРНК оказалась способна подавлять экспрессию одного из генов, кодирующего белок рецептора липопротеина низкой плотности (Zhang *et al.*, 2012).

На пути агрессоров

Живые клетки не только заботливо охраняют свои генетические программы, но и активно борются с чужими. При заражении вирусами или бактериями первая реакция клетки-хозяина состоит в распознавании и уничтожении чужих нуклеиновых кислот; либо зараженная клетка включает механизмы самоликвидации



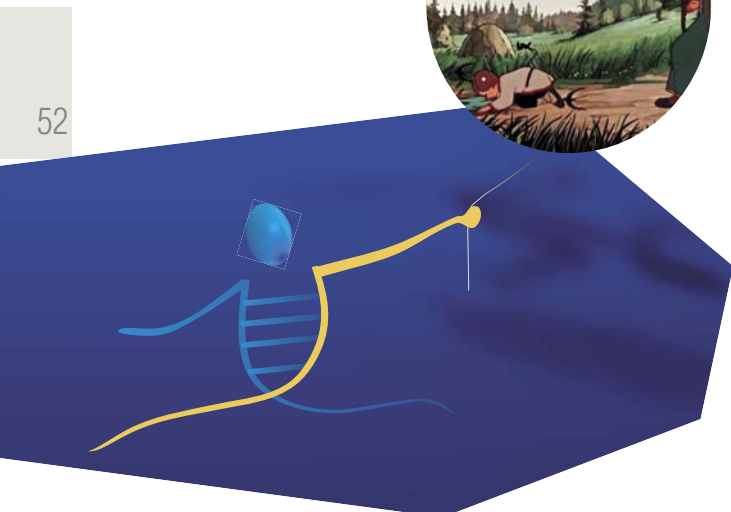
ции, чтобы не допустить размножения инфекционных агентов в целом организме.

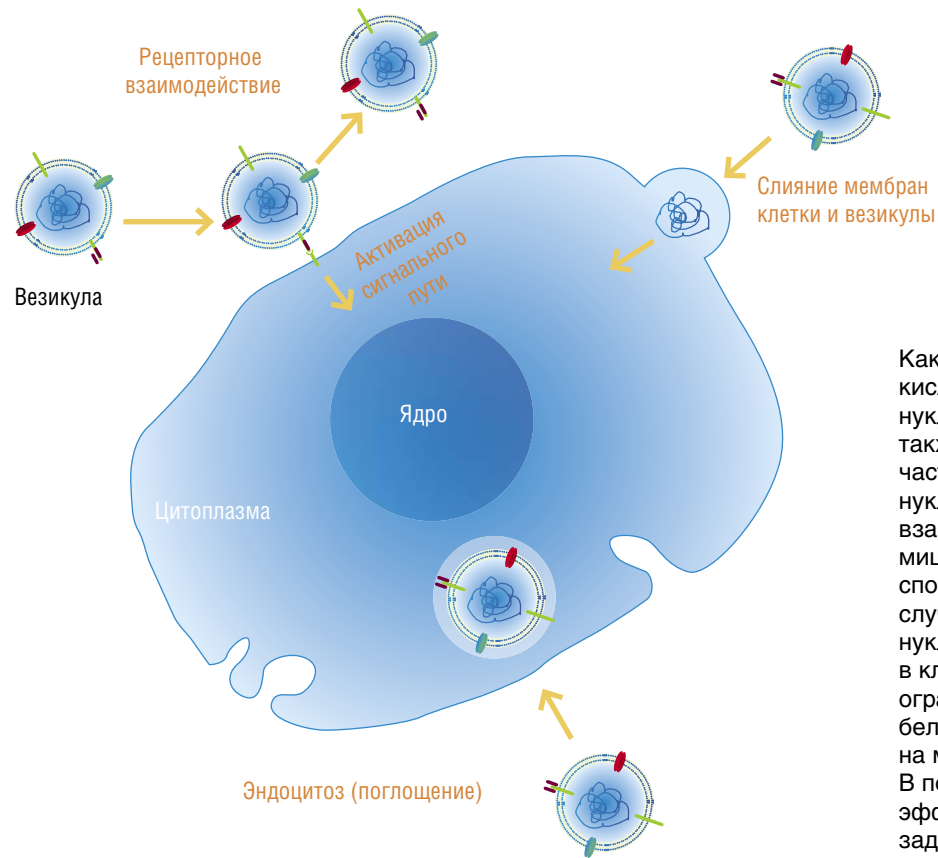
Система врожденного неспецифического иммунитета, которая реагирует на генетически чужеродные молекулярные субстанции, сформировалась еще на ранних этапах эволюции многоклеточных организмов. Она способна распознать «чужака» по наличию в его РНК или ДНК определенных консервативных последовательностей нуклеотидов. В ДНК бактерий такой узнаваемой последовательностью являются участки, содержащие шестизвенные кластеры *цитозин-гуанин*-динуклеотидов (СрG). В отличие от млекопитающих у бактерий такие последовательности не метилированы.

Когда фагоцитирующие иммунные клетки (макрофаги, нейтрофилы, эозинофилы и т.д.) разрушают оболочку бактерии, неметилированные СрG становятся «видны» для *толл-подобных* (TLR) рецепторов фагоцитов, способных распознавать чужеродные нуклеиновые кислоты. Активация внутриклеточного рецептора TLR9 запускает цепочку молекулярных событий, определяющих дальнейшее развитие иммунной реакции. Происходит активация В- и Т-лимфоцитов, которые начинают усиленно вырабатывать специальные вещества – *цитокины*, координирующие развитие воспалительного процесса; усиливается продукция иммуноглобулинов (Hacker *et al.*, 2002). И, наконец, на последнем этапе происходит выработка антител, специфичных к патогену.

При вирусной инфекции сигналом опасности для иммунной системы служит наличие характерной для вируса двуцепочечной РНК («обычная» для клетки РНК, в отличие от ДНК, состоит из одной цепочки нуклеотидов). Такая РНК либо присутствует в составе

Пути появления в организме эндогенных внеклеточных нуклеиновых кислот можно разделить на два основных типа. К первому относится активная секреция их клетками в составе различных везикулярных структур – таким образом переносится преимущественно матричные и малые РНК. Второй тип связан с разрушением клеток в ходе запрограммированной клеточной смерти (апоптоза) или некроза





Как и источники нуклеиновых кислот, пути проникновения нуклеиновых кислот в клетки также различаются. Везикулярные частицы (пузырьки), содержащие нуклеиновые кислоты, способны взаимодействовать с клетками-мишенями различными способами. В некоторых случаях происходит перенос нуклеиновых кислот из везикулы в клетку, в ходе которого ограничивается взаимодействием белковых рецепторов на мембранах везикулы и клетки. В последнем случае дальнейшие эффекты обуславливаются типом задействованного рецептора

Своя рубашка ближе к телу

вирусных частиц, либо появляется в зараженной клетке в процессе размножения вируса.

Узнавание двуцепочечной РНК как сигнала опасности опосредуется поверхностным фагоцитарным рецептором TRL3, который и запускает сигнальный каскад, активирующий усиленный синтез противовоспалительных белков-интерферонов (Yu *et al.*, 2011). Последние, специфически связываясь с клеточными рецепторами, активируют работу определенных генов, ответственных за противовирусный ответ. Например, ген, кодирующий фермент *РНК-зависимую протеинкиназу* (PKR), который индуцирует *апоптоз* (клеточное самоубийство), либо белковый комплекс OAS/RNaseL, который угнетает процессы репликации и трансляции вирусной РНК и т. д.

В конечном итоге зараженная вирусом клетка обычно теряет способность к делению и синтезу белков, а зачастую и вовсе элиминируется из организма.

Другой типичной реакцией зараженной клетки, которая активируется проникновением вирусной двуцепочечной РНК, является *РНК-интерференция* – лавинообразный процесс, приводящий к расщеплению чужеродной РНК и выключению вирусных генов.

Все вышесказанное относилось к так называемым *экзогенным нуклеиновым кислотам*, чужеродным по отношению к организму. Однако достаточно давно было обнаружено присутствие в крови животных и человека, а также в тканях растений, *эндогенных*, т.е. собственных внеклеточных ДНК и РНК.

У высших растений внеклеточные РНК могут перемещаться между соседними клетками и транспортироваться до отдаленных органов и тканей через *флоэму* – проводящую сосудистую ткань, которая обеспечивает нисходящий транспорт органических веществ (продуктов фотосинтеза) из листьев к другим органам. Это было доказано в экспериментах по пересадке частей растений; был также обнаружен особый белок флоэмы, связывающий одноцепочечные РНК и способствующий их переносу как между соседними клетками, так и через фильтрующие структуры флоэмы.

В циркулирующем токе флоэмы были обнаружены матричные РНК собственных генов растения, микроРНК, малые интерферирующие РНК, а также несколько классов малых РНК с неизвестными функциями (кроме того, там присутствует большое количество экзогенной РНК – патогены, например

МЕЖКЛЕТОЧНАЯ «ПОЧТА»

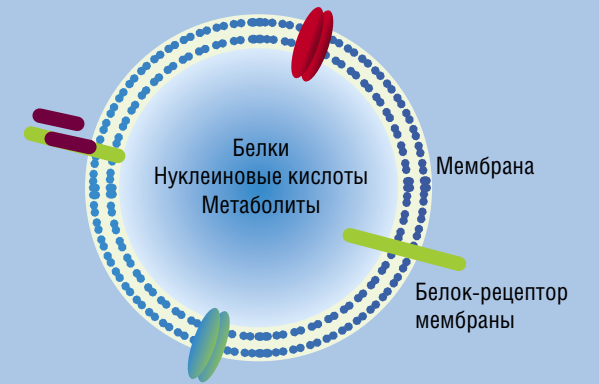
Идея о том, что в пределах организма может происходить перенос наследственной информации от одних органов и тканей к другим, принадлежит великому Ч. Дарвину. Еще в 1868 г. в своем труде «Изменения домашних животных и культурных растений» он сформулировал гипотезу «пангенезиса», предположив, что все клетки «отделяют от себя крошечные геммулы, рассеянные по всему организму». Перемещаясь с током крови в половые органы, они обеспечивают появление у потомков признаков, сходных с родительскими, в том числе и приобретенных.

Конечно же, эта гипотеза в том виде, в котором она предложена Дарвином, была впоследствии опровергнута. Надо сказать, что и сам создатель эволюционной теории предложил теорию пангенезиса в качестве временной, требующей доработки и экспериментальной проверки. И уже через три года Ф. Гальтон, двоюродный брат Дарвина, провел серию опытов по переливанию крови от черных кроликов к светлоокрашенным, однако никакого влияния на окраску потомства не обнаружил. В конечном счете гипотеза о «пангенах» заняла свое место в библиотечных архивах – как тогда казалось, навсегда...

Примечательно, что в том же 1868 г. швейцарский химик Ф. Мишер выделил из клеточных ядер ранее неизвестную субстанцию, названную им «нуклеином». Труды Мишера положили начало исследованиям нуклеиновых кислот – ДНК и РНК.

Как это нередко случается в истории науки, и само представление о межклеточном переносе генетической информации, и механистическая модель геммулы, как ее носителя, оказались востребованными в современной биологии, однако эти представления легли на ставший классическим молекулярно-генетический «фундамент», который отводит роль хранителей и переносчиков генетической информации нуклеиновым кислотам.

Однако процесс «взаимопроникновения» идей пошел не сразу. С одной стороны, были открыты секреторируемые клетками животных микро- и наночастицы, которые были способны «путешествовать» по организму. Однако эти исследования практически не пересекались с исследованиями внеклеточных нуклеиновых кислот, которые были обнаружены в крови и других биологических жидкостях. Например, гранулы, высвобождаемые тромбоцитами, интересовали исследователей в основном своими белками и липидами, которые непосредственно участвуют в процессе тромбообразования, а удивительно высокую стабильность РНК в плазме и сыворотке крови объясняли тем, что она циркулирует в составе фрагментов погибших клеток.



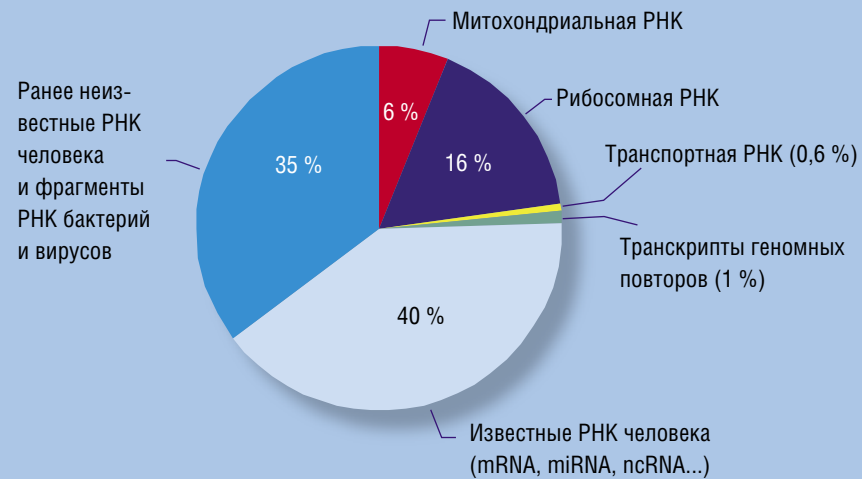
Нуклеиновые кислоты, в том числе и РНК, путешествуют по организму в составе специальных частиц типа микровезикул (*вверху*), являющихся своего рода «почтой» в мембранных «конвертах», которую клетки посылают друг другу

Все изменилось, когда было установлено, что мембранные частицы – микровезикулы и экзосомы, высвобождаемые одними и захватываемые другими клетками, – содержат РНК (Valadi *et al.*, 2007). Это означало, что жизнеспособные клетки способны активно обмениваться нуклеиновыми кислотами.

Согласно современным представлениям, большинство клеток организма человека и высших животных способны секретировать мембранные частицы размером от 50 до 1000 нм. После отделения от клетки-донора они могут быть захвачены соседними клетками либо удаленными клетками-реципиентами. Клетка-донор будет распознавать направленное ей межклеточное «сообщение» по особенностям белкового и липидного состава внешней поверхности мембран частиц, которые являются своего рода «печатью отправителя» и «адресом получателя».

Исследование процессов секреции и циркуляции клеточных микро- и наночастиц сегодня одно из самых бурно развивающихся направлений биологии, причем наиболее интригующим является вопрос об информационном наполнении межклеточных сообщений и реализации его в клетках-реципиентах.

В первую очередь в содержимом экзосом/микровезикул следует отметить многообразные формы РНК: от матричной РНК, кодирующей белки, до некодирующих микроРНК. Хотя сегодня имеются данные, что на такой мРНК в клетках-реципиентах может синтезироваться белок (Valadi *et al.*, 2007), многие детали этого процесса (в частности, эффективность синтеза белка по «чужеродной» для клетки и, скорее всего, фрагментированной РНК) вызывают у теоретиков и практиков оправданные сомнения.



В ИХБФМ СО РАН методом массового параллельного секвенирования было проанализировано свыше 1 млрд нуклеотидных последовательностей из образцов плазмы крови здоровых людей и больных, при этом было обнаружено множество РНК-последовательностей разного происхождения и с разными функциями

С другой стороны, некодирующие РНК (в том числе и микроРНК) внутри клеток являются, прямо или косвенно, регуляторами едва ли не всех ключевых, жизненно важных клеточных процессов (при этом подобные свойства сохраняются даже у продуктов частичного гидролиза некодирующих РНК). Поэтому неудивительно, что именно с набором некодирующих РНК связывают в настоящее время основное информационное наполнение всех циркулирующих мембранных частиц.

Исследования циркулирующих в плазме крови человека РНК были начаты еще до открытия их циркуляции в составе экзосом и микровезикул (Kolodny and Culp, 1972; Stroun *et al.*, 1978; Wiczorek *et al.*, 1985).

В Институте химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск) исследования циркулирующих нуклеиновых кислот были инициированы в начале 2000-х гг. Вскоре удалось обнаружить свободные ДНК и РНК не только в плазме крови, но и на поверхности человеческих клеток, что дополнило представления о циркуляции нуклеиновых кислот в организме и подтвердило предположение об их взаимодействии с клетками. Было также показано, что ДНК и РНК крови представляют собой удобный материал для диагностики опухолей, а их анализ позволяет с высокой точностью не только диагностировать опухоли, но и дифференцировать злокачественные и доброкачественные новообразования (Ryukova *et al.*, 2004; Skvortsova *et al.*, 2006; Рыкова и др., 2008).

В настоящее время для получения исчерпывающего описания всех форм РНК, которые присутствуют в плазме крови человека, в институте используются самые современные методы, включая массовое параллельное секвенирование. Это позволяет определять сотни миллионов нуклеотидных последовательностей в одном эксперименте, находить среди них десятки тысяч известных, а также открывать новые, не описанные ранее последовательности.

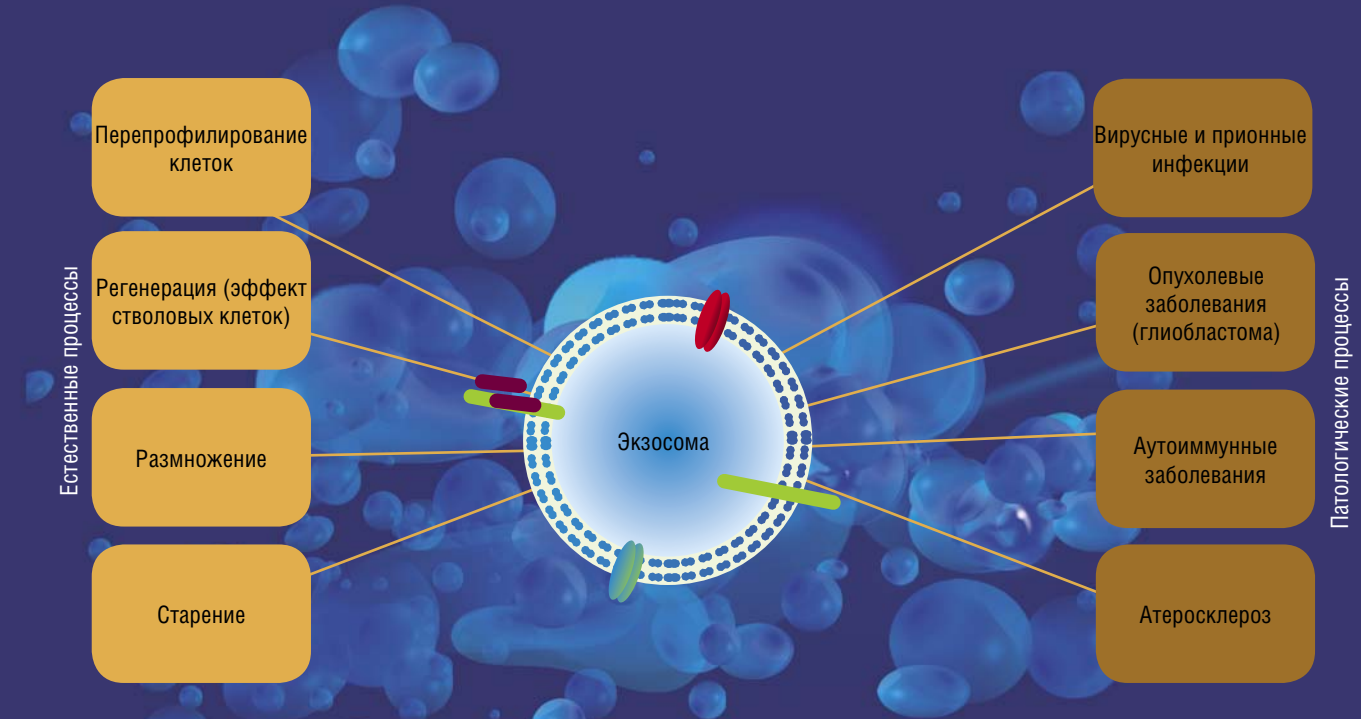
В лаборатории биотехнологии ИХБФМ занимаются как расшифровкой информационного контекста РНК, циркулирующих в составе экзосом и микровезикул, так и поиском новых форм регуляторных РНК, в том числе РНК-маркеров онкологических заболеваний.

С использованием технологии высокоэффективного параллельного секвенирования SOLiD удалось охарактеризовать набор форм РНК, циркулирующих в крови здоровых людей (Semenov *et al.*, 2012). А совместно с врачами Новосибирского областного онкологического диспансера был проведен анализ циркулирующих РНК из плазмы крови пациентов с немелкоклеточным раком легкого. В результате был обнаружен ряд новых опухолевых РНК-маркеров онкологических заболеваний человека, среди которых фрагменты матричной РНК, фрагменты различных некодирующих РНК, а также новые, не описанные ранее транскрипты.

Были получены и уникальные данные, подтверждающие существенный вклад, который микровезикулы и экзосомы вносят в общий пул внеклеточных РНК, циркулирующих в крови человека.

Чтобы усовершенствовать и расширить методологию выделения и анализа внеклеточных микро- и наночастиц, в 2012 г. в ИХБФМ совместно с сотрудниками других институтов СО РАН – Института неорганической химии и Института физики полупроводников, был инициирован интеграционный проект междисциплинарных фундаментальных исследований, в рамках которого планируется решать как фундаментальные задачи, связанные с функциями экзосом и микровезикул, так и практические задачи по разработке новых подходов к диагностике и лечению заболеваний человека с использованием циркулирующих мембранных комплексов.

К.х.н. Д.В. Семенов
(Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, Новосибирск)



В исследованиях последнего десятилетия доказано активное участие экзосом (в частности, переносимых ими нуклеиновых кислот и белков) в широком ряде фундаментальных процессов, обеспечивающих жизнедеятельность организма. Такой механизм обеспечивает передачу информации между клетками (соседними и не только), и нарушения этого пути (или захват его патогенами) связаны с развитием серьезных патологических процессов

вирусы растений, способны использовать этот путь для распространения своей генетической информации (Lough, Lucas, 2012).

У млекопитающих внеклеточные ДНК представляют собой популяцию молекул размером от 180 до 3500 пар нуклеотидов. Один из источников их появления – клетки, разрушающиеся по механизму апоптоза или некроза (Jahr *et al.*, 2001). Так погибают клетки опухолей, а также пострадавшие в результате травм, инфаркта миокарда, интенсивного воспалительного процесса и даже в результате интенсивной физической нагрузки.

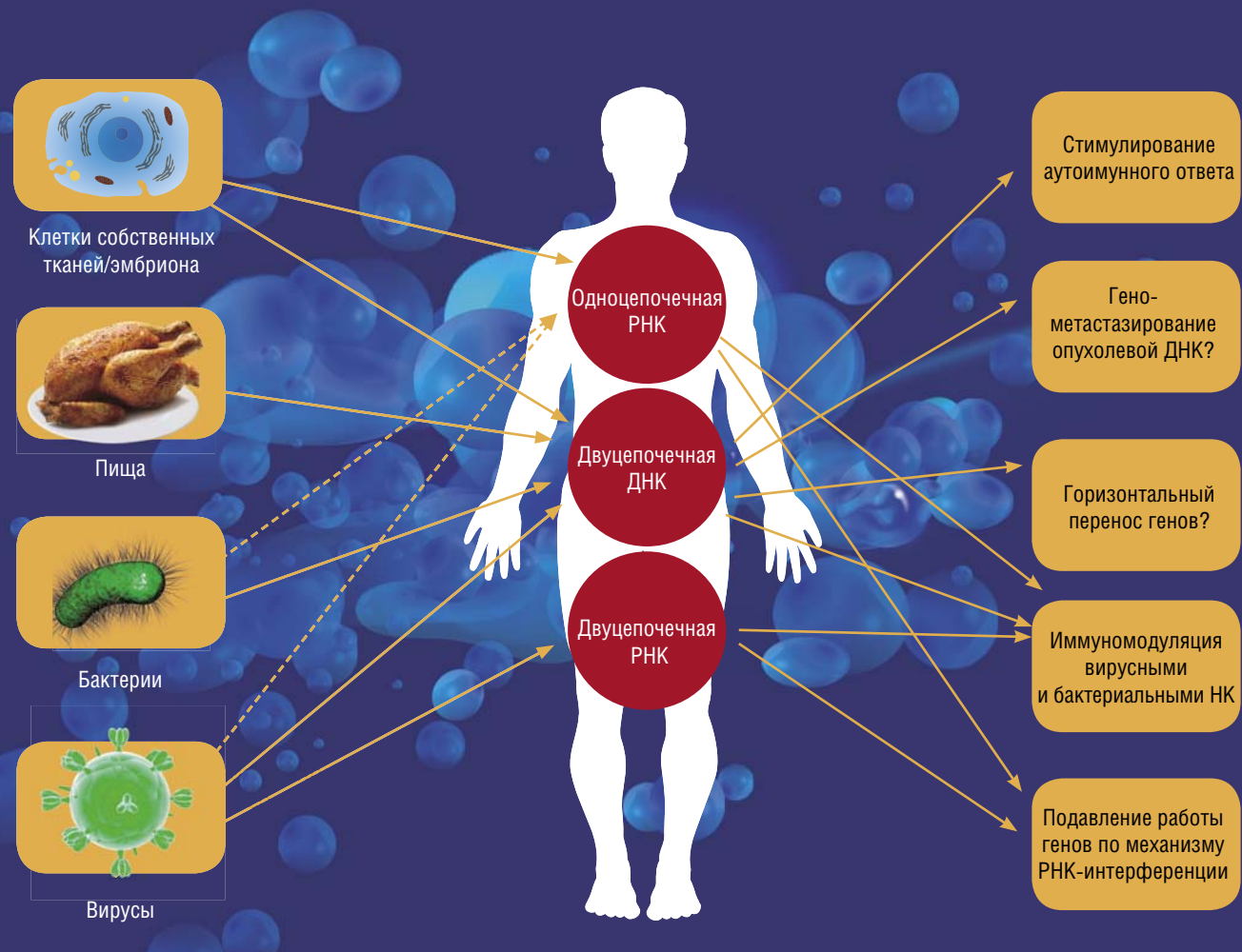
Однако внеклеточные ДНК и РНК активно секретируются и вполне «живыми», функционирующими клетками. В том числе внеклеточная ДНК опухолевого происхождения появляется в крови на ранних этапах канцерогенеза, когда некроз и апоптоз в опухоли практически не наблюдаются. Известно, что при культивировании некоторые клетки человека (например, эндотелициты пупочной вены и периферические лимфоциты) секретируют ДНК в инкубационную среду (Morozkin *et al.*, 2004). Кроме того, в процессе появления свободных нуклеиновых кислот участвуют фагоциты, которые поглощают продукты разрушения

клеток, а затем повторно их секретируют уже в «переваренном» виде.

На концентрацию внеклеточных ДНК и РНК влияет работа специальных расщепляющих ферментов, которых в крови предостаточно, и ДНК спасает лишь то, что вне клеток она появляется в комплексах с белками (например, с гистонами в виде *нуклеосом*) либо заключенная в мембранные структуры (*экзосомы*, *микрочастицы* и *апоптотические тельца*) (Stroun, 2000).

У некоторых примитивных животных, таких как паразитическая нематода *C. elegans*, интерферирующие РНК распространяются по всему организму за счет транспорта специального белком *sid-1* (Feinberg *et al.*, 2003). У млекопитающих такие РНК переносятся в комплексах с белками, участвующими в РНК-интерференции, или с липопротеинами высокой плотности («хорошим холестерином») (Vickers *et al.*, 2011). Попадая в кровь, содержащие нуклеиновые кислоты комплексы могут связываться с белками плазмы или клеток крови – эритроцитов и лейкоцитов.

Все эти структуры захватываются как близлежащими, так и сравнительно удаленными от секретирующей «родительницы» клетками. Механизмы проникновения нуклеиновых кислот в клетки до сих пор во многом остаются загадкой, так как фосфолипидные клеточные мембраны являются барьером для их пассивной диффузии внутрь клеток. Ключевую роль в этом процессе играет взаимодействие «транспортных средств» – везикул и белковых комплексов, с поверхностными белками самой клетки. (Хотя есть свидетельства, что в некоторых случаях возможно также узнавание и захват «голой» нуклеиновой кислоты.)



На сегодня точно установлено, что нуклеиновые кислоты не «заперты» внутри клеток, и в организме человека по кровотоку циркулируют множество внеклеточных нуклеиновых кислот как экзогенного, так и эндогенного происхождения. В зависимости от происхождения и формы циркуляции они вызывают различные биологические эффекты, которые проявляются на уровне целого организма

На благо...

Внеклеточные нуклеиновые кислоты, синтезируемые в организме и участвующие в общей циркуляции (особенно это относится к РНК), играют важнейшую сигнальную роль в локальной и отдаленной регуляции развития органов и тканей, обеспечивая слаженную работу клеток в многоклеточных организмах.

Так, в экспериментах по выявлению факторов, регулирующих клеточную дифференцировку и тканевый морфогенез, были открыты РНК-белковые комплексы, названные *ангиотропинами*. РНК этих комплексов представляют собой высокомодифицированные короткие (длиной до 200 нуклеотидов)

последовательности. Взаимодействие таких молекул с белками в присутствии ионов металлов (Сu, Са, Na, К) приводит к образованию комплексов, которые выступают в роли противовоспалительных факторов (цитокинов) и как регуляторы дифференцировки клеток, выстилающих капилляры, при формировании этих структур (Wissler, 2004).

В последние годы огромное внимание уделяется изучению микроРНК – коротких (19–24 нуклеотида) одноцепочечных или двухцепочечных («незрелая» форма) молекул, которые участвуют в подавлении экспрессии собственных генов клетки по механизму РНК-интерференции. Еще совсем недавно эту специфическую регуляцию синтеза белков было принято считать явлением локального, внутриклеточного масштаба. Однако в последние годы было показано, что активные интерферирующие микроРНК в значительных концентрациях присутствуют в общей циркуляции вопреки высокой активности внеклеточных ферментов, расщепляющих РНК.

Перенос микроРНК между клетками может способствовать формированию самых разных физиологических эффектов, от регуляции иммунного ответа до миграции клеток. У беременной женщины микроРНК,

секретируемые тканями эмбриона (правда, это фактически чужеродная для организма РНК), могут участвовать в адаптации материнского организма к беременности (Mincheva-Nilsson *et al.*, 2010), а микроРНК материнского молока, в свою очередь, – в развитии иммунной системы ребенка (Kosaka *et al.*, 2010).

Транспортируемые в экзосомах матричные и микроРНК могут защищать клетки от апоптоза и стимулировать их деление. Как оказалось, именно этот факт объясняет благотворные эффекты инъекций стволовых клеток в поврежденные органы. Ранее считалось, что стволовые клетки дают в поврежденных органах начало новой ткани, а оказалось, что все дело в продуцируемых ими экзосомах, которые помогают выживать и размножаться собственным клеткам поврежденной ткани (Biancone *et al.*, 2012).

Как показали эксперименты, «коктейль» из мРНК и/или микроРНК можно использовать для достижения и «обратного» эффекта: с их помощью можно получить индуцированные стволовые клетки из уже дифференцированных клеток (например, фибробластов) (Jayawardena *et al.*, 2012).

...и во вред

Однако способ межклеточных взаимодействий путем обмена нуклеиновыми кислотами может быть использован и во вред организму. Так, клетки опухолей (например, глиобластом) активно секретируют экзосомы, содержащие микроРНК, которые влияют на клетки стенок кровеносных сосудов и способствуют успешному распространению метастазов (Skog *et al.*, 2008). (Кстати сказать, аналогичным образом может действовать и экзогенная микроРНК: в геноме вируса Эпштейна-Барра закодированы микроРНК, которые, будучи секретируемыми в составе экзосом зараженной клеткой, проникают в окружающие клетки и нарушают экспрессию цитокина, ответственного за активацию клеточного иммунного ответа (Pegtel *et al.*, 2010)).

И это далеко не единственный пример негативного воздействия внеклеточных нуклеиновых кислот. Так, в ряде случаев в развитии патологических процессов непосредственно участвует внеклеточная ДНК. Наиболее известная болезнь такого типа – *системная красная волчанка*. При этом аутоиммунном заболевании в организме появляются патогенные антитела против собственной ДНК (Rumore *et al.*, 1990). Эти антитела образуют с внеклеточными ДНК комплексы, которые способствуют развитию воспалительных реакций. Считается, что толчком к развитию болезни могут быть нарушения механизмов, регулирующих уровень циркулирующих ДНК, поскольку у многих больных отмечено снижение активности фермента, разрушающего ДНК, и фагоцитов, ее утилизирующих (Napirei *et al.*, 2006).

Поскольку клетки способны захватывать продукты клеточного распада, была выдвинута гипотеза о возможности ракового перерождения клеток вследствие переноса генов из опухолевых клеток, погибших в результате апоптоза. По такому механизму рак мог бы, как инфекционное заболевание, передаваться через кровь от клетки к клетке пораженного организма, формируя отдаленные и соседние метастазы.

В соответствии с этой гипотезой «генометастазов», рак распространяется в организме за счет циркуляции ДНК (или апоптотических телец), а не опухолевых клеток (García-Olmo *et al.*, 2012). И хотя эта гипотеза пока не получила четкого экспериментального доказательства, полностью отвергать ее нет оснований.

Все имеющиеся на сегодня данные однозначно свидетельствуют об огромной биологической значимости внеклеточных нуклеиновых кислот. Согласно самым смелым представлениям они являются не просто сигнальными молекулами, а важным действующим звеном механизмов, работающих как на организменном, так и на популяционном и, в конечном итоге, эволюционном уровне.

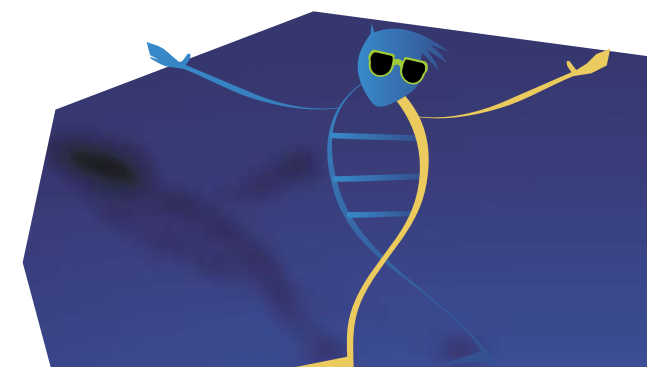
Генометастазы, горизонтальный перенос генов, перепрограммирование соседних клеток, даже перенос внеклеточного «генома» в следующие поколения в обход неodarвинистских механизмов наследования – все эти на первый взгляд фантастические явления будут, безусловно, детально изучаться в ближайшее десятилетие наряду со ставшими уже традиционными исследованиями источников, причин и механизмов появления нуклеиновых кислот-«путешественников».

Литература

Черноловская Е. Л. РНК-интерференция: клин клином... // НАУКА из первых рук. 2008. № 1 (19). С. 54–59.

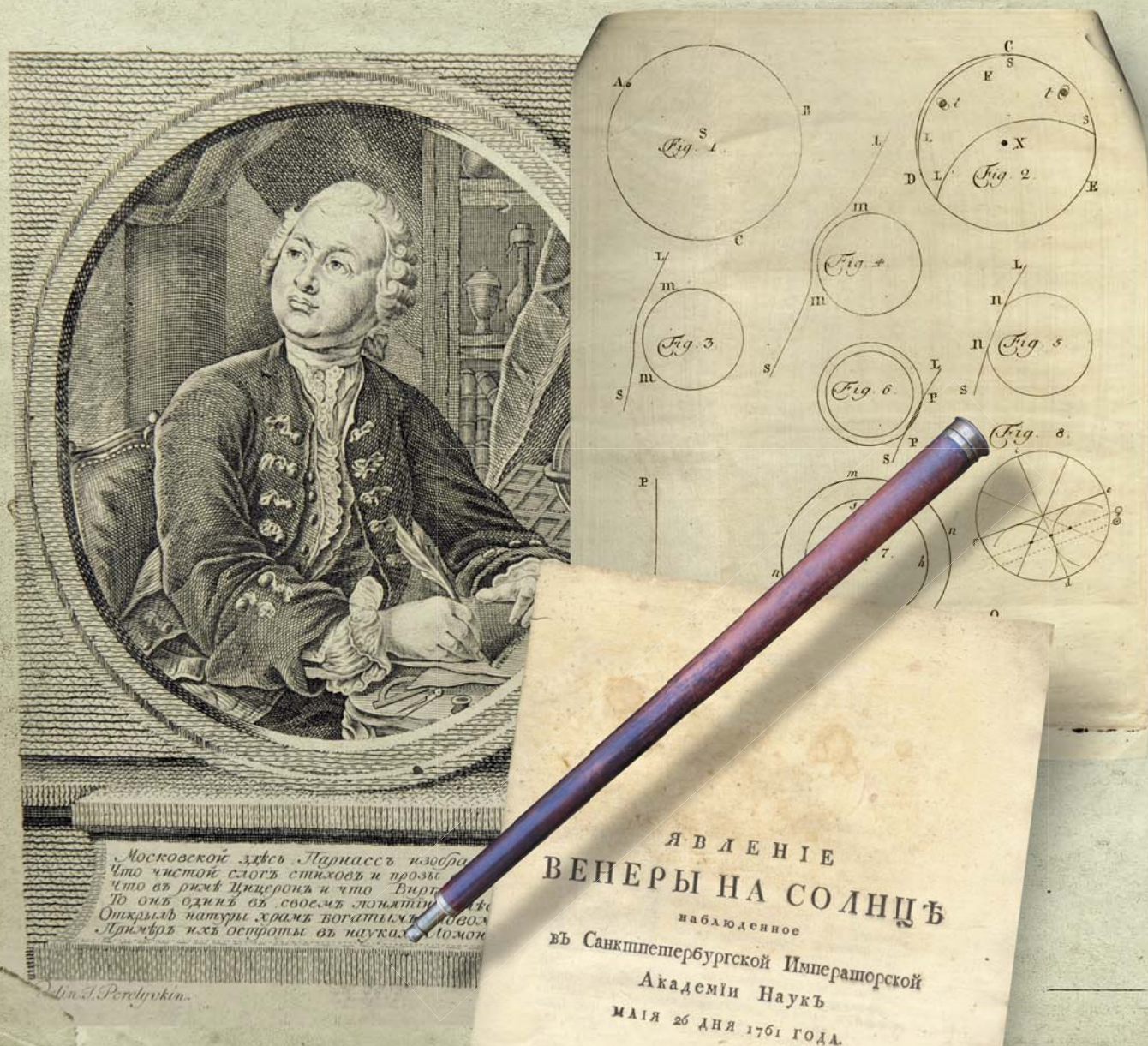
Rykova E. Y. *et al.* Cell-free and cell-bound circulating nucleic acid complexes: mechanisms of generation, concentration and content // *Expert Opin Biol Ther.* 2012 Suppl 1. P. 141–153.

Vlassov V. V., Pyshnyi D. V., Vorobjev P. E. *Nucleic acids: structures, functions, and applications. In Handbook of nucleic acids purification, Ed. D. Liu, Boca Raton, CRC Press, 2009.*



В. Д. ШИЛЬЦЕВ, И. Н. НЕСТЕРЕНКО

«ФОРТУНУ вижу я в тебе или ВЕНЕРУ...»



19 ноября 2011 г. вся Россия праздновала 300-летие со дня рождения Михаила Васильевича Ломоносова (1711—1765) – нашего первого великого русского ученого. Хорошо известно, что А. С. Пушкин назвал его «первым нашим университетом» за широкий охват наук и искусств, в которых Ломоносов или существенно продвинул тогдашнее понимание, или выступал как первопроходец. Не раз выводы его были настолько глубокими, что ставили в тупик и современников, и потомков (до нас включительно). Одно из самых замечательных среди множества его научных достижений – открытие атмосферы Венеры во время ее прохождения по диску Солнца в 1761 г.

*Уста премудрых нам гласят:
Там разных множество светов;
Несчетны солнца там горят,
Народы там и круг веков:
Для общей славы божества
Там равна сила естества.*

М. В. Ломоносов

История открытия Ломоносовым атмосферы Венеры довольно широко известна и неоднократно описана, но многие ее детали не ясны и сегодня. Концепция, которой следовал Ломоносов (это была идея о множественности обитаемых миров), уже в его время существовала более 200 лет; она логически вытекала из системы Коперника, за приверженность ей в 1600 году сожгли на костре Джордано Бруно. Логика Ломоносова была проста: если обнаружится хотя бы одна планета, у которой есть атмосфера, подобная земной, значит, теория имеет право на существование.

«Тогда появился на краю Солнца пупырь...»

26 мая (ст. ст.) 1761 г. был просто уникальный день – Венера должна была пройти между Землей и Солнцем и выглядеть для наблюдателя с Земли темным кружком на фоне Солнца. Ломоносов был единственным, кто понял, что если у Венеры есть атмосфера, то она должна преломлять солнечные лучи, в результате чего вокруг темного диска планеты появится свечение (нимб). Увидеть его можно будет только в первые моменты прохождения планеты, на фоне черного неба.

Ключевые слова: Венера, прохождение по диску Солнца, Ломоносов, атмосфера Венеры, телескоп-рефрактор-ахромат, преломление солнечных лучей.

Key words: Venus, transit over Sun disc, Lomonosov, Venusian atmosphere, achromat refractor telescope, sunlight refraction



ШИЛЬЦЕВ Владимир Дмитриевич – директор Центра ускорительной физики лаборатории Fermilab (Accelerator Physics Center), Чикаго, США. Пять лет руководил крупнейшим в мире ускорителем Tevatron (США, 2001—2005). Изобретатель метода «электронных линз» для коллайдеров. Почетный член Американского физического общества. Член Координационного совета Международной ассоциации русскоговорящих ученых RASA (Russian American Scientists Association). Организатор Ломоносовских чтений в Вашингтоне (США, ноябрь 2011 г.). Лауреат Европейской премии по ускорителям EPS-AG (2004). Автор более 200 научных работ

НЕСТЕРЕНКО Игорь Николаевич – физик-ускорительщик, научный сотрудник Института ядерной физики СО РАН (Новосибирск). Работает на самых современных накопителях ИЯФ СО РАН, активный участник международного проекта FRIB (США), преподаватель ФФ НГУ, опытный астроном-любитель, один из основателей и организаторов Обсерватории «ВЕГА» НГУ, активный член Российского астрофорума astronomy.ru. Автор более 100 научных работ

В ожидании этого дня Ломоносов готовился к проверке своей теории: закупал телескопы, планировал экспедиции, определил время прохождения Венеры для многих городов России. Что же он увидел? В его отчете говорится (приводится в сокращении, квадратные скобки и нумерация наши): «...господин коллежский советник и профессор Ломоносов любопытствовал у себя больше для физических примечаний, употребив зрительную трубу о двух стеклах длиною в 4½ фута. К ней присовокуплено было весьма не густо копченое стекло, ибо он намерился только примечать начало и конец явления и на то употребить всю силу глаза, а в прочее время прохождения дать ему отдохновение. Ожидая вступления Венерина на Солнце [...] увидел наконец, что солнечный край чаемого вступления стал неясственен и несколько будто ступешван, а прежде был весьма чист и везде равен [эффект 1] (смотри В, фигура 1) [...] После с прилежанием смотрел вступления другого Венерина заднего края, который, как казалось, еще не дошел, и оставался маленький отрезок за Солнцем; однако вдруг показалось между вступающим Венериным задним и солнечным краем разделяющее их тонкое, как волос, сияние, так что от первого до другого времени не было больше одной секунды [эффект 2] [...] При выступлении Венеры из Солнца, когда передний ее край стал приближаться к солнечному краю и был (как просто глазом видеть можно) около десятой доли Венерина диаметра, тогда появился на краю Солнца пупырь (смотри А, фиг. 1), который тем явственнее учинился, чем ближе Венера к выступлению приходила (смотри фиг. 3 и 4). LS значит край Солнца, mm – выпуклостое перед Венерою Солнце [эффект 3]. Вскоре оный пупырь потерялся, и Венера показалась вдруг без края (смотри фигуру 5); pp – отрезок, хотя весьма малый, однако явственный. Полное вырождение, или последнее прикосновение Венеры заднего края к Солнцу при самом выходе было также с некоторым отрывом и с неясностию солнечного края [эффект 4] [...]

По сим примечаниям господин советник Ломоносов рассуждает, что планета Венера окружена знатною воздушною атмосферою, таковую (лишь бы не большею), какова обливается около нашего шара земного. Ибо, во-первых, перед самым вступлением Венеры на солнечную поверхность потеряние ясности в чистом солнечном крае В значит, как видится, вступление Венериной атмосферы в край солнечный [эффект 1]. При выходе Венеры прикосновение ее переднего края произвело выпуклость [эффект 3]. Сие не что иное показывает, как преломление лучей солнечных в Венериной атмосфере...» (Ломоносов М. В. Полн. собр. соч., т. 4, с. 367–368).

Не всем, наверное, понятен один нюанс: на Солнце смотреть невооруженным глазом нельзя (особенно в телескоп), и для защиты зрения применяют темные ослабляющие в 100 000 раз фильтры. Ломоносов же использовал существенно более слабый фильтр – «не густо копченое стекло», только для того, чтобы иметь хоть какую-то надежду увидеть свет, преломленный от тонкой атмосферы, если он будет слаб... Он вполне мог потерять зрение и выжечь сетчатку глаза, но сознательно пошел на это!

Дальше события происходили очень быстро: 28 июня 1761 г. Ломоносов сделал официальный доклад в Академии наук о своем открытии, а уже 4 июля сдан в печать и 17 июля вышел в свет в 250 экземплярах труд Ломоносова на русском языке «Явление Венеры на Солнце Наблюденное в Санктпетербургской Императорской Академии наук мая 26 дня 1761 года», где все разложено по полочкам. Поучительно дополнение к этому сочинению, в котором великий ученый рассказывает, почему его открытие важно, рассуждает о возможности жизни на Венере или других планетах, о том, что это не противоречит Библии, и о том, что вопрос, христиане ли венерианцы, ставить рано... Уже в августе 1761 г. пионерный труд был переведен на немецкий язык: «Erscheinung der Venus vor der Sonne beobachtet bey der Kayserlichen Academie der Wissenschaften in St. Petersburg, den 26 May 1761. Aus dem Rußischen übersetzt» (St. Petersburg, 1761) – и 20 экземпляров было отправлено зарубежным ученым...

Возвращаясь к вопросу о возможности жизни на Венере, поставленному в начале статьи, отметим: несмотря на рассуждения и предположения Ломоносова, до самого последнего времени все-таки считалось, что жизни там нет. Но в январе 2012 г. профессор Л. Ксанфомалити из Института космических исследований РАН (Москва) опубликовал статью, в которой осторожно предполагает возможность существования живых форм на Венере – к таким выводам он пришел, проведя детальный анализ множества фотографий, сделанных станциями «Венера» в 80-х годах прошлого века. Так что, может быть, точку в этом вопросе пока ставить рано.

Приоритеты и проходимцы

Вернемся в XVIII в. В конце 1761 г. и начале 1762 г. из 117 экспедиций возвратились более 170 астрономов, посланных наблюдать явление Венеры на диске Солнца (включая четыре пункта наблюдений в России). Это очень редкое астрономическое событие происходит парами примерно раз в 120 лет, и измерения длительности прохождения Венеры в 1761 г. позволили впервые

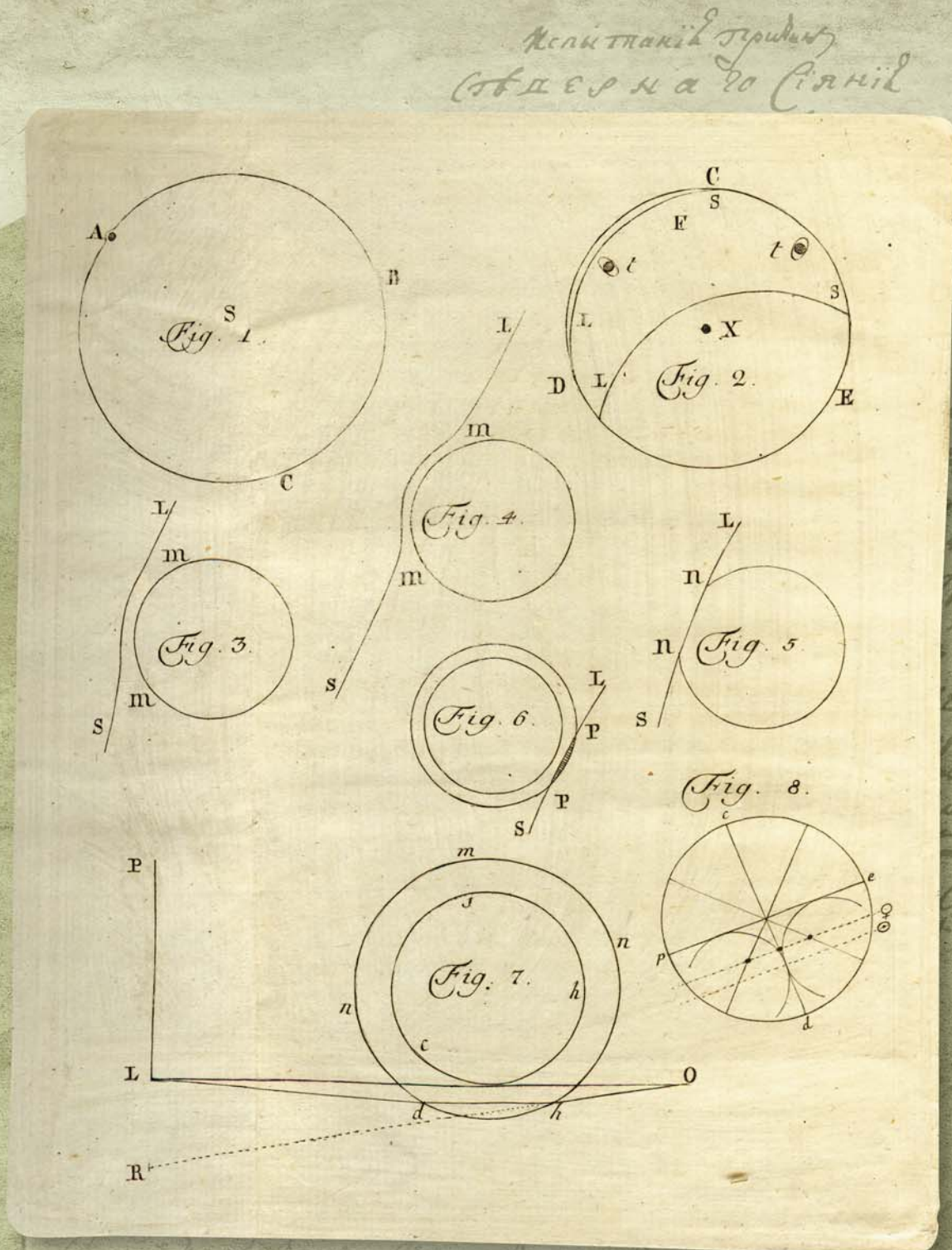


Рисунок из работы М. В. Ломоносова «Явление Венеры...» 1761 г. Российская национальная библиотека

ЯВЛЕНИЕ ВЕНЕРЫ НА СОЛНЦѢ

наблюденное

въ Санктпетербургской Императорской

Академіи Наукъ

МАІЯ 26 ДНЯ 1761 ГОДА.

Титульный лист и разворот с отчетом о наблюдениях М. В. Ломоносова издания «Явление Венеры на Солнце Наблюденное в Санктпетербургской Императорской Академии наук мая 26 дня 1761 года». Результаты наблюдений М. В. Ломоносова были опубликованы в июле 1761 г. тиражом 250 экземпляров. В течение нескольких месяцев почти весь тираж русского издания разошелся: 50 были розданы бесплатно, 2 поступили в академическую библиотеку, 6 получил Ломоносов, 147 распроданы в Петербургской книжной лавке, 30 отправлены для продажи в Москву, 5 хранились в Академической книжной лавке как не подлежащие продаже (Тюличев Д. В. Книгоиздательская деятельность Петербургской Академии наук и М. В. Ломоносов, 1988, с. 228)

смотри В фигура 1; однако не усмотрѣвъ никакой черноты, и думая, что усталой глазъ его, пому, помяченно пригнуто, ошпаалъ ошъ шрубы. Послѣ немногихъ секундъ взглянувши ѣе не увидѣлъ на томъ мѣстѣ, гдѣ край Солнца показался прежде неяснвененъ, дѣйствительно черную щербину или ошрѣзокъ весьма невеликой, но чувствительной вспупаю ція Венеры. Послѣ сѣ прилѣжаніемъ смотрѣлъ вспупленія другого Венерина задняго края, кошорой, какъ казалось, еще не дошолъ, и ошпаался малинькой ошрѣзокъ за Солнцемъ; однако вдругъ показалось между вспупающимъ Венеринымъ заднимъ и между Солнечнымъ краемъ раздѣляющее ихъ тонкое какъ волосъ сіяніе, такъ что ошъ первого до другога времени не было больше одной секунды.

При вспупленіи Венеры изъ Солнца, когда передней ея край ошлѣ приближался къ Солнечному краю, и былъ [какъ проспо глазомъ видѣть можно] около десятой доли Венерина діаметра; тогда появилась на краю Солнца пупырь; смотри А фиг. 1, кошорой шѣмъ ясвеннѣе учинился, чѣмъ ближе Венера къ вспупленію приходила, смотри фиг. 3 и 4; L S значилъ край Солнца; *т т* выпуклосное передъ Венерою Солнце. Вскорѣ оной пупырь пошерялся, и Венера показала вдругъ безъ края; смотри фигуру 5; *т т* ошрѣзокъ; хошя весьма малой однако ясвенной.

Полное выхоженіе, или послѣднее прикосновение Венеры задняго края къ Солнцу при самомъ выходѣ, было такъ сѣ якошорымъ ошрѣвомъ и сѣ неясностію Солнечнаго края.

При семъ ясно примѣчено, что какъ только изъ оси шрубы Венера выпупала ѣе близость краемъ ошверстія; потчасъ являлись цѣшты ошъ преломленія лучей, и края оныя казались неяснвенны шѣмъ больше, чѣмъ была ошъ оси X даѣе. Для того при сей Обсерваціи успанаивалась шруба, что бы Венера была всегда ѣе центръ ошверстія, гдѣ край

ея казались весьма ясвенны безъ всякихъ цѣштовъ.

По семъ примѣчаніямъ господинъ Совѣтникъ Ломоносовъ рассуждаешъ, что планета Венера окружена значною воздушною Атмосферою, шаковою [лишь бы не большею] какова обливается около нашего шара земнаго. Ибо вопервыхъ передъ самымъ вспупленіемъ Венеры на солнечную поверхность попереііе ясноши ѣе чистомъ Солнечномъ краѣ В значилъ, какъ видѣшия, вспупленіе Венериной Атмосферы ѣе край солнечной. Изъясненіе сего ясшвенуешъ ѣе фигурѣ О. L S край Солнечной, P P часть Венериной Атмосферы. При выходѣ Венеры прикосновение ея передняго края произвело выпуклосіе. Се ничшо иное показываешъ, какъ преломленіе лучей Солнечныхъ ѣе Венериной Атмосферѣ. L P конецъ діаметра видимой солнечной плоскости (фиг. 7); *с с* шѣла Венеры; *т т* ея Атмосфера; L O простирающійся лучъ къ Обсерваторову глазу отъ самаго края Солнца вплотъ подѣ шѣла Венеры, ешелобы Атмосферы не было. Но когда ешъ Атмосфера, тогда самаго края Солнечнаго лучъ L d преломившись ѣе d къ перпендикулу достигаешъ до b, и преломившись ошъ перпендикула простирается къ глазу смотришелеву ѣе O. А изъ Опшики изъяснено, что глазъ видѣшиъ по шой линіѣ, кошорая ѣе него входитъ: для того самой край Солнца L уже черезъ преломленіе долженъ быть видѣмъ ѣе R, по линіѣ прямой O R: шо ешъ даѣе самаго края солнечнаго L: и ради того излишекъ разстоянія L R представить долженъ пупырь на краю солнечномъ, передъ переднимъ краемъ Венеры, при ея вспупленіи.

ПРИВАВЛЕНІЕ.

Се рѣдко случающеся явленіе пребуешъ двоякаго обьясненія. Первымъ должно опшодитъ ошъ людей непросвѣщенныхъ никакимъ ученіемъ всякія неосновательныя сомнѣшества и шрахи, кои бываюшъ иногда причиную нарушенія общему покою. Не рѣдко

довольно точно определить расстояние от Земли до Солнца по методу англичанина Галлея – примерно в 150 млн км (за этим-то и посылались экспедиции). Несколько наблюдателей написали в своих заметках, что видели светлые арки вокруг Венеры (эффекты 2 и 3) и размытые края Солнца в точках касания (эффекты 1 и 4) на входе и выходе, но никто не понял их природу.

В России наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца проводились в Академической обсерватории А. Д. Красильниковым и Н. Г. Кургановым, М. В. Ломоносовым в его доме на Фонтанке; академиками И. А. Брауном и Ф. У. Т. Эпинусом в частных обсерваториях в Санкт-Петербурге, Н. И. Поповым и С. Я. Румовским в Иркутске и Селенгинске соответственно; французский аббат, член Парижской Академии Жан Шапп Д'Отрош (Jean Chappé d'Auteroche) проводил наблюдения в Тобольске. Приезд француза сопровождался перепиской между Парижем и Петербургом: в России к этому времени уже были свои ученые, которые могли проводить астрономические наблюдения. Но как бы там ни было, Шапп Д'Отрош 15 месяцев пробыл в России, восемь из которых в Сибири, семь – в Петербурге.

Ломоносов получил и выслушал доклады тех, кого сам снаряжал в экспедиции и поддерживал, в том числе и Шаппа Д'Отроша. Румовский и аббат тоже видели арки света (об этом написано в отчетах), обоим Ломоносов объяснил их значение. По предложению Ломоносова, работа Шаппа была опубликована в 1762 г. в Петербурге – «Mémoire du passage de Vénus sur le Soleil, contenant aussi quelques autres observations sur l'astronomie et la déclinaison de la boussole, faites à Tobolsk en Sibérie l'année 1761. St.-Petersbourg, 1762» («Мемуар о прохождении Венеры по Солнцу, заключающий также некоторые другие наблюдения по астрономии и о склонении магнитной стрелки, произведенные в Тобольске, в Сибири в 1761 г.). Предполагается, что Ломоносов и Шапп Д'Отрош поделились результатами наблюдений: Шапп сообщил, что тоже видел ободок света вокруг Венеры (не претендуя на приоритет открытия и объяснения явления атмосферы). Француз уехал на родину, но что-то, видимо, было сказано между ними такое, отчего в 1764 г. Ломоносов делился своими опасениями с Академией наук: «Известно ж, что и здесь издаваемые о России чрез иностранных известия не всегда без пороку и без ошибок, служащих России в предосуждение: сверх того, Гмелин и Шапп не доброхотные нам примеры показали» (Полн. собр. соч., т. 9, с. 416–417). Академик Иоганн Гмелин, один из первых исследователей Сибири, уехал из России до истечения срока контракта с Академией под поручительство Ломоносова и академика Г. Ф. Миллера и мало того что не вернулся, но опубликовал свои записки о Камчатской экспедиции, где неодобрительно отзывался о деятельности российских властей в Сибири (Reise

MEMOIRE DU PASSAGE DE VENUS SUR LE SOLEIL;

Contenant aussi quelques autres Observations sur l'Astronomie, et la Declinaison de la Bouffole, faites à Tobolsk en Sibirie l'Année 1761.

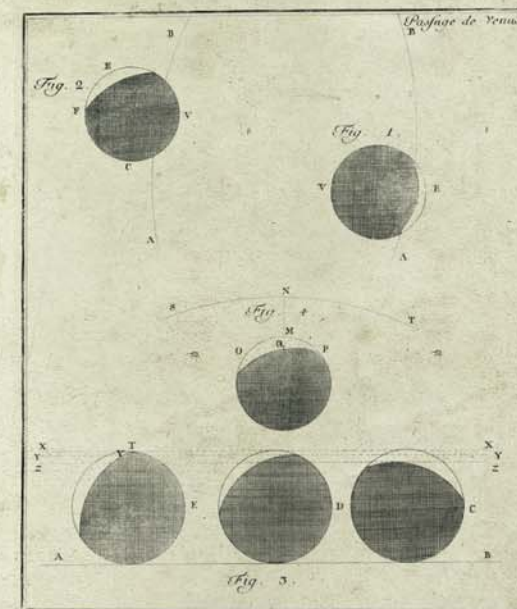
Lû à l'Academie Impériale de St. Petersburg le 8 Janvier 1762.

PAR
M. L'ABBÉ CHAPPE D'AUTEROCHE,
de l'Academie Royale des Sciences de Paris.



à St. Petersburg
de l'Imprimerie de l'Academie Impériale des
Sciences.

Титульный лист петербургского издания астрономических наблюдений Ш. Д'Отроша



Рисунки из статьи Шаппа Д'Отроша «Mémoire du passage de Vénus sur le Soleil, contenant aussi quelques autres observations sur l'astronomie et la déclinaison de la boussole, faites à Tobolsk en Sibérie l'année 1761», опубликованной в 1762 г. в Петербурге

VOYAGE
EN SIBÉRIE,

FAIT PAR ORDRE DU ROI EN 1761;

CONTENANT

LES MŒURS, LES USAGES DES RUSSES, ET L'ÉTAT ACTUEL de cette Paissance; la Description géographique & le Nivellement de la route de Paris à Tobolsk; l'Histoire naturelle de la même route; des Observations astronomiques, & des Expériences sur l'Electricité naturelle:

ENRICHÍ

DE CARTES GÉOGRAPHIQUES, DE PLANS, DE PROFILS DU TERREIN; de Gravures qui représentent les usages des Russes, leurs mœurs, leurs habillemens, les Divinités des Calmouks, & plusieurs morceaux d'histoire naturelle.

Par M. l'Abbé CHAPPE D'AUTEROCHÉ, de l'Académie royale des Sciences.

TOME PREMIER.



A PARIS,
Chez DEBURE, pere, Libraire, quai des Augustins, à Saint Paul.
M. DCC. LXXVIII.

Титульный лист первого тома книги Ш. Д'Отроша «Путешествие в Сибирь...» (1768). Собственно произведение француза составило первый том. Во втором томе был опубликован перевод на французский язык «Описания Земли Камчатки» С.П. Крашенинникова. В 2004 г. в Оксфорде книга Д'Отроша переиздана с научным комментарием Jean Chappe d'Auteroche. Voyage en Sibirie. 2 V. Oxford: Voltaire Foundation, 2004. На русском языке в несколько сокращенном виде произведение Шаппа опубликовано в 2005 г. Э. Каррер д'Анкосс «Императрица и аббат: Неизданная литературная дуэль Екатерины II и аббата Шаппа д'Отроша» (Пер. с франц. О. А. Павловской. М.: Олма-Пресс, 2005)



BAIN PUBLIC DE RUSSIE.

«Публичная баня русских» – одна из гравюр книги «Путешествие в Сибирь по приказу Короля в 1761 году...» (художник Ж. Б. Лепренс, гравер Ж.Ф. Лё Ба)

durch Sibirien von dem Jahre 1733 bis 1743. Göttingen, Verlegts Abram Vandenhoecks seel., Wittve, 1751–1752. Bd.1–4).

Михаил Васильевич Ломоносов скончался в 1765 г., а еще через три года, в 1768 г., Шапп д'Отрош полностью оправдал его подозрения – во Франции был издан его труд «Voyage en Sibirie: fait par ordre du roi en 1761; contenant les mœurs, les usages des Russes, et l'état actuel...enrichi de Cartes géogr., de Plans / par m. l'abbé Chappé d'Auteroche («Путешествие в Сибирь по приказу Короля в 1761 году...»). Именно с ним, а не с астрономическими наблюдениями, аббат Шапп Д'Отрош вошел в историю XVIII в. К сожалению, внимание публики чаще было обращено не на пятую часть сочинения Шаппа – о его наблюдениях прохождения Венеры по диску Солнца, а на первую – о России, Сибири и «русских нравах». Насыщенная грязной предвзятостью и глупостями книга описывала пьянство русских, их сексуальную распущенность, трусость, предательское коварство, склонность к тирании и раблению, отсутствие всяческой морали, неспособности к простым человеческим чувствам, например, любви и привязанности к детям, более того, выводила все это из традиции пользования

Арка света вокруг Венеры и «пупырь» на краю Солнца (по наблюдениям транзита Венеры 2012 г., сделанным Александром Кукариным)



баней и наказания кнутом. Вряд ли эта книга привлекала бы до сих пор внимание исследователей – пасквилей на русских и до Шаппа, и после него написано немало. Но в 1770 г. в Амстердаме на французском языке был опубликован ответ на «Путешествие в Сибирь» – «Antidote, ou examen du mauvais livre superbement imprimé intitulé» и следующее пояснение: «Разбор дурной, но великолепно напечатанной книги под заглавием „Путешествие в Сибирь по приказу короля в 1761...“» Это опровержение измышлений Шаппа Д'Отроша при-

писывают Екатерине II, поэтому не забывают и книгу, столь взволновавшую автора «Антидота».

В 1769 г., спустя четыре года после смерти Ломоносова, произошло второе и последнее в XVIII в. прохождение Венеры по диску Солнца. Беспокойный аббат Шапп Д'Отрош отправился наблюдать его в Мексику (там Шапп заболел тифом и умер; все-таки он был настоящий энтузиаст науки!), опять видел ободок вокруг Венеры, так же как и американец Давид Риттельхауз (David Rittenhouse), друг Франклина, который ничего



4,5-футовый телескоп рефрактор – двухлинзовый ахромат, изготовленный мастером Dollond в последней трети XVIII в. близкий (если не полностью идентичный) тому, что использовал М. В. Ломоносов в 1761 г. Александр Кукарин провел с ним наблюдения за транзитом Венеры в Калифорнии 5 июня 2012 г.

Слева – окулярный, справа – объективный конец другого, меньшего 70 см, двухлинзового ахромата фирмы Dollond, изготовленного в самом конце XVIII столетия. Этот рефрактор использовался В. Шильцевым для наблюдения транзита Венеры 5 июня 2012 г. в г. Батавия (Иллинойс, США)





2,4-футовый двухлинзовый ахромат фирмы Dollond, изготовленный в самом конце XVIII в., и слабозакопченные стеклянные фильтры. Этот рефрактор с одним из фильтров использовался В. Шильцевым для наблюдения транзита Венеры 5 июня 2012 г. в г. Батавия

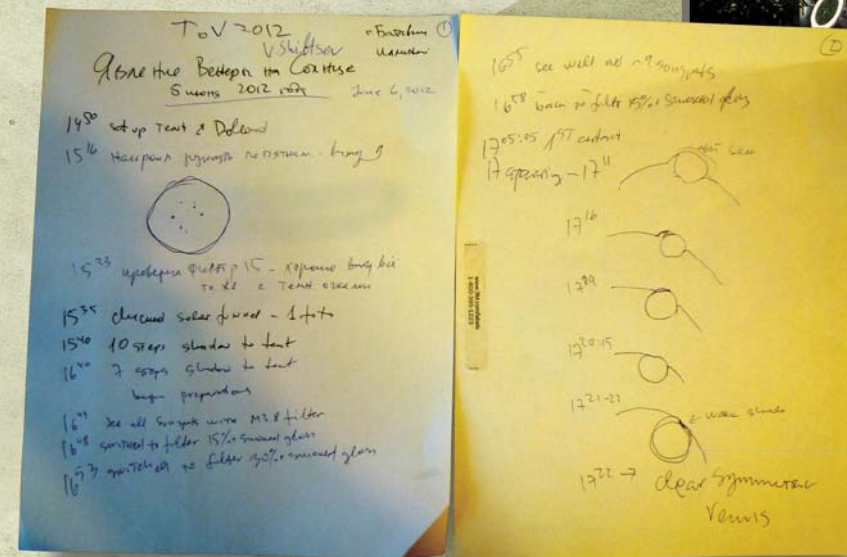
не знал об открытии Ломоносова. Оба опубликовали отчеты. Многие астрономы в 1769, 1874 и 1882 гг. видели дугу Ломоносова в мельчайших деталях. Тем не менее никаких выводов не последовало, и более полутора столетия открытие атмосферы Венеры приписывалось немцу Иоганну Шрөтеру (Johann Schröter) и англичанину Уильяму Гершелю (William Herschel). В 1790 г., спустя 29 лет после открытия Ломоносова, они наблюдали небольшие светлые «рожки» у полюсов освещенной Солнцем Венеры (из-за эффекта рассеяния света в атмосфере Венеры). Профессор Московского университета, выдающийся русский астроном и математик Д. М. Периодиков еще в 1831 г. пытался привлечь внимание научной общественности на приоритет Ломоносова в открытии атмосферы Венеры, но эта попытка не нашла должного понимания у зарубежных коллег.

Международный приоритет Ломоносова был публично восстановлен советскими астрономами только в 1950-х гг. Отмечалось, что Ломоносов был первым, кто опубликовал свой научный доклад (на русском и немецком языках), дал наиболее детальное описание этого явления и был единственным (sic!), кто дал полное и правильное физическое объяснение причины возникновения ободка преломлением солнечных лучей в атмосфере Венеры.

Кстати, тогда же было отмечено, что темные размазанные границы, наблюдаемые всеми, в том числе

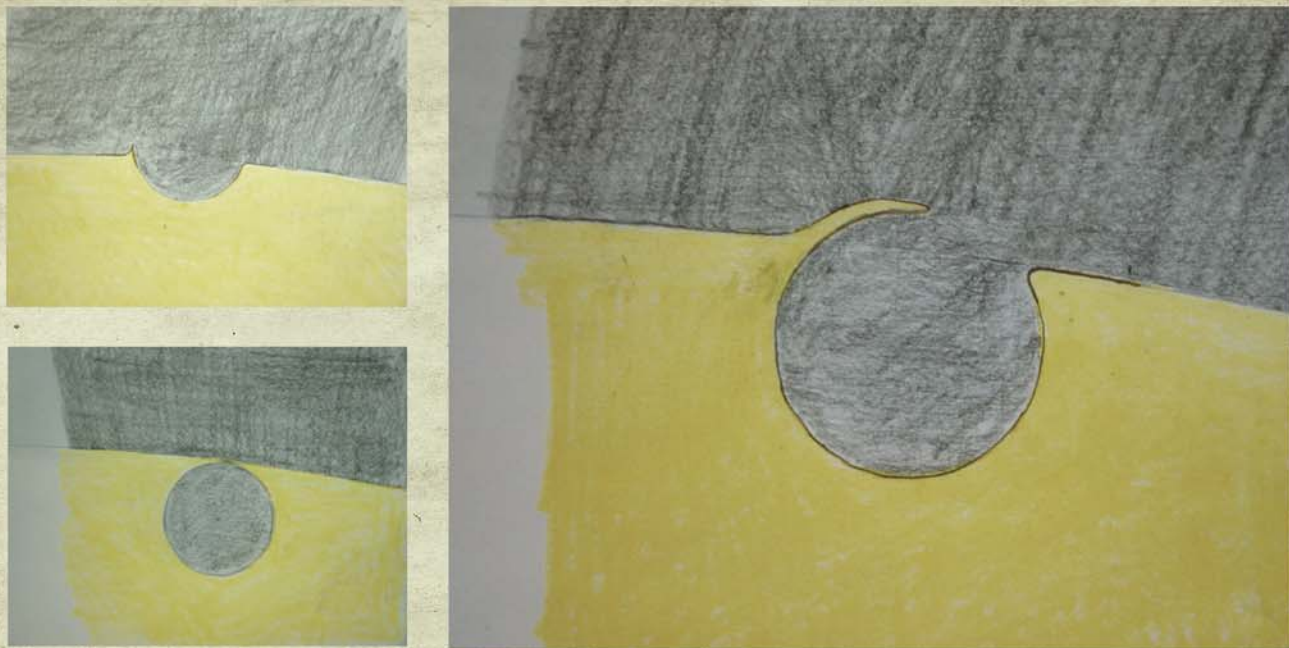


В. Шильцев наблюдает транзит Венеры 5 июня 2012 г. в г. Батавия с одним из старинных телескопов (не в конфигурации наблюдения явления Ломоносова, а где-то в середине транзита). Внизу – фото его журнала наблюдений с первыми зарисовками явления Ломоносова

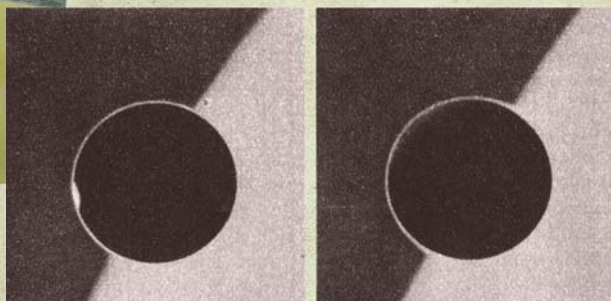
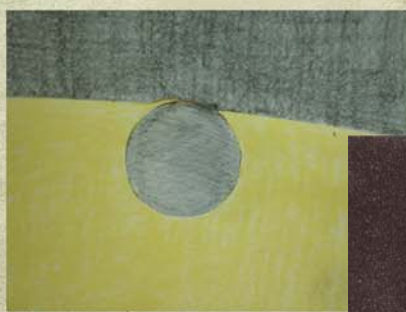


Тент для наблюдения явления Ломоносова во время транзита Венеры 5 июня 2012 г. в г. Батавия (слева), старинный и современные телескопы, использованные В. Шильцевым





Разные моменты транзита Венеры 2012 г., зарисованные В. Шильцевым во время наблюдений. Вверху – полуарка света («ус») вокруг Венеры



Один из современных снимков «явления Ломоносова» – образования светлого ободка вокруг Венеры при ее прохождении по диску Солнца в 2004 г.

и Ломоносовым, – эффекты 1 и 4, – скорее всего, появляются из-за погрешностей телескопа и дрожания атмосферы Земли, так называемого эффекта «черной капли». А вот ободки света – эффекты 2 и особенно 3 – вызваны, действительно, атмосферой, их прекрасно видно в современные телескопы с Земли и из космоса. Итак, начиная с середины XX в. имя Ломоносова как открывателя атмосферы Венеры вошло в учебники, энциклопедии и книги на всех языках мира.

Новый век – новые истории

В преддверии очередного прохождения Венеры по диску Солнца в 2012 г. среди астрономов возникли споры по поводу того, мог ли Ломоносов вообще видеть этот пресловутый ободок. Несколько критически настроенных американских астрономов ставили под сом-

нение это открытие, ссылаясь на свой опыт наблюдения прохождения в 2004 г., когда им было трудно разглядеть такое тонкое явление даже пользуясь современными инструментами, которые, предположительно, должны были быть намного лучше телескопов XVIII в.

Чтобы положить конец сомнениям, желательно было бы повторить наблюдения Ломоносова. Для такой реконструкции потребовались бы и телескоп, как у Ломоносова, и точное воспроизведение деталей наблюдений, и, конечно же, хорошая погода во время транзита Венеры 5–6 июня 2012 г. Для проведения наблюдений объединились исследователи из России (И. Нестеренко) и США (Ю. Петрунин, А. Кукарин, В. Шильцев).

При подготовке к реконструкции выяснилось, что Ломоносов использовал 4,5-футовый рефрактор с двухлинзовым объективом и, как уже отмечалось,

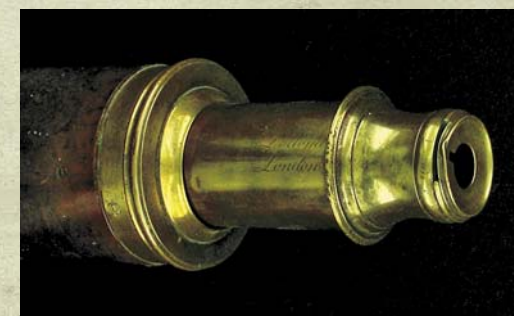
очень слабый фильтр («весьма не густо копченое стекло»), при этом регулярно давая отдых глазам. Было получено три косвенных свидетельства того, что Ломоносов использовал один из первых двухлинзовых ахроматов-рефракторов, выпускаемых с 1758 г. английскими мастерами John and Peter Dollond. Юрий Петрунин – историк телескопостроения, известный специалист по рефракторам и президент компании Telescope Engineering Company в Колорадо (США), нашел этому прямое доказательство. К тому же у него оказался уникальный телескоп точно такого же типа с официальной «родословной». Этот прекрасный инструмент высокого качества с апертурой объектива 68 мм был отправлен Александру Кукарину в Калифорнию, и тот провел с ним наблюдение транзита Венеры на территории Ликской обсерватории. Он использовал ослабленный фильтр (ослабление потока света лишь около 1/6000 вместо обычных 1/100 000) и соблюдал специальные процедуры, чтобы держать глаза отдохнувшими и на максимальной чувствительности. Для собственных наблюдений Юрий Петрунин под-

готовил еще один ахромат Dollond XVIII в. В. Шильцев также приобрел ахромат Dollond длиной 2,4 фута с объективом 40 мм о двух линзах, сделанный в самом конце XVIII столетия, и использовал специальное слабозакопченное стекло в качестве солнечного фильтра, на пределе терпимости глаза (последующие измерения показали, что его ослабление составляет всего 1/1700 в видимой части спектра). И. Нестеренко проводил наблюдения за Венерой в Новосибирске, в Обсерватории «ВЕГА» НГУ с рефрактором «С. West, London», датируемым приблизительно началом XIX в., длиной примерно 60 см к сожалению, имеющим малую входную апертуру (всего лишь 30 мм) и использовал очень слабый фильтр 1/400.

Наконец, настал день наблюдений, результаты которых безоговорочно подтвердили правоту Ломоносова! Александр Кукарин видел яркие усики, торчащие из диска Солнца и огибающие Венеру при транзите, а позже и полную дугу-ободок света вокруг планеты. Владимир Шильцев заметил яркий «ус» вокруг диска Венера. Все это – эффекты преломления солнечных



4,5-футовый двухлинзовый ахромат Dollond (последняя треть XVIII в.), близкий (если не полностью идентичный) использованному М. В. Ломоносовым в 1761 г. Из собрания старинных телескопов Ю. Петрунина





Другой, двухфутовый ахромат Dollond из собрания старинных телескопов Ю. Петрунина. Он пытался наблюдать в него транзит Венеры в Колорадо, но подвела погода – тучи (слева)



Телескоп-рефрактор-ахромат, изготовленный английским оптиком Чарльзом Вестом (Charles West) между 1806 и 1824 гг., установленный на ручной экваториальной монтировке Новосибирского приборостроительного завода (НПЗ)

лучей в атмосфере Венеры. Оба наблюдателя были впечатлены высоким качеством изображения в старинных рефракторах Dollond. Конечно же, кроме успеха были и неудачи. Юрию Петрунину не повезло с погодой и атмосферными условиями в Колорадо, а инструмент, использованный в Новосибирске, оказался слишком слаб по сравнению с ломоносовским и не позволил рассмотреть никаких важных деталей.

Это был знаменательный день для тысяч астрономов во всем мире. В России, несмотря на плохую погоду во многих местах, где проводились наблюдения, более 20 исследователей сообщили, что видели ободки Ломоносова на входе и/или на выходе планеты с диска Солнца, используя широкий спектр современных инструментов. Один из них даже предложил на форуме *astronomy.ru* специальный тост: «За пупырь!».

Вместо заключения

Несмотря на то что имя Михаила Васильевича Ломоносова широко известно и дорого каждому образованному русскому человеку, он все еще остается одним из наименее прочитанных и изученных наших гениев. Современные исследователи находят непочатый край работы в ломоносоведении. Наблюдения, организованные физиками-экспериментаторами в 2012 г., помогли приоткрыть завесу недомолвок и неясностей в событиях 1761 г., разобраться в условиях и методах наблюдений Ломоносова, повторить их по его рецептуре с помощью телескопов второй половины XVIII в. и



Наблюдатели транзита Венеры в г. Батавия, штат Иллинойс, 5 июня 2012 г., физики-коллеги, дети, соседи и Михаил Васильевич Ломоносов – слева

полностью и безоговорочно подтвердить правильность выводов ученого. Похожие экспериментальные методы могут быть использованы для подтверждения и других замечательных открытий М. В. Ломоносова – от закона сохранения материи до опытов по замораживанию ртути, от изобретения ночезрительной трубы до исследований с центроскопическим маятником, от технологии производства смальт до изобретения вертолета.

Пользуемся случаем, чтобы поблагодарить Ю.Л. Мещина, А.М. Черепашука (ГАИШ), Ю.К. Чистова, М.Ф. Хартанович, К.М. Воздиган (МАЭ РАН), А.Р. Нестеренко (НГУ), М.С. Аksenъеву (УФН), Р.З. Сагдеева (University of Maryland) и R. С. Crease (SUNY) за многочисленные консультации и помощь в подборе материала

Литература

Ломоносов М. В. Полное собрание сочинений. М.; Л., Т. 4. С. 367–368.

Ломоносов М. В. Явление Венеры на Солнце Наблюденное в Санктпетербургской Императорской Академии наук мая 26 дня 1761 года. [СПб, Тип.Акад.наук, 1761].

Ксанфомалити Л. В. Венера как естественная лаборатория для поиска жизни в условиях высоких температур: о событиях на планете 1 марта 1982 г. // *Астрономический вестник*. 2012. Т. 46. № 1. С. 44.

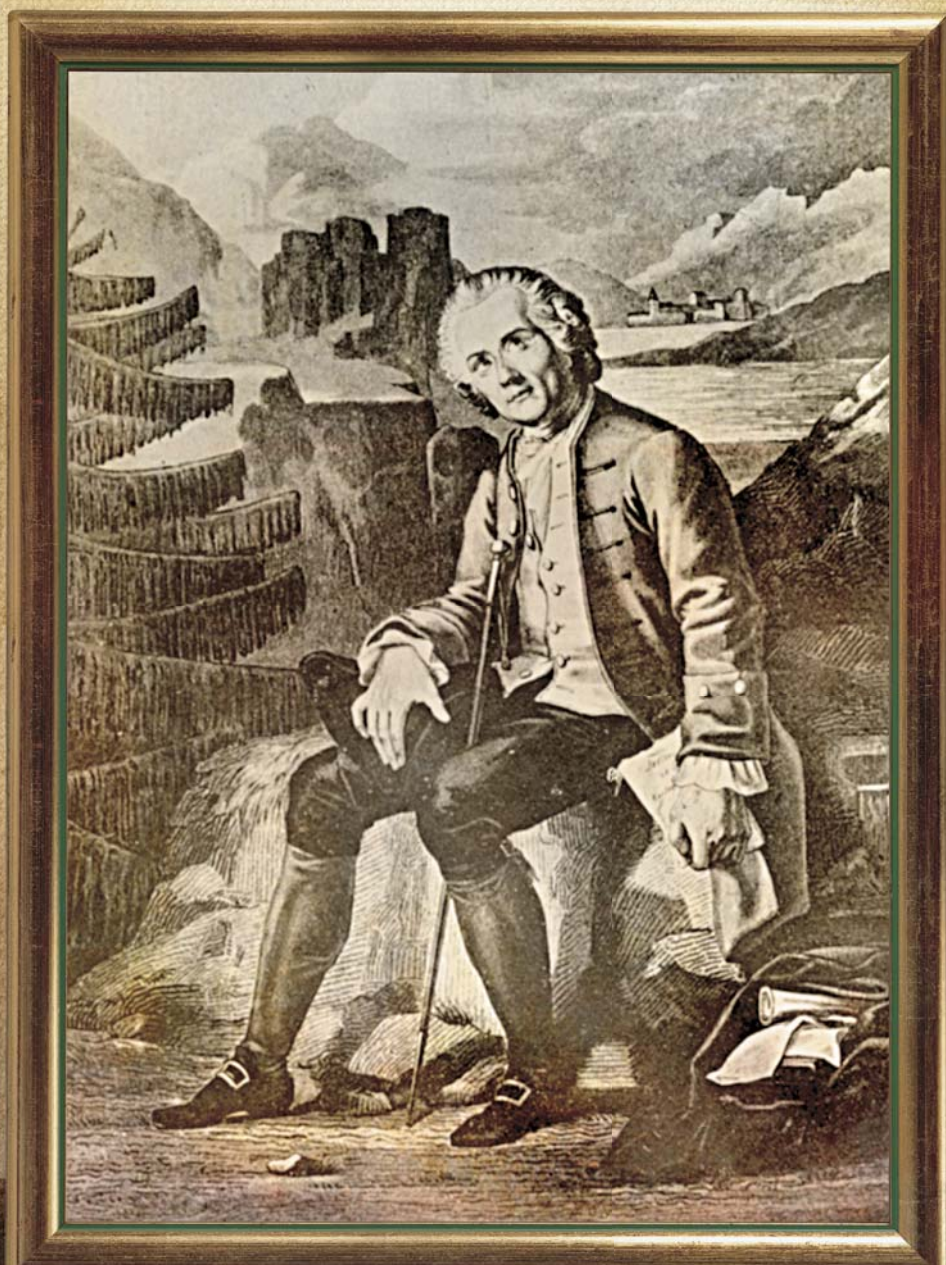
Тюличев Д. В. Книгоиздательская деятельность Петербургской Академии наук и М. В. Ломоносов. Л., 1988.

Каррер д'Анкосс Э. Императрица и аббат: Неизданная литературная дуэль Екатерины II и аббата Шаппа д'Отроша / Пер. с франц. О. А. Павловской. М.: Олма-Пресс, 2005.

Н.А. КОПАНЕВ

«Здоровое тело служит ЗДОРОВОМУ ДУХУ...»

К 300-летию со дня рождения
Жан-Жака Руссо



В 2012 г. отмечается 300-летие со дня рождения французского философа Жан-Жака Руссо (1712—1778). Влияние его идей на европейскую общественную мысль, науку и литературу велико. «Общественный договор» Руссо был широко известен, его роман «Новая Элоиза» был популярен: Татьяна Ларина А. С. Пушкина «влюблялася в обманы и Ричардсона, и Руссо». Л. Н. Толстой писал: «Руссо был моим учителем с 15 лет <...> Я прочел всего Руссо, все 20 томов, включая «Музыкальный словарь». Я более чем восхищался им – я боготворил его. В 15 лет я вместо креста носил медальон с его портретом. Многие страницы его так близки мне, что мне кажется, я сам написал их» (из письма Л. Н. Толстого Б. Бувье). В наше время известность Жан-Жака Руссо как философа парадоксально сочетается с забвением некоторых важнейших сторон его творческого наследия



КОПАНЕВ Николай Александрович – кандидат исторических наук, руководитель Центра изучения эпохи Просвещения «Библиотека Вольтера» (Российская национальная библиотека, Санкт-Петербург). Кавалер Ордена Почетного Легиона (Франция). Автор более 70 научных работ

Имя Жан-Жака Руссо, французского философа XVIII в., было известно российскому читателю уже при его жизни. Произведения Руссо переводились на русский язык, на основе его педагогических взглядов составлялись проекты русских воспитательных учреждений, философа-педагога приглашали приехать в Россию русские аристократы. В последующие века Ж.-Ж. Руссо и его взгляды находились в центре самой ожесточенной полемики. Суждения как апологетов, так и критиков отличались крайней поляризацией: для одних французский философ был знаменем демократического переустройства мира, для других – автором никчемных размышлений, создателем «отрицательных» теорий, способных ввергнуть цивилизацию в пучину хаоса и конечного упадка. И

действительно, теория «Общественного договора» («Du Contrat Social ou Principes du droit politique») Руссо, по которой власть в государстве не должна была передаваться по наследству как богоданная собственность, а являлась продуктом общественного договора народа и избранного им правителя, стала символом и оружием Французской буржуазной революции, а Ж.-Ж. Руссо стал вторым человеком, чей прах был упокоен в Пантеоне великих людей Франции. В XX в. теория «Общественного договора» была использована революционерами-демократами, а потом и большевиками для свержения династии Романовых. Одновременно происходила излишняя политизация системы философа, которая вела к затемнению и даже забвению некоторых важных элементов его концепции.

« Руссо в Швейцарии, преследуемый и гонимый». Гравюра Шавона по рис. Бушо

Ключевые слова: Жан-Жак Руссо, физическое воспитание, М. М. Ковалевский, П. Ф. Лесгафт.

Key words: Jean-Jacques Rousseau, physical education, M. M. Kowalewski, P. F. Lesgaft



«ПИСЬМО ГОСПОДИНА РУССО ИЗ ЖЕНЕВЫ К СОЧИНИТЕЛЮ МЕРКУРИЯ ФРАНЦУЗСКОГО»

Письмо публикуется по тексту в газете «Санктпетербургские ведомости» (1753. 10 декабря № 99. С. 795—797) в современной орфографии. Примечания публикатора в квадратных скобках.

Государь мой <...> Дело есть крайнейшей важности, и касается до здоровья и до живота человеческого. Чем больше небрежение многих людей в сем деле, тем ревностнее разумные и доброжелательные сограждане должны стараться, чтоб тому помочь. Все Химики в Европе давно уже дали нам знать о смертельном яде меди, и о великой опасности, какой подвержены мы от употребления в поварне сего металла. Господин Руэль, член Королевского соиетета наук [Гийом Франсуа Руэль – французский химик, профессор Ботанического сада в Париже, член Парижской академии наук], между всеми наяснейше показал печальные от того действия, и наисильнейше спорил против употребления онаго. Господин Тирри, доктор медицины, в ученой диспутации, какую имел он в 1749 году под предводительством господина Фальконета [Этьен Фальконе], показал многие примеры, которые должны навесть страх на всякого человека, которому мил живот свой и его сограждан. Сии Физики доказали, что ярь [уксуснокислая медь], или растворенная медь, есть сильный яд, которого действие производит по себе страшнейшие приключения, ибо и дым от сего металла причиняет великий вред, чего ради медного дела мастерские люди подвержены бывают разным болезням. Они доводят, что всякие растворы, тако ж масло, соли и сама вода растворяют медь и из нее ярь вытягивают. Лужение, каково б хорошо оно ни было, не препятствует сему растворению, но токмо оно несколько уменьшает. Олово самое, к лужению употребляемое, вред произвести может, несмотря что оно поныне без всякого опасения употребляли. Сия опасность по разным родам олова, какое на то берут, больше или меньше, поколику много или

мало мышьяку туда кладется, или поколику свинцу больше или меньше примешивают. Ибо что растворенной свинец ядовит, доказывают многие печальные действия, какие от поправленных зилберглетом [окись свинца серебристого цвета] вин происходят; а чтоб употреблять сей металл без страха, то бесполезно знать, чем оный растворяется. А хотя и положить, что при лужении употреблена всякая осторожность, однако сие кажется безответно, когда здоровье и живот человеческий имеет зависеть от слабого лужения, которое скоро пропадает. Легко доказать можно, что сколь крепко сия работа не делается, однако ж при употреблении такой посуды в поварне не безопасно ни на один день, чтоб полуда не сошла. Ибо когда требуется гораздо меньший градус огня к растоплению олова, нежели к варению жира, то повару не всегда возможно отвратить, чтоб олово в котором-нибудь месте не отстало, и растворившаяся медь с кушаньем не смешалась. Сверх того не весьма надежно полагаться в том на своих слуг и поваров, которые обыкновенно новолуженых кастрюлей неохотно употребляют, понеже в них кушанье добрый вкус теряет. Помянутые Физики доказали, каким образом многие ужасные приключения, какие от употребления меди происходят, ежедневно весьма другим и разным причинам без основания приписываются. Они показали, что много людей от того погибают, и что еще гораздо большее число тысячакратным разным болезням подвергаемы бывают, которые все происходят от употребления сего металла на варение и на содержание в нем воды, так что больные подлинной причины сего зла сами не ведают. И хотя находящаяся в предместье Святого Антония фабрика железной луженой посуды легчайшие способы показала, как вместо медной посуды промышлять другую гораздо дешевле, которая имеет такую ж удобность, и здоровью не вредительна, по крайней мере в рассуждении металла, из какого она состоит; однако ж обыкновенное в людях к полезным им вещам нерачение и пустые отговорки, какие находят леньность в принятых однажды да еще негодных обыкновениях, совет разумнейших Химиков учинили не действительным, так что поныне в немногих токмо поварнях медь отрешена. Упрямство поваров, которые не хотят употреблять другой посуды на кухне, как какую сии знают, есть из числа труднейших препятствий; и кто знает леньность и лакомство их господ, тот может рассудить о трудности в уничтожении сего препятствия.

Страница газеты «Санкт-Петербургские ведомости», 1753, 10 декабря № 99 с «письмом» Руссо о вреде медной посуды



[795]



О вреде медной посуды

кой успѣхъ возми́те шь намбрѣне интереснѣе въ Силежскомъ закладномъ дѣлѣ , чтобъ предложить сѣ дѣло Парламенту. Для морской силы на сей годъ опредѣлено жалованья токмо на 10000 человекъ матрозовъ ; изъ чего заключаюмъ , что не будетъ отправленія флота въ море , и надлежитъ надѣяться продолженія мира.

Письмо господина Руссо изъ Женевы къ сочинителю Меркурія Французскаго.

Государь Мой !

Думаю я , что приложенной присемъ Экстрактъ письма изъ Стокгольма вамъ не неприятенъ будетъ. Персона , къ которой оно писано , желаетъ , чтобъ оно чрезъ васъ опубликовано было. Дѣло есть крайнейшей важности , и касается до здравя и до живота человеческого. Чемъ больше небреженіе многихъ людей въ семъ дѣлѣ ; тѣмъ ревностнѣе разумные и доброжелательные сограждане должны стараться , чтобъ тому помочь. Въ Химики въ Европѣ давно уже дали намъ знать о смертельномъ ядѣ мѣди , и о великой опасности , какой подвержены мы отъ употребленія въ поварнѣ сего металла. Господинъ Руэль , членъ Королевскаго соиетета наукъ , между всѣми наяснейше показалъ печальныя отъ того дѣйствія , и наисильнѣе спорилъ противъ употребленія онаго. Господинъ Тирри , Докторъ Медицины , въ ученой диспутати , какую имѣлъ онъ въ 1749 году подъ предводительствомъ господина Фальконета , показалъ многіе примѣры , которые должны навесть страхъ на всякаго человѣка , которому милъ животъ свой и его согражданъ. Сии Физики доказали , что ярь или растворенная мѣдь есть сильный ядъ , котораго дѣйствіе производитъ по себѣ страшнѣйшія приключенія , ибо и дымъ отъ сего металла причиняетъ великой вредъ , чего ради мѣднаго дѣла мастерские люди подвержены бываюмъ разнымъ болезнямъ. Они доводятъ , что всякіе растворы , такожь масло , соли и сама вода растворяюмъ мѣдь и изъ нея ярь вытягиваюмъ. Луженіе , каковыиъ хорошо оно ни было , не препятствуетъ сему растворенію , но токмо оное нѣсколько уменьшаетъ. Олово самое , къ луженію употребляемое , вредъ произвести мсжетъ , не смотря что оное понынѣ безъ всякаго опасенія употребляли. Сія опасность по разнымъ родамъ олова , какое на то берутъ , больше или меньше , по колику много или мало мышьяку туда кладется , или по колику свинцу больше или меньше примѣшиваюмъ. Ибо что растворенной

Б Б Б 2

сви-

Несмотря на обилие работ по философии руссоизма, до самого последнего времени оставался неизвестным тот факт, что первой работой Руссо, опубликованной на русском языке, было «Письмо господина Руссо из Женевы к сочинителю Меркурія Французскаго» («Mercure de France» – общественно-политический и научно-популярный влиятельный французский журнал, редактором которого был аббат Гийом Рейналь, друг Ж.-Ж. Руссо). «Письмо» это было посвящено отнюдь не социологической проблеме, а рассмотрению вопроса о вреде применения в быту и пищевой промышленности посуды из меди (Санкт-Петербургские ведомости, 1753). Неожиданность этого факта была столь велика, что при составлении капитального указателя к «Санкт-Петербургским ведомостям» советский библиограф даже не смог подумать о французском «философе-ниспровергателе» как о возможном авторе этой статьи и просто включил в указатель некоего «Руссо, химика».

Вклад Руссо в развитие ботаники, математики и теории музыки XVIII в. был замечательным, но и эти грани его гения были погребены под многочисленными трудами апологетов и противников его революционных теорий.

«Тело должно быть сильным, чтобы хорошо подчиняться велениям души»

В наше время оказался практически забыт вклад женевакского мыслителя и в разработку основ физкультурного и спортивного движения. Ж.-Ж. Руссо не случайно пришел к идее необходимости физического воспитания юношества. В своих философских работах он в первую очередь продолжал традицию Ш.-Л. Монтескье по изучению истории античного мира. Монтескье считал, что Римская империя оказалась неспособной сопротивляться варварам из-за ее внутреннего разложения, ставшего, в свою очередь, следствием изнеженности нравов. У Руссо идея сильного, выносливого и закаленного варвара, побеждающего утонченного, но ослабленного римлянина, доходит до своего конечного выражения: физическая сила и смелость в философии Руссо становятся наиболее ценными качествами человеческой личности. Последовательное развитие этого тезиса привело Руссо к построению законченной системы физического воспитания, основанного на принципах, выработанных в античной Спарте. Заметим, что в те времена физическое воспитание входило в программы обучения детей дворян только в виде верховой езды, фехтования и танцев. Схоластическое обучение в основном было направлено на подавление детской и юношеской резвости.

Принципы спартанского воспитания, изложенные Руссо в его знаменитом трактате «Эмил, или о воспитании» («Émile, ou de l'Éducation»), заключались прежде всего в закаливании детей как холодной водой, так и высокими температурами, чтобы развить у них хорошую переносимость к любым погодно-климатическим условиям: «Подвергайте их [детей] тем испытаниям, с которыми они столкнутся однажды. Укрепляйте их тело, чтобы оно могло сопротивляться превратностям времен года, различных климатов <...>, пусть он [ребенок] привыкнет к перенесению голода, жажды, усталости; погружайте его в воды Стикса» (Rousseau, 1762, t. 1, p. 37). Руссо, в данном случае, интерпретирует известный античный сюжет о воспитании Ахилла, мать которого, морская нимфа Фетида, окунала своего сына в воды реки смерти Стикса для придания ему неуязвимости от любого оружия. При этом философ разумно отметил необходимость соизмерять нагрузки закаливания с силами и возможностями ребенка. «Тело должно быть сильным, чтобы хорошо подчиняться велениям души: хороший слуга должен быть сильным. Если тело ослаблено, то оно управляет человеком: чем более оно сильно, тем более оно послушно», — пишет француз в начале первой книги

Lv I



Thetis plonge Achille dans le Styx.

Фронтиспис к первому тому издания педагогического трактата «Эмил, или о воспитании» (1762) «Фетида погружает Ахилла в воды Стикса».

Разворот второго тома издания педагогического трактата «Эмил, или о воспитании» (1762). Фронтиспис «Хирон учит Ахилла бегу» (справа)

своего сочинения (Rousseau, 1762, t. 1, p. 59). Далее он неоднократно повторяет этот же тезис, формулируя его так: «Здоровое тело служит здоровому духу, а больное тело угнетает дух», а «...цель физических упражнений укрепить душу, сделать ее неуязвимой и сильной: в таком случае тело сможет отражать все стрелы, которые могли бы ее ранить» (Rousseau, 1762, t. 1, p. 327).

Lv II




Chiron aerce Achille à la Course.


«Измеряйте, считайте, взвешивайте, сравнивайте»

Предлагая читателям примеры здорового образа жизни, Руссо описывает жизнь и воспитание простых крестьянских детей, обращая внимание на их здоровье и жизнеспособность, которые проистекали от их участия в повседневных крестьянских трудах и заботах. Особенно отмечает Руссо способности детей из простого сословия к бегу и подвижным играм, а также их умение плавать. Руссо замечал, что многие высокопоставленные и высокообразованные люди учатся езде на лошади, но «почти никто из них, не умеет плавать <...> в то время как простой ремесленник очень хорошо плавает. Однако умение ездить верхом столь простое, что любой путешественник может сразу же при необходимости сесть в седло, другая ситуация, если оказы-

ваешься в воде и не умеешь плавать, ты сразу же идешь ко дну, а поплыть без предварительного обучения плаванью невозможно» (Rousseau, 1762, t. 1, p. 330). Далее Руссо заявлял, что его идеальный воспитанник Эмил «будет чувствовать себя в воде так же уверенно, как на суше», причем его тренировки не будут сопряжены с риском для жизни, «а научившись плавать в канале отцовского парка, ребенок потом сможет переплыть Гелеспонт [пролив Дарданеллы]» (Rousseau, 1762, t. 1, p. 331).

В программу идеального воспитания по Руссо должна была входить и работа с утяжелениями, но такая, которая развивала бы у юноши чувство равновесия, ловкости и умения оценивать вес спортивного снаряда. Перед любым действием Руссо призывал: «Измеряйте, считайте, взвешивайте, сравнивайте. Прилагайте усилие только после изучения с каким сопротивлением

133

É M I L E
 O U
DE L'ÉDUCATION.

LIVRE SECOND.
 EST ici le second terme de la vie, & celui auquel proprement finit l'enfance; car les mots *infans* & *puer* ne sont pas synonymes. Le premier est compris dans l'autre, & signifie *qui ne peut parler*, d'où vient que dans Valere Maxime on trouve *puerum infantem*. Mais je continue à me servir de ce mot selon l'usage de notre Langue, jusqu'à l'âge pour lequel elle a d'autres noms,



Эразма Роттердамского правила поведения детей. Галантная учтивость, откуда цветущее юношество может перенять современные манеры, а также способы, как сделаться для всех любимым и приятным. *Лейпциг, 1731*

вы столкнетесь... Как можно сдвинуть массивный предмет? Если мы возьмем слишком большой рычаг, он потребует и большего усилия с нашей стороны, если он будет слишком коротким, он не произведет достаточного эффекта: опыт поможет ему [ученику] точно выбирать необходимый рычаг» (Rousseau, 1762, t. 1, p. 332–333).

Эти слова в полной мере могут быть ключевыми и для тяжелой атлетики, и для выбора необходимого весла в гребле, и для построения тренировки практически в любом современном виде спорта.

Эмиль, или идеальный юноша, по идее Ж.-Ж. Руссо должен был «бегать по утрам босиком, в любое время года» (Rousseau, 1762, t. 1, p. 356), иметь хорошую координацию движений, «прыгать в длину и в высоту, уметь

лазать по деревьям, и преодолевать стену» (Rousseau, 1762, t. 1, p. 357).

Наставник должен приучить своего воспитанника к длительным пешим походам и путешествиям, научить его ходить по горам «по сложным, крутым и извилистым тропинкам, прыгать с места на место, как во время подъема, так и при спуске. Мой Эмиль будет скорее козленком, чем оперным танцором» (Rousseau, 1762, t. 1, p. 358).

Руссо указал в своем трактате и на возможность мотивирования детей путем организации соревнований, замечая при этом, что в процессе игры-соревнования в них как бы естественно пробуждаются высокие моральные качества – желание помогать более слабому. Руссо особо подчеркивал, что дети, получавшие приз за победу в состязаниях (например, печенье), очень скоро начинали делиться им с побежденными (Rousseau, 1762, t. 1, p. 368).

Французский философ пропагандировал не только закаливание и игры на свежем воздухе, но и нормы гигиены, говорил о необходимости для детей достаточного сна и здорового питания, рассматривая «воспитание» прежде всего буквально, как искусство правильного вскармливания и питания детей. Он был последовательным сторонником и пропагандистом вегетарианства (Rousseau, 1762, t. 1, p. 408–409).

Воспитание с помощью «разумно предоставляемой свободы»

Можно констатировать, что Руссо, по существу, предвосхитил все направления развития современного физкультурного и спортивного образования. Вместе с тем, нельзя не отметить, что он недооценивал значение книги и чтения, ошибочно считая их в целом ненужными для первоначального воспитания детей. В образовании Руссо был сторонником «поверхностного энциклопедизма» и стремился развить у ребенка саму способность к приобретению необходимых для него знаний и умений. Идеальный воспитанник Эмиль должен был прежде всего получать уроки здравого смысла и здорового образа жизни.

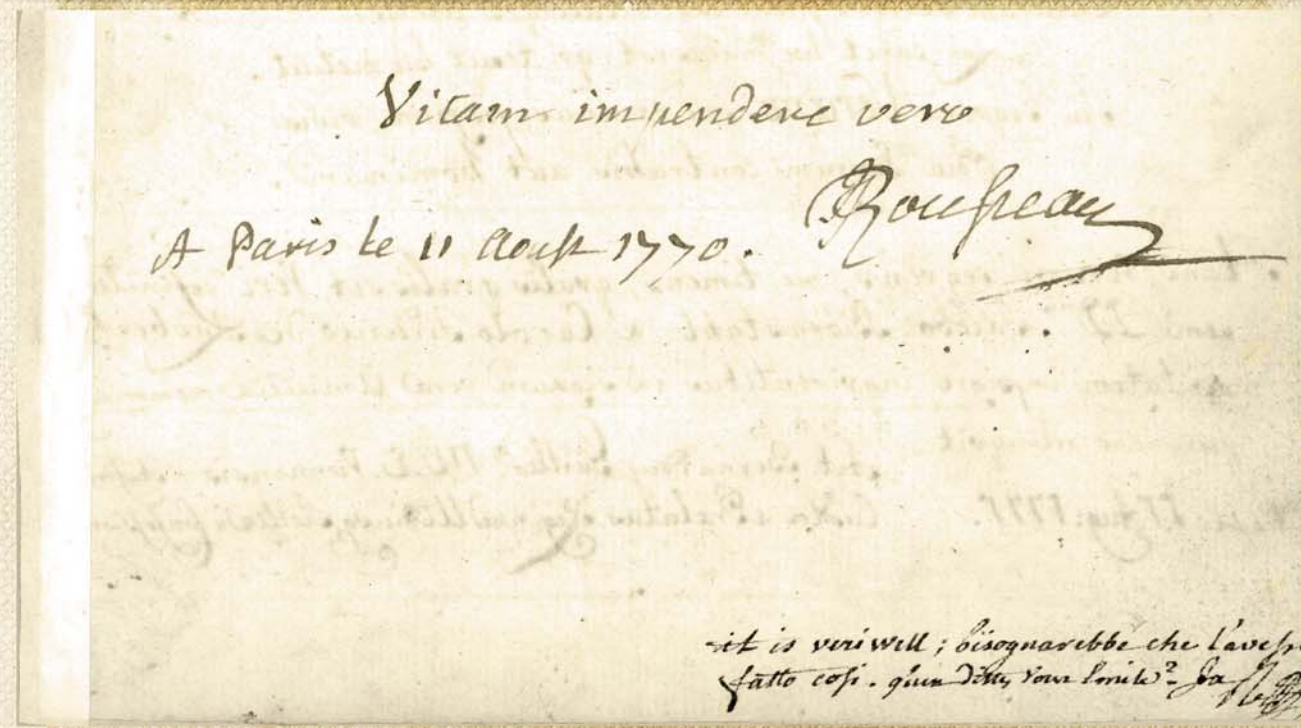
Вместе с тем, по Ж.-Ж. Руссо, воспитатель не должен был навязывать ребенку свою волю и свои предпочтения, хороший наставник «должен изучить склонности каждого ребенка» и только потом начать воспитание с помощью «разумно предоставляемой свободы» («la liberté bien réglée») (Rousseau, 1762, t. 1, p. 1 87).

Эти принципы, взятые Руссо во многом из английской протестантской педагогики, легли в основу всей образовательной системы Нового времени.



«Детские игры». Иллюстрации из книги И. В. Базедова «Первоначальное обучение». 1770–1774 гг. Гравюра на меди Д. Ходовецкого





Автограф Ж.-Ж. Руссо с его философским девизом «Посвятить жизнь истине». Отдел рукописей РНБ

Высшие курсы Лесгафта по системе Руссо

В России труды французского философа оказали значительное влияние на военное и придворное воспитание: «Эмиля» Ж.-Ж. Руссо, хотя и запрещенного официально цензурой, читали, изучали и основатели Пажеского корпуса, и воспитатели наследников русского престола, и авторы системы народного образования конца XIX — начала XX в. Поклонниками творчества Ж.-Ж. Руссо были и создатели русской спортивной науки. Новые принципы физического воспитания прививались на «Курсах воспитательниц и руководительниц физического образования», открытых П. Ф. Лесгафтом в Петербурге еще в 1896 г., М. М. Ковалевский — известный русский политический деятель и ученый-руссоист стал продолжателем этого благородного начинания,

преобразовав курсы в 1910—1912 гг. в «Высшие курсы П. Ф. Лесгафта» и войдя в историю спортивного движения России в качестве второго ректора современного «Национального государственного университета физической культуры, спорта и здоровья имени П. Ф. Лесгафта» (Санкт-Петербург).

В XX в. философия спартанского воспитания Ж.-Ж. Руссо вошла в жизнь нашей страны через замечательное развитие физкультурного движения и спорта, участие России и СССР в мировом Олимпийском движении, а так же организацию Спартакиад самого разного уровня и введение уроков физкультуры в образовательные системы всех ступеней.

◀ Руссо, собирающий гербарий. Гравюра из издания *Correspondance de J.-J. Rousseau* (Т. XIX. Pl. 1)

Литература
 Rousseau J.-J. *Émile ou de l'Éducation...* Amsterdam, chez J. Neaulme, 1762. Т. 1—4.
 Санкт-Петербургские ведомости. 1753. 10 дек. № 99.

Гранд-Каньон

Мечта туриста и учебник для геолога

На северо-западе американского штата Аризона находится настоящее чудо света, созданное природой. Это – один из крупнейших каньонов нашей планеты, прорытый в горных породах быстрой и извилистой рекой Колорадо. Национальный парк США «Гранд-Каньон» площадью около 5 тыс. км² входит в список Всемирного наследия ЮНЕСКО, а в глазах самих американцев это главная достопримечательность страны, затмевающая даже знаменитый Йеллоустонский парк

ВЛАСОВ Валентин Викторович – академик РАН, доктор химических наук, заместитель председателя СО РАН, директор Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск), заведующий кафедрой молекулярной биологии НГУ. Лауреат государственной премии РФ (1999). Автор и соавтор более 400 научных работ и 10 патентов





Утро в Аризонской пустыне, лежащей на пути к Гранд-Каньону, окрашивает горы на горизонте в цвет зари. Характерная деталь пейзажа – экзотическая степная растительность, такая как кактусы, достигающие в высоту 5—7 м



Размеры Гранд-Каньона поражают воображение: длина составляет 446 км, ширина достигает 29 км, а глубина – 1,6 км! Как же и когда образовался этот природный феномен?

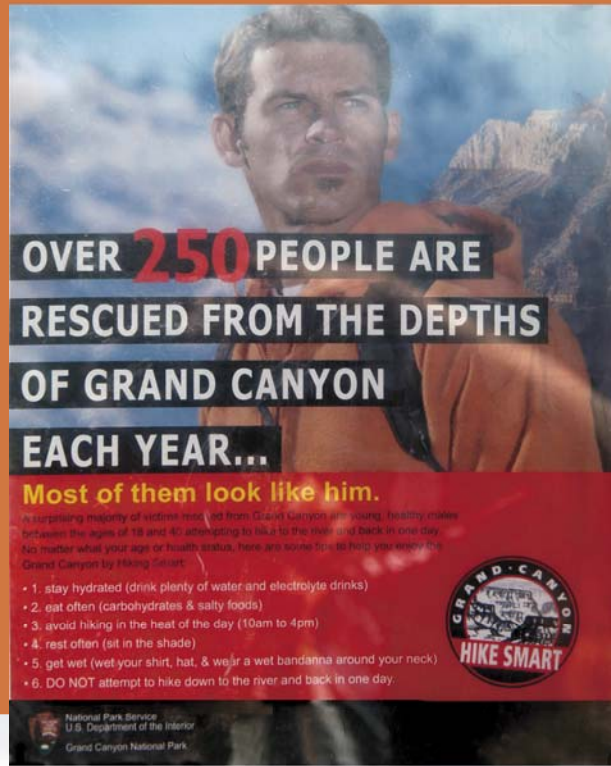
В незапамятные времена р. Колорадо текла по равнине, но 10–20 млн лет назад земная кора в этом месте приподнялась, сформировав современное плато Колорадо. По мере подъема поверхности река все глубже промывала русло в слоях известняка, песчаника и сланца. И сегодня она продолжает врезаться в свое гранитное ложе со скоростью 0,25 мм в год, но уже на глубине более полутора километров. Мутная вода несет большое количество глины, песка и камней, и во время половодий река окрашена в красно-коричневый цвет («колорадо» по-испански и означает «красная»). За сутки река уносит со своими водами около 0,5 млн т грунта.

Яркие краски пустыне добавляют розовые и желтые цветы кактусов-опунций



И в наши дни лошади и мулы остались основными средствами передвижения по тропам каньона





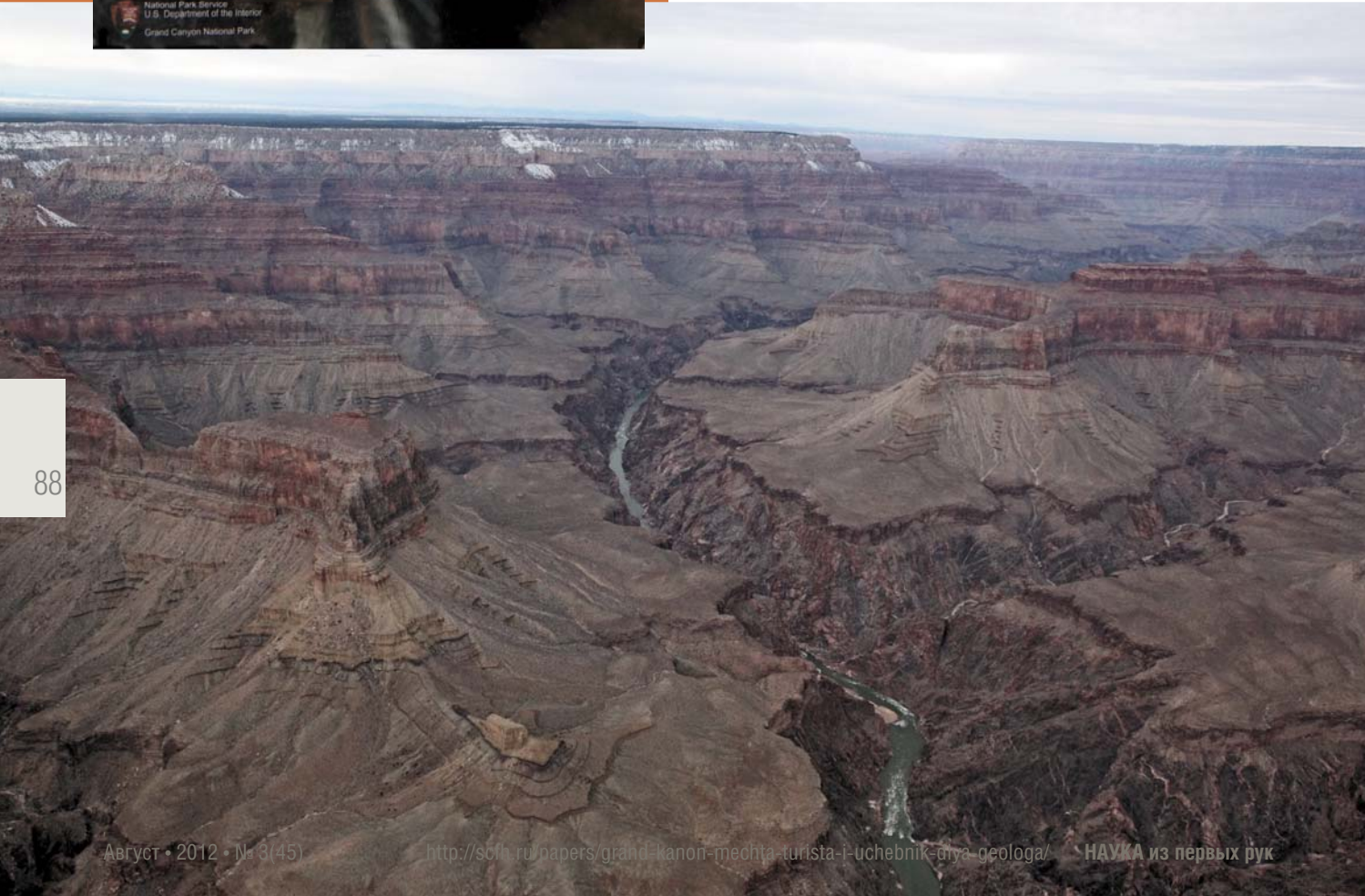
В формирование причудливого по очертаниям каньона внесло свой вклад множество разрушающих факторов: притоки Колорадо и весенние ручьи, зимняя стужа и ветровая эрозия, а также жизнедеятельность живых организмов, животных и растений. И сегодня мы видим, как вокруг бушующей далеко внизу реки громоздятся причудливые скопления огромных башен, стен и пирамид. Некоторые из них, выглядящие как сказочные строения, носят соответствующие названия: трон Вотана, храм Шивы и т. д.

Вдоль всех дорог и троп, ведущих к каньону, установлены плакаты с предостережениями путешественникам избегать необдуманных прогулок у реки. Дело в том, что дно каньона кажется обманчиво близким, что чревато несчастными случаями. Кроме того, летом температура там может подниматься выше 40 °С

Река Колорадо, быстрая и порожистая, практически непроходима для обычных лодок. Сегодня среди любителей приключений очень популярен сплав по реке на надувных плотках

На склонах каньона много погибших и высохших деревьев, поэтому пожары здесь не редкость

Благодаря водной и ветровой эрозии берега каньона украсились причудливыми «башенками» и «замками»



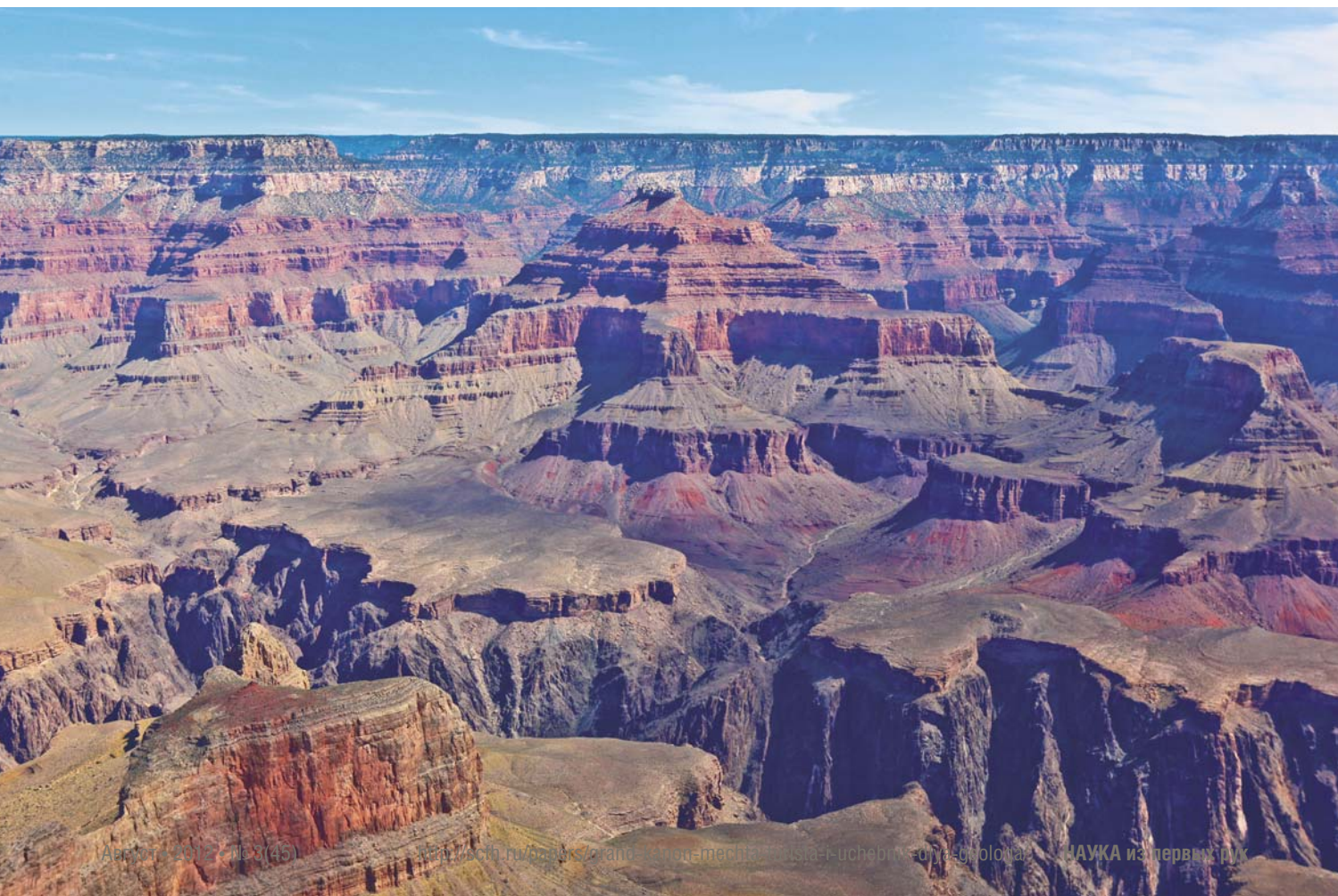
К сожалению, в наши дни в каньоне, особенно летом, почти всегда стоит дымка, маскирующая буйство красок и форм, присущее его склонам. Виной этому мощные угольные электростанции Аризоны и частые пыльные бури, характерные для этого штата.

Сверху вниз

Спускаясь вниз по обрывам каньона и рассматривая горизонтально расположенные пласты горных пород, вы совершаете настоящее путешествие во времени. Здесь можно увидеть каменные свидетельства четырех геологических эр Земли. Верхние, самые молодые (около 350 млн лет) осадочные слои известняка и нижележащие песчаники сформировались, когда на месте современных гор плескалось море. Еще ниже расположены метаморфические породы – сланцы и гнейсы возрастом около 500 млн лет. Наконец, на самом дне каньона видны розовые гранитные пласты, в которые вгрызается река – эти породы возникли из магматического расплава около 2 млрд лет назад.

По мере продвижения ко дну каньона закономерно меняется и растительность – от характерных для умеренного пояса видов до субтропических. На бортах растет сосновый лес, вблизи обрывов – заросли можжевельника. Ниже на склонах видны низкорослые дубы и редкие березы и ивы. На самом дне каньона вас встречает настоящий пустынный пейзаж – редкая подсыхающая трава украшена свечками кактусов, агав и юкк.

Слои осадочных пород на стенках каньона в основном окрашены в красноватый цвет, но местами встречается и черная, и желтая, и голубая окраска. Верхние слои, сложенные известняками, подверглись сильной эрозии, поэтому в верхней части каньон широк и изрезан оврагами. В нижних слоях, сложенных гнейсами и гранитами, река прогрызла очень узкую и глубокую щель



Живой мир каньона довольно разнообразен: в лесу обитают обычные для американских парков серые белки и олени, не боящиеся людей, в кустах – много мелких птиц, а вблизи жилья – стаи черных воронов. В темноте выползают из своих убежищ скорпионы, вылетают летучие мыши.

Двадцать лет назад здесь выпустили калифорнийских кондоров, которые находились под угрозой полного исчезновения. Охотники не упустили возможности подстрелить огромную птицу, и к тому времени их осталось не более тридцати особей. В национальном парке птицы оказались под надежной охраной: по оценкам специалистов, сегодня их численность здесь составляет свыше семи десятков.

Не забытое Богом

С незапамятных времен в каньоне жили племена индейцев. Свидетельства тому – наскальные рисунки в пещерах, возраст которых оценивается в 3–4 тыс. лет. «Белые люди» узнали о существовании каньона в XVI в., после того как в сентябре 1540 г. отряд испанского капитана де Гарденаса в поисках золота вышел на его южный борт.

Каньон показался испанцам обыкновенным большим оврагом с ручьем на дне – его громадные размеры действительно трудно оценить на глаз, особенно при хорошей видимости, и они решили спуститься вниз. Солдаты с проводниками-индейцами с трудом преодолели лишь треть пути до дна огромного провала. Когда у отряда закончилась вода, путешественникам хватило благоразумия вернуться назад.

В следующий раз испанцы оказались в этих краях через 200 лет: в 1776 г. группа священников, сопровождаемых солдатами, искала путь из Санта-Фе в Калифорнию. Угнетенные пустынностью этой огромной

территории, в своих заметках святые отцы писали, что, очевидно, были последними людьми, посетившими это забытое Богом и никому не нужное место.

Но предсказание священников не сбылось. В 1858 г. здесь появились первые геологи-изыскатели, которые обнаружили в каньоне залежи цинковых, свинцовых и, главное, богатых медных руд. Поскольку цены на медь тогда были высоки, медную руду стали добывать

и на мулах поднимать из каньона по крутым тропам. Когда медь подешевела, ее добыча в таком труднодоступном месте прекратилась.

Первая научная экспедиция, которая обследовала и описала каньон, состоялась в 1869 г. Группу из девяти натуралистов возглавил известный исследователь майор Д. Пауэлл: на четырех лодках им впервые удалось проплыть по Колорадо через Гранд-Каньон.

В конце XIX в. были организованы первые экскурсии для любителей природы – началась эпоха туризма.

В 1903 г. президент Т. Рузвельт, любивший охотиться в каньоне, приказал организовать охрану этой территории: по его инициативе был организован национальный парк.

В 1921 г. через р. Колорадо в наиболее посещаемом участке каньона построили подвесной мост. Еще через

полвека начался коммерческий сплав по реке, сегодня этот маршрут совершают около 15 тыс. человек ежегодно.

Уже в нашем веке в районе каньона началась активная добыча урана, но в начале 2012 г. был объявлен мораторий на эту деятельность на двадцать лет, чтобы не допустить загрязнения заповедной территории. Активные дебаты по поводу этого решения ведутся до сих пор.

Памятка туристу

В наши дни Гранд-Каньон посещают до 5 млн человек в год. Их всех главная цель – взглянуть с бортов на дно каньона и сделать снимки с рекомендованных точек в вечернее время, когда тени четко очерчивают скалы, а закатное солнце окрашивает их в яркий красный цвет.

Каньон – идеальное место для пешеходного туризма. Лучшее время для путешествия – май-начало июня или сентябрь. В середине лета здесь слишком жарко, а зимой – холодно, к тому же верхняя часть троп покрыта снегом и льдом.

Многим кажется, что в Аризоне жара круглый год везде, однако на самом деле это не так, поскольку высота бортов каньона – свыше 2 км над уровнем моря. В горах значительно холоднее: когда наверху 20 °С, внизу может стоять 48-градусная жара.

К тому же погода здесь не отличается предсказуемостью, и снег в горах может выпасть в любое время года. Несведущие туристы зачастую приезжают в каньон в ноябре–декабре в шортах, и местные магазины делают хороший бизнес на продаже теплой одежды.

Наиболее обжит и удобен южный, менее высокий берег каньона, от которого к реке ведут хорошо оборудованные тропы.

Забываясь о здоровье и жизни посетителей, администрация парка старательно информирует туристов о грозящих им опасностях. В парке повсеместно установлены плакаты, наглядно демонстрирующие незавидную участь, которая поджидает легкомысленных, неподготовленных и неудачливых путешественников.

И действительно, множество не вполне здоровых и неопытных туристов попадает в беду, пытаясь покорить каньон. Часто создают проблемы и хорошо тренированные, но самоуверенные спортсмены, которые переоценивают свои силы. Результат – эвакуация вертолетом и ущерб для здоровья разной степени тяжести.

Конечно, администрация несколько преувеличивает опасности, о чем свидетельствует статистика. Если не считать авиакатастроф (в 1956 г. при столкновении самолетов в каньоне погибли 128 человек), то цифры смертности за все время существования парка, т.е. за столетие, таковы: 53 человека упали с крутых



склонов; 25 – погибли от несчастных случаев, таких как поражение молнией; 65 – в результате проблем со здоровьем (тепловой удар, сердечно-сосудистые заболевания и т. д.); 86 – утонули; наконец, 48 человек совершили самоубийства и 23 – были убиты.

Очевидно, что для такой огромной территории это ничтожная смертность, но, конечно, лучше перестраховаться и запастись необходимыми знаниями по безопасной технике путешествий.

Из туристских троп наиболее известны «Брайт Энджел» и «Саут Кайбаб», которые начинаются вблизи гостиничного поселка национального парка. Первая тропа представляет собой 17-километровый относительно пологий спуск, проложенный в ущелье. По нему легко идти, но с него не открывается таких прекрасных видов, как с других троп. Вторая тропа, более крутая, проходит по гребню, что гарантирует великолепный обзор. Однако в жаркое время года там нет даже намека на тень. Через каждые 2–4 км на тропах оборудованы остановки.

Оптимальный маршрут таков: утром вниз по крутой тропе с хорошим обзором, затем – переход вдоль реки и, наконец, вечером – вверх, по более пологой тропе.

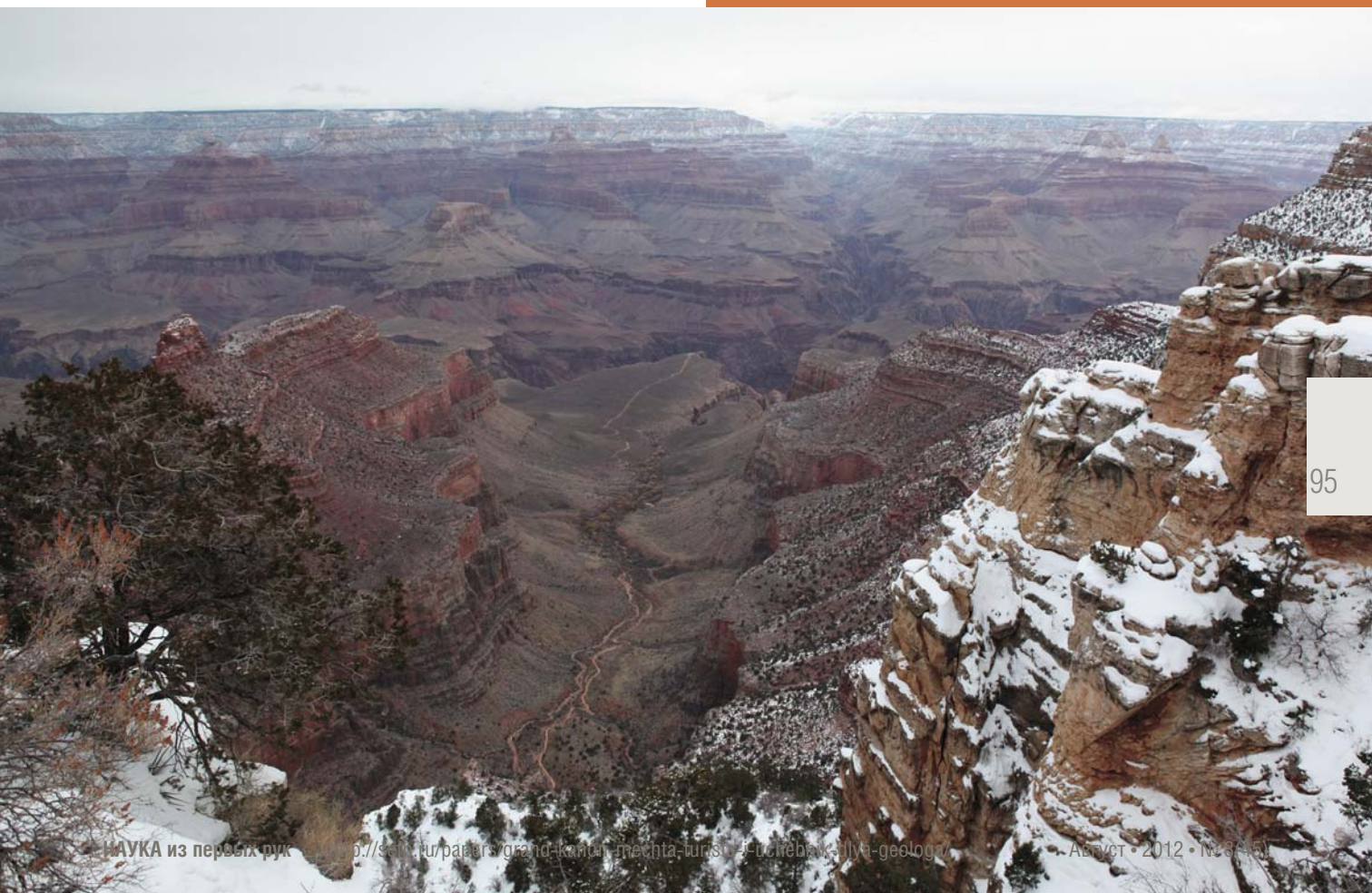
Но этот путь годится только для выносливых и тренированных; встать нужно затемно, чтобы избежать жары, а назад придется возвращаться в темноте. Сам спуск займет 4–6 часов, еще часа четыре – дорога и отдых на дне каньона, а потом – долгий подъем «домой». Администрация парка категорически не рекомендует такой однодневный вариант, советуя двухдневный переход по тому же маршруту. Он действительно оптимален для тех, у кого нет избытка здоровья, но есть свободное время и желание получить максимальное удовольствие от похода.

Влюбом случае поездка в Гранд-Каньон оставит вам незабываемые впечатления. Как и наши Камчатка и Алтай, Гранд-Каньон завораживает: вы будете видеть его во сне и обязательно захотите вернуться, пройти по новым тропам, ощутить прохладный ветер со склонов и заново открыть для себя необозримые просторы этого чуда света.

Когда зимой снег покрывает борта и верхнюю часть склонов каньона, внизу, у реки, – тепло

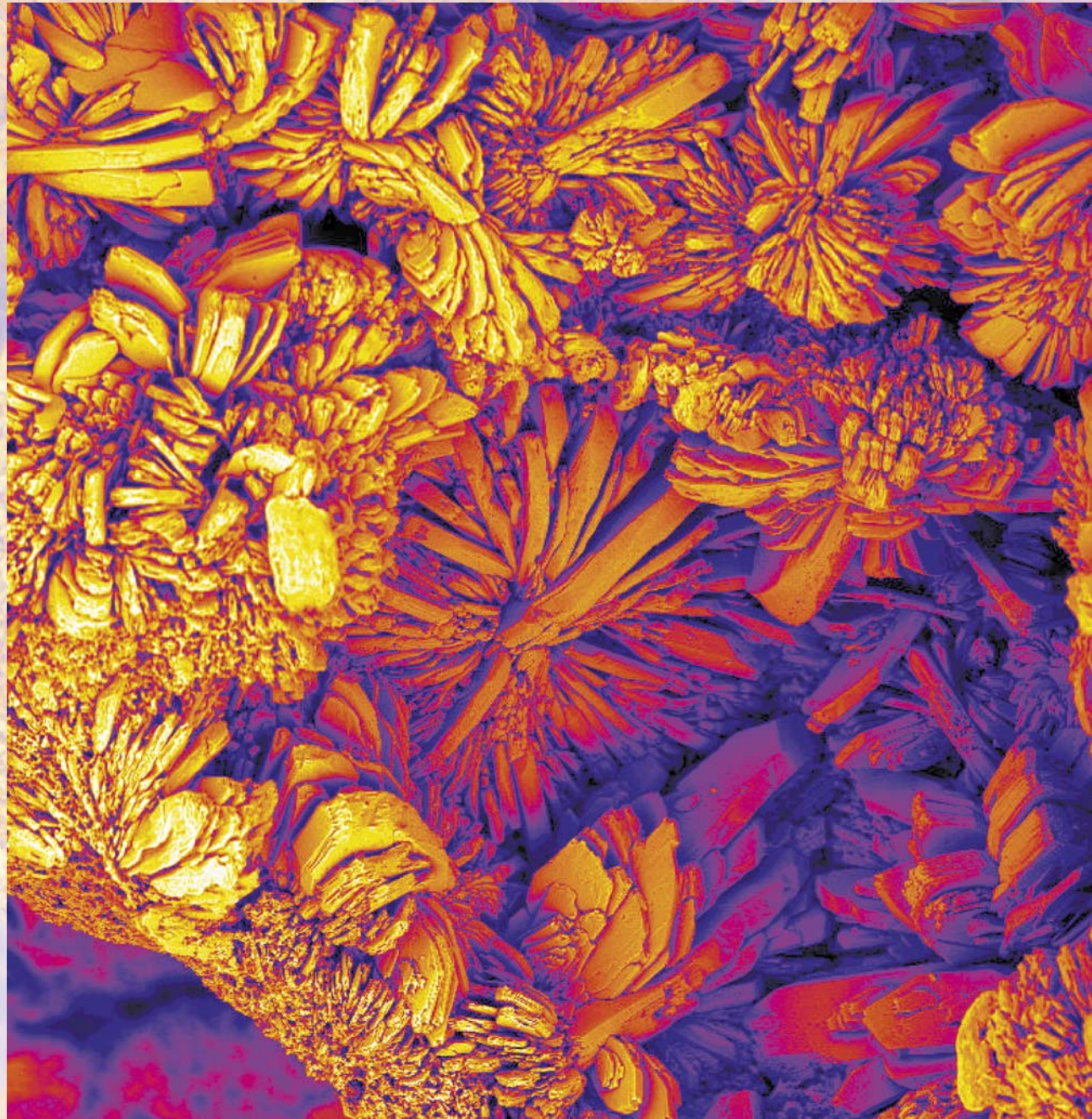
Когда автор впервые попал в Гранд-Каньон, его встретила обычная сибирская погода: –20 °С и метель. Поэтому знакомство с каньоном свелось к вертолетной экскурсии и недолгим прогулкам вдоль борта под густым падающим снегом

Еще не так давно по этим склонам никто не рисковал путешествовать, а сейчас здесь проходит самая легкая тропа «Брайт Энджел»



МИР ГЛАЗАМИ НАУКИ

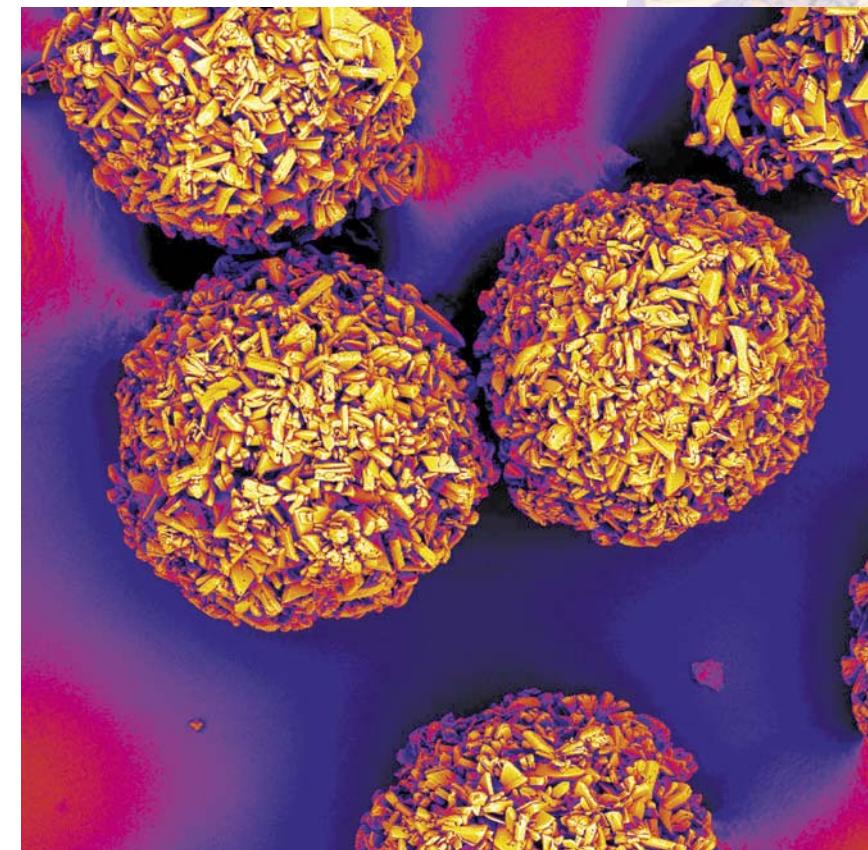
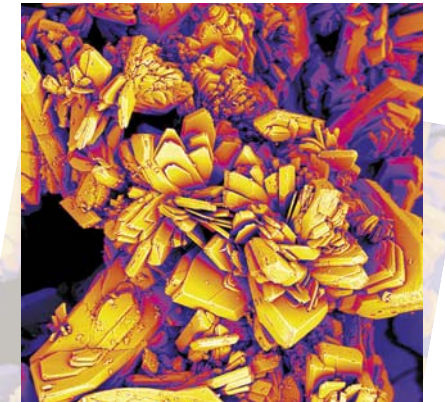
В этом выпуске мы продолжаем рубрику «Наука в картинках», публикации в которой призваны с помощью яркой и выразительной визуализации научного факта знакомить читателей с актуальными и сложными вопросами науки и просто любопытными природными феноменами

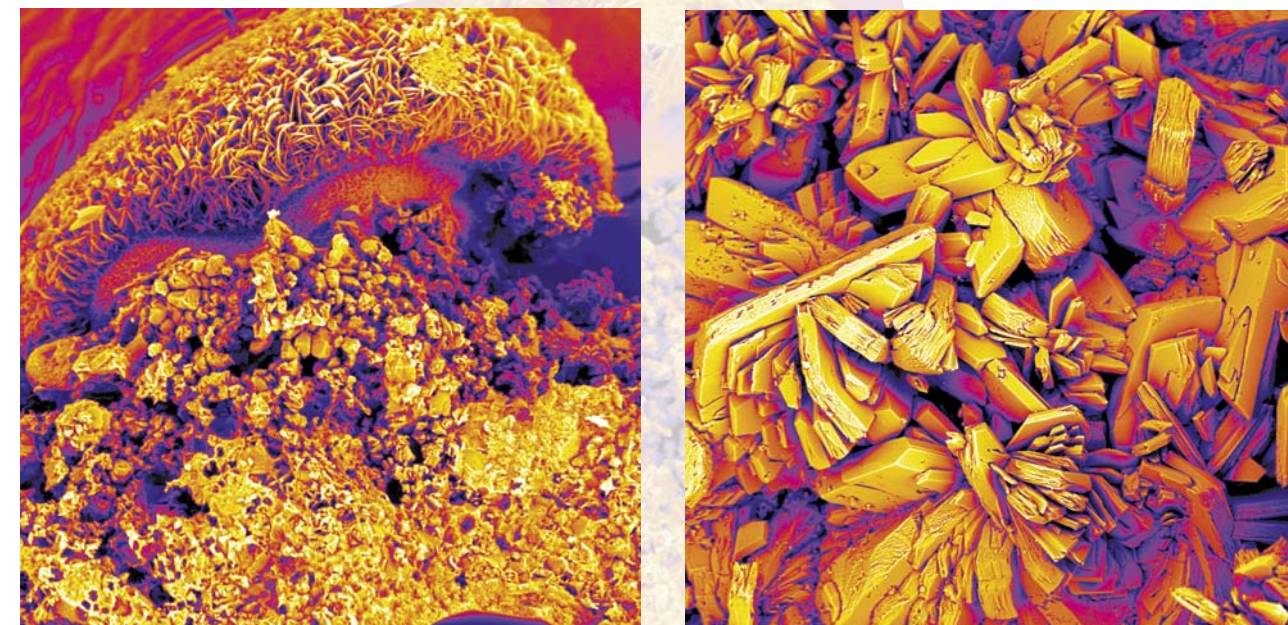
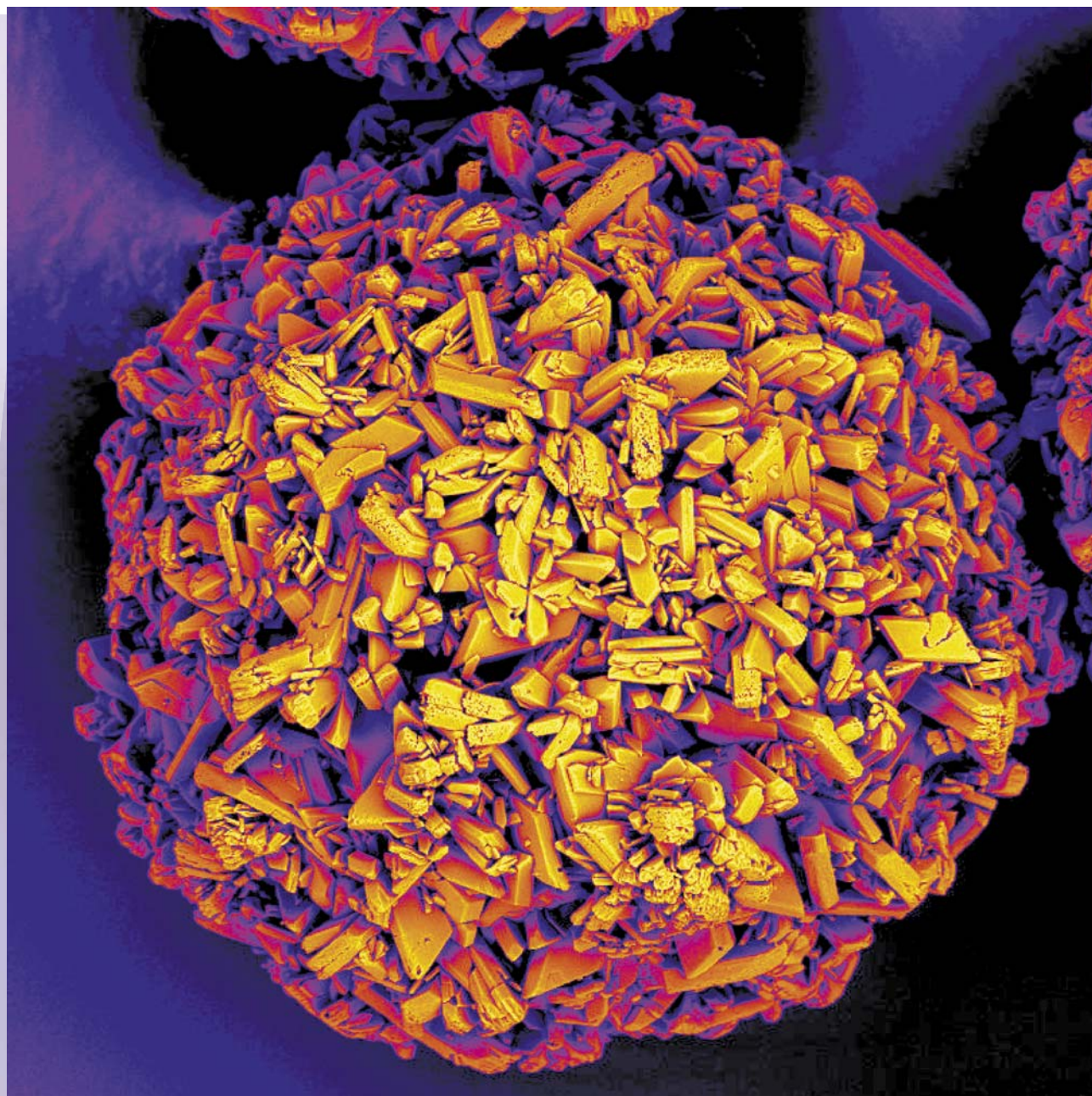


Материалы для инженерии КОСТНОЙ ТКАНИ

Тканевая инженерия – одна из наиболее молодых отраслей в медицине, которая занимается созданием и имплантацией «искусственных» органов и тканей на основе биокomпозиционных материалов. Последние представляют собой носитель (*матрикс*) из биodeградирующего материала в сочетании с донорскими клетками или биологически активными веществами. Такая концепция регенерации поврежденных органов в последние годы интенсивно разрабатывается в приложении к костной ткани в противовес распространенному сегодня методу механического замещения.

Этот пористый керамический биоматериал является матриксом для выращивания костной ткани



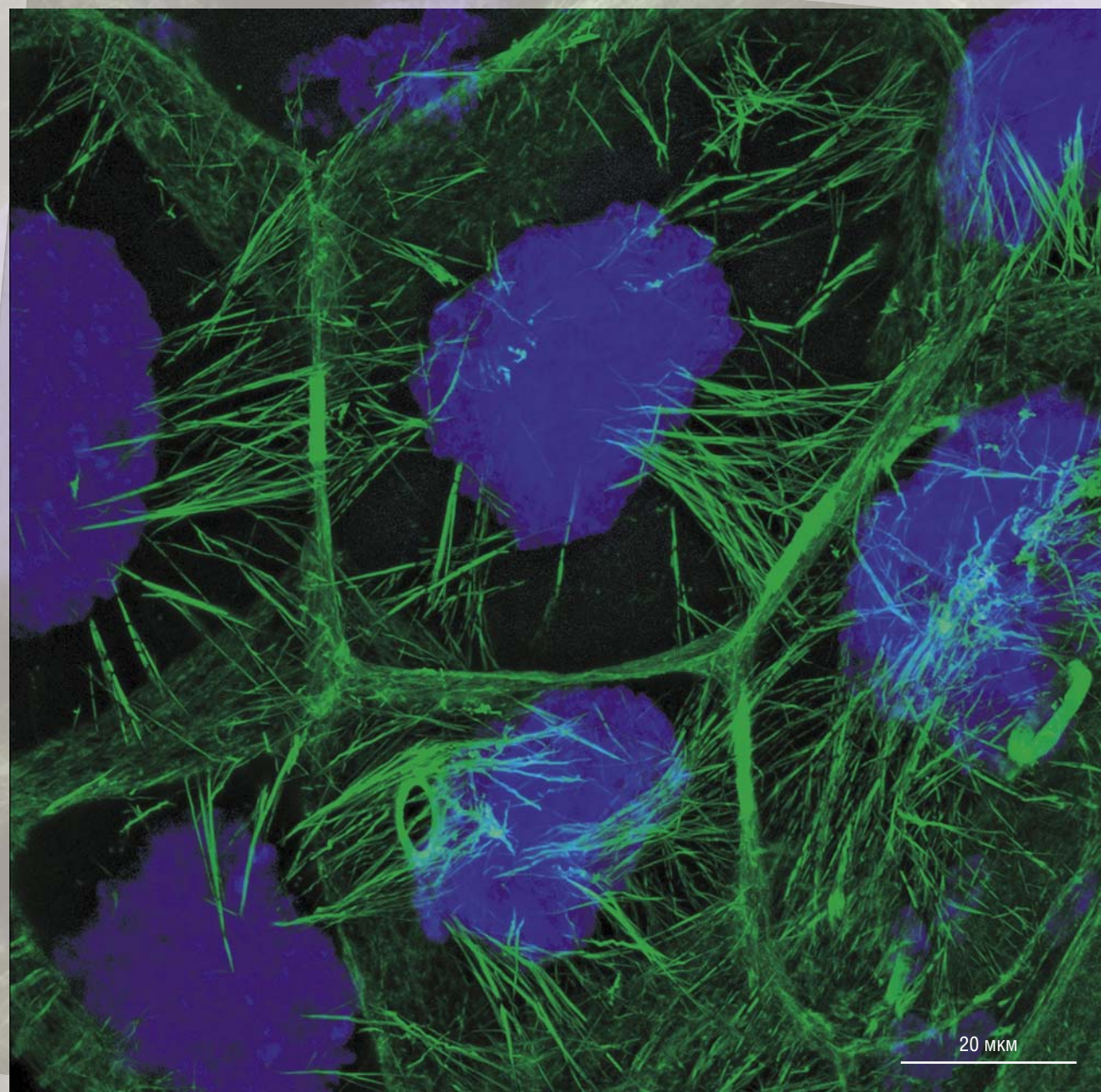


Фотографии микроструктур
сделаны с помощью сканирующего
электронного микроскопа СЭМ
Tescan Vega II SBU при увеличении
1000–10 000

Носители, которые используются при инженерии костной ткани, должны обладать рядом свойств: хорошей опорной функцией и другими характеристиками природной кости, а также способностью индуцировать *остеогенез*, т. е. развитие собственной костной ткани пациента из клеточных элементов. Сегодня наиболее часто в качестве носителей используют натуральный гидроксиапатит, который является основным минералом природной костной ткани и твердых тканей зуба, и керамику – искусственный гидроксиапатит, полученный при высокотемпературной обработке фосфата кальция.

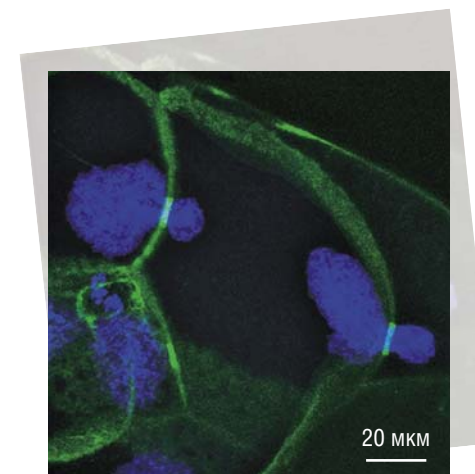
В Институте металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН (Москва) в течение ряда лет разрабатываются новые пористые керамические материалы, которые планируется использовать в качестве носителей клеточных культур при инженерии костной ткани. Эти биологически активные материалы создаются на основе некоторых ортофосфатов кальция – соединений, изначально близких по химическому и фазовому составу к костной ткани либо способных трансформироваться в такие «родственные» кости вещества на поверхности имплантата в результате взаимодействия с окружающими тканями.

Д. т. н. В. С. Комлев, к. т. н. А. Ю. Федотов, Н. В. Петракова (Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН, Москва)



В норме в питающих клетках яйцевой камеры дрозофилы актиновые нити-филаменты протягиваются от стенок к ядрам, образуя сплетения, и удерживают последние вдали от кольцевых канальцев. Поскольку через эти канальцы происходит ток цитоплазмы из питающих клеток в растущий ооцит, очень важно, чтобы их просвет оставался свободным. Синим цветом окрашены ядра питающих клеток, зеленым – актиновые филаменты

Архитектура клеточного скелета

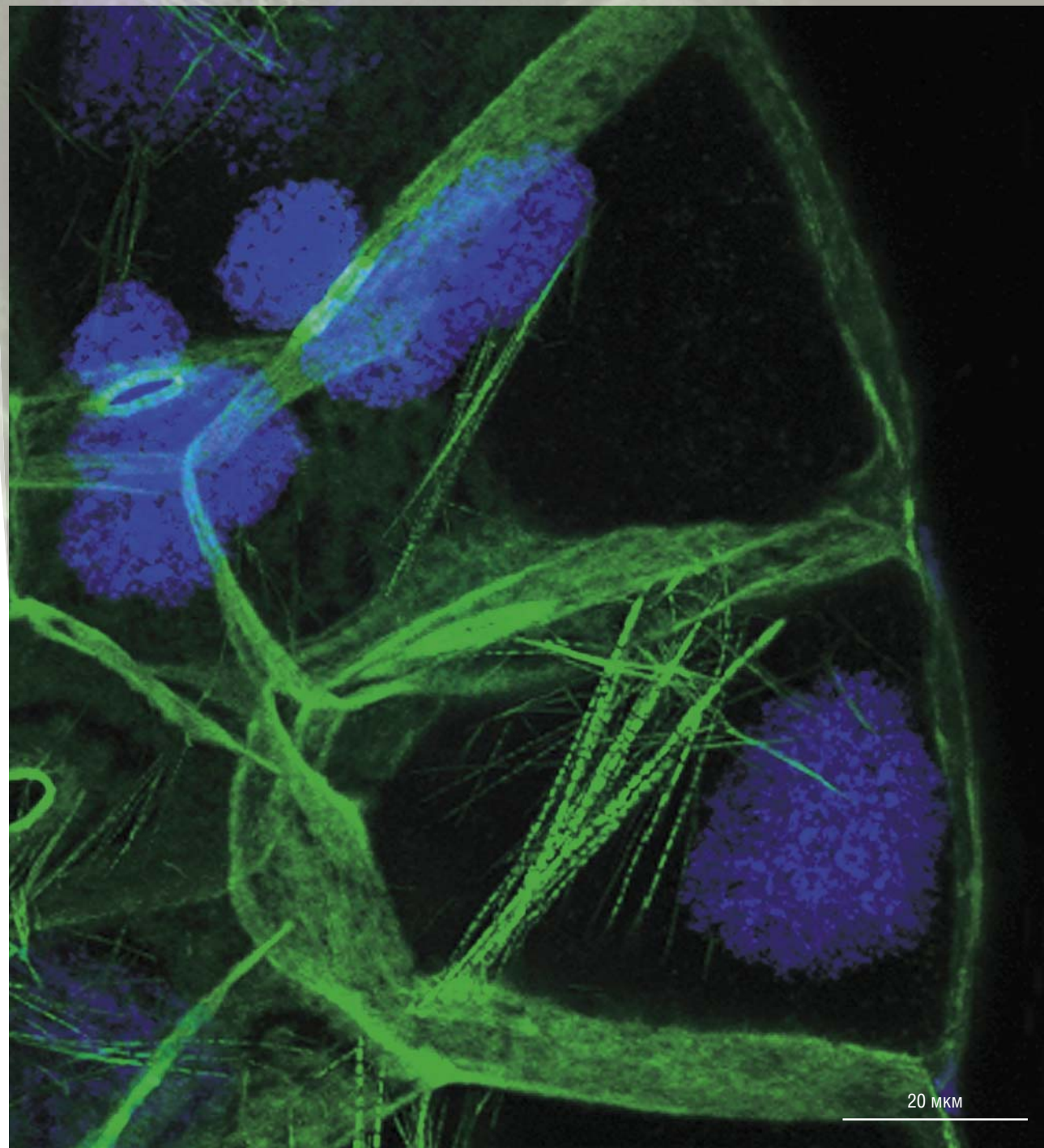


Маленькая плодовая мушка дрозофила (*Drosophila melanogaster*) получила широкую известность как удобный объект для решения ряда важнейших проблем современной биологии. В частности, *оогенез* (процесс развития яйцеклетки) дрозофилы стал излюбленной моделью для изучения *цитоскелета* эукариот, т.е. клеток высших организмов.

Рост ооцита в яйцевой камере происходит при участии пятнадцати вспомогательных питающих клеток, с которыми он соединен цитоплазматическими мостиками (кольцевыми каналами). Через эти канальцы происходит ток цитоплазмы из питающих клеток в растущую яйцеклетку, поэтому очень важно, чтобы просвет канальцев всегда оставался свободным.

Транспорт веществ в ооцит происходит на всем протяжении развития яйцевой камеры: сначала медленно и селективно, затем быстро. При этом питающие клетки значительно перестраивают свой цитоскелет, формируя цитоплазматические актиновые филаменты. Протягиваясь от клеточных стенок в центр клетки, они образуют вокруг клеточных ядер удивительные сплетения, удерживая последние вдали от кольцевых канальцев во время стадии быстрого транспорта.

Лазерная сканирующая конфокальная микроскопия заняла прочную позицию в медико-биологических исследованиях благодаря улучшенному контрасту и разрешению по сравнению с классической флуоресцентной микроскопией. Конфокальный микроскоп позволяет получать серии оптических срезов интересующего объекта, проводить его объемную реконструкцию и создавать трехмерное изображение



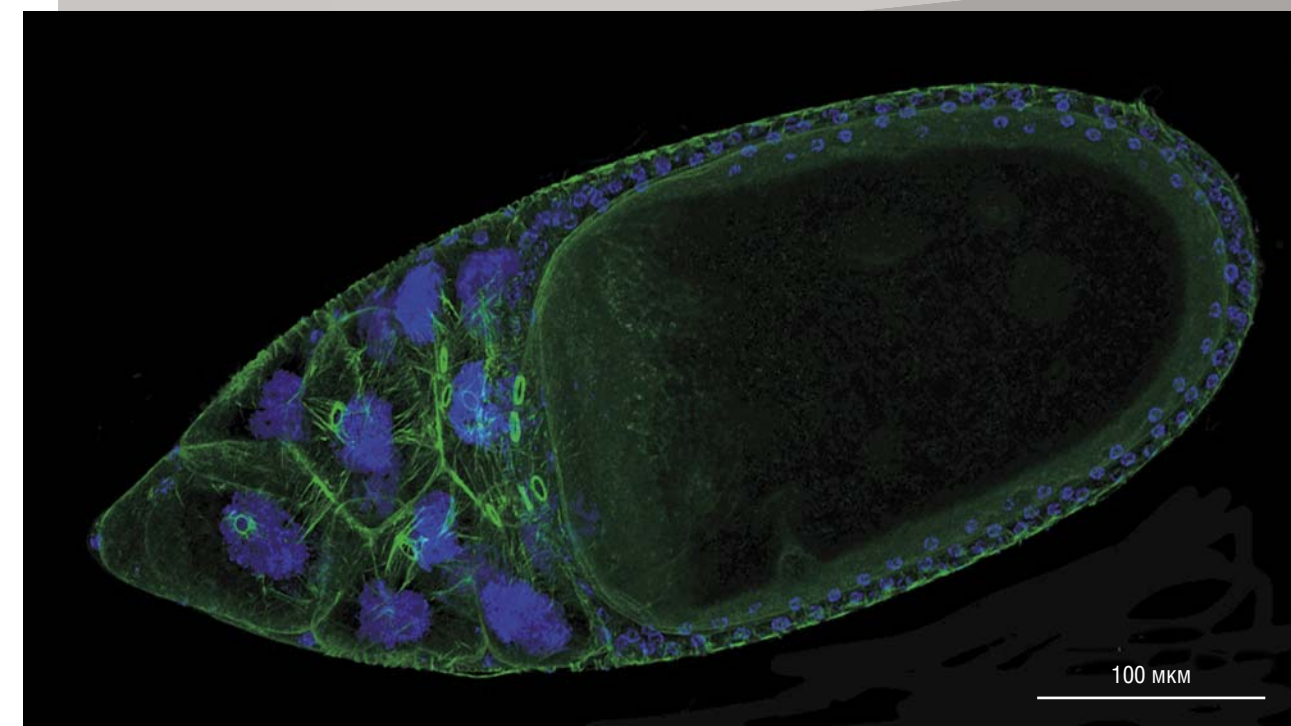
На фотографии показана часть яйцевой камеры мутантной мушки дрозофилы. Мутация приводит к нарушению формирования цитоплазматических актиновых нитей-филаментов, которые в норме предотвращают попадание ядер в кольцевые каналы. Незакрепленные ядра «проползают» в каналы, что приводит к нарушению тока питательных веществ в ооцит. Синим цветом окрашены ядра питающих клеток, зеленым – актиновые филаменты

В лаборатории механизмов клеточной дифференцировки Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск) было получено несколько мутаций дрозофилы, которые приводят к нарушению формирования цитоплазматических актиновых филаментов. У таких мух в питающих клетках актиновые филаменты частично или полностью отсутствуют, в результате чего клеточные ядра попадают в кольцевые каналы и тем самым блокируют транспорт в ооцит. Развитие яйцевой камеры нарушается, и яйцеклетка гибнет.

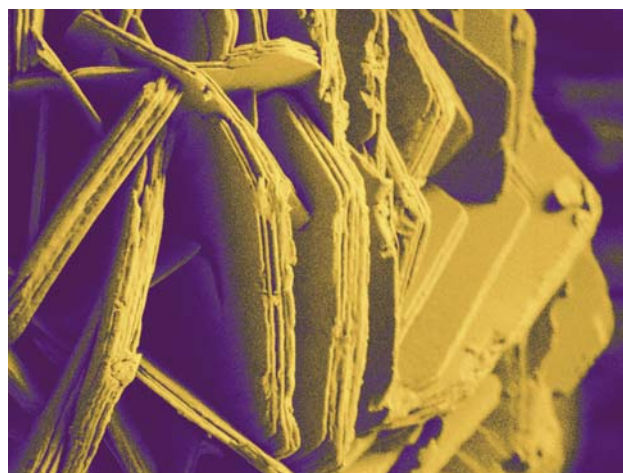
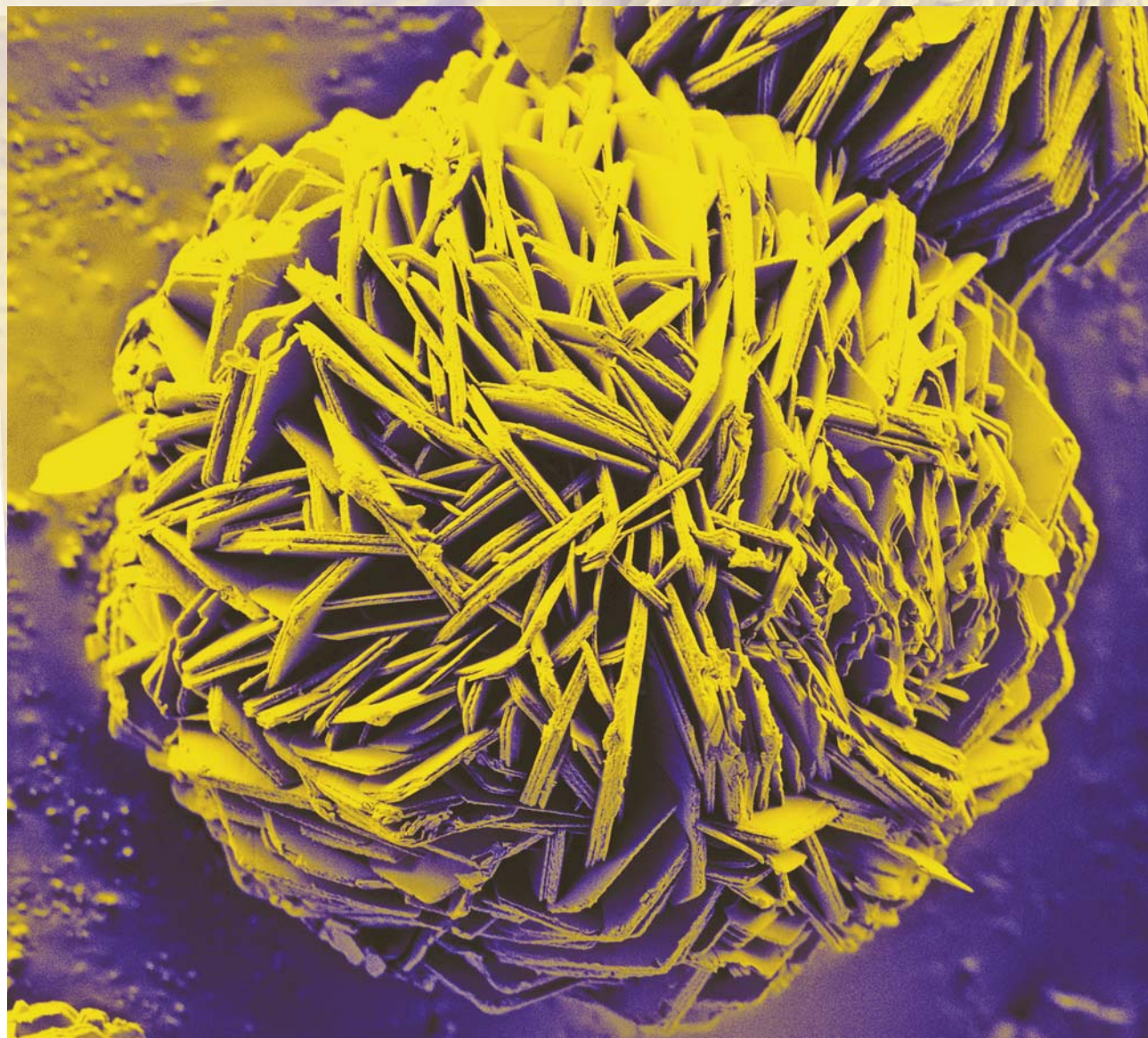
Подобные исследования позволяют лучше понять механизмы регуляции формирования цитоскелета клетки не только у самой дрозофилы, но и у всех высших организмов.

К.б.н. А.А. Огиенко, к.б.н. Э.М. Баричева (Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск). Конфокальная микроскопия – к.б.н. С.И. Байбородин (ЦКП микроскопического анализа биологических объектов СО РАН)

Фотографии микроструктур сделаны с помощью лазерных сканирующих микроскопов LSM 510 Meta и LSM 780 (Zeiss)



Яйцевая камера дрозофилы состоит из ооцита и пятнадцати питающих клеток. Чтобы получить микрофотографию на лазерном сканирующем микроскопе, использовались два красителя – фаллоидин и DAPI. Фаллоидин прочно связывается с актиновыми филаментами и стенками кольцевых канальцев, окрашивая их в зеленый цвет, DAPI окрашивает в синий цвет ядра клеток. Филаменты показаны в виде нитей, кольцевые каналы – в виде овалов



Кристаллический «трансформер»

Интерес к двумерным и квазидвумерным наноструктурам, который возник еще в прошлом веке, резко возрос после открытия в 2004 г. *графена*, представляющего собой «двумерный» графит: слой атомов углерода, соединенных в кристаллическую решетку, толщиной всего в один атом. Это открытие уже в 2010 г. было удостоено Нобелевской премии по физике, а значительный прогресс, достигнутый за короткое время в области химии и физики графена, побудил ученых к поиску других 2D-материалов.

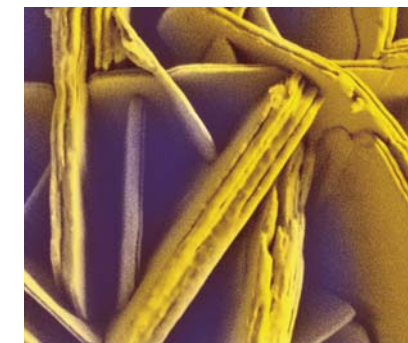
Оказалось, что способность графита к расщеплению на отдельные слои не уникальна: подобным образом можно получить, например, монослой нитрида бора, дисульфида молибдена и других соединений. В 2010 г. было обнаружено, что для создания разнообразных 2D-материалов можно использовать гидроксиды редкоземельных металлов, имеющие слоистую структуру. Более того, такие гидроксиды сами по себе хороши в качестве люминесцентных, магнитных и биоматериалов, поскольку их функциональные свойства можно контролировать как варьированием состава слоистой матрицы, так и внедрением различных анионов в межслоевое пространство.

Основной проблемой, ограничивающей возможности направленного исследования свойств и практического использования слоистых гидроксидов редкоземельных металлов, является большая (до нескольких суток) продолжительность их синтеза. Сотрудниками Института общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова РАН (Москва) была предложена новая методика быстрого (в течение 1 ч) синтеза, основанная на использовании микроволнового нагрева, который способен значительно ускорять многие химические реакции.

Иногда в зависимости от условий синтеза морфология образующихся частиц меняется в широких пределах: например, при упаковке слоистых пластин могут образовываться необычные частицы сферической формы. Введение органических анионов большого размера в такие частицы позволило строго контролировать расстояние между индивидуальными слоями, образующими пластины.

К.х.н. О. С. Иванова, к.х.н. А. Е. Баранчиков, д.х.н. В. К. Иванов (Институт общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова РАН, Москва)

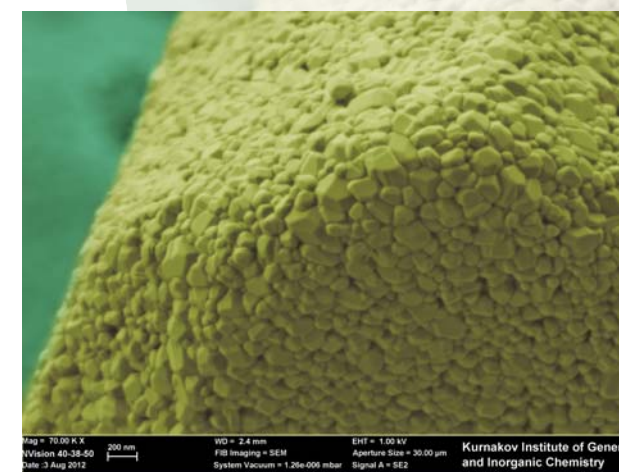
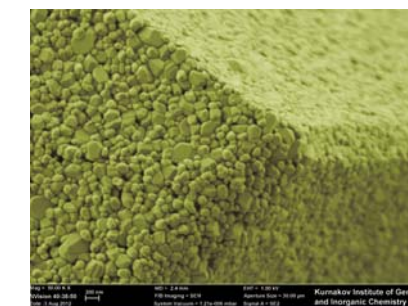
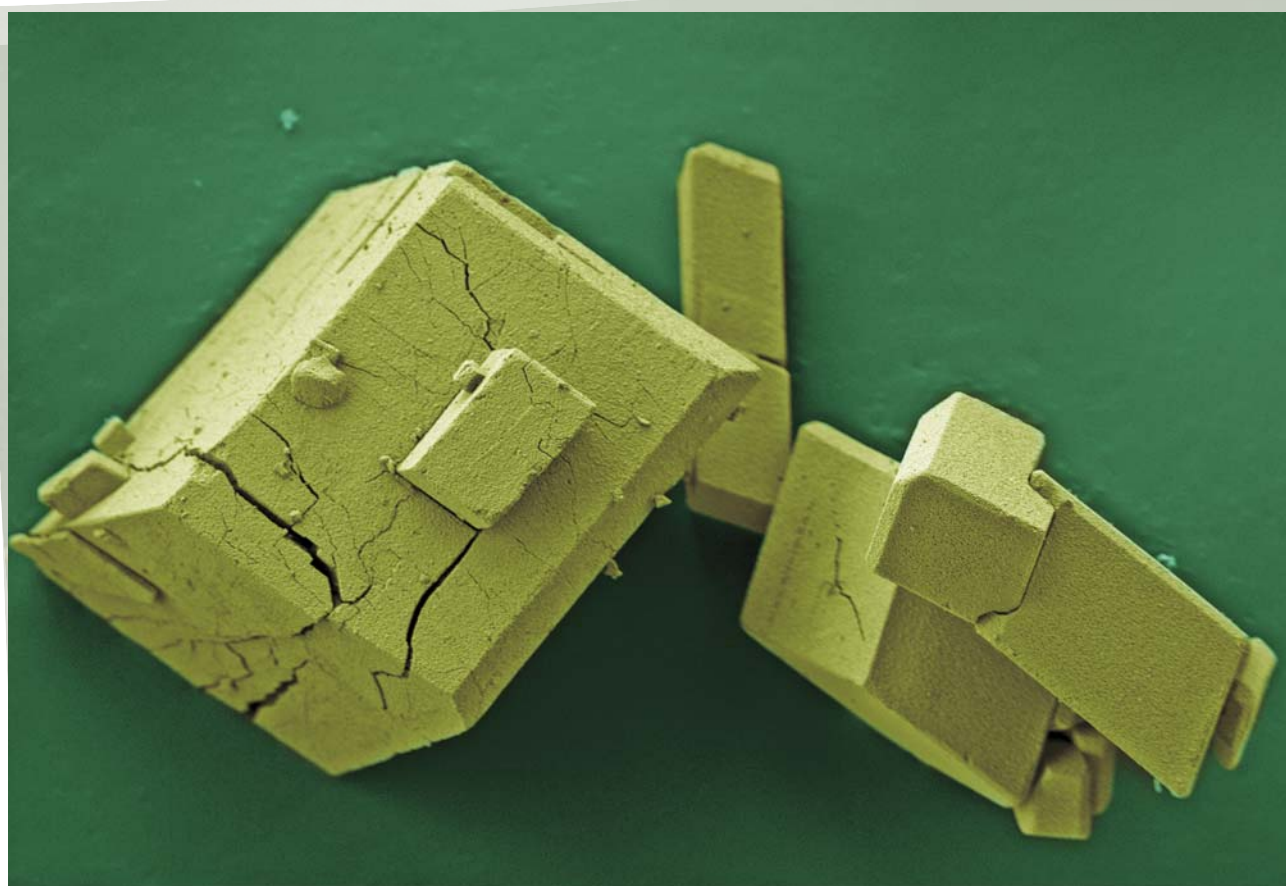
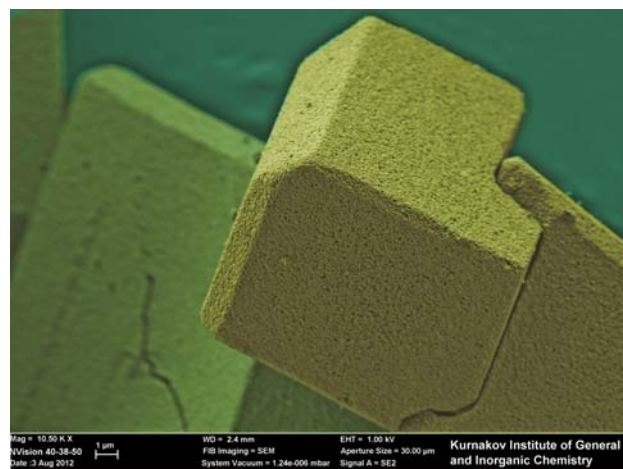
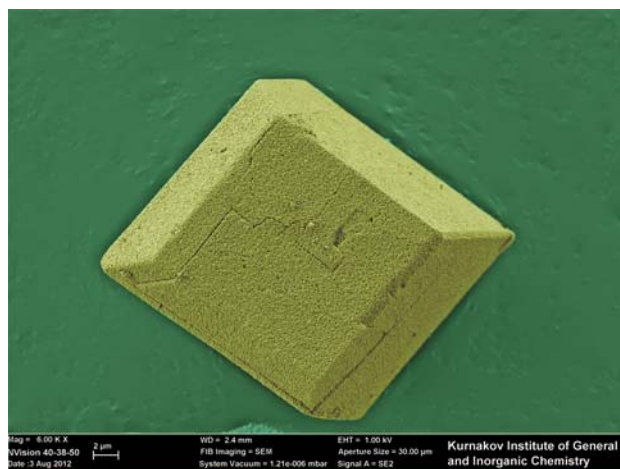
Чешуйки соединения иттрия $[Y_8(OH)_{20} \times (H_2O)_n](NO_3)_4$, получаемого при комбинированной гидротермально-микроволновой обработке, состоят из слоев субнанометровой толщины, расстояние между которыми зависит от вида ионов, располагающихся в межслоевом пространстве. В свою очередь, такие чешуйки могут далее объединяться с образованием, например, ажурных микросфер (*слева вверху*)



Можно ли из плоского листа фанеры сделать сферу или другую объемную фигуру? Не торопитесь с ответом: судя по приведенной фотографии, вещество с двумерной слоистой структурой может кристаллизоваться в объекты самой причудливой формы

Микрофотографии получены с использованием растрового электронного микроскопа Carl Zeiss NVision 40

Кристалл: ВСПОМНИТЬ ВСЕ



Память – одна из неотъемлемых функций человеческого сознания, которая позволяет нам выстраивать картину окружающего мира, а также определять способы взаимодействия с ним на основании ранее полученной информации. На первый взгляд, память могут обладать только живые организмы, имеющие достаточно сложную нервную систему. Поэтому вопрос, может ли помнить о своем прошлом изделие из металла или кристалл неорганического соединения, кажется, на первый взгляд, абсурдным.

Тем не менее еще в 1930–1940-х гг. при нагревании изделий из некоторых сплавов до определенной температуры наблюдались случаи восстановления ими своей первоначальной формы даже после значительных механических деформаций. Это явление было названо *эффектом Курдюмова* в честь Г. В. Курдюмова из Института металлофизики АН УССР, который вместе со своим коллегой Л. Г. Хандросом установил явление термоупругого равновесия при фазовых превращениях мартенситного типа. Наиболее известный представитель таких материалов – нитинол, интерметаллическое соединение состава NiTi.

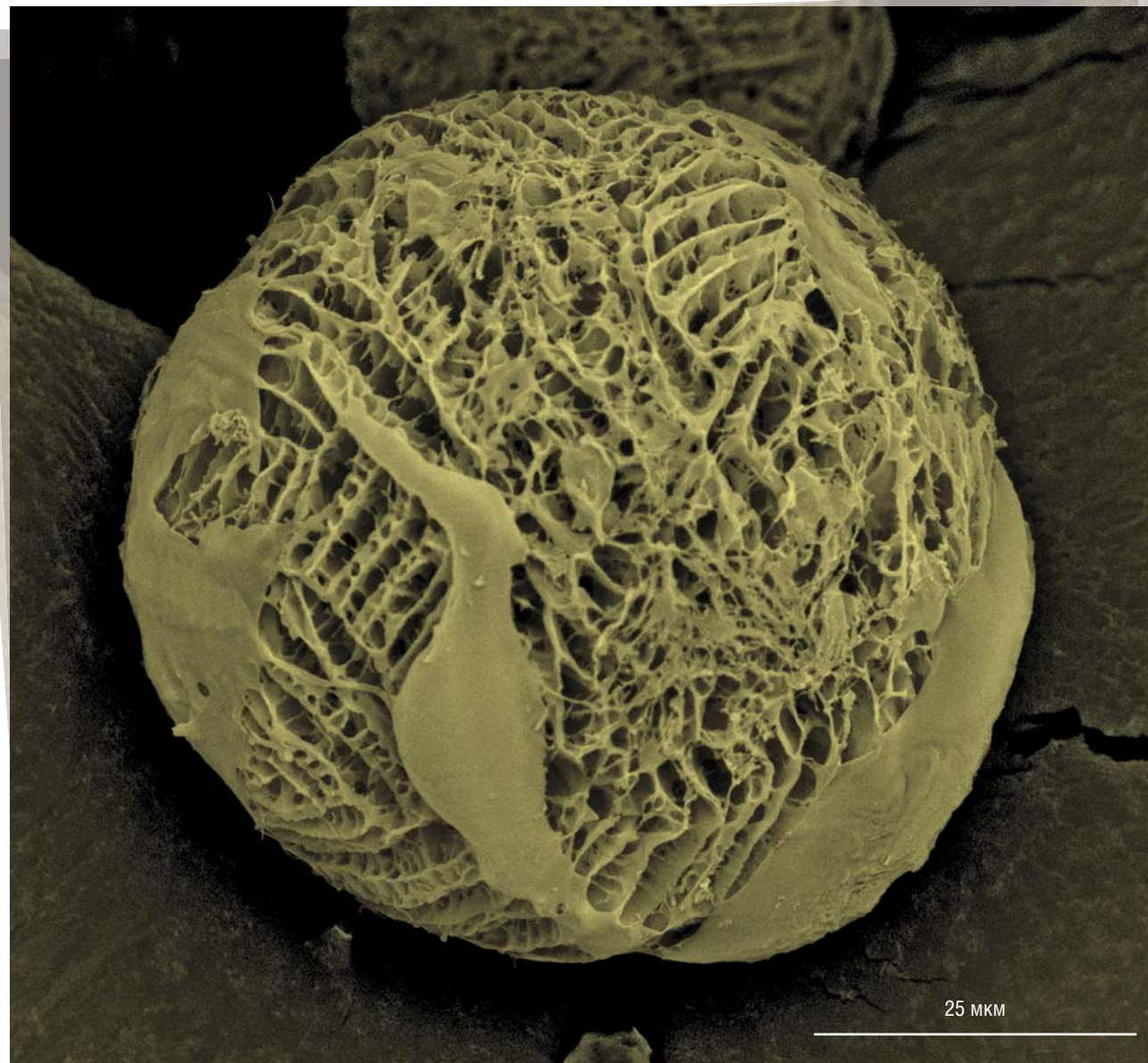
Способность восстанавливать свою исходную форму – не единственное проявление «памяти» неорганических соединений. В материаловедении известен также *эффект топохимической памяти* (автор этого термина – Н. Н. Олейников), обусловленный тем, что физические и химические свойства вещества определяются не только его составом, но и способом получения. А функциональные характеристики материалов (катализаторов, сенсоров, сорбентов и др.) зависят от их микроструктуры, которая, в свою очередь, определяется способом синтеза.

Простой иллюстрацией эффекта топохимической памяти служит оксид вольфрама (WO_3), полученный термической обработкой вольфрамата аммония. Несмотря на то что реакция разложения этого соединения проходит с высокой скоростью и сопровождается выделением газа, агрегаты частиц WO_3 полностью повторяют форму и размер кристаллов исходной соли. Полностью разрушить такие агрегаты и получить устойчивую водную суспензию частиц оксида вольфрама (пригодную, например, для нанесения тонких слоев WO_3) удастся только с использованием метода мощной ультразвуковой обработки, одного из наиболее эффективных способов диспергирования твердофазных соединений.

Термическое разложение вольфрамата аммония в сравнительно мягких условиях приводит к образованию наночастиц (30–200 нм) оксида вольфрама. Благодаря эффекту топохимической памяти ансамбли наночастиц сохраняют форму кристаллов исходной соли

К.х.н. О. С. Иванова, к.х.н. А. Е. Баранчиков, д.х.н. В. К. Иванов (Институт общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова РАН, Москва)

В ингаляторе – «нано»



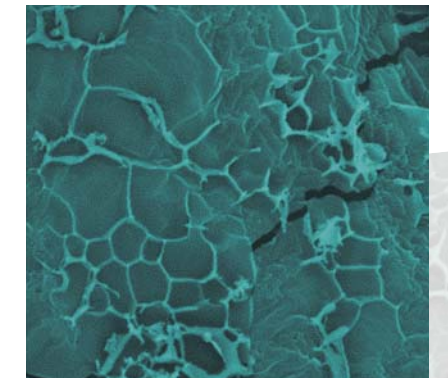
В последнее время заметно растет популярность ингаляционной терапии, которую широко используют для профилактики и лечения заболеваний дыхательных путей. Основные преимущества ингаляции аэрозолей лекарственных препаратов перед другими методами – более быстрое всасывание лекарства и возможность создания высоких концентраций лекарственных веществ непосредственно в очаге поражения, что увеличивает эффективность лечения.

В связи с этим неудивителен огромный интерес к технологиям, позволяющим получать микро- и наночастицы вещества заданного размера, которые могут быть использованы в порошковых ингаляторах. Высокая дисперсность особенно востребована в случаях, когда лекарственное вещество плохо растворимо в воде и биологических жидкостях (а сегодня таких лекарств более 70 %).

Один из перспективных подходов к созданию порошковых ингаляционных препаратов заключается в получении относительно крупных (более 5 мкм) пористых сферических частиц. Однако получить такие ажурные микроскопические образования очень трудно (а иногда и невозможно) именно из-за плохой растворимости в воде большинства современных лекарственных веществ.

Но эти трудности оказались непреодолимы только для традиционных фармацевтических методов, в основе которых лежит использование водных растворов. Новосибирские ученые под руководством д.х.н. проф. Е. В. Болдыревой предложили новый элегантный способ получения ажурных шаров микронного размера. Для этого лекарственное вещество нужно растворить не в воде, а в смешанном водно-органическом растворителе, раствор расплыть в емкость с криогенной жидкостью (например, жидким азотом, имеющим температуру $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$), а затем замороженный раствор постепенно нагреть в вакууме.

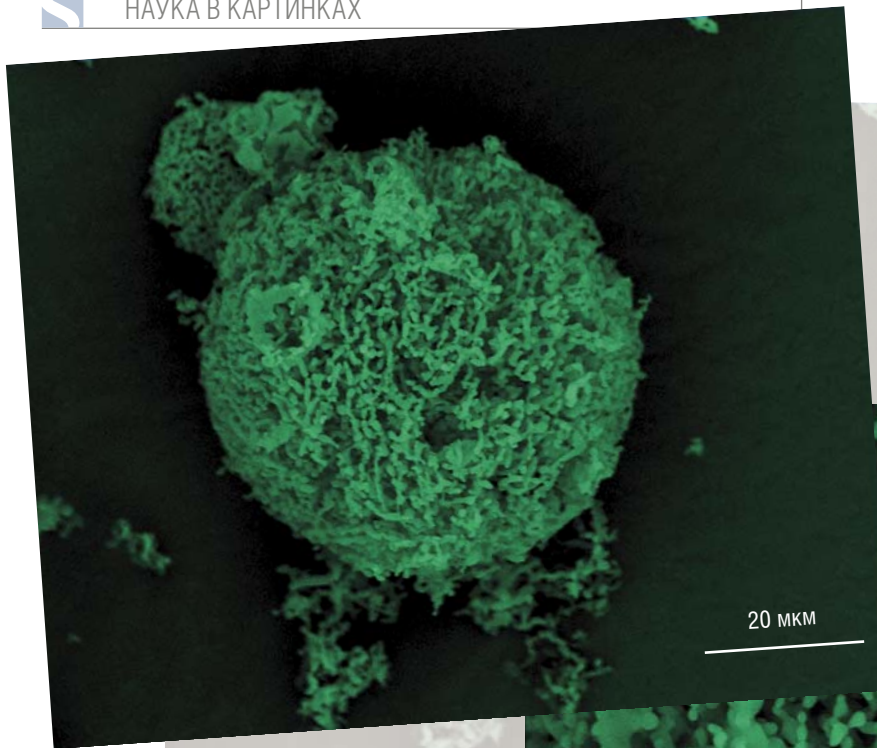
Легкокипящий органический растворитель нужен для повышения растворимости вещества. Он берется в таком количестве, чтобы при охлаждении раствора образовался *клатратный гидрат*, где вода образует каркас, в полостях которого размещаются «гости» – молекулы растворителя. В капельках распыляемого раствора происходит быстрая кристаллизация клатратного гидрата, при этом лекарственное вещество образует отдельную, аморфную, фазу, которая вытесняется в пространство между растущими кристаллитами. При последующем нагревании замороженных капелек в вакууме растворитель испаряется – так и получают микрошарики с ажурной внутренней структурой.



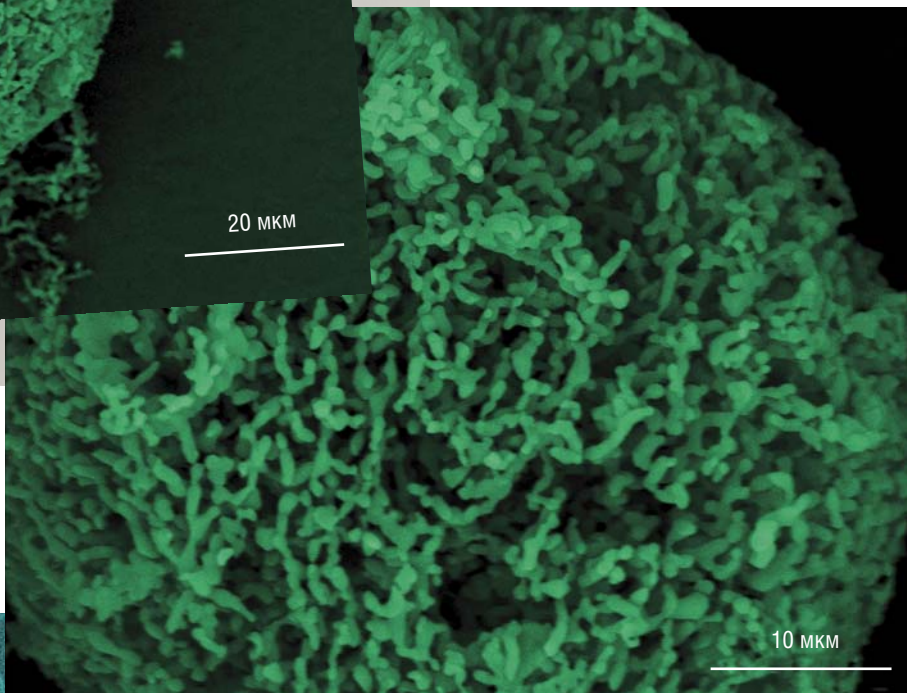
а б

Благодаря использованию нанотехнологий удается значительно уменьшить плотность используемого в ингаляторе лекарственного средства: а – исходные субстанции; б – композиция сальбутамола

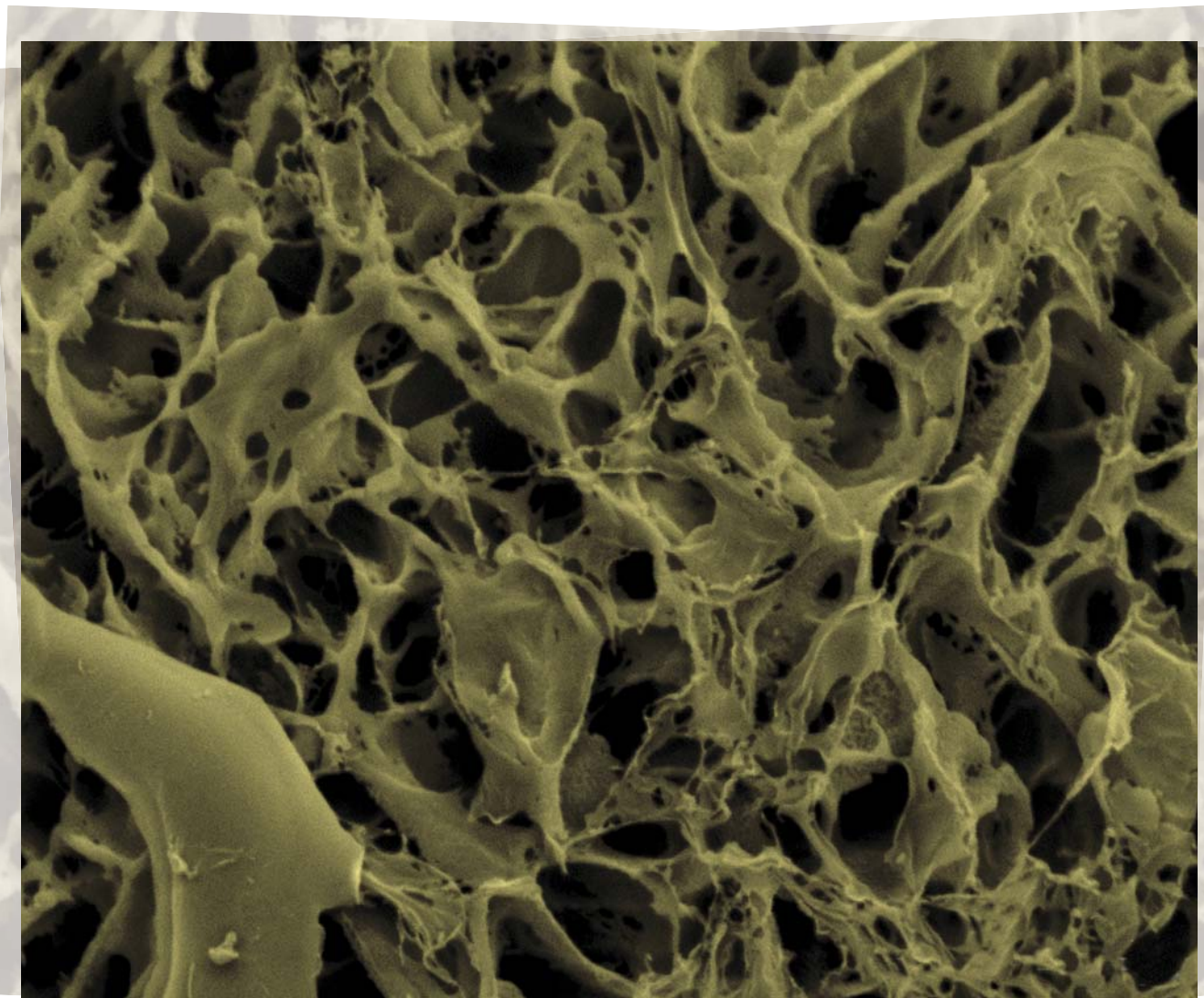
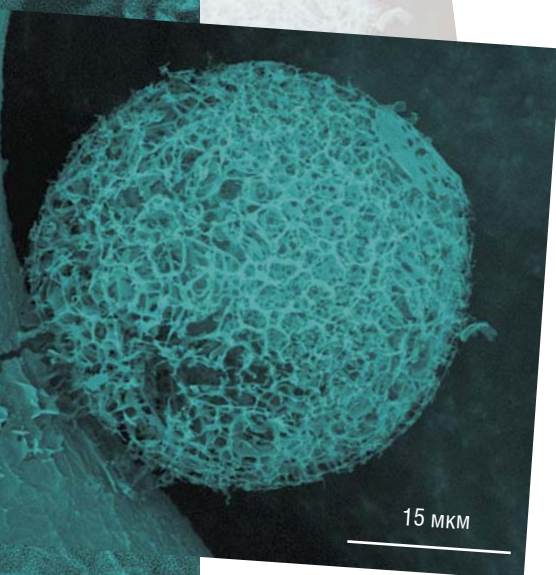
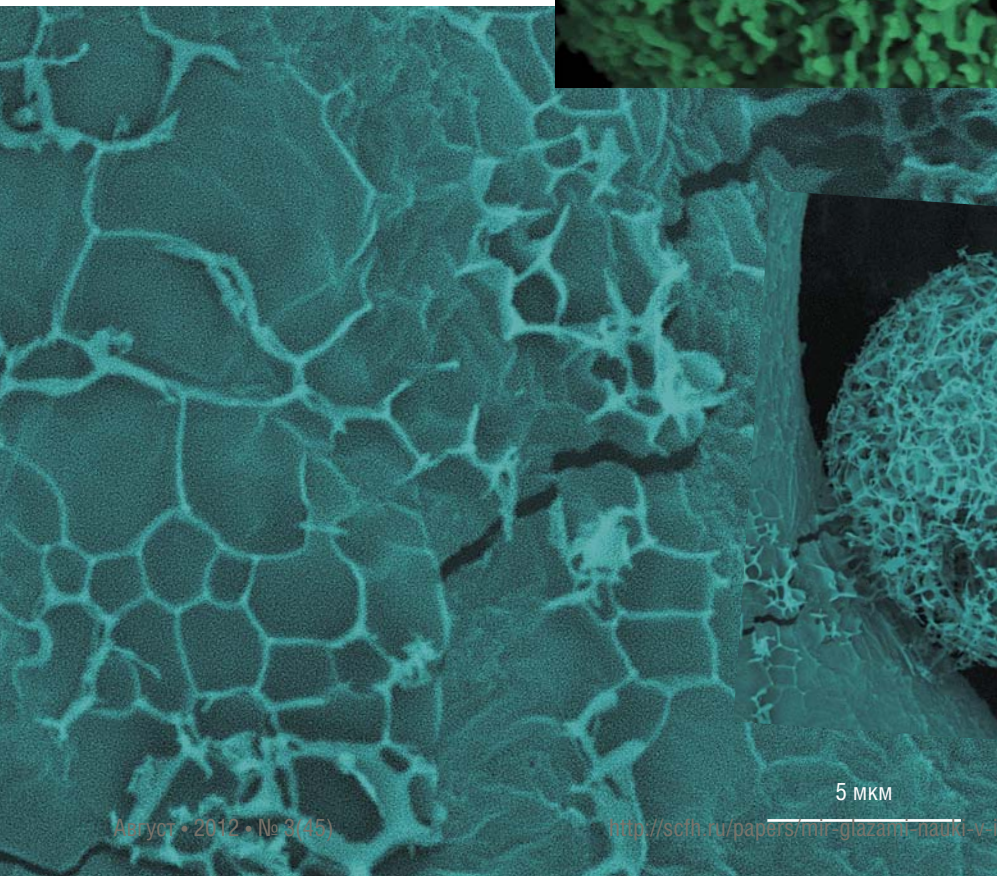
Шарообразный агломерат нанокомпозиции «сальбутамол–лактоза» получен по технологии, предложенной сибирскими исследователями



Эти шарообразные агломераты модельного лекарственного вещества послужили прототипом разрабатываемых сегодня аэрозольных форм важнейших противоастматических препаратов



«Шарик» из композиции «сальбутамол–глицин», прокатившись по подложке, оставил на ней видимый след



Так выглядит поверхность частиц композиции «сальбутамол–лактоза»

Эффективность нового метода продемонстрировало получение порошковых композиций сальбутамола – лекарства, широко используемого для купирования приступов астмы и бронхоспазмов. Они представляют собой свободно текущие порошки с чрезвычайно низкой плотностью, что дает возможность дозировать их с высокой точностью. Размеры составляющих порошки пористых сферических агломератов, которые состоят из объединенных в слои отдельных частиц размером несколько десятков нанометров, можно изменять в довольно широких пределах. При малейшем механическом воздействии они разрушаются до «осколков» размером менее микрона, идеально подходящих для создания твердых форм для вдыхания.

Предложенный метод достаточно универсален и может быть использован для создания высокоэффективных ингаляционных лекарственных форм практически всех современных низкодозных лекарственных веществ.

К.х.н. А.Г. Огиенко, Е.Г. Зевак., к.б.н. А.А. Огиенко, С.А. Мызь (НОЦ «Молекулярный дизайн и экологически безопасные технологии» НГУ, Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Институт цитологии и генетики СО РАН, Институт химии твердого тела СО РАН, Новосибирск).

Сканирующая электронная микроскопия – к.б.н. А.А. Огиенко

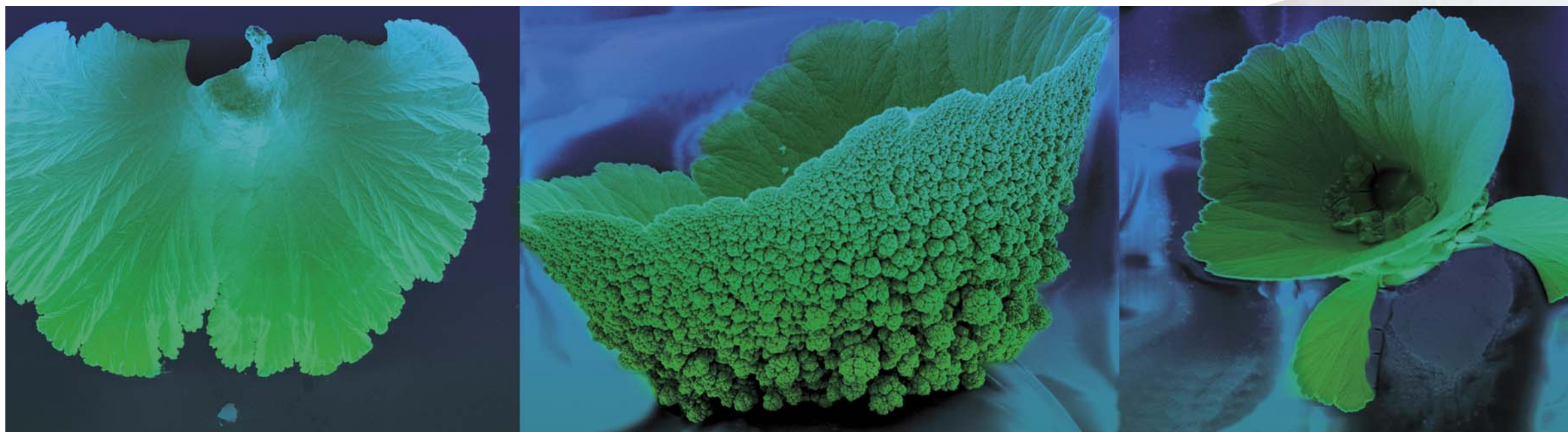


«ОЖИВШИЙ» металл

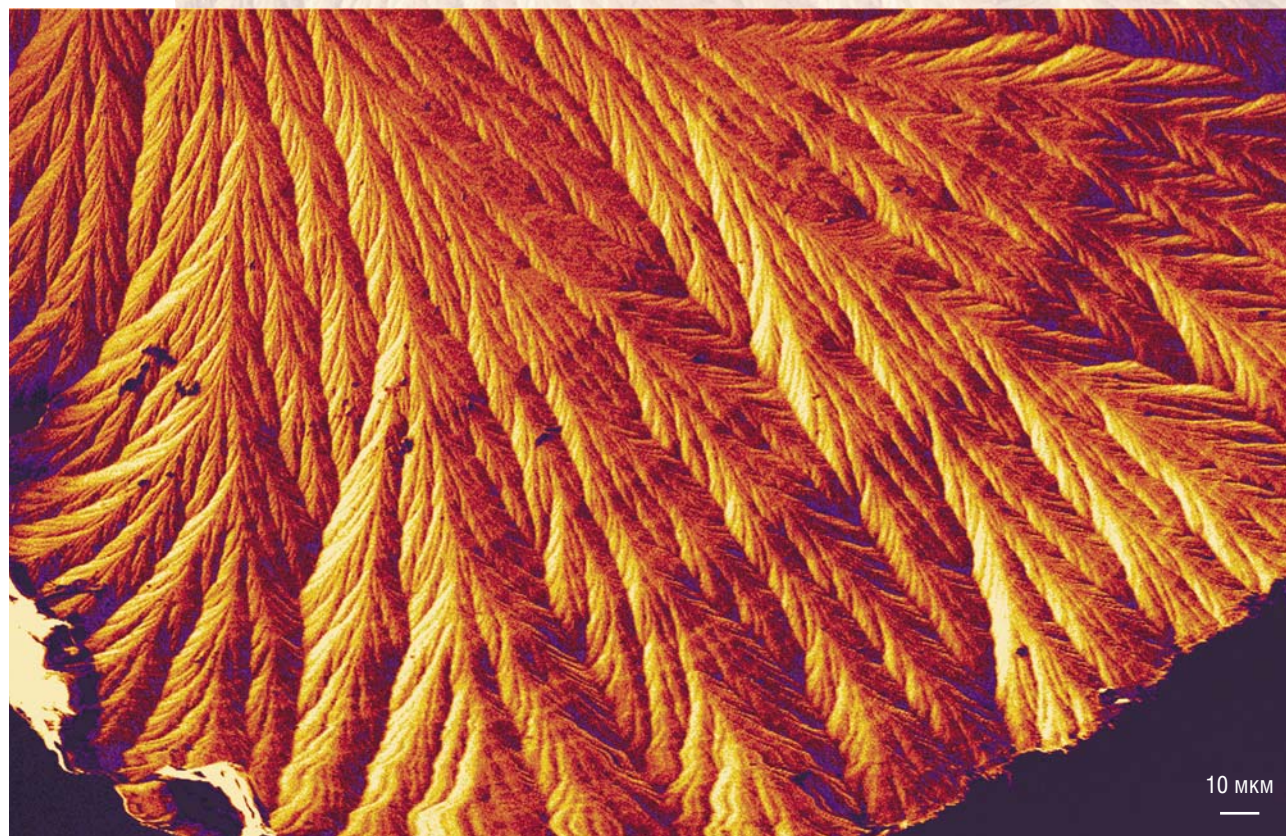
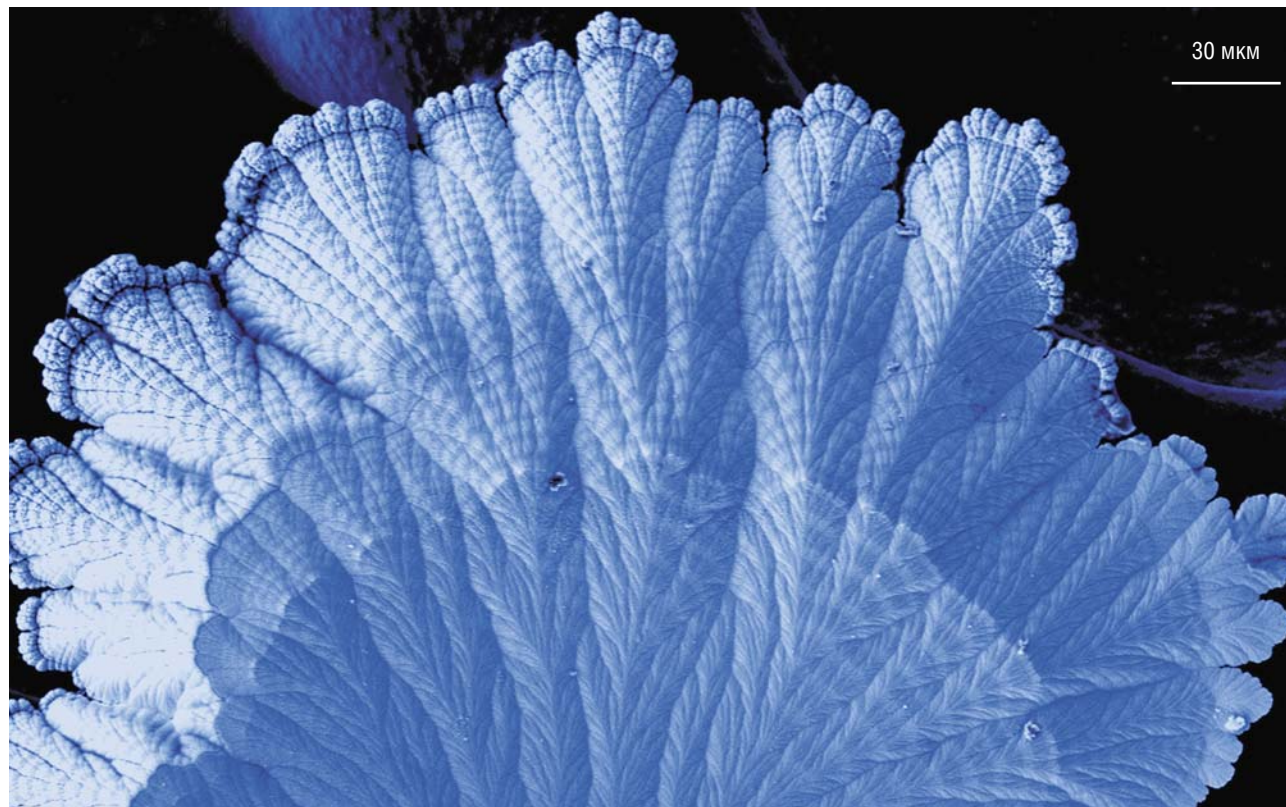
На непосвященный взгляд все эти удивительно красивые объекты с причудливой структурой могут быть созданы только живой природой. Однако это не так: и ажурные «листья папоротника», и изящные «ракушки», и каменные «цветы» представляют собой не что иное, как искусственные металлические структуры.

Такие объемные структуры сложной формы получают в процессе электроосаждения металлов (серебра, меди, никеля, а также сплавов палладия с никелем или кобальтом, свинца с никелем и висмутом) импульсным током на пористых мембранах. Форма будущих структур будет определяться характеристиками мембраны и режимами импульсного тока, а также используемыми электролитами.

Подобно природным объектам, эти металлические «модели» имеют иерархическую структуру на микроуровне: они образованы слоями фрактально



Этот удивительный рукотворный «папоротник» (слева вверху), выращенный с помощью управляемого электроосаждения, состоит из чередующихся кластеров сплавов палладий-никель и палладий-индий



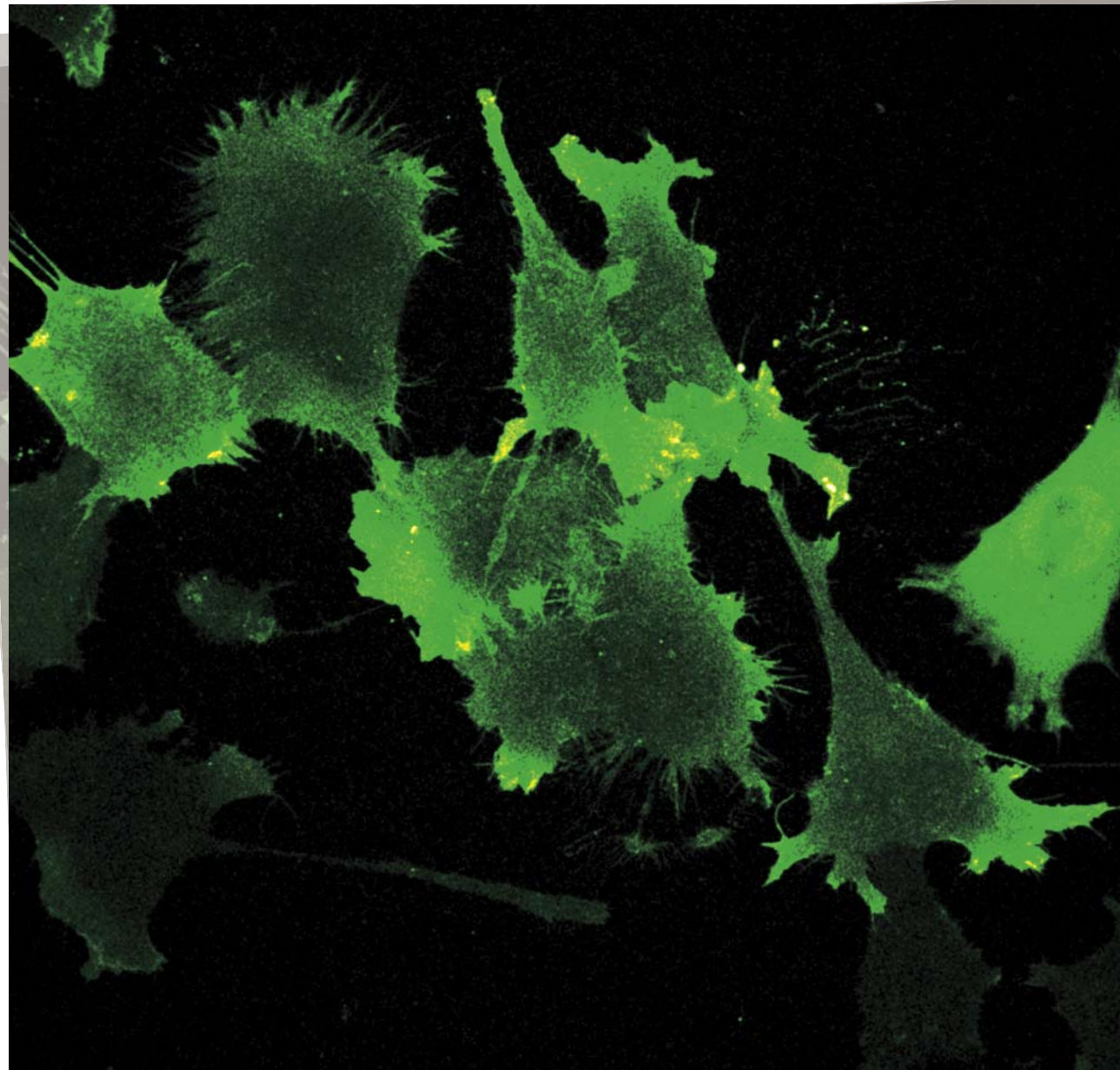
ветвящихся металлических нанопроводов, которые, самоорганизуясь, «укладываются» при росте особым способом.

Предполагается, что причиной удивительного сходства искусственных микроструктур и естественных объектов являются общие для них закономерности формообразования в процессе импульсного роста на пористых подложках. Они представляют несомненный интерес для решения вопросов самоорганизации и формообразования в природе, а также могут быть востребованы для практического использования в катализе, электронике, оптике и медицине.

*К. ф.-м. н. Г. В. Струков,
к. ф.-м. н. Г. К. Струкова (Институт физики твердого тела РАН,
г. Черноголовка, Московская обл.)*

Меня условия электроосаждения сплавов, можно «вырастить» разнообразные «растительные» структуры и выпукловогнутые структуры типа «ракушек», «капустных листьев» и «грибов»





Как «гуляют» фибробласты

В организме высших животных важной составляющей частью всех без исключения органов: костей, связок, хрящей, жировой клетчатки и т. д. – является соединительная ткань, которая в основном несет защитную и опорную функции. Рыхлая соединительная ткань формирует и защитные чехлы большинства органов. Например, и перикард сердца, и капсула печени представляют собой «мешки» из такой ткани, которые защищают орган от внешних неблагоприятных воздействий.

В соединительных тканях относительно мало клеток и много межклеточного вещества, структурной основой которого являются коллагеновые и эластиновые волокна. И сами волокна, и их окружение продуцируются специальными клетками – *фибробластами*. Эти клетки не только производят, но и обновляют волокна, меняя их структуру в зависимости от условий среды.

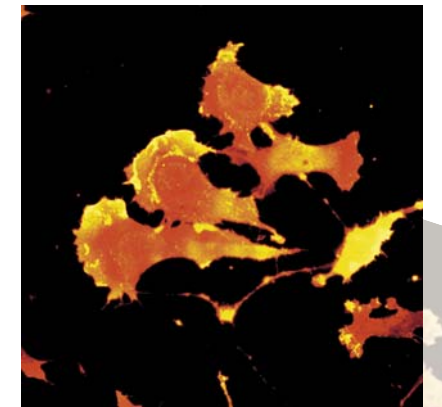
Для поддержания постоянства ткани эти удивительные клетки, подобно амебам, буквально «ползают» по волокнам, «изучая» ткань. Перемещение фибробласта включает в себя несколько этапов. Сначала часть клетки на переднем краю выпячивается и образуется плоская листообразная структура – *ламеллоподия*, которая затем прикрепляется к поверхности коллагенового волокна. После этого перемещается основное тело клетки, а на следующем этапе подтягивается ее задняя часть с отрывом от субстрата.

Зачастую фибробласты приобретают очень причудливый вид. Например, они могут напоминать насекомых с длинными усиками. Подобные «усики» и трубочки образуются при движении клетки: если, подтягивая задний край, клетка не полностью отделилась от субстрата, то от мест прикрепления за ней тянутся тяжи цитоплазмы. Иногда подобные тяжи могут связывать и цитоплазму соседних клеток, разошедшихся после деления.

Нужно отметить, что ламеллоподии вырастают не в произвольном месте клетки, а там, где синтезируется особая сигнальная молекула PIP_3 (фосфатидилинозитол-3,4,5-трисфосфат). Именно эта молекула на переднем краю клетки координирует работу всех структур, необходимых для движения.

Фибробласты движутся в тех направлениях, куда направлены ламеллоподии. Если же у одной клетки их образуется одновременно две или больше, то клетка может некоторое время двигаться сразу в нескольких направлениях, при этом ее тело будет растягиваться. Но в конечном итоге клетка всегда выбирает какое-то одно направление движения.

К.б.н. П.А. Тюрин-Кузьмин, МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва)



PIP_3 – сигнальная молекула, координирующая работу всех структур, которые фибробласт использует для передвижения. PIP_3 способна связываться с флуоресцентным белком, поэтому на микрофотографиях ярче окрашен передний край клетки, где концентрация PIP_3 выше. Именно там располагаются ламеллоподии – листообразные выросты, которыми клетка при движении прикрепляется к коллагеновому волокну. *Конфокальная флуоресцентная микроскопия (микроскоп Leica SP5)*

ГОДОВЫЕ И ТЕМАТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКТЫ

ЖУРНАЛА «НАУКА ИЗ ПЕРВЫХ РУК» (ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ)

можно приобрести наложенным платежом

через Почту России (только на территории РФ), заполнив заявку:

1. Прошу оформить покупку следующих комплектов/номеров журнала (выбрать нужное):

Годовые комплекты журналов по ЛЬГОТНОЙ цене:			на русском языке	на английском языке
2005 г.	2 номера	100 руб.	<input type="checkbox"/>	3 номера <input type="checkbox"/> 130 руб.
2006 г.	6 номеров	420 руб.	<input type="checkbox"/>	2 номера <input type="checkbox"/> 100 руб.
2007 г.	6 номеров	480 руб.	<input type="checkbox"/>	7 номеров <input type="checkbox"/> 490 руб.
2008 г.	6 номеров	540 руб.	<input type="checkbox"/>	6 номеров <input type="checkbox"/> 480 руб.
2009 г.	6 номеров	700 руб.	<input type="checkbox"/>	
2010 г.	6 номеров	800 руб.	<input type="checkbox"/>	
2011 г.	6 номеров	900 руб.	<input type="checkbox"/>	
2012 г.	3 номера	450 руб.	<input type="checkbox"/>	
Коллекцию журналов по ЛЬГОТНОЙ цене: 41 номер			4 390 руб.	18 номеров <input type="checkbox"/> 1200 руб.

Тематические комплекты по ЛЬГОТНОЙ цене:

№ 1 «Эволюция и происхождение жизни»	7 номеров	500 руб.	<input type="checkbox"/>
№ 2 «Археология»	15 номеров	1 530 руб.	<input type="checkbox"/>
№ 3 «История освоения Сибири: Великая Северная Экспедиция»	5 номеров	390 руб.	<input type="checkbox"/>
№ 4 «История науки»	21 номер	2 210 руб.	<input type="checkbox"/>
№ 5 «Коренные народы Сибири»	11 номеров	1 050 руб.	<input type="checkbox"/>
№ 6 «Человек»	18 номеров	1 810 руб.	<input type="checkbox"/>
№ 7 «Реактивные самолеты»	7 номеров	600 руб.	<input type="checkbox"/>

Отдельные номера журнала:

на русском языке			цена одного номера, руб.	на русском языке			цена одного номера, руб.
2012 № 1 (43) <input type="checkbox"/>	№ 2 (44) <input type="checkbox"/>	№ 3 (45) <input type="checkbox"/>	160	№ 1 (7) <input type="checkbox"/>	№ 2 (8) <input type="checkbox"/>	№ 3 (9) <input type="checkbox"/>	80
2011 № 6 (42) <input type="checkbox"/>	№ 5 (41) <input type="checkbox"/>	№ 4 (40) <input type="checkbox"/>	160	2006 № 4 (10) <input type="checkbox"/>	№ 5 (11) <input type="checkbox"/>	№ 6 (12) <input type="checkbox"/>	
2011 № 1 (37) <input type="checkbox"/>	№ 2 (38) <input type="checkbox"/>	№ 3 (39) <input type="checkbox"/>		2005 № 2 (5) <input type="checkbox"/>	№ 3 (6) <input type="checkbox"/>		60
2010 № 1 (31) <input type="checkbox"/>	№ 2 (32) <input type="checkbox"/>	№ 3 (33) <input type="checkbox"/>	150	на английском языке			цена одного номера, руб.
2010 № 4 (34) <input type="checkbox"/>	№ 5 (35) <input type="checkbox"/>	№ 6 (36) <input type="checkbox"/>		2007 № 1 (13) <input type="checkbox"/>	№ 2 (14) <input type="checkbox"/>	№ 3 (15) <input type="checkbox"/>	90
2009 № 1 (25) <input type="checkbox"/>	№ 2 (26) <input type="checkbox"/>	№ 3 (27) <input type="checkbox"/>	130	№ 4 (16) <input type="checkbox"/>	№ 5 (17) <input type="checkbox"/>	№ 6 (18) <input type="checkbox"/>	
2009 № 4 (28) <input type="checkbox"/>	№ 5 (29) <input type="checkbox"/>	№ 6 (30) <input type="checkbox"/>		2006 № 1 (6) <input type="checkbox"/>	№ 2 (7) <input type="checkbox"/>	№ 3 (8) <input type="checkbox"/>	80
2008 № 1 (19) <input type="checkbox"/>	№ 2 (20) <input type="checkbox"/>	№ 3 (21) <input type="checkbox"/>	100	№ 4 (9) <input type="checkbox"/>	№ 5 (10) <input type="checkbox"/>	№ 6 (11) <input type="checkbox"/>	№ 7 (12) <input type="checkbox"/>
2008 № 4 (22) <input type="checkbox"/>	№ 5 (23) <input type="checkbox"/>	№ 6 (24) <input type="checkbox"/>		2005 № 1 (4) <input type="checkbox"/>	№ 2 (5) <input type="checkbox"/>		60
2007 № 1 (13) <input type="checkbox"/>	№ 2 (14) <input type="checkbox"/>	№ 3 (15) <input type="checkbox"/>	90	2004 № 0 (1) <input type="checkbox"/>	№ 1 (2) <input type="checkbox"/>	№ 2 (3) <input type="checkbox"/>	50
2007 № 4 (16) <input type="checkbox"/>	№ 5 (17) <input type="checkbox"/>	№ 6 (18) <input type="checkbox"/>					

2. Ф. И. О. _____

3. Почтовый адрес:
Индекс _____ Город _____

Тел./факс _____ E-mail _____

Комплекты и отдельные номера журналов можно купить в редакции по адресу:

г. Новосибирск, ул. Золотодолинская, 11, тел./факс: (383) 330-27-22, 330-26-67, e-mail: zakaz@infolio-press.ru

Отдельные статьи в формате PDF можно заказать на сайте: www.sciencefirsthand.ru

! В стоимость покупки не входят расходы на доставку журналов

При заказе ТРЕХ и более номеров журнала – СКИДКА 5%

ПОДПИСКА для ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ

Стоимость подписки на полугодие – 570 руб.
Стоимость подписки на год – 1140 руб.

● Чтобы оформить подписку на 2012 г., **заполните заявку:**

● **Оплатите** стоимость подписки в любом отделении Сбербанка, заполнив прилагаемую ниже Форму № ПД-4 или почтовым переводом по платежным реквизитам, указанным на с. 120

● **Вышлите** заполненную заявку и копию квитанции о переводе денег по адресу: 630090, г. Новосибирск, а/я 96. Редакция журнала «НАУКА из первых рук» или **отправьте по факсу:** 8 (383) 330-26-67

1. Прошу оформить подписку на журнал «НАУКА из первых рук» на первое, второе полугодие, год (нужное подчеркнуть)

Количество экземпляров _____

2. Ф. И. О. _____

3. Почтовый адрес:

Индекс _____

Тел./факс _____ E-mail _____

Копия квитанции об оплате от _____ (дата оплаты)
прилагается

ИЗВЕЩЕНИЕ	Получатель платежа: ООО «ИНФОЛИО» ИНН 5408148073	Форма № ПД-4	
	Банк: ОАО «МДМ БАНК», г. Новосибирск, БИК 045004821		
Кассир	Счет получателя 40702810603120002214 К/с 30101810100000000821		
	Ф. И. О., адрес _____		
ИЗВЕЩЕНИЕ	Журнал «НАУКА из первых рук»	Цена	Кол-во
	Сумма		
Кассир	Плательщик	Всего	
	Получатель платежа: ООО «ИНФОЛИО» ИНН 5408148073	Форма № ПД-4	
	Банк: ОАО «МДМ БАНК», г. Новосибирск, БИК 045004821		
	Счет получателя 40702810603120002214 К/с 30101810100000000821		
	Ф. И. О., адрес _____		
	Журнал «НАУКА из первых рук»	Цена	Кол-во
	Сумма		
	Плательщик	Всего	

Вы также можете оформить подписку на сайте: www.sciencefirsthand.ru

В стоимость подписки включена доставка журналов заказной бандеролью

ПОДПИСКА для ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ

Стоимость подписки на полугодие – 1200 руб.
Стоимость подписки на год – 2400 руб.



Чтобы оформить подписку на 2012 г., заполните заявку:

1. Полное наименование организации _____
 2. Юридический адрес _____
 3. ИНН/КПП _____
 4. Тел./ факс _____
 5. E-mail _____
 6. Контактное лицо (Ф.И.О. полностью) _____
 7. Ваши реквизиты для получения изданий по почте _____
Почтовый адрес (включая индекс) _____
 8. Получатель издания в организации (отдел, Ф.И.О.) _____
 9. Прошу выслать счет на подписку
журнала «НАУКА из первых рук» на первое, второе полугодие, год (нужное подчеркнуть),
количество экземпляров _____
- почтой факсом e-mail

и вышлите ее по адресу:

Редакция журнала
«НАУКА из первых рук»
630090, г. Новосибирск,
а/я 96

или отправьте по факсу:
8 (383) 330-26-67

или по e-mail: zakaz@infolio-press.ru

Счет на оплату будет выслан
в течение трех рабочих дней после
получения заявки

По всем вопросам обращаться:

Тел.: 8 (383) 330-27-22.

Факс: 8 (383) 330-26-67,

e-mail: zakaz@infolio-press.ru

Вы также можете оформить
подписку на нашем сайте:
www.sciencefirsthand.ru
www.sibsciencenews.org

Платежные реквизиты:

ООО «ИНФОЛИО»,
ИНН 5408148073
КПП 540801001
Р/счет 407 02 810 603 120 002 214
в ОАО «МДМ БАНК»,
г. Новосибирск
Кор/счет 30101810100000000821,
БИК 045004821

Подписка по каталогам:

Каталог агентства
«Роспечать» (стр. 269):
индекс **46495**
Объединенный каталог
«Пресса России» (стр. 375):
индекс **42272**; on-line: www.pressa-rf.ru

Подписка on-line

Агентство «Деловая пресса»: www.delpress.ru
Интернет магазин «PRESS cafe»:
www.presscafe.ru
Книга Сервис: www.akc.ru
Интер-Почта 2003: www.interpochta.ru
МК-периодика: www.periodicals.ru
Информнаука: www.informnauka.com





Окрашенные известняковые террасы, образованные горячими источниками в Йеллоустонском национальном парке (США). Парк расположен в кальдере супервулкана (диаметр кальдеры – около 100 км). Никто не знает, остынет ли со временем вещество в раскаленных недрах под кальдерой, или произойдет гигантское извержение, каких не было еще во времена обитания на Земле человека.
Фото В. Власова