

# ПРИРОДА

3 15



**В НОМЕРЕ:****3 Садовничий В.А., Черепашук А.М.**  
**Университетская астрономия:  
новый старт**

В декабре прошлого года состоялось официальное открытие новой обсерватории МГУ на Кавказе. Ее 2,5-метровый телескоп будет задействован не только в профессиональной подготовке астрономов, но и в решении серьезных научных задач.

**15 Кондратова М.С., Зиновьев А.Ю.,  
Куперштейн И.Н.****ACSN – глобальный атлас  
сигнальных путей**

Современная молекулярная биология испытывает серьезный системный кризис, связанный с «перепроизводством» экспериментальных данных. Решить эту проблему может визуализация молекулярно-биологической информации в сочетании с биоинформатическими методами моделирования и анализа.

**25 Печникова Е.В., Кирпичников М.П.,  
Соколова О.С.****Радиационные повреждения  
в криомикроскопии:  
всегда ли во вред?**

Короткая длина волны электронов обеспечивает высокое разрешение электронной микроскопии. Однако под воздействием пучка происходит радиационное повреждение препарата. Для борьбы с этим феноменом придуманы специальные методы, а иногда его даже удается использовать для целей структурной биологии.

**30 Амстиславский С.Я., Рагаева Д.С.,  
Брусенцев Е.Ю., Игонина Т.Н.****Эмбрионы и артериальная  
гипертензия**

В клиниках экстракорпорального оплодотворения все чаще используют длительное культивирование эмбрионов в искусственных условиях. На этом этапе зародышевого развития ищут способ смягчить или отсрочить проявления генетически обусловленных заболеваний, например артериальной гипертензии.

**41 Поваренных М.Ю., Матвиенко Е.Н.,  
Хаммер В.Ф.****За драгоценными опалами  
в пустыню Австралии**

Месторождения благородного опала, расположенные в каменистой пустыне почти в центре Австралии, по праву считаются уникальными: они дают 85–90% мировой добычи этого минерала.

**50 Ким А.А., Боринская С.А.****Гены против пьянства**

Сегодня ни для кого не секрет, что кроме прочих разных причин здоровье зависит и от потребления алкоголя. В России этот фактор отражается также и на демографической ситуации. Что можно сделать, чтобы сберечь здоровье нации? Ответ на этот вопрос пытаются найти не только социологи, эпидемиологи, медики, но и генетики.

**55 Черных Е.Н.****Кочевой мир Евразии: феномен  
скифского мира в эпоху железа**

В 1-м тысячелетии до н.э. одним из самых ярких народов запада Евразии стали скифы. Каковы же важнейшие черты их культуры? Чем врезаются они в нашу память и как формируются представления о давно исчезнувшем удивительном мире? Гигантские курганы скифских вождей и скрытые в них бесчисленные сокровища до сих пор таят массу загадок.

**Научные сообщения****69 Шевцов В.С.****Фигурки из камня:  
загадки древних ительменов****Времена и люди****73 Любина Г.И.****Мария Шишацкая в Париже  
К биографии М.В.Павловой****Рецензии****84 Куприянова И.И., Соколов С.В.****Замечательная книга  
о ярких творениях природы  
(на кн.: Б.З.Кантор. Мир минералов)****Михайлов К.Г.****А.Ф.Котс и идеологический музей (87)**

(на кн.: А.Ф.Котс. Собрание сочинений.  
Т.1: Массовый музей и массовый зритель;  
Т.2: История создания Государственного  
Дарвиновского музея)

**89****Новые книги****Наука и общество****91 ЕЩЕ РАЗ О ГМО****Скорлупкина Н.Н.****Трансгенные растения – бомбы  
замедленного действия  
или спасители планеты? (91)****Панчин А.Ю.****Вопреки мнению  
научного сообщества (94)**

**CONTENTS:****3 Sadovnichy V.A., Cherepashchuk A.M.****University Astronomy: New Start**

An official opening of a new Moscow State University observatory in Caucasia was held in December 2014. Its 2.5-meter telescope will be used not only in professional training of astronomers but also in solving serious scientific problems.

**15 Kondratova M.S., Zinovyev A.Yu., Kuperstein I.N.****ACSN – Atlas of Signalling Network Global Map**

Modern molecular biology is experiencing a serious system crisis connected with the «overproduction» of experimental data. Visualization of molecular biological information in combination with the methods of computer modelling and analysis developed in bioinformatics can solve this problem.

**25 Pechnikova E.V., Kirpichnikov M.P., Sokolova O.S.****Radiation Damages in Cryomicroscopy: Always Harmful?**

Short electron wavelength ensures high resolution of electron microscopy. However, radiation damage of the preparation takes place under influence of the beam. Special methods have been worked out to control this phenomenon and sometimes it is even used for structural biology purposes.

**30 Amstislavsky S.Ya., Ragaeva D.S., Brusentsev E.Yu., Igonina T.N.****Embryos and Arterial Hypertension**

Long cultivation of embryos *in vitro* is more often used at clinics of extracorporeal fertilization. Scientists search for means to attenuate or retard clinical symptoms of genetically determined diseases, for example, arterial hypertension, at this stage of embryonic development.

**41 Povarennykh M.Yu., Matvienko E.N., Hammer V.F.****To Australian Desert for Precious Opals**

Deposits of precious opal in Australia located in the stony desert almost in the center of the continent, which make up 85–90 percent of the world output of jewelry opals, are for a good reason considered unique.

**50 Kim A.A., Borinskaya S.A.****Genes Against Drunkenness**

It is no secret for anybody today that man's health depends on the use of alcohol along with other causes. This factor also determines the demographic situation in Russia. What can be done to save the nation's health? Not only sociologists, epidemiologists and physicians but also geneticists are trying to find an answer to this question.

**55 Chernykh E.N.****The Nomadic World of Eurasia: the Scythian World Phenomenon in the Iron Age**

In the 1st millennium B.C. Scythians became one of the most impressive peoples of Eurasia. What are the most important features of their culture? What makes us remember them and how are notions about this amazing world, which has disappeared long ago, formulated? Gigantic burial mounds of Scythian chiefs and innumerable treasures hidden in them are still concealing a lot of enigmas.

**Scientific Communications****69 Shevtsov V.S.****Stone Figurines: Mysteries of Ancient Itelmens****Times and People****73 Lyubina G.I.****Maria Shishatskaya in Paris**  
Supplement to the biography of M.Pavlova**Book Reviews****84 Kupriyanova I.I., Sokolov S.V.****A Remarkable Book on Vivid Works of Nature**  
(on book: B.Kantor. The World of Minerals)**Mikhailov K.G.****A.F.Kots and Ideological Museum (87)**  
(on books: A.F.Kots. Collected Works. Vol.1: The Popular Museum and Mass Spectator; Vol.2: History of Formation of the State Darwinian Museum)**89****New Books****Science and Society****91 ONCE MORE ABOUT GMO****Skorlupkina N.N.****Transgenic Plants – Delayed-Action Bombs or Savers the Planet? (91)****Panchin A.Yu.****Contrary to the Opinion of Scientific Community (94)**

# Университетская астрономия: НОВЫЙ СТАРТ

В.А.Садовничий, А.М.Черепашук

**В** череде радостных событий прошлого года, оказавшего столь непростым для нашей страны, есть и скромный вклад Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова — открылась новая астрономическая обсерватория МГУ на Кавказе. Будучи совсем не рядовым, это событие вполне заслуживает подробного рассказа.

## Пополнение семейства

Кавказская горная обсерватория (КГО) Государственного астрономического института им.П.К.Штернберга (ГАИШ) МГУ заработала в декабре 2014 г. Основным ее инструментом стал телескоп с главным зеркалом диаметром 2,5 метра. По международным меркам это размер типичного университетского телескопа, востребованного как для подготовки специалистов-астрономов широкого профиля, так и для выполнения научных работ в актуальных областях астрономии.

Ввод в строй новой обсерватории восполнил потерю Московским университетом в 1993—1994 гг. двух высокогорных обсерваторий — в Узбекистане и Казахстане: они отошли в собственность этих ставших независимыми государств.

Правительство РФ отнеслось с пониманием к проблемам, возникшим в МГУ в связи с распадом



*Виктор Антонович Садовничий, академик, доктор физико-математических наук, ректор МГУ им.М.В.Ломоносова, член Президиума РАН, президент Союза ректоров России, президент Евразийской ассоциации университетов, член Постоянного комитета Конференции ректоров университетов Европы, иностранный член многих зарубежных академий, почетный доктор и профессор ряда отечественных и зарубежных университетов. Область научных интересов — математика, прикладная математика, информатика, космические исследования.*



*Анатолий Михайлович Черепашук, академик, доктор физико-математических наук, директор Государственного астрономического института им.П.К.Штернберга МГУ, заведующий астрономическим отделением физического факультета МГУ. Вице-президент Европейского астрономического общества, член Английского королевского астрономического общества. Занимается исследованием двойных систем, решением обратных задач астрофизики. Член редколлегии журнала «Природа».*

СССР, и выделило значительные средства для создания на российской территории новой обсерватории. Благодаря ей МГУ вновь выходит на мировой уровень по материально-техническому оснащению научных астрономических исследований и подготовке астрономических кадров высокой квалификации. Открываются широкие перспективы для международного сотрудничества и в учебной, и в научной областях.

Среди крупнейших российских телескопов 2,5-метровый новичок оказывается третьим по размерам, уступая лишь 6-метровому телескопу Специальной астрофизической обсерватории РАН (тоже расположенной на Кавказе) и 2,6-метровому рефлектору Крымской астрофизической обсерватории, которая в связи с историческим событием — воссоединением Крыма с Россией в марте 2014 г. — стала российской собственностью.

В настоящее время в мире уже работает дюжина крупных оптических телескопов диаметром 8—10 м, а также идет изготовление телескопов-гигантов диаметром 25—39 м. Чтобы создать такие инструменты и обеспечить их работу, требуются ресурсы целых государств (а зачастую и многих стран). Содержание столь крупных телескопов и наблюдательное время на них обходятся очень дорого, поэтому они предназначены прежде всего для решения отдельных уникальных и экстремальных задач. В то же время астрономия ставит целый класс задач, требующих для своего решения продолжительных рядов наблюдений: изучение переменных звезд, активных ядер галактик, рентгеновских двойных систем с нейтронными звездами и черными дырами, массовые измерения красных смещений галактик в скоплениях, оптические отождествления рентгеновских источников и т.д. Именно такие задачи оказываются «экологической нишей» для университетских телескопов среднего размера, диаметром 2—3 м. Что же касается подготовки специалистов-астрономов в университетах мира, то подобные телескопы с дистанционным управлением, оснащенные современными приемниками и анализаторами излучения, служат наиболее подходящим средством для успешной практической подготовки профессионалов высокого уровня.

## Немного истории

Астрономии в Московском университете всегда уделялось много внимания [1]. Начало преподаванию здесь астрономии было положено профессором И.А.Ростом (1726—1791) еще в 1760-х годах, т.е. всего через несколько лет после образования Московского университета (1755). В 1804 г. на отделении физических и математических наук университета была учреждена кафедра «астрономии наблюдательной». В том же году университет стал обладателем своей первой обсерватории, оснащенной небольшим телескопом. Главная заслуга в ее создании и снабжении необходимыми астрономическими инструментами принадлежала М.Н.Муравьеву (1757—1807) — первому попечителю Московского учебного округа. Обсерватория размещалась на крыше главного университетского здания на Моховой. К сожалению, в 1812 г. во время пожара Москвы обсерватория вместе со всеми находившимися в ней инструментами погибла.

Новую астрономическую обсерваторию (АО), ставшую впоследствии базой для создания ГАИШ, удалось построить только в 1831 г. по инициативе профессора и первого директора этой обсерватории Д.М.Перевощикова, впоследствии ректора Московского университета. Она размещалась на площадке в районе Пресненской заставы в Москве. Эта территория была подарена университету замечательным меценатом, купцом греческого происхождения З.П.Зосимой. В 1900 г. в Астрономической обсерватории был установлен двойной 15-дюймовый телескоп-астрограф, долгое время остававшийся одним из самых больших астрономических инструментов в России.

На рубеже XIX и XX вв. работы астрономов Московского университета в области астрометрии, гравиметрии, небесной механики, астрофизики, солнечной физики и звездной спектроскопии быстро завоевали всемирную известность и признание. Это признание выразилось, в частности, в том, что профессора Московского университета Д.М.Перевощиков, Ф.А.Бредихин и А.А.Белопольский были избраны действительными членами Санкт-Петербургской академии наук, а профессора В.К.Цераский, М.Ф.Хондриков и С.К.Костинский — членами-корреспондентами этой академии. Бредихин и Белопольский были назначены директорами знамени-



Момент официального открытия КГО ГАИШ МГУ 13 декабря 2014 г. Ректор МГУ им.М.В.Ломоносова академик В.А.Садовничий (справа) произносит вступительную речь. На фото: директор ГАИШ МГУ академик А.М.Черепашук (слева) и глава Карачаево-Черкесской Республики Р.Б.Темрезов.

той Пулковской обсерватории (в 1890 и 1916 гг. соответственно).

В 1931 г. к Астрономической обсерватории Московского университета были присоединены два института (Астрофизический и Астрономо-геодезический) — так родился Государственный астрономический институт имени П.К.Штернберга. Павел Карлович Штернберг (1865—1920), крупный ученый, астрометрист, гравиметрист и астрофизик, был директором АО МГУ в период с 1916 по 1920 г.

В 1954 г. ГАИШ переехал в новое здание на Ленинских горах, где был установлен ряд астрономических телескопов, крупнейшим среди которых был рефлектор с зеркалом диаметром 0.7 м. Но к середине 1950-х годов стало ясно, что из-за значительной засветки городского неба над Москвой, а также в связи с сильно возросшим объемом научных наблюдательных задач ГАИШ нуждается в создании загородных наблюдательных баз с новыми крупными инструментами.

Руководство МГУ пошло навстречу пожеланиям астрономов, и в 1958 г. была основана Крымская астрономическая станция ГАИШ, главным инструментом которой стал 1.25-метровый телескоп-рефлектор, установленный благодаря активности тогдашнего директора института профессора Д.Я.Мартынова.

С наступлением в 1960-х годах эры космических исследований учеными ГАИШ проводились важные работы по созданию специализированных звездных каталогов. На средства, полученные за выполнение этих хозяйственных работ, были построены две высокогорные астрономические обсерватории: Майданакская обсерватория, расположенная в Узбекистане (высота 2700 м над ур.м., главный инструмент — 1.5-метровый телескоп-рефлектор, изготовленный в Ленинградском оптико-механическом объединении), а также Алма-Атинская обсерватория в Казахстане (высота 2800 м над ур.м., главные инструменты — два 1-метровых телескопа-рефлектора германской фирмы Carl Zeiss).

Как уже отмечалось выше, обсерватории ГАИШ в Узбекистане и Казахстане были потеряны для Московского университета из-за распада СССР. В результате такого драматического стечения обстоятельств институт оказался отброшенным по материально-техническому оснащению научных астрономических исследований на уровень 1960-х годов. Но руководство университета всегда рассматривало создание новой астрономической обсерватории как один из важных этапов развития, отраженный, в частности, в Программе развития Московского университета до 2020 г. по разделу «Исследование структуры материи и космоса». В 2005 г. МГУ обратился в Правительство РФ с просьбой выделить целевые средства на закупку 2.5-метрового телескопа и установку его на российской территории в горах Кавказа, вблизи

г.Кисловодска. Соответствующее письмо было подписано ректором МГУ академиком В.А.Садовничим, министром образования и науки РФ А.А.Фурсенко и президентом РАН Ю.С.Осиповым. Правительство РФ удовлетворило эту просьбу, и в конце 2005 г. необходимые финансовые ресурсы были предоставлены. Далее последовали выбор фирмы-изготовителя для 2.5-метрового телескопа, составление соответствующего технического задания и заключение контракта на изготовление телескопа. Параллельно с изготовлением телескопа университет стал хлопотать о выделении средств на капитальное строительство башни телескопа, а также научных, жилых и технических сооружений на территории обсерватории (здесь серьезно помешал экономический кризис 2008—2009 гг., но в конце концов все трудности были преодолены).

Строительство обсерватории началось в октябре 2010 г. и завершилось в декабре 2013 г. Отладка телескопа заняла дополнительное время, поэтому официальное открытие КГО ГАИШ МГУ состоялось 13 декабря 2014 г.

### Что, где и как

Кавказская горная обсерватория ГАИШ МГУ расположена в урочище Шатджатмаз Малокарачаевского р-на Карачаево-Черкесской Республики РФ. Выделенный местными властями для строительства обсерватории земельный участок площадью 8.7 га находится в центральном секторе Большого Кавказа в интервале высотных отметок 2060—2116 м, приблизительно в 27 км к югу от г.Кисловодска (координаты места: 43°44'10" с.ш., 42°40'03" в.д.). Руководство МГУ благодарно властям Карачаево-Черкесской Республики за оперативное и положительное решение вопроса о выделении земельного участка.

КГО ГАИШ МГУ соседствует с Кисловодской горной астрономической станцией Главной (Пулковской) астрономической обсерватории (ГАС ГАО) РАН, а в Кисловодске расположена городская база этой станции с весьма комфортными жилищными условиями. Руководители и самой станции, и Пулковской обсерватории всегда активно отзывались на просьбы ГАИШ о помощи в решении бытовых, технических и организационных вопросов, связанных со строительством КГО, за что университет им очень признателен.

Проект обсерватории разработан архитектурной мастерской ООО «ИНТАРС», Москва. Рабочая документация в основном разработана ООО «ЭСКИЗ» (Черкесск); генеральным подрядчиком выступило ООО «Агростройкомплект». Здания и сооружения строились с применением современных технологий и строительных материалов. С учетом характера местности монолитные рамно-каркасные конструкции одно- и двух-



Общий вид обсерватории; на заднем плане — Эльбрус.

этажных зданий рассчитаны на сейсмичность 8—9 баллов по карте ОСР-97-А,В шкалы MSR-64. Что же представляет собой новый объект?

Панорамная съемка обсерватории показывает ее «вид сбоку», а о «виде сверху» дает представление фотография со спутника. Общая площадь всех построек составляет 4162.9 м<sup>2</sup> (напомним, что все главное здание ГАИШ в Москве на Воробьевых горах занимает около 4600 м<sup>2</sup>). Зонирование территории — разбивка на верхнюю и нижнюю зоны — организовано по функциональному прин-

ципу. Обе зоны застройки связаны дорогой с твердым покрытием, берущей начало от дороги, которая соединяет местную автомобильную трассу Кисловодск—Джилы-Су с расположенными поблизости метеостанцией «Шатджатмаз» и Кисловодской горной астрономической станцией ГАО РАН. Тротуары и площадки вокруг зданий покрыты цветной бетонной плиткой типа «брусчатка», территория озеленена, устроены газоны. По периметру земельного участка установлено ограждение, снабженное системой видеонаблюдения.

В верхней зоне №1 размещены объекты научного назначения — башня 2.5 метрового телескопа с помещениями для наблюдателей (общая площадь 206.4м<sup>2</sup>), гравиметрическая лаборатория (95.6м<sup>2</sup>) и четыре астрономических павильона с временными укрытиями для установки в них телескопов с диаметром объективов до 1 м. Эти телескопы и башни для них еще предстоит приобрести на средства, которые могут быть выделены в рамках Программы развития МГУ им.М.В.Ломоносова до 2020 г., а также по другим программам. Ниже показаны общий вид верхней зоны обсерватории, башня 2.5-метрового телескопа, астроклиматический пост и малый робот-телескоп «МАСТЕР».



Вид из космоса на КГО, по данным Google Earth на ноябрь 2013 г.



В нижней зоне №2 размещены жилые помещения, объекты хозяйственно-производственного и инженерно-технического назначения. В их числе административный корпус со столовой на 25 посадочных мест и шестью двухкомнатными жилыми блоками для проживания персонала (869.1 м<sup>2</sup>); двухквартирный дом (218.8 м<sup>2</sup>) для профессоров; гостиница с двенадцатью двухкомнатными жилыми блоками и лекционным конференц-залом на 50 мест (общая площадь здания 1412.5 м<sup>2</sup>). В этом же районе расположен технический корпус (793.9 м<sup>2</sup>), в котором находится производственная база обсерватории. На первом

этаже корпуса оборудованы механическая и оптическая мастерские, где установлено 14 металлообрабатывающих и оптико-механических станков, а также электронная и оптическая лаборатории. В специальном зале, оснащённом кранбалкой, смонтирована уникальная вакуумная установка для нанесения отражающих покрытий на зеркала телескопа (диаметром до 2.55 м). На втором этаже расположены серверное помещение и операционный зал на 12 рабочих мест.

В отдельном здании обустроены крытая стоянка на четыре машино-места с ремонтным боксом (общая площадь 343.2 м<sup>2</sup>) и размещена встроен-



Вид на верхнюю зону обсерватории: башня 2.5-метрового телескопа, четыре малых павильона с временными укрытиями и гравиметрическая лаборатория.





Вид башни с открытым куполом и 2.5-метровым телескопом внутри.

ная трансформаторная подстанция с двумя дизель-электрогенераторами.

Генеральным планом КГО предусмотрены площадки для установки в будущем двух радиотелескопов. К этим местам подведены электросиловой и оптоволоконный кабели. Вообще, надежное

электроснабжение — важнейшая составляющая проекта. Электроэнергия подается в обсерваторию по отпайке от ЛЭП 35 кВ (Л-326) кабельной линией КЛ35кВ до встроенной подстанции ПС 35/04 на территории КГО (в ней установлены два трансформатора 35/04 кВ по 630 кВА). Чтобы обеспечить бесперебойное электроснабжение, рядом с ПС установлены два дизель-электрических генератора, которые автоматически включаются в случаях аварийного отключения подачи электроэнергии от ЛЭП. Один из генераторов, мощностью 150 кВт, предусмотрен для включения в летний период времени, второй, мощностью 350 кВт, — в зимний. Для создания резерва дизельного топлива тут же находится автозаправочная станция контейнерного типа на 20 м<sup>3</sup> топлива. Кроме того, на башне телескопа и в серверной имеются свои собственные системы резервного электропитания.

Уровень комфортности условий в высокогорье для работы, проживания персонала и научных работников в значительной степени определяется возможностями водоснабжения. Обсерватория ГАИШ в этом плане уникальна в своем роде: водоснабжение здесь осуществляется от собственной водозаборной скважины. Скважина диаметром 295 мм расположена между верхней и нижней зонами, в границах санитарной зоны, и пробурена в плотных известняках на глубину 257 м. Дебит скважины составляет 50 м<sup>3</sup>/сут воды, что более чем вдвое превышает потребности обсерватории (22 м<sup>3</sup>/сут). Рядом со скважиной размещено строение водозаборного узла (площадью 39,4 м<sup>2</sup>), где



Башня 2.5-метрового телескопа с пристройкой и астроклиматический пост. Слева — малый робот-телескоп системы «МАСТЕР».

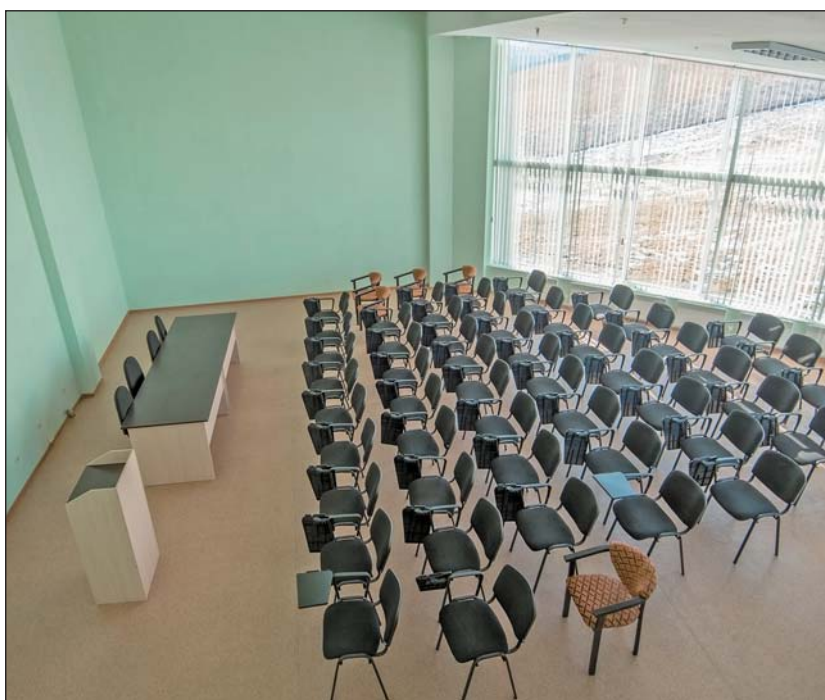


Административный корпус обсерватории, вдали видна гостиница с конференц-залом.

установлены три бака емкостью по 5 м<sup>3</sup>. В нижнюю зону вода поступает самотеком, а на башню телескопа, в верхнюю зону, подается при помощи специального насоса.

Кроме водоснабжения все здания обсерватории оснащены канализацией, приточно-вытяжной вен-

тиляцией и системой кондиционирования. Хозяйственно-бытовые стоки по канализации поступают в системы биологической очистки. В лабораториях, мастерских, на кухнях и в санитарных узлах для получения горячей воды установлены электронагреватели. Отапливаются помещения тоже электрическими приборами. Противопожарную безопасность обеспечивают автоматическая пожарная сигнализация и автоматическая спринклерная система пожаротушения тонкораспыленной водой.



Конференц-зал обсерватории на 50 мест.

### Сердце обсерватории

Как уже говорилось, основной инструмент Кавказской горной обсерватории имеет световой диаметр главного зеркала 2,5 м; он предназначен для астрофизических исследований звезд, галактик и других небесных объектов в оптическом и ближнем инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра: длины волн от 0,3 до 2,5 мкм. Подобно некоторым другим телескопам университетского класса, он спроектирован как универсальный инструмент, рассчитанный на одновременную



Общий вид на нижнюю зону обсерватории. На переднем плане технический корпус с залом вакуумной установки для нанесения отражающих и защитных покрытий зеркал диаметром до 2.55 м.

установку на нем нескольких приборов в разных фокальных станциях, свет между которыми перебрасывается с помощью плоского диагонального зеркала (зеркала Нэсмита), в зависимости от текущих возможностей и потребностей наблюдений. Управление телескопа имеет высокую степень автоматизации, что позволяет гибко планировать программы наблюдений и проводить исследования в удаленном режиме.

Оптика — ключевой компонент телескопа — разработана и изготовлена фирмой SAGEM-REOSC (группа SAFRAN, Франция), ведущим мировым производителем крупной астрономической оптики (эта фирма — генеральный подрядчик изготовления всего комплекса оборудования телескопа). Телескоп построен по оптической схеме Ричи—Кретьена, которая предполагает на-

личие двух зеркал гиперболической формы: одно (главное) — вогнутое, второе (вторичное) — выпуклое. В классической схеме Кассегрена главное зеркало имеет параболическую форму. Его действительный фокус совмещается с мнимым фокусом вторичного выпуклого гиперболического зеркала, поэтому на оптической оси телескопа получается идеальное безаберрационное изображение звезды. Однако в системе Кассегрена при удалении от центра поля зрения быстро нарастают внеосевые аберрации: кома, астигматизм и кривизна поля. Схема Ричи—Кретьена с гиперболическими вогнутым главным и выпуклым вторичным зеркалами в значительной мере лишена этого недостатка. В данном случае кома отсутствует, а заметный астигматизм проявляется уже на значительных (порядка 5') рас-



2.5-метровый телескоп на азимутальной монтировке в башне под куполом.



Первые ночные наблюдения на 2.5-метровом телескопе КГО ГАИШ МГУ.

стояниях от центра поля зрения, при этом сферическая аберрация оказывается пренебрежимо мала. Поэтому схема Ричи—Кретъена позволяет получить примерно в четыре раза большее поле зрения в телескопе по сравнению со схемой Кассегрена, и именно она получила широкое распространение в мировой практике оптического телескопостроения.

Главное вогнутое 2.5-метровое зеркало гиперболической формы выполнено из стеклокерамического материала Zerodur (фирма Schott AG, Германия) с практически нулевым температурным коэффициентом расширения, что позволяет сохранять высокую точность поверхности при изменении условий окружающей среды. Вторичное выпуклое гиперболическое зеркало изготовлено из плавленного кварца, а плоское зеркало Нэсмита — из стеклокерамики марки Астроситалл (Лыткаринский завод оптического стекла, Россия).

Высокая точность изготовления зеркал на уровне современных достижений в области астрономической техники контролировалась в заводских условиях методами лазерной интерферометрии и была подтверждена первыми тестовыми испытаниями по звездам в октябре 2014 г. с помощью специального датчика, изготовленного в ГАИШ МГУ. Она обеспечивает концентрацию 80% световой энергии в изображении звезды в пределах кружка диаметром 0.32" в режиме двухзеркальной системы Ричи—Кретъена (что соответствует лучшим мировым стандартам). Это позволяет изучать удаленные объекты Вселенной с угловым разрешением и проникающей способностью (предельной звездной величиной), ограниченными лишь текущими атмосферными условиями, а не оптическими аберрациями.

Специальные астроклиматические наблюдения, выполняемые в течение семи лет [2], показали, что годовое количество ясного ночного времени в КГО составляет около 1330 ч (180—200 ясных ночей в год), а медианное значение качества изображения равно 0.96", причем в 10% случаев качество изображения лучше 0.6" [2]. Атмосферное качество изображения в крупном безаберрационном телескопе характеризуется измеренным на уровне 1/2 интенсивности диаметром изображения звезды, полученного с длинной (секунды и более) экспозицией. Оценивается оно специальными методами измерения атмосферной турбулентности в месте наблюдений.

Оптическая система Ричи—Кретъена позволяет получать изображения звезд без затменных аберраций в поле зрения диаметром 10' без линзового фокального корректора и до 40' с трехлинзовым кварцевым корректором. Этот корректор имеется в наличии и при необходимости может быть установлен на телескопе. Изображения строятся либо в фокусе Кассегрена (на нижнем конце трубы телескопа), либо в фокусах Нэсмита, расположенных на площадках, которые укреплены на перьях вилки



Вторичное зеркало 2.5-метрового телескопа, имеющее диаметр 90 см.

монтажки телескопа. Есть и две другие фокальные станции Нэсмита, предназначенные для экспериментальных и учебных (студенческих) приборов. Смена рабочего фокуса производится автоматически, поворотом или смещением диагонального зеркала Нэсмита за время не более 2 мин.

Монтажка телескопа азимутального типа вращается на гидростатическом масляном подшипнике при помощи двигателей типа Direct drive и дает возможность наводить инструмент на объекты со скоростью 3° в секунду с точностью до 5". Дополнительное оборудование и устройства автоматического гидирования позволяют следить за объектами с точностью не хуже 0.2" с компенсацией вращения поля зрения при помощи одного из трех специальных деротаторов. Монтажка телескопа изготовлена Нанкинским институтом астрономической оптики и технологии (Китай).

Телескоп, вес которого составляет 40 т, установлен на независимом (отвязанном от остального здания) железобетонном пилоне в круглой двухэтажной башне с поворотным открывающимся куполом фирмы Gambato SAS (Италия). Купол изготовлен из нержавеющей стали и алюминия и автоматически отслеживает положение трубы телескопа во время наблюдений, надежно предохраняя телескоп от непогоды. Купол также снабжен краном для обслуживания оборудования. Воздух под куполом кондиционирован для предотвращения его нагрева в дневное время, а в ночное время, чтобы подавить восходящие потоки, воздух может удаляться вентилятором и выбрасываться по специальному трубопроводу на расстояние 50 м от башни. Вентиляционная и холодильная установка, а также стойки управления телескопом и рабочие места операторов расположены в пристройке к башне с северной стороны.

Система управления телескопом позволяет управлять всеми этапами работы в удаленном режиме и вести наблюдения в выбранном фокусе, гиб-

ко формируя программу наблюдений в зависимости от времени и условий окружающей среды. Метеорологические параметры непрерывно регистрируются установленной рядом с башней метеостанцией фирмы Vaisala (Финляндия), а прозрачность атмосферы и интенсивность турбулентности в ней постоянно измеряются уникальным астроклиматическим монитором, разработанным и изготовленным в ГАИШ и также размещенным недалеко от телескопа. Методика этих астроклиматических измерений, развитая в ГАИШ, уникальна и применяется теперь во многих ведущих обсерваториях мира [2].

Фотоприемниками телескопа служат широкопольная, охлаждаемая жидким азотом оптическая ПЗС-камера (4096×4096 пикселей, Niels Bohr Institute, Дания) с набором UVBRI-фильтров, а также инфракрасная камера-спектрограф (1024×1024 пикселей) низкого разрешения Astronircam, изготовленная компанией Mauna Kea Infrared (США) по техническому заданию МГУ. Эта ИК-камера не имеет аналогов в России и является одной из лучших в Европе.

Итак, 2,5-метровый телескоп КГО ГАИШ МГУ относится к классу современных университетских инструментов среднего размера, позволяющих успешно вести учебный процесс, а также эффективно выполнять научные исследования в актуальных областях астрономии. Его научной «экологической нишей», как уже отмечалось, станут систематические исследования объектов Вселенной, требующие большого количества измерений по гибко формируемым программам.

## Планов громадье

Кратко перечислим, какие задачи ставятся перед новой обсерваторией. На первом месте, конечно, стоит подготовка высококлассных специалистов-астрономов широкого профиля на астрономическом отделении физического факультета МГУ и в других университетах (российских и зарубежных). В научном плане предполагается осуществлять оптическую и инфракрасную наземную поддержку российских и международных космических программ: проекты РАДИОАСТРОН, Спектр-РГ, Спектр-УФ, МИЛЛИМЕТРОН, ЛОМОНОСОВ, GAIA, Nustar и др.

Для исследовательских целей будут организованы на регулярной основе многочисленные наблюдательные программы:

- фотометрия объектов Галактики и ближайших галактик (нормальные и пекулярные звезды, переменные звезды, новые, новоподобные и взрывные переменные, сверхновые и др.);
- поверхностная фотометрия галактик разных типов во Вселенной;
- дифференциальные астрометрические измерения слабых объектов (звезды малой массы

и коричневые карлики, белые карлики, спутники планет Солнечной системы, астероиды, кометы);

- спектроскопия низкого разрешения нестационарных объектов Галактики, активных ядер других галактик, галактик в скоплениях, оптических транзиентов;

- инфракрасная фотометрия и спектроскопия молодых звезд до Главной последовательности, а также звезд на поздних стадиях эволюции;

- оптическая спектроскопия высокого разрешения для определения химического состава звездных атмосфер, для измерения лучевых скоростей компонентов двойных и кратных звезд, для изучения профилей линий нестационарных объектов, для исследования экзопланет;

- поляриметрические исследования молодых звезд и околозвездного вещества в протопланетных дисках, изучение межзвездной пыли;

- фотометрические и спектральные наблюдения оптических компонентов ультраярких рентгеновских источников в близких галактиках;

- спектральные и фотометрические исследования рентгеновских двойных систем и тесных двойных систем на поздних стадиях эволюции;

- исследования с высоким угловым разрешением тесных визуально-двойных систем и других объектов: ядер галактик, шаровых и рассеянных звездных скоплений, расширяющихся оболочек новых звезд и т.д.;

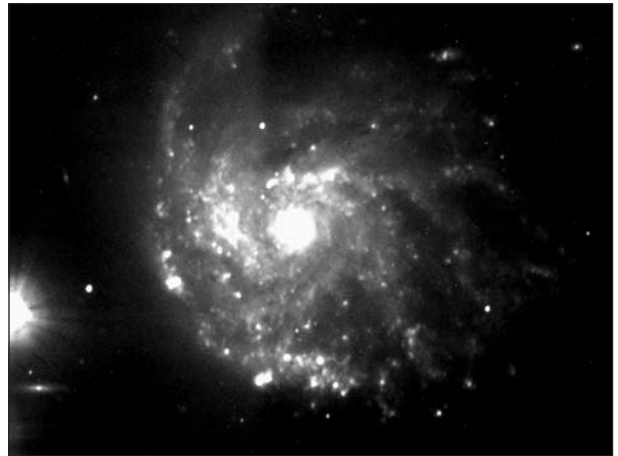
- наблюдения с адаптивной оптикой для получения высокого углового разрешения.

Этот список программ исследований можно было бы продолжить. Особенно перспективным представляется использование 2,5-метрового телескопа КГО для детального изучения транзитных явлений на небе, которые в массовом порядке открываются сетью роботизированных телескопов «МАСТЕР», созданной в ГАИШ [3]. Один из семи телескопов системы «МАСТЕР» расположен как раз рядом с КГО ГАИШ МГУ на территории Кисловодской горной астрономической станции ГАО РАН.

## Начало положено

Первые изображения звезд, туманностей и галактик, полученные с помощью 2,5 метрового телескопа, показали высокое качество его оптики, как видно на приведенных здесь примерах.

В процессе тестовых испытаний телескоп навел на звезду в созвездии Возничего — RW Aur, переменность блеска которой была открыта сотрудницей ГАИШ Л.П.Церасской более 100 лет назад. Позднее было обнаружено, что RW Aur представляет собой визуально-двойную систему из двух звезд, угловое расстояние между которыми весьма мало — составляет всего 1.45". Поэтому до эры космических исследований наблюдатели вынуждены были измерять лишь суммарный блеск обеих звезд этой пары из-за искажающего действия земной



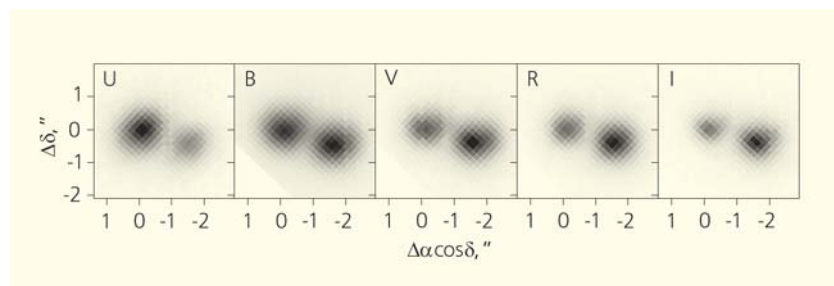
Изображения, полученные на 2.5-метровом телескопе: планетарная туманность M76 (слева, в центре туманности видна визуально двойная звезда с угловым расстоянием между компонентами около 1") и галактика NGC2276 (справа, отчетливо различается спиральная структура).

атмосферы. Лишь с борта космического телескопа «Хаббл», которому турбулентность земной атмосферы не мешает, удалось осуществить многоцветную фотометрию каждого из компонентов двойной системы RW Aur в отдельности.

Высокое качество оптики 2.5-метрового телескопа КГО и прекрасные атмосферные условия в месте его установки в осенне-зимний сезон наблюдений также позволили измерить блеск каждого из компонентов двойной системы RW Aur и провести раздельную многоцветную фотометрию в пяти светофильтрах UBVRI. Анализ полученных результатов и сравнение их с данными космического телескопа «Хаббл» показали, что каждая из звезд системы RW Aur время от времени затмевается уплотнениями в околозвездном газопылевом протопланетном диске. Эти уплотненные облака состоят из пылевых частиц, средний размер которых много больше, чем в межзвездной среде, поэтому поглощение света звезды в этих облаках не зависит от длины волны: несмотря на сильные изменения блеска звезд, их цвет не меняется. Обе исследованные звезды в системе RW Aur в тысячи раз моложе Солнца, поэтому наши данные не только объясняют причину переменности блеска звезд в системе RW Aur, но и служат наблюдательным подтверждением современных представлений, согласно которым планеты вокруг молодых звезд возникают в результате последовательного слипания пылинок в околозвездном протопланетном диске. По результатам этих исследований группой сотрудников ГАИШ опубликована статья в международном экспресс-издании [4].



«Квинтет Стефана»: компактная группа из четырех физически связанных галактик справа. Пятая галактика (слева) лишь проецируется на группу. Изображение получено на 2.5-метровом телескопе осенью 2014 г.



Изображения компонент A и B двойной системы RW Aur, полученные с помощью различных фильтров: от ультрафиолетового до инфракрасного. В начале координат каждого изображения — компонента RW Aur A. По осям отложены секунды дуги,  $\alpha$  и  $\delta$  — экваториальные координаты звезд. Угловое расстояние между компонентами составляет 1.45". Изображение получено на 2.5-метровом телескопе осенью 2014 г.



В башне 2.5-метрового телескопа. Слева направо: Р.Б.Темрезов, В.А.Садовничий и А.М.Черепашук осматривают телескоп.

## Общий успех

Мы рассказали о замечательном событии в научной жизни Московского университета — вводе в строй Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ с 2.5-метровым телескопом. Оно открывает новый этап в развитии астрономических исследований и подготовке специалистов-астрономов. Очень важен тот факт, что КГО расположена на российской территории, в удобном по доступности месте, с неплохими астроклиматическими характеристиками. Обсерватория стала плодом общих усилий, и в заключение следует упомянуть хотя бы тех, без кого проект бы не состоялся.

Прежде всего хочется поблагодарить Правительство РФ за внимательное отношение к нуждам МГУ им.М.В.Ломоносова.

При создании КГО самоотверженно трудились многие сотрудники ГАИШ. Особо нужно отметить заместителей директора ГАИШ А.А.Павлова, А.А.Белинского и С.А.Ламзина, начальника КГО П.В.Кортунова, ведущего инженера по строительству КГО

А.Д.Чернина, научных сотрудников Н.И.Шатского (научного руководителя КГО), В.Г.Корнилова (зав. лабораторией новых фотометрических методов) и С.А.Потанина. Всем им авторы статьи выражают глубокую признательность. К сожалению, зам. директора ГАИШ Е.К.Шеффер, также отдавший много сил на строительство КГО, не дожидаясь торжественного момента официального ее открытия. Светлая память о нем всегда будет жить в наших сердцах. Не дожидаясь ввода в строй КГО и начальник Управления капитального строительства МГУ Н.А.Новиков, который много сделал для развития университета и для успешного завершения работ по созданию КГО. Мы всегда будем хранить благодарную память о нем. Мы благодарны проректору МГУ по капитальному строительству М.Е.Гребневой за четкую организацию завершающих строительных работ, а также генеральному директору фирмы «Агростройкомплект» С.Г.Десюну, обеспечившему качественную постройку комплекса.

Пожелаем новому университетскому детищу ярких результатов! ■

## Литература

1. *Еремеева А.И.* Государственному астрономическому институту имени П.К.Штернберга — 175 лет // Природа. 2006. №10. С.3—10.
2. *Kornilov V.G., Saifonov B.S., Kornilov M.V. et al.* Study on atmospheric optical turbulence above mount Shatdzhalmaz in 2007—2013 // PASP. 2014. №126. P.482.
3. *Липунов В.М.* Гамма-всплески, русская деревня и первый робот-телескоп в России // Природа. 2006. №10. С.26—32.
4. *Antipin S.V., Belinsky A.A., Cherepaschuk A.M. et al.* Resolved photometry of the binary components of RW Aur // IBVS. 2015. №6126. P.1—4.

# ACSN — глобальный атлас сигнальных путей

М.С.Кондратова, А.Ю.Зиновьев, И.Н.Куперштейн

Всего какие-то два-три десятка лет назад, не говоря уже о временах более отдаленных, молекулярная биология испытывала острый дефицит экспериментальных данных. Очистка, кристаллизация белков и получение информации об их пространственной структуре были сложным многолетним таинством, похожим на алхимическое превращение. Секвенирование биополимеров (определение последовательности нуклеотидов в генах или аминокислот в белках) — таинством многомесячным. Изучение взаимодействий макромолекул требовало «штучных» экспериментов, протоколы для которых оттачивались по долгу. Теоретическая биология занималась разработкой предсказательных алгоритмов для всего и вся, и предсказания эти при всей своей неточности были очень востребованы, поскольку хоть как-то прикрывали и латали зияющие прорехи нашего незнания.

Ситуация изменилась быстро и драматично. Появились экспериментальные методы, позволяющие анализировать экспрессию десятков тысяч генов одновременно, следить за поведением тысяч белков, отслеживать мутации во всем геноме. Результаты, полученные в ходе таких высокопроизводительных экспериментов, расширили наши представления о молекулярных основах живого и одновременно



**Мария Сергеевна Кондратова**, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории вычислительной системной биологии рака Института Кюри (Institut Curie, Париж, Франция). Специалист в области структурной и системной биологии. Занимается изучением иммунного ответа при раке. Победитель конкурса научно-популярных статей «Био/мол/текст» 2014 г.\*



**Андрей Юрьевич Зиновьев**, кандидат технических наук, хабилитированный доктор биологии, научный руководитель той же лаборатории, инициатор и руководитель проекта ACSN. Область научных интересов — математическое моделирование клеточных процессов, визуализация и анализ данных в молекулярной биологии, разработка научного программного обеспечения.



**Инна Николаевна Куперштейн**, PhD по нейробиологии, ведущий научный сотрудник той же лаборатории, координатор проекта ACSN. Занимается моделированием синтетических взаимодействий между генами при раке для предсказания лекарственного ответа и развития новых стратегий медикаментозного лечения рака.

\* Автору присуждены вторые премии в двух номинациях (подробнее о конкурсе и его результатах см. на сайте «Биомолекула» — [biomolecula.ru/content/1437](http://biomolecula.ru/content/1437)). Здесь мы публикуем переработанный вариант статьи, победившей в номинации «Биоинформатика и молекулярная эволюция». К публикации в одном из следующих номеров готовится вторая статья автора «Одураченные макрофаги, или несколько слов о том, как злокачественные опухоли обманывают иммунитет», отмеченная в номинации «Лучший обзор». — *Примеч. ред.*



послужили источником принципиально нового системного кризиса — молекулярная биология перестала страдать от дефицита данных и начала задыхаться, придавленная их избытком. (Порой, просматривая многостраничные перечни статей, выдаваемые PubMed в ответ на небольшой запрос, нет-нет, да и подумаешь: не исключено, что мы уже обладаем всей необходимой для понимания жизни информацией, просто она из рук вон плохо организована...)

Ответом на этот вызов стало рождение системной биологии — междисциплинарной науки, которая объединяет самую разную молекулярно-биологическую информацию в единую (и по мере сил внутренне непротиворечивую) систему. Эта задача эффективного «монтажа» разных типов данных, разных уровней научного познания не решена до сих пор, но в этой статье мы покажем по крайней мере несколько возможных направлений ее решения.

## От таблиц к графическим рисункам

Один из очевидных и эффективных способов интеграции информации — ее визуализация, т.е. использование образов, хотя бы двухмерных и неподвижных, а в идеале, конечно, трехмерных и динамических. Удачная «картинка» стоит многостраничного описания. И биологи (в отличие от ученых других специальностей) всегда отдавали должное этой особенности человеческого восприятия. Биология всегда была «визуальной» наукой, вплоть до того, что до недавнего времени умение рисовать было одним из важнейших профессиональных навыков ботаников и зоологов. И по сей день качественная инфографика считается «фирменным знаком» лучших биологических публикаций. К примеру, в фундаментальной статье Д.Ханахана и Р.Вайнберга [1] об отличительных признаках рака (к их обсуждению мы вернемся чуть позже) много тонких мыслей и глубоких обобщений, но в память врезаются не они, а знаменитый рисунок с пиктограммами, отражающими разные аспекты злокачественной трансформации клеток (рис.1).

Нет ничего удивительного в том, что именно «визуальный» подход лег в основу системной биологии. Важнейшим способом интеграции молекулярно-биологических данных стали

графические схемы — карты молекулярных взаимодействий, т.е. событий, объединенных причинно-следственными связями и определяющих разные аспекты жизнедеятельности клетки (скорость деления, способность синтезировать те или иные вещества и т.д.). Начало такому способу представления молекулярных данных положили биохимики еще в 60-х годах прошлого века. Они стали изображать в виде графических схем этапы превращений низкомолекулярных веществ, как относительно простых (например, известный любому выпускнику биофака цикл Кребса), так и гораздо более сложных (синтез аминокислот или витаминов). Формальный язык, или графическая нотация\* системной биологии (англ. Systems Biology Graphical Notation, SBGN), изначально был создан для визуализации именно биохимической информации, а уже потом стал использоваться молекулярными биологами [2].

\* В данном случае слово «нотация» (от лат. notatio — записывание, замечание) не связано с назиданием или моралью; в системной биологии под этим термином скрывается набор символов, которые используются для графического представления элементов биологических систем и взаимодействий между ними. Для разработки стандартов SBGN в 2005 г. Х.Китано (H.Kitano), директор токийского Института системной биологии (The Systems Biology Institute), собрал международную группу специалистов (биохимиков, молекулярных биологов и биоинформатиков). С их разработками можно ознакомиться на портале SBGN ([www.sbgng.org](http://www.sbgng.org)). — Примеч. ред.



Рис.1. Отличительные особенности раковых клеток [1].

## Молекулярный детектив

Задача системного биолога, который реконструирует в виде схемы цепочку молекулярных взаимодействий, ответственных, например, за деление клетки, в чем-то похожа на задачу археолога, воссоздающего из осколков древнюю вазу. Сначала необходимо из груды керамического мусора отобрать осколки, относящиеся именно к этой вазе (выбрать из множества публикаций именно те, которые описывают интересующие взаимодействия). Потом нужно расположить их в правильном порядке относительно друг друга, а имеющиеся пустоты (осколков всегда меньше, чем нужно для идеальной реконструкции) заполнить правдоподобными предположениями и гипотезами. Вазу имеет смысл реконструировать от дна к краям; воссоздание молекулярных взаимодействий также предполагает определенную логику и последовательность, соответствующую естественному порядку развития клеточного ответа, который, как правило, проходит в несколько стадий.

Сигнальная молекула (гормон, цитокин, токсин) связывается с рецептором на поверхности мембраны, который активирует белки-посредни-

ки (киназы) внутри клетки. Запускается каскад биохимических реакций, похожий на спортивную эстафету: первая киназа модифицирует (фосфорилирует) вторую киназу, вторая — третью, а та — четвертую. В конце концов, сигнал достигает клеточного ядра. В игру вступают транскрипционные факторы — белки, способные «разбудить» (или, напротив, «усыпить») те или иные гены. Каждый такой фактор управляет, как правило, целой группой генов, так что в ответ на единичный сигнал синтезируется множество новых белков, которые заметно меняют правила клеточной игры. Этот процесс преобразования внешнего (по отношению к клетке) сигнала в собственную внутриклеточную активность, приводящий к тем или иным последствиям (например, к росту, делению или гибели клетки), называется сигнальным путем. Разные сигнальные пути обеспечивают согласованную активность клеток в многоклеточном организме, позволяя ему функционировать как единое целое, определяют специализацию разных органов и тканей, регулируют рост и развитие организма. Переплетаясь и пересекаясь друг с другом, сигнальные пути образуют сети (рис.2).

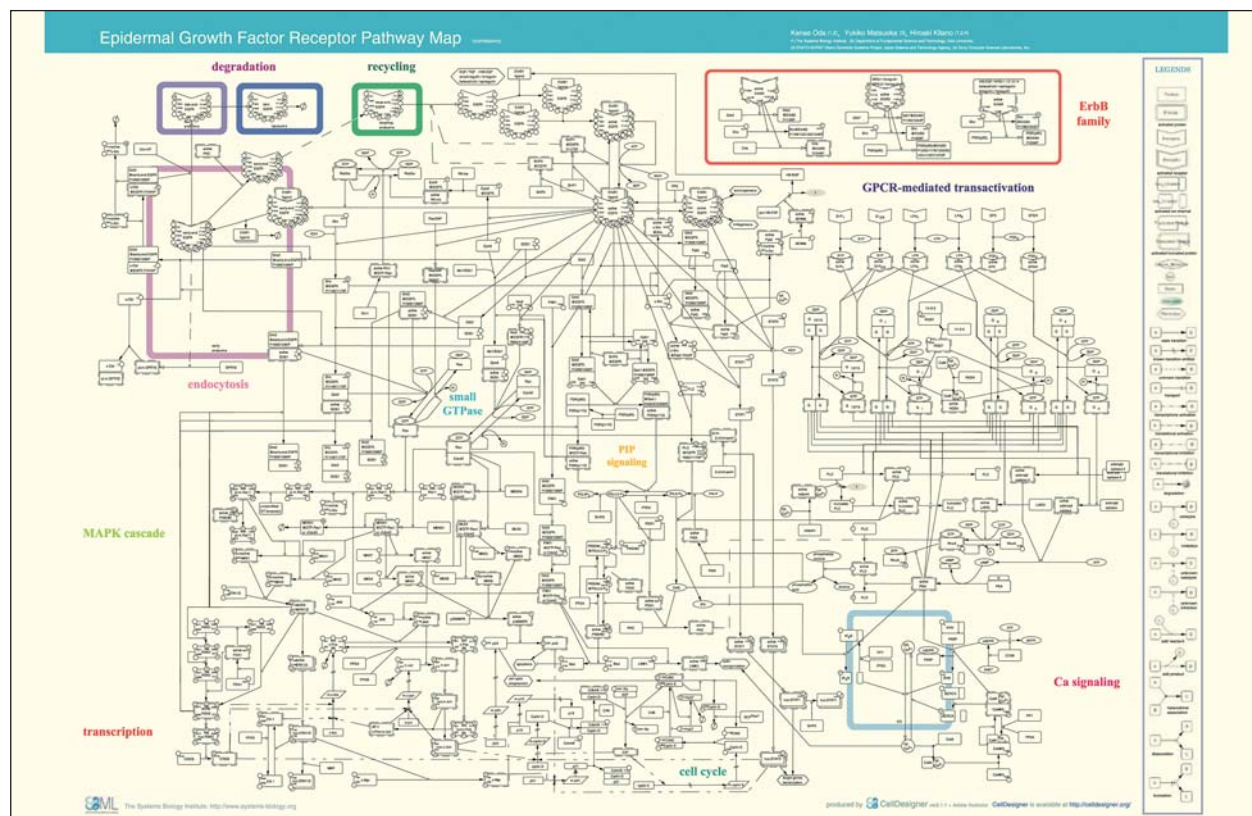


Рис.2. Карта сигнальных путей рецептора эпидермального фактора роста (англ. Epidermal Growth Factor, EGF) [3]. EGF, связываясь с рецепторами, фосфорилирует белки, что активирует транскрипционные факторы, регулирующие синтез мРНК и транскрипцию генов, стимулирующих рост клеток. Неисправность сигнальной системы рецептора EGF (EGFR) приводит к развитию рака — нарушением функциональной активности EGF и EGFR обусловлено более 70% всех злокачественных новообразований.

Каждый кусочек такой «молекулярной эстафеты» описан, как правило, в отдельной статье, и задача исследователя — собрать их все и правильно расположить на карте. На первый взгляд это может показаться довольно простым делом, но если иметь в виду, что одновременно в клетке происходит несколько сотен таких эстафет и во многих из них участвуют одни и те же игроки... Пожалуй, археологическая реконструкция — это все-таки не самое удачное сравнение; процедура «распутывания» сети молекулярно-биологических взаимодействий больше похожа на детективное расследование.

### Движок Google Maps для биологических карт

В настоящее время существует множество как коммерческих, так и открытых (общедоступных) коллекций молекулярных карт самых разных клеточных процессов\*. Но сказать, что проблема интеграции молекулярно-биологической информации полностью решена, было бы преждевременно. Все та же проблема «общего» и «частного» присутствует и здесь, хотя и на несколько ином уровне: маленькая карта — неполна, большая — необозрима...

Однако с подобными проблемами — сочетанием разнородных аспектов информации в нашем стремительно усложняющемся мире — сталкиваются не только ученые-теоретики, но и инженеры-практики, которые предлагают свои, может быть, не идеальные, но более чем работоспособные решения. Одна из таких технологий — программа Google Maps. Наверное, каждому пользователю Интернета известен этот продукт с его возможностью переходить от максимально общего (планетарного) плана к географическим частностям (дому, улице) буквально парой кликов, что позволяет «жонглировать» степенями приближения и эффективно комбинировать самые разные аспекты географической информации.

Это свойство технологии («семантический зум»), субъективно ощущаемое как удобство, отражает ее максимальное соответствие «естественному» человеческому взаимодействию с окружающим миром, основанному преимущественно на визуальной информации. Оглядеться, увидеть картину целиком, сфокусировать взгляд на заинтересовавшем предмете, приблизиться, взять в руки, рассмотреть получше, вернуть на место, перевести взгляд на следующий предмет... Нельзя ли применить подобный подход и для молекулярно-биологических карт? Так на свет появился глобальный атлас сигнальных путей\*\* (Atlas of Cancer

Signalling Networks global map, ACSN), вовлеченных в злокачественное перерождение, в котором навигация осуществляется с помощью системы NaviCell — адаптации движка Google Maps к молекулярно-биологическим картам [4–6].

«Континентами мировой карты» ACSN стали зоны, соответствующие десяти ключевым признакам рака, выделенные Вайнбергом и Ханаханом (см. рис.1) [1]. Это — устойчивость к запрограммированной клеточной смерти, поддержание высокого уровня пролиферативного сигнала, избегание супрессии (угнетения) клеточного роста, активация проникновения в окружающие ткани и метастазирование, неограниченное деление («клеточное бессмертие»), стимуляция роста сосудов (ангиогенез), нестабильность генома, нарушение процессов энергетического обмена, местная воспалительная реакция, избегание иммунного надзора.

Приближаясь, мы можем разглядеть на этих континентах отдельные «страны», соответствующие самым важным сигнальным путям, увидеть названия ключевых молекул, и, наконец, на максимальном увеличении можно увидеть взаимодействия между молекулами и молекулярными комплексами во всех деталях и ознакомиться с их краткими аннотациями (рис.3).

На сегодняшний день уже описаны следующие «континенты»: Apoptosis (апоптоз — запрограммированная гибель клеток), Survival (выживание), Cell cycle (деление клеток, клеточный цикл), DNA Repair (репарация ДНК), EMT and Cell Motility (эпителиально-мезенхимальная трансформация и мобильность клеток). Другие аспекты канцерогенеза (иммунный ответ, ангиогенез, воспаление) еще только ждут своего графического наполнения, присутствуя в атласе манящими надписями, какими на средневековых картах обозначали неизвестные земли — *terra incognita*. В ближайшем будущем будет подготовлена новая, расширенная версия глобальной карты ACSN.

Атлас позволяет увидеть картину сигнальных путей, вовлеченных в злокачественную трансформацию, «с высоты птичьего полета» и детально анализировать отдельные взаимодействия, будучи в этом смысле абсолютно аналогичным «настоящему» географическому атласу, содержащему карты различной степени детализации. Географическая карта (особенно выполненная со старомодной тщательностью картографов былых веков) способна доставить большое эстетическое удовольствие, но основная их ценность отнюдь не декоративна. Карты в географии — это прежде всего инструмент, позволяющий эффективно решать две основные группы задач: прокладывать маршруты и визуализировать геоинформационные данные (рис.4).

Аналогичное использование карт молекулярных взаимодействий в сочетании с методами моделирования и анализа может быть полезно и биологам. Приведем несколько примеров такого практического использования.

\* Коллекция таких карт собрана, например, на странице базы данных NaviCell ([navicell.curie.fr](http://navicell.curie.fr)).

\*\* Атлас доступен на сайте Института Кюри ([acsn.curie.fr](http://acsn.curie.fr)).

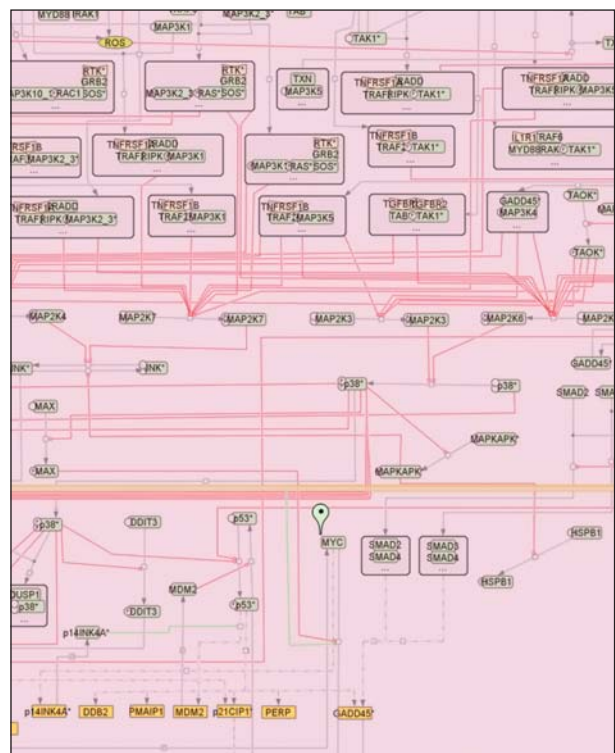
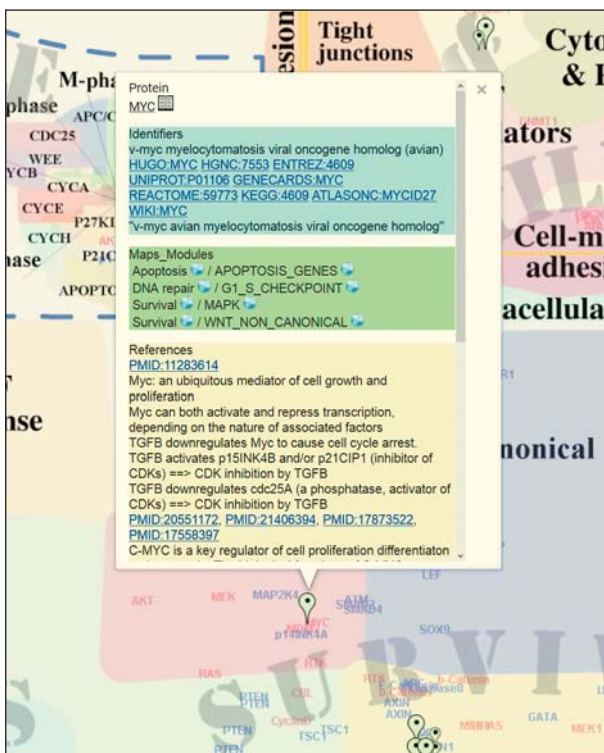
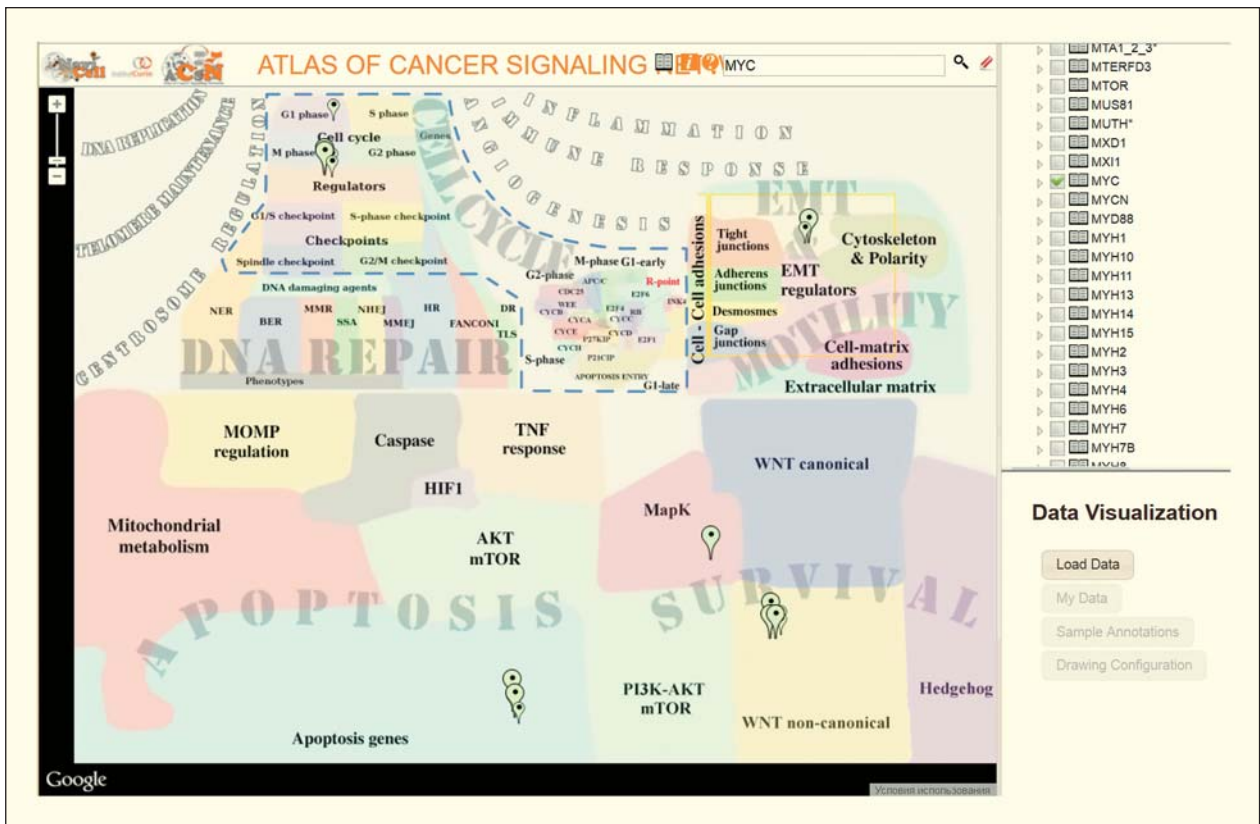


Рис.3. Иерархическая визуализация молекулярно-биологических данных в ACSN на примере MYC — транскрипционного фактора и регулятора хроматина, контролирующего экспрессию до 15% всех генов в клетке. MYC — один из наиболее часто мутлирующих онкогенов, его экспрессия влияет на пролиферацию, клеточный рост, апоптоз, дифференциацию и другие важнейшие клеточные процессы.

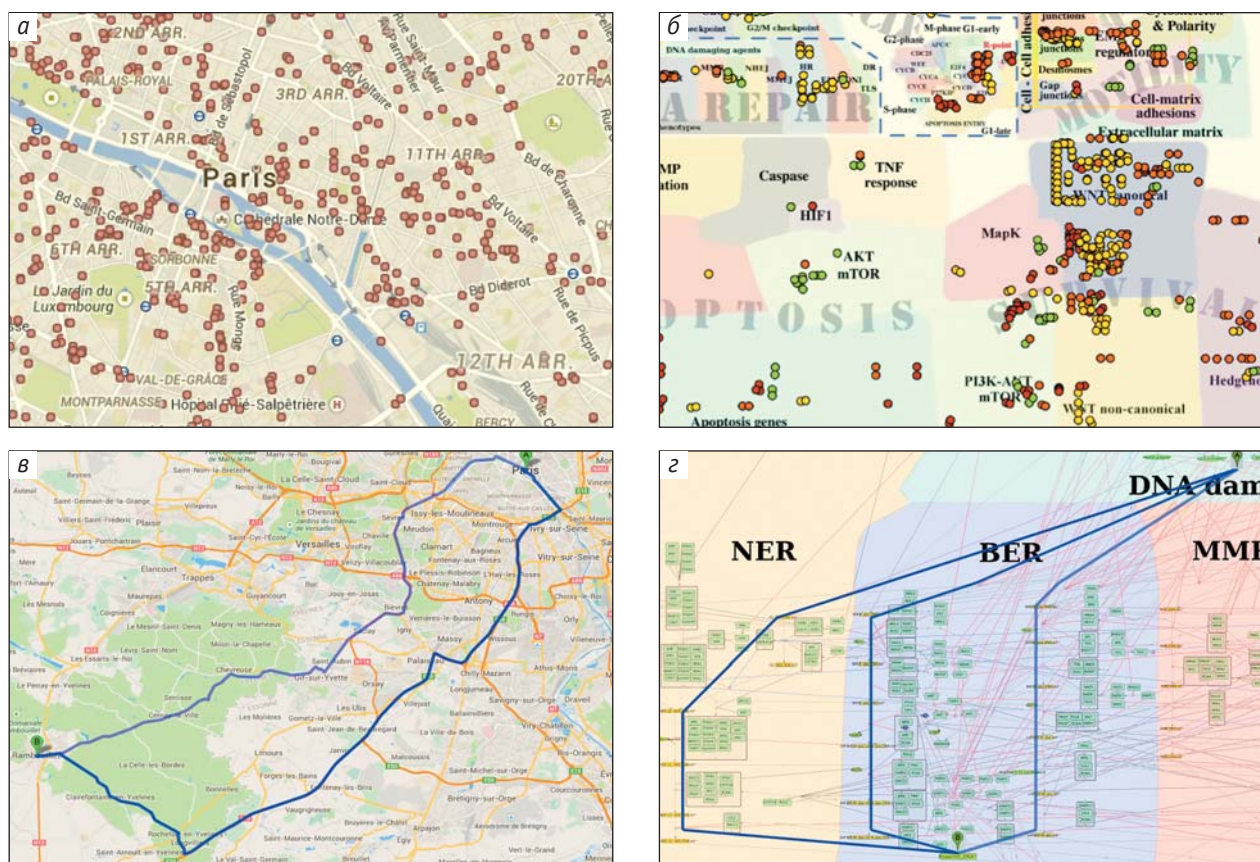


Рис.4. Географические и молекулярно-биологические карты: общие принципы представления информации. *a* — расположение ресторанов в разных районах Парижа; *b* — расположение онкогенов в различных функциональных зонах ACSN (видны кластеры онкогенов, связанные с WNT-путем и регуляцией клеточного цикла); *в* — возможные маршруты из Парижа в Рамбуйе; *г* — альтернативные сигнальные пути, которые отвечают за репарацию (восстановление) ДНК, поврежденную активными формами кислорода.

## Перекресток семи дорог

Лабораторные мыши — популярный модельный объект для исследования многих видов злокачественных новообразований. Однако рак толстого кишечника (колоректальный) у мышиной модели недостаточно хорошо соответствует болезни человека. Одно из принципиальных различий заключается в том, что колоректальный рак у мышей практически не дает метастазов, в то время как у человека, наоборот, на поздних стадиях болезни они активно распространяются по организму. Соответственно, в лабораториях, занимающихся исследованием данной болезни и разработкой лекарственных препаратов для ее лечения, существует запрос на создание генетически модифицированного животного, у которого колоректальная опухоль должна развиваться подобно человеческой.

В метастазировании многих злокачественных новообразований критический момент наступает на стадии эпителиально-мезенхимального перехода (Epithelial-Mesenchymal Transition, EMT).

На ACSN мы реконструировали карту сигнальных путей, управляющих этим процессом. Затем была поставлена задача найти на этих путях ключевые точки (макромолекулы), воздействие на которые потенциально усилило бы EMT в мышиной модели до такой степени, чтобы это привело к метастазированию колоректальных опухолей. (Географический аналог подобных молекул-маршрутизаторов — горный перевал или мост через широкую реку, к которому так или иначе сходятся все дороги большого региона.)

Для этого карту пришлось последовательно упростить до схемы, учитывающей лишь важнейших игроков — подобно тому, как, планируя маршрут путешествия в Google Maps, водитель большого грузовика пренебрегает тропинками и проселочными дорогами и сосредоточивает внимание на основных трассах (рис.5). И в конце концов на нашем маршруте были выделены две молекулы, через которые проходили многие пути EMT. Ими оказались транскрипционные факторы Notch и p53, причем первый из них усиливает EMT на уровне

регуляции генной активности, а второй — ослабляет, но уже на уровне регуляции синтеза ключевых белков. Таким образом, транскрипционный фактор p53 может существенно снизить эффективность Notch, подобно тому как низкая пропускная способность итогового сборочного цеха на заводе снижает производительность сколь угодно быстрого производства исходных деталей.

В соответствии с этим анализом была предложена модель, в которой двойная мутация (активирующая для гена *Notch* и ингибирующая для гена *p53*) должна была привести к резкой активации EMT. И действительно: у мышей с таким гено-

типом колоректальные опухоли стали метастазировать. Поскольку одиночные мутации по каждому из генов к подобному эффекту не приводили, можно считать, что выявлен синергический эффект, предсказанный моделью.

Приведенный пример показал, что анализ сигнальных путей с помощью карт может быть полезен в разработке новых экспериментальных моделей болезней и в поиске молекулярных «мишеней» для будущих лекарств [7, 8]. Другой, может быть, даже более важный способ использования подобных карт — «геоинформационное» представление об экспрессии генов.

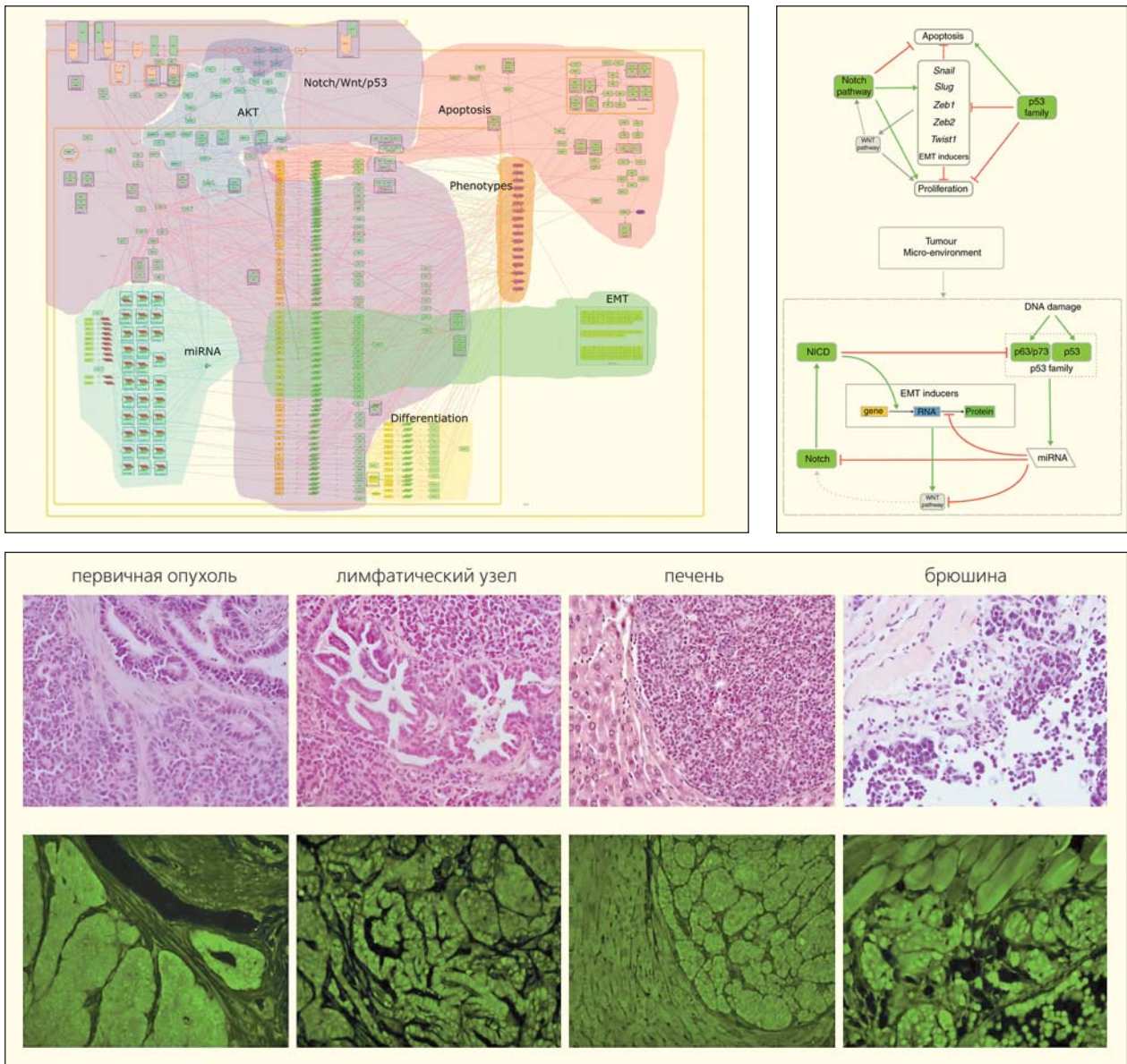


Рис.5. Использование карт ACSN для построения модели регуляции EMT и метастазирования при раке толстого кишечника [7]. Вверху — исходная карта регуляции EMT при раке (слева) и упрощенная модель (схема), отражающая взаимодействия ключевых молекул, регулирующих EMT. Внизу — экспериментальное подтверждение модели: на микрофотографиях видно метастазирование исходной опухоли в различные органы у мышей, мутантных по двум генам (*Notch* и *p53*).

## Как расшифровать «коктейльную вечеринку»

Современные технологии секвенирования позволяют не только прочитать последовательность генома, но и измерить количество различных матричных РНК (мРНК), «плавающих» в клетке. В отличие от генома, который практически идентичен во всех клетках, состав мРНК существенно меняется в течение жизни даже в клетках одного органа или типа тканей, не говоря уж о разных. Число мРНК, «считанных» с определенного гена, служит мерой его активности (не только разные по типу клетки «включают» одни наборы генов и «выключают» другие, но и одинаковые, находящиеся в разных условиях). Результат анализа количественного состава всех мРНК в биологическом образце называется профилем экспрессии генов. Обычно он представляет собой большую таблицу, где строки соответствуют различным генам, а столбцы — измеренным образцам. В каждой ячейке этой таблицы находится число, характеризующее абсолютный или относительный уровень активации гена.

Такие таблицы экспрессии генов используют, в частности, для того чтобы охарактеризовать образцы раковых опухолей, как например, это сделано в гигантском по своему масштабу проекте «Атлас генома рака»\*. Делается это с целью разобраться в молекулярных механизмах возникновения рака и перспективах его лечения [9].

Однако, как анализ генома не сводится к прочтению его последовательности, так и большие таблицы экспрессии требуют «расшифровки», т.е. выделения общих факторов (внутриклеточных биологических, технических, факторов внешней среды), влияющих на экспрессию групп генов. В настоящее время разработано огромное количество статистических методов для этой цели. Отражая смысл одного из них — метода независимых компонент, исследователи используют метафору «коктейльной вечеринки». Это сравнение очень хорошо передает атмосферу, царящую в живой клетке, где одновременно происходит большое количество разнообразных событий (процессов).

Во время вечеринки обычно несколько компаний разговаривает между собой, играет музыкальный центр, в одном углу плачет ребенок, которому давно пора спать, в другом — хихикает влюбленная парочка, за окном раздается звук сирены полицейской машины, вызванной соседями... Представьте себе, что при этом в комнате расстав-

лены микрофоны, записывающие звук. Громкость каждого из таких сигналов-процессов, записанного на отдельный микрофон, будет обратно пропорциональна расстоянию до источника звука. Задача «расшифровки» коктейльной вечеринки состоит в определении количества независимых сигналов и выделении каждого источника сигнала из записанной смеси в чистом виде: разговоры разных компаний, звук сирены, мелодия. Эта задача на удивление хорошо решается, если предположить, что разделяемые сигналы статистически независимы (отделить голоса в хоре гораздо труднее). На практике для этого используется максимизация меры негауссовости сигнала (негэнтропии), т.е. мы считаем, что «интересный» сигнал имеет сильную негауссовскую компоненту (за математическими подробностями можно обратиться к оригинальной статье, посвященной данному методу [10]).

Если при этом в нашем распоряжении кроме записей звуков имеется еще и план комнаты с нанесенным на нее расположением микрофонов, то в этом случае возможно не только выделить источники сигнала, но и расположить их на плане, одновременно показав их силу в каждый момент времени, «реконструировать» вечеринку и визуализировать нашу реконструкцию на плане. Аналогичный подход можно использовать и для анализа профилей экспрессии генов.

## Картирование независимых компонент с помощью ACSN

Ген работает в живой клетке подобно микрофону: экспрессия гена также «записывает/отражает» влияние смеси различных факторов с различной интенсивностью сигнала. Каждый образец биологической ткани (например, раковой опухоли), как фрагмент вечеринки в отдельный момент времени, можно охарактеризовать определенным спектром интенсивности сигналов, глобально влияющих на экспрессию генов. Выделить эти сигналы из невнятного экспрессионного «шума» — важная биоинформатическая задача.

Недавно с помощью метода независимых компонент сотрудники нашей лаборатории обработали набор данных, содержащий экспрессионные профили 6671 образцов раковых опухолей для девяти типов рака [11]. Таким образом, чисто математически были выделены и охарактеризованы группы генов, управляемые какими-то общими сигналами-процессами, — метабены (в нашей коктейльной аналогии им примерно соответствовали бы спектры частот автомобильной сирены, отделенные от спектра детского плача).

Но после того как анализ был произведен, возникли вопросы: каков биологический смысл результатов, какие аспекты биологической реальности отражает подобная кластеризация генов

\* Атлас генома рака (The Cancer Genome Atlas) создан учеными Национального института рака (National Cancer Institute) и Национального научно-исследовательского института генома человека (National Human Genome Research Institute) Министерства здравоохранения и социальных служб США (cancergenome.nih.gov). — *Примеч. ред.*

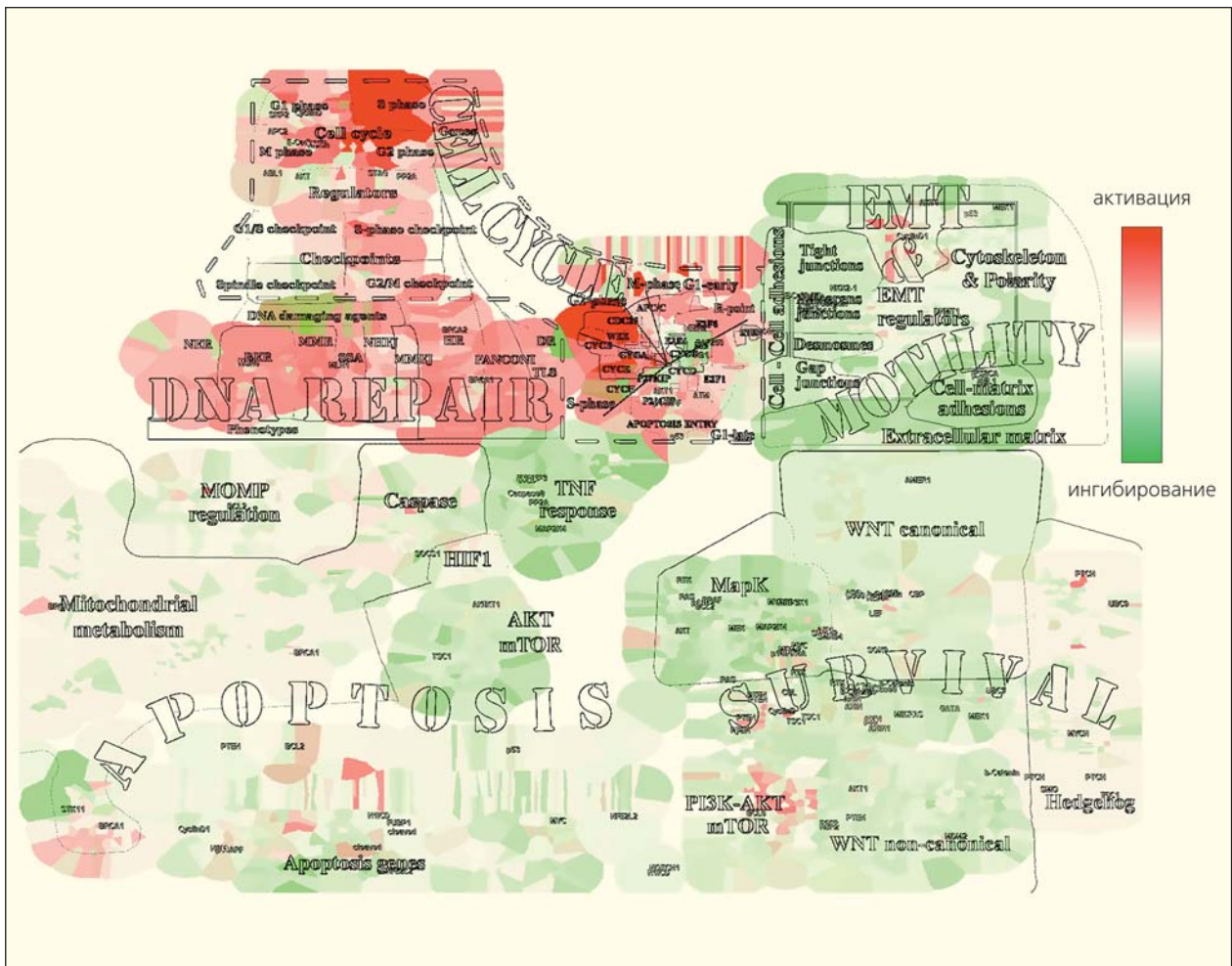


Рис.6. Визуализация одного из факторов с использованием глобальной карты ACSN. Раскраска «контурной» карты ACSN по вкладу генов в одну из независимых компонент, рассчитанных по таблицам экспрессии генов. Подсвечивается район карты, связанный с клеточным циклом и репарацией ДНК.

в группы? И поскольку каждый фактор (процесс) в проведенном анализе был глобально охарактеризован профилем интенсивности его влияния на экспрессию каждого гена в геноме, это сделало возможным применение геоинформационного метода для определения смысла сигнала и его визуализации (рис.6).

Глобальная карта молекулярных функций оказывается «подсвечена» согласно интенсивности влияния сигнала, полученного каждым из генов. Простой визуальный анализ раскраски карты дает представление о привязке сигнала к определенным молекулярным процессам и их взаимосвязям. В данном случае очевидно, что метаген фактора соответствует процессам деления и репарации ДНК. Таким образом, карта ACSN делает возможным применение геоинформационного подхода к анализу-расшифровке биологического смысла полногеномных молекулярных профилей, получаемых при изучении раковых опухолей.

### Самозатмение науки? Нет, более эффективное обобщение

Мы вплотную подходим к тому драматическому моменту, когда главным препятствием на пути развития науки становится она сама. Мы много знаем, но знание это так плохо систематизировано и так мало обозримо «в целом», что уже порой становится не опорой для дальнейшего продвижения науки, а помехой.

Так, буквально на наших глазах исполняется пророчество Станислава Лема о «самозатмении» в науке: «Ученые все чаще приходили к убеждению, что исследуемое явление кем-то где-то наверняка подробно исследовано, неизвестно только, где об этом можно узнать. Число научных дисциплин росло в геометрической прогрессии, и главным дефектом компьютеров — а теперь уже конструировались мегатонные ЭВМ — стал хронический информационный запор. Было подочи-



тано, что через каких-нибудь пятьдесят лет в университетах останутся лишь компьютеры-сыщики, которые будут рыться в микропроцессорах и мислисторах всей планеты, чтобы узнать, где, в каком закоулке какой машинной памяти хранятся абсолютно необходимые нам сведения».

Единственный выход из этого тупика — эффективное обобщение научной информации. И с этой точки зрения философия и технология Google Maps (или, если хотите, NaviCell) с заключенными в ней возможностями и для бесконечной детализации, и для безграничного обобщения как нельзя лучше соответствуют естественной иерархической картине биологического знания. На сегодняшний день ACSN позволяет детализировать молекулярную жизнь злокачественной клетки (и ее ближайшего окружения) до уровня сигнальных путей. Но ничто не мешает нам в перспективе, добавляя сверху новые и новые «уровни», перейти от клетки к ткани, от органа к организму, от организма к виду, популяции, экосисте-

ме... Вероятно, сейчас подобное выглядит чересчур фантастичным, но в перспективе такая иерархическая интеграция — это, видимо, единственная возможность преодолеть проклятие «сверхспециализации», тяготеющее над современной биологической наукой.

ACSN создавался прежде всего как удобный и наглядный инструмент в помощь ученым, которые занимаются анализом данных, связанных со злокачественным перерождением клеток. Однако такой подход гораздо шире собственных потребностей биологии рака и дает нам повод задуматься о новых формах представления биологического знания как такового. Совместное использование карт сигнальных путей и метода независимых компонент в анализе экспрессионных профилей раковых опухолей может не только служить для представления уже известного знания, но и стать основой для новых открытий и более глубокого понимания молекулярных принципов организации живого. ■

## Литература

1. Hanahan D., Weinberg R.A. Hallmarks of cancer: the next generation // *Cell*. 2011. V.144. №5. P.646—674. doi:10.1016/j.cell.2011.02.013
2. Le Novère N., Hucka M., Mi H. et al. The Systems Biology Graphical Notation // *Nat. Biotechnol.* 2009. V.27. №8. P.735—741. doi:10.1038/nbt.1558
3. Oda K., Matsuoka Y., Funabasbi A., Kitano H. A comprehensive pathway map of epidermal growth factor receptor signaling // *Mol. Syst. Biol.* 2005. V.1. Article number 2005.0010. doi:10.1038/msb4100014
4. Kuperstein I., Cohen D.P., Pook S. et al. NaviCell: a web-based environment for navigation, curation and maintenance of large molecular interaction maps // *BMC Syst. Biol.* 2013. V.7. Article number 100. doi:10.1186/1752-0509-7-100
5. Barillot E., Calzone L., Vert J.-P., Zinovyev A. *Computational Systems Biology of Cancer*. Chapman & Hall, CRC Mathematical & Computational Biology, 2012.
6. Kuperstein I., Cohen D., Nguyen H.-A. et al. Atlas of Cancer Signalling Network: a systems biology resource for integrative analysis of cancer data with Google Maps. [on reviewing]
7. Chanrion M., Kuperstein I., Barrière C. et al. Concomitant Notch activation and p53 deletion trigger epithelial-to-mesenchymal transition and metastasis in mouse gut // *Nat. Commun.* 2014. V.5. Article number 5005. doi:10.1038/ncomms6005
8. Kuperstein I., Grieco L., Cohen D. et al. The shortest path is not the one you know: application of biological network resources in precision oncology research // *Mutagenesis*. 2015. [in press].
9. Savage N. Bioinformatics: Big data versus the big C // *Nature*. 2014. V.509. №7502. P.S66—S67. doi:10.1038/509S66a
10. Zinovyev A., Kairov U., Karpenyuk T., Ramanculov E. Blind Source Separation Methods For Deconvolution Of Complex Signals In Cancer Biology // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2013. V.430. №3. P.1182—1187.
11. Biton A., Bernard-Pierrot I., Lou Y. et al. Independent component analysis uncovers the landscape of the bladder tumor transcriptome and reveals insights into luminal and basal subtypes // *Cell Reports*. 2014. V.9. №4. P.1235—1245. doi:10.1016/j.bbrc.2012.12.043

# Радиационные повреждения в криомикроскопии: всегда ли во вред?

Е.В.Печникова, М.П.Кирпичников, О.С.Соколова

В попытках обойти дифракционный предел, связывающий максимально возможное разрешение микроскопа с длиной волны излучения, специалисты по оптической микроскопии дошли до столь изощренных методов, что недавно удостоились Нобелевской премии. Более естественный путь повышения разрешения выбрала микроскопия электронная: максимально снизить саму длину волны (использовать электроны с короткой длиной волны, т.е. с высокой энергией). При формировании изображений с помощью электронов дифракционный предел может быть смещен в субангстремную область. Разумеется, длина волны — не единственный фактор, определяющий достигаемое разрешение: на него влияют абберации линз микроскопа, некогерентность пучка частиц, механическая нестабильность колонны микроскопа и окружающего его пространства, например, вибрации, сильные электромагнитные поля, скачки температуры. Все это приводит к уменьшению способности микроскопа передавать информацию о мелких деталях структуры объекта. Но у электронной микроскопии есть и более существенный недостаток: при облучении вещества высокоэнергичными электронами может произойти его радиаци-



**Евгения Викторовна Печникова**, младший научный сотрудник лаборатории электронной микроскопии Института кристаллографии им.А.В.Шубникова РАН. Занимается трехмерной реконструкцией белков, молекулярным моделированием, изучает структуру вирусов растений.



**Михаил Петрович Кирпичников**, академик, доктор биологических наук, декан биологического факультета МГУ им.М.В.Ломоносова, заведующий кафедрой биоинженерии этого факультета. Область научных интересов — геновая инженерия и биоинженерия.



**Ольга Сергеевна Соколова**, доктор биологических наук, доцент той же кафедры. Специалист в области структурной биологии и электронной криомикроскопии.

онное повреждение. Особенно критично оно для биологических образцов, когда сохранность объекта изучения становится решающим фактором. В результате повреждения информация о тонких деталях объекта исследования оказывается утерянной.

© Печникова Е.В., Кирпичников М.П., Соколова О.С., 2015

## Потери и борьба с ними

Характер взаимодействия электронов с веществом зависит от их энергии и состава образца. Одни электроны проходят через образец без каких-либо взаимодействий, другие отклоняются электростатическим полем атомного ядра, экранированным электронами атомов, а некоторые могут сталкиваться с ядрами, рассеиваясь под большим углом или даже отражаясь назад. Какие-то из взаимодействующих частиц меняют свои траектории без потери энергии, а какие-то — передают часть своей энергии образцу (рис.1).

При *упругих* взаимодействиях кинетическая энергия падающего пучка электронов остается неизменной. Лишь незначительная часть подобных столкновений может повреждать образец, выбивая (knock-on) атомы со своих мест. Большинство лучевых повреждений вызывается *неупругими* соударениями, когда падающий пучок передает часть своей энергии образцу. Вероятность и тех и других взаимодействий (несущих информацию упругих и повреждающих неупругих) обратно пропорциональна величине ускоряющего напряжения катода [2]. Поэтому, если мы увеличиваем его, стремясь к все более высокому разрешению, нам придется (чтобы сохранить информативность) делать большим и время выдержки. А это означает, что и число радиационных дефектов вырастет... Есть ли выход из такой, казалось бы, безнадежной ситуации?

Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим причины и следствия электронно-лучевого повреждения.

Переданная электронами энергия может ионизировать атомы в образце, вызывать рентгеновское излучение, инициировать перегруппировку химических связей. В итоге изменяется структура

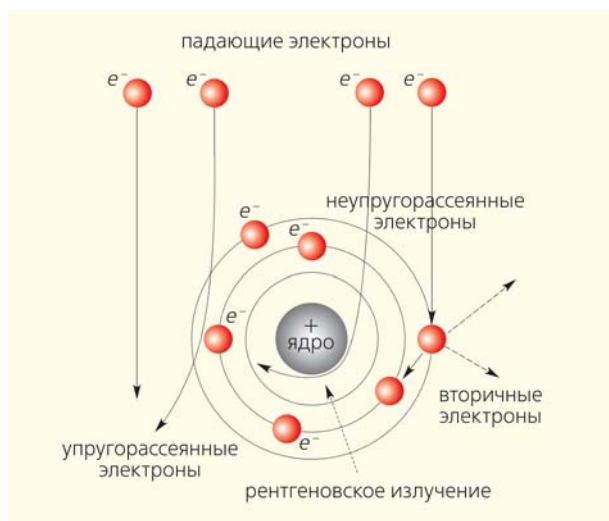


Рис.1. Траектории электронов, взаимодействующих с веществом образца [1].

образца, и, следовательно, получаемые данные не будут адекватно отображать его исходное строение. Используемые в микроскопии энергии электронов в сотни килоэлектронвольт значительно превышают энергии ковалентных связей (порядка нескольких электронвольт). Наибольшие повреждения наносятся образцу, когда падающие электроны теряют от  $\approx 5$  до  $\approx 100$  эВ своей энергии (в среднем  $\approx 20$  эВ) [3]. Эти потери идут по большей части на возбуждение валентных электронов (которые и образуют ковалентные связи), на разрыв связей, на эмиссию вторичных электронов, а в биологических объектах — на появление свободных радикалов. Этот процесс называется *первичным повреждением*. Свободные радикалы, в свою очередь, запускают каскад реакций, именуемый *вторичным повреждением*.

Для минимизации повреждений и искажения результатов в электронной микроскопии есть несколько подходов.

Во-первых, уменьшают экспозицию и время облучения образца. Типичные значения электронной экспозиции, выбираемые для биологических объектов, составляют от 1 до 20  $e/\text{Å}^2$ . Хотя некоторые биологические образцы и могут выдерживать воздействие в 100—500  $e/\text{Å}^2$  (в зависимости от химического состава и температуры), детали, требующие высокого разрешения, претерпевают изменения уже при экспозициях от 10  $e/\text{Å}^2$  и менее. Таким образом, радиационное повреждение определяет условия эксперимента и ограничивает разрешение регистрируемых биологических структур. Во-вторых, для снижения повреждений во время выбора зоны, выравнивания и фокусировки пучка электронов применяются специальные системы «низкой дозы», чтобы блокировать луч до последнего шага — получения изображения. Однако малые выдержки, как уже пояснялось, приводят к потере разрешения, шумным изображениям и, как следствие, к недостатку высокодетализированных данных. Это, в свою очередь, усложняет последующий процесс обработки изображений для определения трехмерной структуры объекта. Для таких коротких выдержек становится критически важной способность детектора воспринимать каждый попавший на него электрон.

## Заморозить, чтобы защитить

В целях сохранения структуры образца в 80-х годах XX в. была впервые применена криомикроскопия, позволяющая изучать биообъекты путем помещения их в моментально замороженный слой воды — «аморфный лед» (рис.2). Для этого используют специальные сетки, которые покрыты слоем углерода с маленькими отверстиями. На такую сетку наносят суспензию с образцом, а избыток жидкости удаляют фильтровальной бумагой. В итоге тонкий слой жидкости (до 500 мкм), содержащий

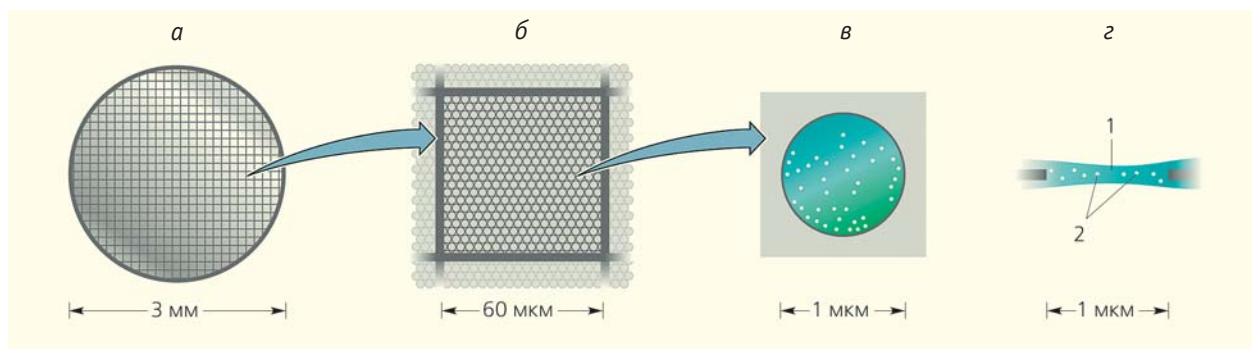


Рис.2. Схематическое изображение подготовки образца для изучения в криомикроскопе. Медная сетка, на которую нанесен слой углерода с отверстиями (а). Ячейка сетки с большим увеличением (б). Слой углерода, содержащий отверстие, заполненное аморфным льдом (в). Поперечный срез отверстия в углеродном слое (г): 1 — слой аморфного льда, 2 — окружающие частицы в окружении аморфного льда [4].

объект исследования, сохраняется только в отверстиях углеродной пленки (рис.2,г,д). Затем сетку опускают в жидкий этан или пропан для быстрой заморозки. Скорость заморозки должна быть высокой, чтобы молекулы воды в суспензии не успели перегруппироваться и образовать кристаллический лед. Кристаллы льда, поглощая электроны, мешают идентифицировать образец, а кроме того, разрушают в ходе своего роста мембраны клеток и макромолекулы.

Разрыв химических связей происходит при любых температурах, следовательно, охлаждение не влияет на первичное повреждение образца. Однако холод замедляет движение молекул, т.е. тормозит вторичное повреждение [5]. Низкие температуры позволяют улучшить разрешение в диапазоне от 20 до 60 Å, однако для более высокого разрешения это правило не действует. Как показывает практика, использовать в эксперименте температуры ниже температуры жидкого азота не имеет смысла, так как в этом случае меняется качество льда и быстро падает контраст [6].

К сожалению, в приготовленных указанным способом препаратах неизбежно *третьичное повреждение* белков — из-за образования газовых пузырей (рис.3). Последние порождаются появляющимся в замороженном образце газообразным водородом [7]. Сначала под действием пучка электронов происходит радиолит воды:  $\text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{H}\cdot + \text{OH}\cdot$ . В толще льда эти радикалы объединяются обратно в  $\text{H}_2\text{O}$ , однако вблизи белковых молекул они вступают в реакцию с атомами водорода из этих органических соедине-

ний:  $\text{OH}\cdot + \text{R-H} \Rightarrow \text{RO}\cdot + \text{H}_2$ . Пузыри образуются предпочтительнее близ поверхности молекулы, соприкасающейся со льдом, нежели внутри белка [8]. Газ выделяется в таких количествах, что давление внутри пузыря может достигать тысячи атмосфер [7]!

С развитием детекторов электронов и разработкой устройств с возможностью прямой регистрации частиц (Direct detectors) появился новый способ минимизировать электронно-лучевые повреждения образца. Устройства с прямой регистрацией электронов позволяют получить за секундную выдержку от 16 до 400 кадров. Благодаря специальной процедуре обработки можно выровнять и сложить изображения одной и той же белковой частицы со всех полученных кадров (рис.4). Таким образом компенсируется движение частиц во льду, происходящее за время длительной выдержки. С помощью данной методики получения изображений можно корректировать не только вызываемый пучком электронов сдвиг частиц, но и эффекты лучевого повреждения. Для этого из всего набора полученных за время выдержки изображений берут для дальнейших расчетов лишь несколько первых, суммарное время экспозиции которых мало. Комбинация этих двух подходов позволила в последние два-три года существенно улучшить разрешение получаемых трехмерных реконструкций — до 3–4 Å [10].

Опыт показывает: наиболее чувствительны к лучевому повреждению остатки цистеина, аспартата и глутамата (рис.5). Некоторые из дисульфидных

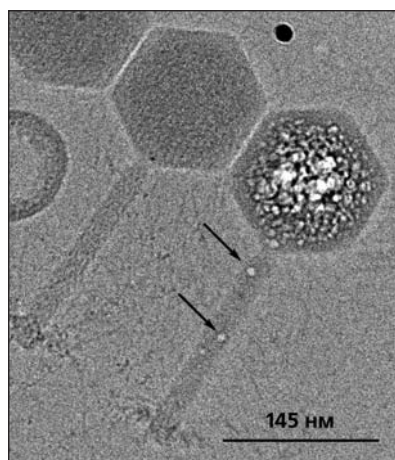


Рис.3. Электронно-лучевое повреждение образца в криомикроскопии. Бактериофаги EL, замороженные в аморфном льде: без повреждений (левый) и идентичный бактериофаг после облучения высокой дозой электронов (правый). Заметны пузыри газообразного водорода (стрелки).

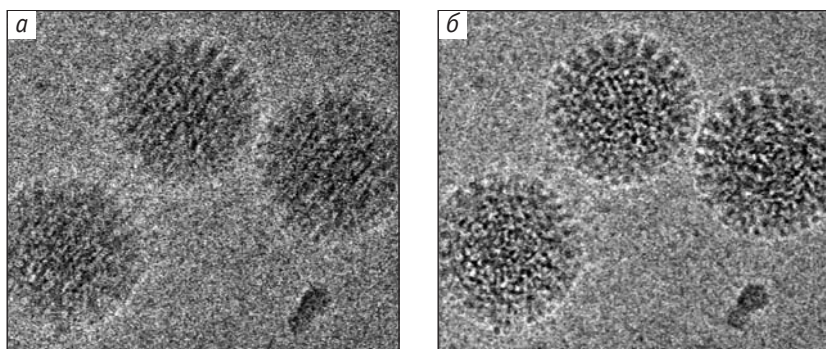


Рис.4. Кривоизображения вирусов с высокой четкостью, полученные благодаря коррекции смещения частиц. Суммарное изображение 60 последовательных кадров с ротавирусом DLPs без коррекции (а) и после коррекции сдвига и поворота (б). Диаметр вирусной частицы — 80 нм. [9].

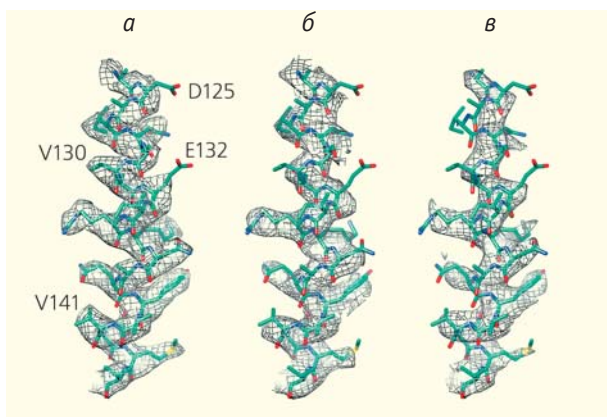


Рис.5. Влияние лучевого повреждения на разрешение трехмерной реконструкции белковой молекулы. Реконструкция 124—144 аминокислот альфа-спирали F420-гидрогеназы, рассчитанная с применением изображений, полученных с низкой дозой электронов  $\approx 10 \text{ e}/\text{Å}^2$  (а, разрешение 3.36 Å), увеличенной дозой  $\approx 24 \text{ e}/\text{Å}^2$  (б, разрешение 3.94 Å), высокой дозой  $\approx 49 \text{ e}/\text{Å}^2$  (в, разрешение 4.16 Å). Боковые цепи аминокислот Asp125 и Glu132 подверглись повреждению уже при первом облучении [10].

связей в белке повреждаются уже при электронной дозе в  $5 \text{ e}/\text{Å}^2$  и при ускоряющем напряжении в 1 МэВ. Каталитические центры ферментов также подвержены повреждениям, так как находятся в конформациях с измененной геометрией белка, которая дестабилизирует структуру аминокислот.

### Неожиданная польза

Интересно отметить, что в противовес вышеописанному негативному влиянию на электронно-микроскопические изображения лучевые повреждения в некоторых случаях могут предоставить ценную структурную информацию. Это касается комплексов, образованных белковыми молекула-

ми с нуклеиновыми кислотами. Было замечено, что при облучении таких гетерогенных комплексов повышенной дозой электронов ( $\approx 40\text{--}50 \text{ e}/\text{Å}^2$ ) газовые пузыри образуются быстрее и при более низкой дозе, чем при облучении белок-белковых комплексов. Это может быть связано с тем, что нуклеиновые кислоты, находясь в тесном контакте с белком, нарушают диффузию продуктов радиолиза от места образования, приводя к их быстрому локальному накоплению [11]. В результате газовые пузыри образуют специфический очертания белково-нуклеинового комплекса.

Если теми же самыми дозами электронов облучать свободные нуклеиновые кислоты, пузырей не наблюдается. В ситуациях, когда белок неразличим на фоне окружающей его нуклеиновой кислоты, картина лучевого повреждения, хорошо видимая на криоизображениях, позволяет судить о наличии и размерах расположенных внутри белковых частиц. Некоторые авторы предложили для подобного явления термин «bubblegram», или «круговые паттерны горения».

Подобные паттерны наблюдались при изучении строения капсидов бактериофагов, содержащих ДНК. Так, был подробно изучен процесс зарождения газовых пузырьков при облучении частиц бактериофага T7 высокими дозами электронов [11], и оказалось, что выделение газа начинается только после накопления критической концентрации продуктов радиолиза. Мощность дозы электронов влияет на возникновение пузырьков, и ее необходимо оценивать заранее для минимизации повреждения. Другой параметр, который необходимо учитывать, — температура. Диффузия продуктов радиолиза от места их образования идет тем медленнее, чем температура ниже. Поэтому при гелиевых температурах накопление продуктов радиолиза может привести к более раннему электронно-лучевому повреждению, чем при температуре жидкого азота. Повреждения такого рода наблюдались при томографических экспериментах.

В заключение приведем еще один любопытный пример информационной пользы картины повреждений. Гигантские phiKZ-подобные бактериофаги содержат внутри капсида белковое «внутреннее тело», вокруг которого плотно упакована ДНК вируса. Оно имеет вытянутую, предположительно цилиндрическую, форму, однако детально определить структуру внутреннего тела до недавнего времени не представлялось возможным. Помог случай: делая пару снимков одной и той же частицы phiKZ с низкой дозой электронов ( $\approx 10\text{--}20 \text{ e}/\text{Å}^2$ ) и с дозой в несколько раз большей, ученые замети-

ли, что на первом изображении (рис.6,а) частицы не повреждены и внутреннее тело незаметно на фоне окружающей его ДНК. А на втором изображении внутри того же капсида видны образующиеся пузырьки, формирующие характерную продолговатую фигуру паттерна горения (рис.6,б). Линейные размеры области, в которой происходит выделение пузырьков, позволяют реконструировать приблизительные размеры и расположение внутреннего белкового тела. По паттерну горения, образующемуся после облучения высокой дозой электронов, определяют углы ориентации внутреннего тела в неповрежденном капсиде. Эти углы используют в дальнейшем для расчета трехмерной реконструкции внутреннего тела [13].

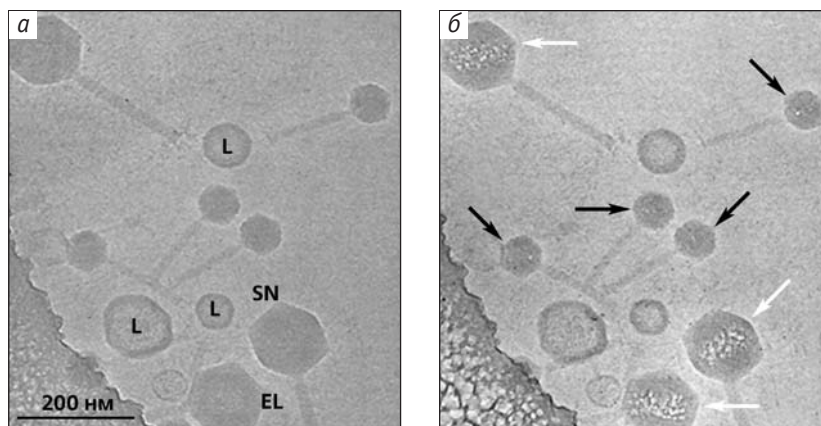


Рис.6. Визуализация внутреннего тела в капсиде бактериофага EL с помощью облучения высокой дозой электронов. Изображение смеси фагов EL (большие частицы) и фагов SN (малые частицы), снятое в режиме низкой дозы электронов ( $\approx 10\text{--}20 \text{ e}/\text{\AA}^2$ , а). То же поле зрения после дополнительной экспозиции (доза  $\approx 40\text{--}60 \text{ e}/\text{\AA}^2$ , б). Белые стрелки указывают на повреждение в области внутреннего тела в фагах EL. Фаги SN, не имеющие внутреннего тела, повреждаются в вершинах капсида (черные стрелки). L — липосомы [12].

Итак, электронно-лучевое повреждение, с одной стороны, накладывает ограничения на разрешение, получаемое при исследовании биологических образцов. С другой стороны, совершенствование приборной базы позволяет криоэлектронной микроскопии получать изображения, содер-

жащие информацию о все более и более мелких деталях структуры. Благодаря появлению новых подходов к обработке изображений стало возможным зло обратить во благо — использовать лучевое повреждение для локализации объекта и уточнения его трехмерной структуры. ■

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект №14-24-00031).

## Литература

1. Orlova E.V., Saibil H.R. Methods for three-dimensional reconstruction of heterogeneous assemblies // *Methods in enzymology*. 2010. V.482. P.321—341.
2. Henderson R. 1995. The potential and limitations of neutrons, electrons and X-rays for atomic resolution microscopy of unstained biological molecules // *Q. Rev. Biophys.* 1995. V.28. P.171—193.
3. Langmore J.P., Smith M.F. 1992. Quantitative energy-filtered electron microscopy of biological molecules in ice // *Ultramicroscopy*. 1992. V.46. P.349—373.
4. Wang L., Sigworth F.J. Cryo-EM and single particles // *Physiology (Bethesda)*. 2006. V.21. P.13—18.
5. Henderson R., Baldwin J.M., Ceska T.A. et al. Model for the structure of bacteriorhodopsin based on high-resolution electron cryo-microscopy // *J. Mol. Biol.* 1990. V.213. P.899—929.
6. Wright E.R., Iancu C.V., Tivol W.F., Jensen G.J. Observations on the behavior of vitreous ice at approximately 82 and approximately 12 K // *J. Struct. Biol.* 2006. V.153. P.241—252.
7. Leapman R.D., Sun S. Cryo-electron energy loss spectroscopy: observations on vitrified hydrated specimens and radiation damage // *Ultramicroscopy*. 1995. V.59. P.71—79.
8. Hankamer B., Glaeser R., Stahlberg H. 2007. Electron crystallography of membrane proteins // *J. Struct. Biol.* 2007. V.160. P.263—264.
9. Brilot A.F., Chen J.Z., Cheng A. et al. Beam-induced motion of vitrified specimen on holey carbon film // *J. Struct. Biol.* 2012. V.177. P.630—637.
10. Allegritti M., Mills D.J., McMullan G. et al. Atomic model of the F420-reducing [NiFe] hydrogenase by electron cryo-microscopy using a direct electron detector // *eLife*. 2014. V.3:e01963.
11. Cheng N., Wu W., Watts N.R., Steven A.C. Exploiting radiation damage to map proteins in nucleoprotein complexes: the internal structure of bacteriophage T7 // *J. Struct. Biol.* 2014. V.185. P.250—256.
12. Sokolova O.S., Shaburova O.V., Pechnikova E.V. et al. 2014. Genome packaging in EL and Lin68, two giant phiKZ-like bacteriophages of *P. aeruginosa* // *Virology*. 2014. V.468—470. P.472—478.
13. Wu W., Thomas J.A., Cheng N. et al. Bubblegrams reveal the inner body of bacteriophage phiKZ // *Science*. 2012. V.335. P.182.

# Эмбрионы и артериальная гипертензия

С.Я.Амстиславский, Д.С.Рагаева, Е.Ю.Брусенцев, Т.Н.Иголина

**В**спомогательные репродуктивные технологии (ВРТ) объединяют различные методы преодоления бесплодия, при которых отдельные или все этапы зачатия и раннего развития эмбрионов проходят вне организма матери. Общее число детей, родившихся благодаря бурному развитию этой области медицины за более чем 35 лет со времени первого успешного применения ВРТ, превысило 5 млн. К сожалению, внедрение в практику новых технологий не всегда сопровождается основательными лабораторными исследованиями.

Первоначальный вариант экстракорпорального оплодотворения был направлен главным образом на преодоление женского бесплодия [1]. Вне организма оплодотворяли яйцеклетку (смешением суспензий яйцеклеток и сперматозоидов), а затем вводили полученный эмбрион для дальнейшего развития обратно в репродуктивный пути матери.

Современный же комплекс ВРТ включает в себя также внутриматочную инсеминацию (искусственное введение семени в женские половые пути); инъекцию сперматозоидов, в том числе — отобранных по морфологическим признакам, в цитоплазму яйцеклетки; созревание ооцитов *in vitro*; криоконсерва-



**Сергей Яковлевич Амстиславский** (второй справа), доктор биологических наук, заведующий сектором криоконсервации и репродуктивных технологий Института цитологии и генетики СО РАН. Область научных интересов — сохранение генетических ресурсов животных, механизмы регуляции артериального давления у гипертензивных крыс, влияние репродуктивных технологий на проявление генетически обусловленных свойств потомков.

**Диана Сергеевна Рагаева** (вторая слева), аспирант того же сектора. Изучает механизмы формирования артериальной гипертензии и отдаленные эффекты длительного культивирования эмбрионов млекопитающих *in vitro*.

**Евгений Юрьевич Брусенцев**, аспирант того же сектора. Область научных исследований — адаптация репродуктивных технологий к различным видам млекопитающих, изучение репродуктивных барьеров и способов их преодоления.

**Татьяна Николаевна Иголина**, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник того же сектора. Специализируется на исследовании преимплантационных эмбрионов крыс, предрасположенных к развитию артериальной гипертензии, а также на изучении потомков, родившихся в результате применения вспомогательных репродуктивных технологий.

цию\* гамет и преимплантационных (до их внедрения в матку, т.е. до имплантации) эмбрионов; трансплантацию последних и др. Особое место в этом списке занимает культивирование преимплантационных зародышей [2].

Благодаря совершенствованию культуральных сред\*\*, в клиниках экстракорпорального оплодотворения все чаще производят трансплантацию зародышей на более поздних стадиях развития.

### Культивирование эмбрионов

После того как оплодотворение завершилось и образовалась зигота, зародыши млекопитающих (в том числе и человеческие) начинают дробиться. Первые три цикла деления зиготы человека проходят в яйцеводах на второй и третий день после оплодотворения — в результате зародыш становится восьмиклеточным. Именно на этой стадии эмбрионы человека традиционно и до сих пор пересаживают во многих клиниках. На четвертый день развития происходят важные изменения: завершается еще один цикл деления клеток, они теряют сферическую форму и плотно примыкают друг к другу. Это стадия морулы, по ее достижении зародыш человека, как и большинства других млекопитающих, перемещается в матку. В матке на пятый день развития, пройдя еще один цикл деления, морула превращается в бластоцисту (которая на седьмые сутки беременности внедряется в стенку матки). Сейчас все больше клиник выбирают для трансплантации именно бластоцисты.

Интересно, что человеческий зародыш по темпам развития очень напоминает мышинный и крысиный (рис.1). У этих лабораторных грызунов, как и у человека, преимплантационный период проходит весьма динамично. У мышей и крыс миграция зародышей в матку происходит на третьи сутки, а уже на пятый день беременности, пройдя стадию морулы, бластоциста внедряется в стенку мат-

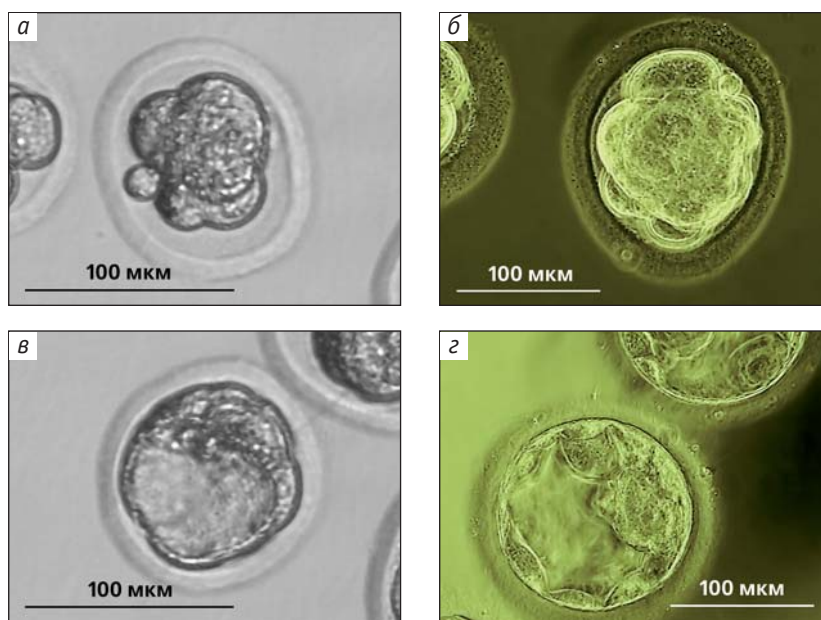


Рис.1. Преимплантационные эмбрионы. Клетки морулы (а — крысы линии ОХУ5, б — человека) компактизируются, они отошли от прозрачной оболочки, которая защищает дробящийся эмбрион, выполняет барьерные функции и обеспечивает обмен веществ с окружающей средой. Бластоцисты (в — крысы линии ОХУ5, г — человека) содержат бластоцель (заполненную жидкостью полость), внутреннюю клеточную массу (мелкие круглые клетки, из которых разовьются ткани и органы будущего плода) и трофобласт (уплотненные бластомеры, выстилающие изнутри прозрачную оболочку). Все больше клиник выбирают именно бластоцисты для трансплантации эмбрионов человека.

Фото авторов (а, в) и Д.В.Никифорова (б, г)

ки. У многих других млекопитающих эти процессы занимают больше времени. Например, у кошки зародыш выходит в матку на стадии морулы (рис.2) лишь на шестой день, а имплантируется на 11-й день беременности. А у горностая эмбрион оказывается в матке на 11-й день после оплодотворения и продолжает свободно там перемещаться еще долгих девять месяцев до имплантации.

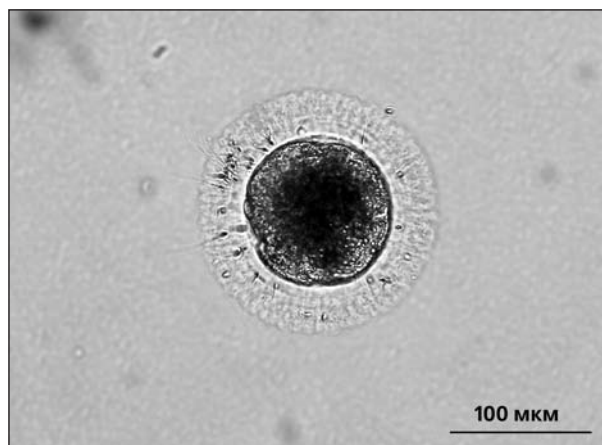


Рис.2. Морула кошки.

Фото Т.О.Абрамовой

\* Подробнее см.: Амтиславский С.Я., Абрамова Т.О., Брусенцев Е.Ю., Кизилова Е.А. Криоконсервация и сохранение биоразнообразия // Природа. 2014. №9. С.24–33.

\*\* Культуральная среда — питательный материал в твердой или жидкой форме, который используют для выращивания клеток микроорганизмов, растений или животных *in vitro*.



Как показано в опытах на животных, длительное культивирование эмбрионов *in vitro* иногда приводит к стойким изменениям фенотипа потомков, рожденных после трансплантации зародышей. В ранних экспериментах А.Макларен и ее коллег мышата, развившиеся из преимплантационных эмбрионов, культивированных со стадии восьми клеток до бластоцисты и затем пересаженных в организм приемной матери (реципиента), весили меньше, чем детеныши, рожденные естественным путем [3]. В этих исследованиях эмбрионы выращивали в синтетической питательной среде, далекой от оптимальной для развития мышинных зародышей, ведь в то время слишком мало было известно об их потребностях во время преимплантационного развития. Многих нужных веществ такая среда не содержала, поэтому рост эмбриона проходил хуже, чем в естественных условиях. Впоследствии удалось добиться того, что потомки, рожденные в результате трансплантации мышинных эмбрионов, которые достаточно длительно культивировались, имели нормальную массу [4].

Другой феномен, получивший широкую известность, — появление крупных новорожденных. Биотехнологи, занимавшиеся трансплантацией выращенных в искусственных условиях эмбрионов овец и крупного рогатого скота, заметили, что рожденные после таких процедур детеныши имели значительно большую массу по сравнению с телятами и ягнятами, появившимися на свет естественным путем [5]. Тогда использовалась полусинтетическая питательная среда с добавлением фетальной сыворотки крупного рогатого скота. Она содержит множество активных веществ, включая различные факторы роста, дозы которых не поддаются измерению. Именно поэтому развившиеся из таких эмбрионов животные имели в некоторых случаях увеличенную массу тела при рождении.

При различии между мышами и овцами в фенотипическом проявлении последствий длительного культивирования, общим для них было то, что менялась экспрессия некоторых ключевых для эмбрионального развития генов. Это связывают с нарушением процессов метилирования ДНК и в результате — с нарушением избирательного инактивирования, «выключения» генов [5, 6]. Так, при культивировании эмбрионов овец в средах, содержащих фетальную сыворотку, уровень метилирования генов, кодирующих рецепторы к инсулиноподобному фактору роста II типа, был сильно снижен, а этим легко объяснить рождение крупных детенышей [6]. В исследованиях на мышах подтвердили, что при культивировании зародышей в искусственных условиях нарушается процесс избирательной инактивации отцовских аллелей некоторых генов. В одних питательных средах эти нарушения были ярко выражены, тогда как в других — фактически отсутствовали [7].

Эффекты культивирования эмбрионов *in vitro* традиционно воспринимаются как негативные,

однако с появлением новых сред, учитывающих потребности зародышей, а главное, после обнаружения положительного воздействия на них факторов роста (подробнее об этом — в последнем разделе) ситуация изменилась. Преимплантационный эмбрион теперь можно подвергнуть влиянию различных веществ, например дозированным воздействиям некоторых ростовых факторов. Вероятно, они могли бы смягчить проявление определенных генетически обусловленных заболеваний. Чтобы понять это, следует вспомнить об эпигенетике. Информация, закодированная в генах, может быть реализована по-разному в зависимости от того, как проходит ранний онтогенез. Следовательно, культивируемый преимплантационный зародыш, будучи наиболее ранним этапом развития млекопитающих, предоставляет уникальные возможности для терапевтического воздействия. Оно может иметь сильные и длительные последствия при формировании фенотипа, когда из этого эмбриона разовьется взрослая особь. Так можно искать способ смягчить или отсрочить проявления генетически обусловленных заболеваний, например артериальной гипертензии (гипертонии).

## Артериальная гипертензия

Гипертонией в развитых странах страдает 20—30% взрослого населения. Чем старше возрастная группа, тем выше распространенность заболевания; в некоторых странах у пожилых людей она достигает 50—60% [8]. Больными гипертонической болезнью считаются люди с длительным и стойким повышением артериального давления, у которых во время систолы оно превышает 140 мм рт. ст., а во время диастолы — 90 мм рт. ст. Уже в 2000 г. в мире было около миллиарда гипертоников, а к 2025 г., по прогнозам, их число превысит 1.5 млрд.

Стресс — важнейший фактор, провоцирующий эссенциальную (первичную) гипертензию у человека. В современном обществе люди часто подвергаются различным видам стресса: эмоциональному, социокультурному и профессиональному. Есть основания полагать, что это приводит к периодам повышения артериального давления, а как следствие — к возникновению гипертонии [9]. Одним из основоположников психосоматического\* направления в медицине — Францем Александером — была выделена группа классических психосоматических заболеваний, куда вошла и артериальная гипертензия. Эта патология часто развивается во время жизненных ситуаций, сопровождающихся

\* Психосоматика (от греч. ψυχή — душа и σῶμα — тело) — раздел медицинской психологии, занимающийся изучением роли психических факторов в развитии функциональных и органических расстройств.

тревогой, страхом, беспокойством, растерянностью, скрытым гневом и подавлением агрессии. У гипертоников часто возникает ощущение хронической нехватки времени, для многих из них характерен непрерывный контроль над внешними проявлениями своих чувств.

Ведущая роль в гипертензивных реакциях на стресс признается за симпатической нервной системой, а также ренин-ангиотензиновой. Базовый механизм, с помощью которого организм поднимает артериальное давление, — вазоконстрикция (сужение просвета сосудов), происходящая при усилении тонуса симпатической нервной системы. Вазоконстрикцию обеспечивают альфа<sub>1</sub>-адренорецепторы, расположенные на артериолах. К повышению давления имеют отношение как собственно нейроны симпатической нервной системы, выделяющие норадреналин, так и мозговое вещество надпочечников, которое продуцирует еще и адреналин. Оба этих компонента формируют так называемую симпатoadrenalовую систему, которая активируется в ситуации острого стресса, требующего (по крайней мере в дикой природе) немедленных физических действий. В таких условиях подъем артериального давления способствует адекватному физическому ответу — борьбе с конкурентами и хищниками, а если противник намного сильнее, то и стремительному отступлению. У склонных к гипертензии людей развивается мощный эмоциональный ответ на ситуацию, воспринимаемую ими как негативную или потенциально опасную, однако физической разрядки, как правило, не происходит. Повторяющиеся ситуации с сужением сосудов без «сброса энергии» со временем могут привести к гипертонии (недаром ее называют «болезнью неотреагированных эмоций»).

Ренин-ангиотензиновая система играет ключевую роль в регуляции артериального давления. Ренин — это протеолитический фермент, образующийся в почках. Его продукция зависит от давления в приносящих артериолах, а также от других факторов, в том числе симпатического тонуса. Под действием ренина ангиотензиноген плазмы крови превращается в ангиотензин I, а тот благодаря ангиотензинпревращающему ферменту — в активное сосудосуживающее вещество ангиотензин II, вызывающее повышение давления. Подавляющее большинство препаратов против гипертензии — это ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента, хотя в последнее время появились и антагонисты рецепторов ангиотензина II. Подтверждение того, что стресс может приводить к возбуждению ренин-ангиотензиновой системы, было получено в опытах над крысами. Их оставляли в клетке, выпуская снаружи голодного кота, который пугал грызунов своим присутствием в течение получаса. После этого у испытуемых крыс повышалось содержание ренина в крови [10]. Интересно, что на человека кошки

действуют иначе. У хозяев кошки в ее присутствии в ответ на провоцирующие ситуации существенно меньше поднимается артериальное давление, а затем — быстрее нормализуется [11].

Помимо нейроэндокринных механизмов в подъеме давления и формировании гипертонии участвует и иммунная система. Так, при использовании иммуносупрессантов или у животных с подавленным иммунитетом это заболевание в полной мере не развивается. Считается, что провоцирующие его факторы, такие как стресс, активируют нейронные сети головного мозга, участвующие в повышении тонуса симпатической нервной системы. Это приводит как к усилению вазоконстрикции, так и к активации иммунной системы. Выделяемые Т-лимфоцитами провоспалительные цитокины, в свою очередь, усиливают симпатический сосудистый тонус.

Важнейший маркер хронического стресса — повышенная секреция гормонов коркового слоя надпочечников, глюкокортикоидов. Они обладают разнообразным влиянием на организм, в том числе увеличивают чувствительность адренергических рецепторов кровеносных сосудов к действию норадреналина и адреналина, что может способствовать развитию гипертензии. У человека основной глюкокортикоид — кортизол. Изменение его уровня в условиях психологического стресса выше у тех, кто предрасположен к гипертензии. Кроме того, повышенный уровень кортизола обнаружили у предрасположенных к гипертонии детей, причем еще до того, как она у них возникла. В 30% случаев эссенциальной гипертензии имеет место повышенный уровень кортизола в крови.

Американские кардиологи М.Фридман и Р.Розенман описали связь между склонностью человека к гипертензии и его поведением. Люди типа А, или коронарные личности, чаще подвергаются сердечно-сосудистым заболеваниям (таким как инфаркт миокарда, стенокардия, атеросклероз), чем лица противоположной категории — типа Б. Поведение типа А характеризуется нетерпением; стремлением к доминированию, достижениям и состязанию; склонностью работать на износ; неумением отдыхать. Таким людям присуща повышенная тревожность, а часто и скрытая агрессивность. Гипертоники часто относятся именно к типу А. Однако вопрос, причина ли болезни такое поведение или результат уже сформировавшейся гипертензии, пока остается открытым.

## Модели артериальной гипертензии

Поскольку исследования на людях сопряжены с различного рода ограничениями (в том числе этическими), роль стресса и определенных типов поведения в формировании артериальной гипертензии изучают на животных — преимущественно

на крысах и реже на мышах. Гипертензивным порогом у лабораторных животных большинством исследователей признается 150 мм рт. ст. [12]. Первая экспериментальная модель артериальной гипертензии была разработана Г.Гольдблаттом с коллегами. Они вызвали ишемию (местное снижение кровоснабжения) почек у собак, наложив на почечные артерии специальные зажимы и оставив их в теле животных после операции. У прооперированных собак артериальное давление существенно поднялось, причем почти у всех оно превысило 200 мм рт. ст. Позже эту же модель успешно применили к кроликам, крысам и даже козам и овцам [13]. Выбор столь крупных млекопитающих, как собаки, козы и овцы, для исследований гипертонии объяснялся тем, что у них можно проще и надежнее померить давление. С развитием соответствующей техники чаще стали использовать крыс. Их легко содержать в современном виварии, и они достаточно велики, чтобы у них можно было легко снять нужные показания. Несмотря на то что мышей разводить еще проще, мерить у них артериальное давление сложнее в силу их меньшего размера. В 1990—1997 гг. число исследований в области гипертензии, проведенных на крысах, в сотни раз превышало количество работ, выполненных на всех других лабораторных животных, включая мышей [13].

Существует более десятка хорошо охарактеризованных линий крыс, признанных в мире в качестве генетических моделей артериальной гипертонии [12, 13]. У спонтанно гипертензивных крыс линии SHR (Spontaneously Hypertensive Rat) имеются проявления, сходные с эссенциальной гипертензией человека, это самая известная в мире генетическая модель данного заболевания [13]. В Институте цитологии и генетики СО РАН в Новосибирске профессором А.Л.Маркелем была создана соответствующая отечественная модель. Он еще в 1970-х годах начал выводить новую линию крыс, основываясь на признании роли стресса в развитии гипертонии. В качестве селекционного критерия использовался подъем артериального давления в условиях мягкого эмоционального стресса [14]. Животных на 30 мин помещали в тесные проволочные клетки, как раз соответствующие их размеру. Некоторые из испытуемых реагировали на такое ограничение свободы подъемом давления — они и стали основателями новой гипертензивной линии. Она получила международное признание и известна как ISIAN (Inherited Stress-Induced Arterial Hypertension, или наследственная стресс-индуцированная артериальная гипертензия). Кровяное давление взрослых особей таких крыс при стрессе обычно выше 200 мм рт. ст., при этом в покое оно составляет около 170 мм рт. ст., что тоже существенно превышает порог гипертензии (150 мм рт. ст.). Недавно нашими усилиями крысы линии ISIAN были переведены

в SPF-статус\*. Их физиология и поведение достаточно хорошо изучены [12, 14]. То, что критерием селекции была их гипертензивная реакция на эмоциональный стресс, делает весьма убедительной экстраполяцию экспериментальных результатов, полученных на этой линии, на человека, поскольку и у людей этот фактор — важнейший, если не главный для возникновения эссенциальной гипертензии.

Артериальное давление у крыс измеряют прямым (инвазивным) и непрямым методами. Первый применяют значительно реже, так как канюлирование артерий и непрямой метод дают сходные результаты, а благодаря последнему удастся избежать хирургического вмешательства и не причинять животному серьезных неудобств. Классический непрямой метод — сфигмографический (рис.3), когда на хвост надевают манжету и нагнетают в нее воздух, а специальным датчиком регистрируют пульс в хвостовой артерии. Это очень похоже на известный всем метод измерения артериального давления у человека с помощью тонометра. В своих исследованиях на крысах мы используем именно сфигмографический метод [12].

\* Статус SPF (Specific Pathogen Free, или свободный от специфических патогенов) означает, что лабораторные животные избавлены от основных патогенов, которые могут влиять на результаты экспериментов. Изложенные в этой статье результаты получены именно на таких крысах.



Рис.3. Измерение артериального давления у крысы линии ISIAN (модель артериальной гипертонии) непрямым методом. Вид сверху на установку.

Здесь и далее фото авторов



Рис.4. Крыса в транспортировочном сосуде (слева) и в тесте «открытое поле» демонстрирует одну из наиболее загадочных и сложно интерпретируемых форм поведения — груминг.



### Поведенческие тесты

Состояние стресса у животных сопровождается специфическим поведением. Для его изучения в лабораторных условиях применяют специальные тесты. Их существует около ста, причем экспериментатор должен сам решить, какие именно выбрать, исходя из целей и задач своего исследования [15]. Мы использовали панель из трех классических поведенческих тестов («открытое поле», «приподнятый крестообразный лабиринт» и «светлую-темную камеру»), позволяющих оценить активность, исследовательскую мотивацию, а также уровень тревожности и эмоциональности крыс.

В использованной нами модификации теста «открытое поле» проводилась автоматическая регистрация горизонтальной и вертикальной активности крысы. Подсчитывалось количество пересеченных квадратов за все время теста — 6 мин (горизонтальная активность), оценивались число вставаний на задние лапы и суммарное время, проведенное грызуном в этом состоянии (вертикальная). Особое значение также имеет длительность пребывания животного в центре открытого поля. Эти показатели характеризуют общую активность и исследовательскую мотивацию. В тесте «открытое поле» можно наблюдать и другие компоненты поведения, например груминг\* (рис.4). Его обычно интерпретируют как смещенную активность — один из признаков тревожности. В целом по поведению в этом тесте можно составить представление о том, склонна ли крыса к состояниям тревоги и стресса, насколько она активна, имеется ли у нее выраженная исследовательская мотивация и т.д. Однако более полную

\* Груминг — активное поведение животных, направленное на очищение тела.

картину поведенческого фенотипа грызуна можно получить, сочетая тест «открытое поле» с другими, такими как «крестообразный лабиринт» и «светлая-темная камера».

В тесте «приподнятый крестообразный лабиринт» животное помещают на площадку, от которой под прямыми углами расходятся открытые и закрытые рукава (рис.5). Регистрируемые показатели — латентный период выхода в открытый рукав, время пребывания и число заходов в закрытые и открытые рукава, а также количество стоек, выглядываний вниз с лабиринта («оценка риска») и актов дефекации. Этот тест позволяет оценить уровень тревожности испытуемых и их общую активность и помогает в интерпретации результатов теста «открытое поле».

Уровень тревожности грызунов дополнительно оценивается в тесте «светлая-темная камера»,

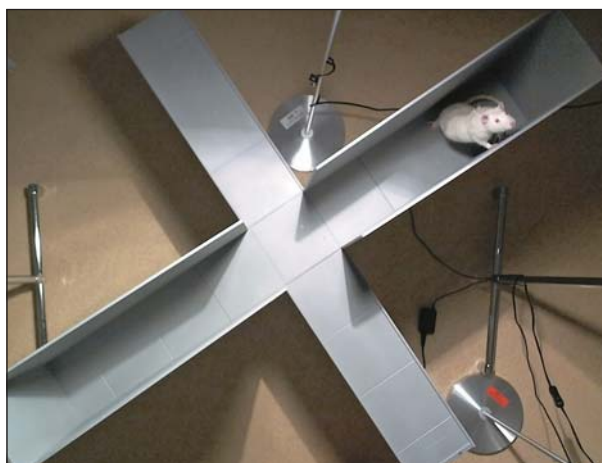


Рис.5. Крыса демонстрирует исследовательское поведение в тесте «крестообразный лабиринт».

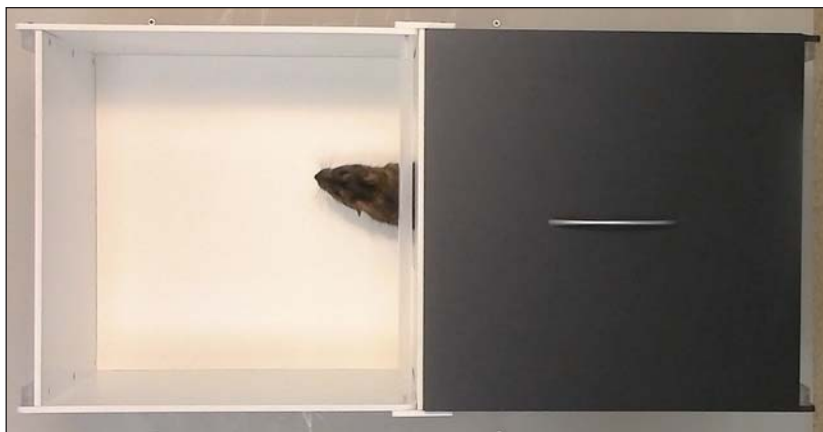


Рис.6. Крыса в тесте «светлая-темная камера».

который основан на их конфликте между врожденным неприятием ярко освещенных участков и спонтанным исследовательским поведением при слабом стрессе (рис.6). Экспериментальная установка состоит из двух отсеков — темного (закрытого) и светлого (ярко освещенного), между которыми имеется круглое отверстие. Животных сначала на 5 мин помещают в темный отсек, затем на то же время — в светлый. Измеряют длительность нахождения крысы в каждом из отсеков, количество переходов между ними, а также исследовательскую активность.

### ВРТ и проявление гипертензивного фенотипа

Влияние ранней материнской среды на поведение и физиологию потомков изучают на крысах. Эти исследования можно разделить на две большие группы. Первая использует в качестве основного метода перекрестное воспитание. Потомство крысы-гипертоника передают на воспитание только что родившей самке нормотензивной линии (т.е. с нормальным артериальным давлением, без гипертонии), и наоборот. После обмена пометами начинается процесс приемного вскармливания. Во второй группе исследований изменение материнской среды производят гораздо раньше благодаря методу трансплантации эмбрионов.

Зарубежные коллеги и мы в своих экспериментах доказали, что артериальное давление у генетически предрасположенных к гипертонии крысят, воспитанных приемными матерями нормотензивной линии, существенно ниже, чем у вскармленных биологическими родителями [12, 16]. В то же время детеныши, не предрасположенные к гипертонии, в подавляющем большинстве случаев не заболевают, даже если их воспитывают самки гипертензивных линий.

В опытах по трансплантации эмбрионов крыс гипертензивных линий здоровым грызунам-

реципиентам (когда материнская среда кардинально менялась на четвертый или пятый день после зачатия) и наоборот выяснилось, что у крысят, генетически предрасположенных к гипертонии, но пересаженных на стадии преимплантационного зародыша нормотензивной самке, заболевание проявляется в более позднем возрасте и в более мягкой форме, чем у детенышей тех же гипертензивных линий, воспитанных своими биологическими матерями. В обратной ситуации, когда эмбрионы от здоровых крыс пересаживали гипертензивным, эффекты

на артериальное давление, как правило, отсутствовали (рис.7).

В этих работах эмбрионы в подавляющем большинстве случаев не подвергали длительному культивированию. А значит, эти исследования не полностью соответствуют тому комплексу ВРТ, который применяется в современных клиниках экстракорпорального оплодотворения. В настоящее время доминирует именно длительное культивирование зародышей *in vitro* перед пересадкой реципиенту — до стадии бластоцисты [2]. Преимущество такой тенденции в том, что, во-первых, эмбрионы, несущие явные генетические аномалии, просто не развиваются (т.е. их выбраковывают), а во-вторых, при трансплантации бластоцист эффективность процедуры, как правило, выше, чем в случае морул. Также эффективность современных ВРТ возросла с созданием сред, в которых основные компоненты находятся в оптимизированных соотношениях, с учетом различных потребностей зародыша на разных этапах преимплантационного развития [17]. Например, ранние эмбрионы (до стадии морулы) используют в качестве энергетического субстрата пируват (пириновградную кислоту), а при дальнейшем развитии до бластоцисты — глюкозу.

Методы, применяемые в клиниках экстракорпорального оплодотворения, различаются. Поэтому исследований, в которых сравнивают состояние сердечно-сосудистой системы у людей, зачатых естественным путем и рожденных с применением комплекса ВРТ, который включает длительное культивирование *in vitro*, очень мало. Тем не менее в одном из них, проведенном в Нидерландах, участвовало по 225 человек (до 18 лет) из каждой группы. Артериальное давление у людей, рожденных с применением ВРТ, было достоверно, хотя и несильно повышено [18]. Поскольку гипертензивные состояния усугубляются с возрастом, этот результат — свидетельство того, что проблема взаимосвязи ВРТ и гипертонии актуальна и требует тщательного изучения.

Мы экспериментально моделировали процессы культивирования и трансплантации эмбрионов, осуществляемые в клиниках при обращении в них гипертензивных пациентов. Зародыши на стадии 2–4 бластомеров от крыс-гипертоников линии ISIAH подвергали длительному (в течение 48 ч) культивированию до морул в атмосфере 5% CO<sub>2</sub> при повышенной влажности в специальной среде. Затем их пересаживали самке-реципиенту. Другая группа эмбрионов была получена уже на стадии морулы от крыс ISIAH и не подвергалась культивированию перед трансплантацией. Родившихся в обеих группах детенышей (рис.8) сравнивали друг с другом и с крысами, рожденными естественным путем их биологическими матерями.

Грызуны, родившиеся в результате прямой трансплантации морул (без культивирования), во время периода вскармливания демонстрировали явные признаки стресса: повышенный уровень груминга в тесте «открытое поле» и отставание в росте. А вот детеныши, родившиеся после пересадки выращенных *in vitro* эмбрионов, не отличались от контрольных ни по характеристикам роста, ни по поведению. В возрасте двух месяцев у крыс ISIAH всех трех групп (рожденных естественно и после применения двух вариантов ВРТ) измерили артериальное давление в покое. У самцов после прямой трансплантации оно составило в среднем 188 мм рт. ст., что достоверно на 15 мм рт. ст. и более превышало показатели для всех остальных групп. Также у этих самцов снижалась исследовательская активность в тесте «открытое поле». Таким образом, именно те крысята, которые выросли из эмбрионов, подвергавшихся длительному культивированию перед пересадкой, не отличались по своим характеристикам от рожденных естественным путем. А те зародыши, которые не подвергались культивированию, развились в наиболее подверженных стрессу животных, которые во взрослом состоянии отличались ярко выраженными признаками

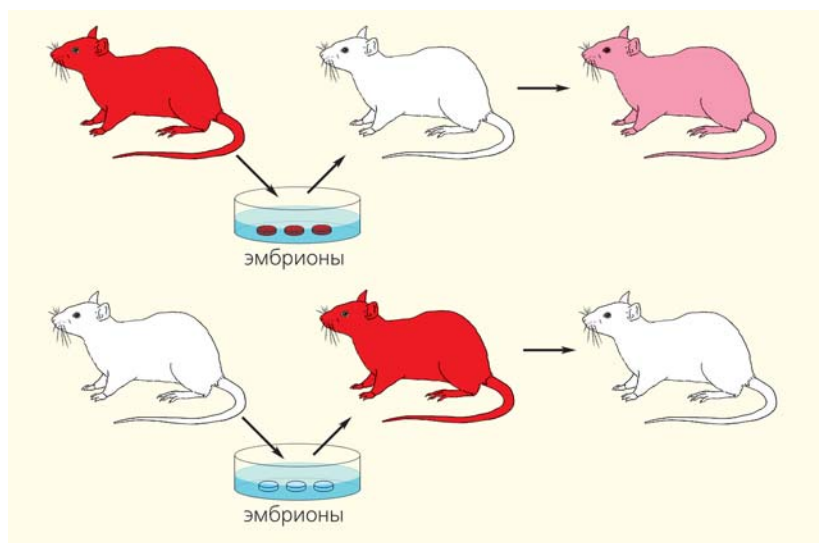


Рис.7. Долгосрочные эффекты на артериальное давление потомков, оказываемые при трансплантации эмбрионов от крыс гипертензивных линий нормотензивным реципиентам (вверху) и наоборот. Красный цвет крысы (и ее эмбрионов) символизирует предрасположенность к гипертензии, белый — ее отсутствие, розовый — развитие заболевания в более мягкой форме.

гипертензии и сниженной исследовательской мотивацией.

Такое различие можно весьма просто объяснить. Перед трансплантацией эмбрионы хранят в криобанке (чтобы избежать таких ситуаций, когда есть биоматериал, но нет реципиентов, и наоборот). Зародыши, которые подвергались



Рис.8. Потомство крыс, участвовавших в эксперименте по трансплантации эмбрионов гипертензивных самок. Крысята (с белой шерсткой) развились из эмбрионов ISIAH, трансплантированных самке-реципиенту (с темной окраской меха), у которой артериальное давление в норме.

длительному культивированию, на момент пересадки были уже в активном состоянии развития, так как за двое суток в инкубаторе успели оправиться от шока, связанного с пребыванием в криобанке, и даже пройти два цикла деления. Попав в матку крысы-реципиента, эти эмбрионы продолжили активно развиваться. При рождении они уже были нормально развиты, и стресс во время вскармливания был минимальным. Те же зародыши, которые были трансплантированы сразу же после криоконсервации, попав в матку, какое-то время еще находились в состоянии шока и лишь потом продолжили развитие. Именно в этой группе крысята родились с меньшей массой, отчего испытывали стресс в период вскармливания, а по мере взросления у них наблюдались измененное поведение и усиление признаков гипертонии.

Хотя преимплантационный период развития у крысы и человека почти одинаков по длительности, постимплантационный сильно различается. Общая продолжительность беременности у этого грызуна — около трех недель, а у человека — девять месяцев. Именно короткая беременность крыс позволила нам заметить и изучить отдаленное негативное влияние на развитие потомков такой комбинации ВРТ, как криоконсервация с трансплантацией, а также протективные эффекты добавления в этот комплекс третьего этапа — длительного культивирования эмбрионов в искусственных условиях.

## Факторы роста

Культивирование преимплантационных эмбрионов — ключевой этап современных ВРТ, проводимых в клиниках экстракорпорального оплодотворения человека [2]. Несмотря на то что некоторые вопросы, касающиеся влияния оплодотворения *in vitro* и последующего выращивания на развитие зародыша, остаются невыясненными, в последние десятилетия достигнут определенный прогресс в понимании этих процессов [17]. Во-первых, стало понятно, что, создавая среды для культивирования эмбрионов, нужно тщательным образом исследовать их природное местоположение — яйцеводы и матку — и попытаться максимально приблизиться к имеющимся там условиям. Во-вторых, каждый физический и химический компонент окружения эмбриона во время его развития *in vitro* нужно тщательно выверять, варьируя концентрации и предлагая зародышу самому «оценить» эти параметры. В результате многочисленных исследований удалось создать среды, учитывающие видовые особенности эмбрионов (человека, крысы и др.), а также специфические требования к условиям развития в зависимости от его этапа.

Актуальная тема экспериментальной эмбриологии — обогащение культуральных сред факто-

рами роста, которые стимулируют развитие преимплантационных эмбрионов различных видов млекопитающих, включая человека. Ростовые факторы влияют на скорость развития зародышей *in vitro* до стадии бластоцисты, способствуют клеточной дифференцировке, усиливают потребление глюкозы. Они стимулируют формирование и рост так называемой внутренней клеточной массы в бластоцисте, благоприятствуют ее освобождению от оболочки и имплантации, регулируют процессы апоптоза и даже способствуют увеличению количества рецепторов к самим факторам роста [17].

Из всего многообразия ростовых факторов рассмотрим два. Гранулоцитарно-макрофагальный колониестимулирующий фактор (ГМ-КСФ) — это цитокин широкого спектра действия. Он синтезируется и выделяется эпителиальными клетками репродуктивного тракта самки в ответ на попадание в него во время спаривания активных компонентов семенной плазмы. Присутствие в культуральной среде этого фактора в определенных концентрациях оказывает стимулирующее действие на преимплантационные эмбрионы мыши и человека [17, 18]. В наших недавних экспериментах с зародышами хомячка Кэмпбелла ГМ-КСФ стимулировал их развитие на стадии дробления, вдвое увеличивая число живых клеток и существенно уменьшая долю фрагментированных (т.е. потерявших жизнеспособность, деградирующих) бластомеров [19]. Эпидермальный фактор роста (ЭФР) — белок, стимулирующий пролиферацию эпителиальных клеток организма. Этот полипептид воздействует на преимплантационные эмбрионы и, как и ГМ-КСФ, стимулирует их развитие у мышей и крыс.

Мы продемонстрировали, что добавление ЭФР улучшает развитие *in vitro* эмбрионов крыс гипертонической линии ISIAN (рис.9). После 72 ч культивирования влияние ростовых факторов было наиболее очевидным. Без их добавления лишь 50% зародышей достигало стадии морулы, а стадии бластоцисты — 14.3% (остальные вообще не развивались). Под воздействием же ЭФР доля эмбрионов, развившихся до бластоцисты, выросла более чем в три раза (56.3%), общее число выживших зародышей достигло 87.5%, а также улучшилось соотношение бластоцист и морул. В еще большей мере добавление в среду этого фактора роста способствовало развитию эмбрионов другой линии крыс — OXYS (модель преждевременного старения).

В силу различных репродуктивных особенностей результаты экспериментов на лабораторных животных сложно переносить на человека. Однако в последнее время в отечественных и зарубежных клиниках экстракорпорального оплодотворения стали активно использовать ГМ-КСФ. Специально разработанная коммерчески доступная среда для культивирования эмбрионов, содержащая этот фактор роста, повышает эффективность

применяемых в клиниках процедур: существенно увеличивает долю успешно имплантировавшихся зародышей и снижает число абортс [20].

Отдаленные эффекты факторов роста на проявление гипертензивного фенотипа потомков пока не исследовали ни на людях, ни на лабораторных животных. У нас, однако, есть косвенные основания полагать, что культивирование эмбрионов гипертензивных крыс в присутствии некоторых ростовых факторов может повлиять на проявление заболевания у взрослых особей, в которые эти зародыши разовьются. Мы исследовали влияние ГМ-КСФ и ЭФР, присутствующих в культуральной среде, на поведение крыс, развившихся после трансплантации эмбрионов. Эксперименты проводились на генетических кататониках (страдающих двигательными расстройствами) линии ГК. В основу селекции этой линии был положен принцип «застывания» крысы и сохранения ею позы, приданной экспериментатором. Мы получили эмбрионы таких животных, которые культивировали перед пересадкой с ГМ-КСФ или ЭФР. Интересно, что грызуны линии ГК, рожденные в результате трансплантации зародышей, выращенных в присутствии ЭФР, намного чаще и дольше занимались грумингом, чем те, кто родился естественным путем. В то же время в случае ГМ-КСФ крысы не отличались достоверно по этому поведенческому показателю от контрольных животных. Биологический смысл такого изменения поведения пока трудно объяснить, но важно, что присутствие в среде для культивирования ростового фактора может оказывать влияние на поведение взрослых особей, в которые развиваются эмбрионы.

Наряду с культивированием зародышей в средах с добавлением факторов роста имеется и другой интересный подход к созданию оптимизированных условий для развития ранних эмбрионов — сокультивирование (в одной чашке Петри). Для разных видов млекопитающих доказано, что выращивание эмбрионов в группе (когда они могут свободно обмениваться факторами роста) положительно влияет на их развитие [17]. В наших экспериментах по сокультивированию мышинных преимплантационных зародышей морулы способствовали ускоренному развитию тех эмбрионов, которые еще проходили ранние стадии дробле-

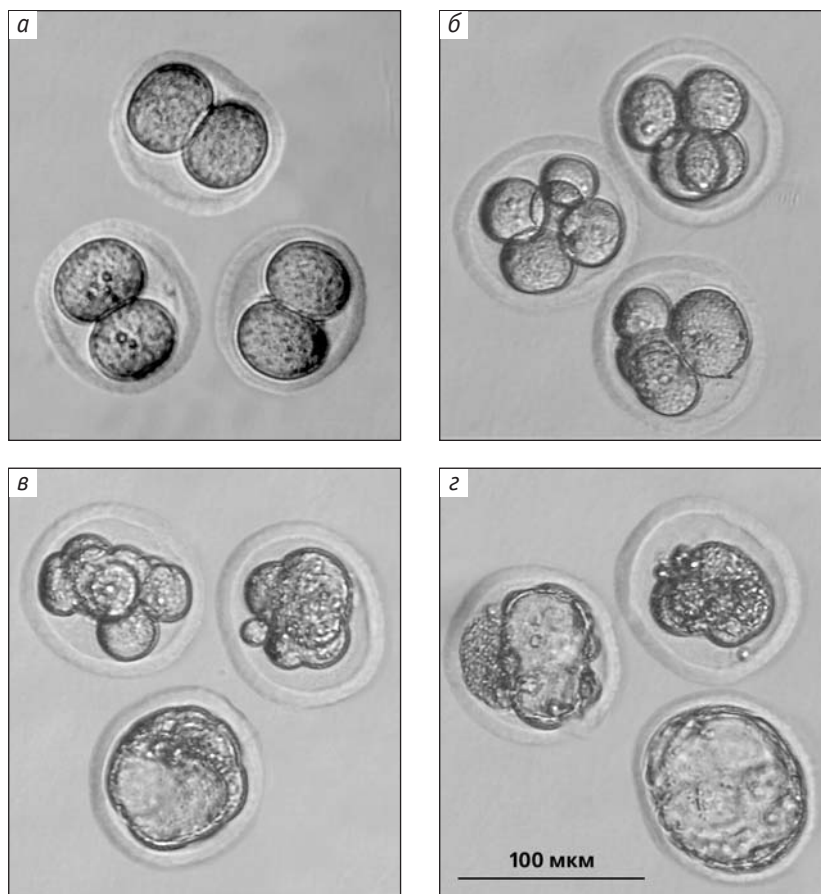


Рис.9. Эмбрионы крыс ISIAN, культивирующиеся *in vitro*, — сразу после извлечения из криобанка (а), через 24 (б), 48 (в) и 72 (з) часа.

ния. Это хорошо согласуется с данными других исследователей. Так, зародыши, находящиеся на более продвинутых этапах преимплантационного развития, значительно стимулируют дробящиеся эмбрионы того же или даже другого вида при совместном культивировании *in vitro*. Рецепторы к некоторым из факторов роста появляются уже на ранних стадиях развития (например, у человека рецепторы к ЭФР — на первых этапах дробления и даже на стадии зиготы) [17]. Соответственно, такие эмбрионы способны реагировать на факторы роста, выделяемые другими зародышами из группы (особенно если в ней есть эмбрионы более поздних стадий, активно выделяющие в среду ростовые факторы). Поскольку по химической структуре факторы роста млекопитающих сходны, сокультивирование эмбрионов разных видов животных также способно стимулировать развитие зародышей. Так, мышинные эмбрионы, находящиеся на стадии морулы, отчетливо улучшают развитие более ранних кошачьих зародышей [21].

Итак, может ли культивирование эмбрионов крыс ISIAN в присутствии ростовых факторов или совместное культивирование с другими зародышами повлиять на проявление гипертензивного



фенотипа у потомков (т.е. на величину их артериального давления и поведение), покажут будущие эксперименты. Гипертония становится все более распространенным заболеванием, поэтому возможность повлиять на ее проявления у детей, которые рождены от пришедших в клинику родите-

лей, генетически предрасположенных к повышенному артериальному давлению, — заманчивая альтернатива применению лекарств. Эксперименты на гипертензивных линиях крыс помогут в поисках таких необычных способов превентивной, а точнее, «преимплантационной» медицины. ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 13-04-00685-а).**

## Литература

1. *Stephens P.C., Edwards R.G.* Birth after reimplantation of a human embryo // *Lancet*. 1978. V.2. P.366.
2. *Hardy K., Wright C., Rice S. et al.* Future developments in assisted reproduction in humans // *Reproduction*. 2002. V.123. P.171–183. doi:10.1530/rep.0.1230171
3. *Bowman P., McLaren A.* Viability and growth of mouse embryos after *in vitro* culture and fusion // *J. Embryol. Exp. Morphol.* 1970. V.23. P.693–704.
4. *Robertson S.A.* GM-CSF regulation of embryo development and pregnancy // *Cytokine Growth Factor Rev.* 2007. V.18. P.287–298. doi:10.1016/j.cytogfr.2007.04.008
5. *McEvoy T.G., Robinson J.J., Sinclair K.D.* Developmental consequences of embryo and cell manipulation in mice and farm animals // *Reproduction*. 2001. V.122. P.507–518. doi:10.1530/rep.0.1220507
6. *Young L.E., Fernandes K., McEvoy T.G. et al.* Epigenetic change in IGF2R is associated with fetal overgrowth after sheep embryo culture // *Nat. Genet.* 2001. V.27. P.153–154. doi:10.1038/84769
7. *Market-Velker B.A., Fernandes A.D., Mann M.R.* Side-by-side comparison of five commercial media systems in a mouse model: suboptimal *in vitro* culture interferes with imprint maintenance // *Biol. Reprod.* 2010. V.83. P.938–950. doi:10.1095/biolreprod.110.085480
8. *Cooper R.S., Wolf-Maier K., Luke A. et al.* An international comparative study of blood pressure in populations of European vs. African descent // *BMC Med.* 2005. V.3. doi:10.1186/1741-7015-3-2
9. *Mustacchi P.* Stress and hypertension // *West J Med.* 1990. V.153. P.180–185.
10. *Clamague D.M., Sanford C.S., Vander A.J. et al.* Effects of psychosocial stimuli on plasma renin activity in rats // *Am. J. Physiol.* 1976. V.231. P.1290–1294.
11. *Allen K., Blascovich J., Mendes W.B.* Cardiovascular reactivity and the presence of pets, friends, and spouses: the truth about cats and dogs // *Psychosom. Med.* 2002. V.64. P.727–739.
12. *Рагаева Д.С., Брусенцев Е.Ю., Амстиславский С.Я.* Вспомогательные репродуктивные технологии и артериальная гипертензия // *Онтогенез*. 2014. Т.45. №5. С.299–313.
13. *Pinto Y.M., Paul M., Ganten D.* Lessons from rat models of hypertension: from Goldblatt to genetic engineering // *Cardiovasc. Res.* 1998. V.39. P.77–88. doi:10.1016/S0008-6363(98)00077-7
14. *Markel A.L.* Development of a new strain of rats with inherited stress-induced arterial hypertension // *Genetic hypertension*. London. 1992. P.405–407.
15. *Hanell A., Marklund N.* Structured evaluation of rodent behavioral tests used in drug discovery research // *Front. Behav. Neurosci.* 2014. V.8. P.1–13. doi:10.3389/fnbeh.2014.00252
16. *Амстиславский С.Я., Попова Н.К., Томилова Ю.Э. и др.* Влияние материнской среды на артериальное давление и рефлекс испуга у крыс с наследственной артериальной гипертензией // *Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова*. 1998. Т.84. №8. С.783–790.
17. *Брусенцев Е.Ю., Игонина Т.Н., Амстиславский С.Я.* Традиционные и современные подходы к культивированию преимплантационных эмбрионов млекопитающих *in vitro* // *Онтогенез*. 2014. Т.45. №2. С.73–88.
18. *Ceelen M., van Weissenbruch M.M., Vermeiden J.P. et al.* Cardiometabolic differences in children born after *in vitro* fertilization: follow-up study // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2008. V.93. P.1682–1688. doi:10.1210/jc.2007-2432
19. *Amstislavsky S., Brusentsev E., Kizilova E. et al.* Embryo cryopreservation and *in vitro* culture of preimplantation embryos in Campbell's hamster (*Phodopus campbelli*) // *Theriogenology*. 2014. doi:10.1016/j.theriogenology.2014.12.013
20. *Tevkin S., Loksbin V., Shishimorova M. et al.* The frequency of clinical pregnancy and implantation rate after cultivation of embryos in a medium with granulocyte macrophage colony-stimulating factor (GM-CSF) in patients with preceding failed attempts of ART // *Gynecol. Endocrinol.* 2014. V.30. P.9–12. doi:10.3109/09513590.2014.945767
21. *Spindler R.E., Crichton E.G., Agca Y. et al.* Improved felid embryo development by group culture is maintained with heterospecific companions // *Theriogenology*. 2006. V.66. P.82–92. doi:10.1016/j.theriogenology.2006.03.021

# За драгоценными опалами в пустыню Австралии

*В опале вы можете увидеть огненное пламя карбункула, великолепный пурпур аметиста, зеленое море изумруда, все разноцветия, собранные воедино в невероятную по красоте смесь. Некоторые опалы по богатству оттенков не уступают палитре художника, другие — пламени серы или огненным языкам горящего масла.*

Плиний Старший (27—79 гг.)

М.Ю.Поваренных, Е.Н.Матвиенко, В.Ф.Хаммер

**Б**лагородный опал по своей стоимости вполне сопоставим с драгоценными камнями первого класса — алмазом, изумрудом, рубином и сапфиром. Но его весьма существенное отличие от них — способность искриться и переливаться всеми цветами радуги даже в необработанном виде.

Летом 2012 г. одному из нас (М.Ю.П.) посчастливилось предпринять трехмесячное путешествие по штату Южная Австралия с посещением опаловой столицы мира — старательского городка Кубер-Педи (что в переводе с местного наречия означает «Белый человек в яме»), расположенного в пустыне. При подготовке к поездке на этот край света мы проштудировали большое количество специальной минералогической литературы, изучили множество геологических, ландшафтных географических и топографических карт разного масштаба. Подобные материалы в подавляющем большинстве написаны зарубежными исследователями, так как в нашей огромной стране существовало лишь одно небольшое месторождение благородного опала — Радужное в северном Приморье. Соответственно, у нас весьма мало специалистов по геологии, минералогии и методике поисков этого драгоценного камня. И лишь в русском переводе книги немецкого профессора Г.Гюриха о благород-



**Михаил Юрьевич Поваренных**, кандидат геолого-минералогических наук, докторант Института истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН. Область научных интересов — теория минералогии и петрографии, минералогическое картирование, минералогия гранитов, карбонатитов, скарнов, опаленосных кор выветривания и углей.



**Елена Николаевна Матвиенко**, кандидат геолого-минералогических наук, заведующая научным сектором Минералогического музея им.А.Е.Ферсмана РАН. Специалист в области кристаллографии, кристаллохимии и онтогении минералов.



**Вера Хаммер**, доктор естествознания, ведущий сотрудник департамента минералогии и петрографии Музея естественной истории, а также Государственного ювелирного института (Вена, Австрия).

ном опале на Руси — «медосоцветном камне», «земляном перле», известно, как оказалось, еще со времен Киевской Руси, — мы обнаружили, что «в России его находят в Волынской, Киевской, Херсонской и Харьковской губерниях, а также в Нерчинском округе» [1].

Промышленные проявления благородного опала ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), в основном гидротермального поствулканического и в меньшей

© Поваренных М.Ю., Матвиенко Е.Н., Хаммер В.Ф., 2015

степени осадочного корового происхождения, издревле известны на территории нынешних Бразилии, Венгрии, Гондураса, Индонезии, Мексики, Словакии, США, Украины, Чехии, Эфиопии и других стран [2–5]. Но его месторождения в Австралии, расположенные в пределах Большого Артезианского бассейна, которые дают 85–90% мировой добычи ювелирных опалов, по праву считаются уникальными.

До сих пор нет общепринятой гипотезы образования австралийских опалов. Одни исследователи считают, что под действием пустынного выветривания кремнезем вместе с растворами проникал вниз, образуя опалы [6], другие, напротив, связывают их возникновение с восходящими подземными водами в местах интенсивного испарения [7].

## Полевые работы и лабораторные исследования

Каменистая пустыня на многие сотни квадратных километров простирается почти в центре Австралийского континента. В районе вокруг старательского поселения Кубер-Педи для поисков драгоценного опала пробурено около 2 млн скважин диаметром от 17 см до 3 м. Здесь обрабатывается около 18 месторождений (рис.1).

Обыкновенный и благородный опалы (рис.2) мы обнаружили в серовато-белой или сероватопрозрачной окремненной глинистой породе мелового возраста —  $K_{mb}(w)$ . Местные старатели называют ее песчаником. Это химически выветрелый тонкозернистый каолинитизированный и силифицированный слюдястый алевролит. Хорошо выделяются пять форм залегания опалов.

Основная часть (80–85%) добываемого благородного камня находится в виде тонких (от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров) ветвящихся субгоризонтальных жил (рис.3). Они ассоциируются с гипсовыми (селенитовыми)  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  прожилками мощностью до 5–10 см и с прослоями до 1 м скрытокристаллического алунита  $KAl_3[SO_4]_2(OH)_6$ . Этот комплекс пород здешние старатели обычно называют левелом (от англ. level — горизонт, уровень). Следующий комплекс «вертикал» (от англ. vertical), с которым связано 5–7% благородных опалов, представляет собой их маломощные прожилки в ассоциации с гипсом и гётитом  $FeO(OH)$ . Они залегают субвертикально с углами падения до 70–85°. Это более ранняя генерация опала. Также отмечают прожилки обломочных опалов в субвертикальных, довольно мощных (10–20 см) зонах брекчирования, сцементированных красно-коричневым материалом, который состоит из гётита, каолинита и гипса (так называемого гипскрета). Кроме того, вне видимой связи с опаловыми прожилками встречаются в разной степени опализированные остатки фауны — обломки раковин двусторчатых моллюсков, улиток, ростров белемнитов, костей плезиозавров и др. (рис.4). И наконец, благородные опалы мы находили в пестро-



Рис.1. Каменистая пустыня в районе старательского поселка Кубер-Педи в штате Южная Австралия (слева) и открытые и подземные горные выработки по добыче благородного опала.

Фото М.Ю.Поваренных



Рис.2. Опалы из месторождения Кубер-Педи. Слева — благородный опал (длина образца 2.9 см), справа — обыкновенный. Сбор М.Ю.Поваренных.

Фото Е.Н.Матвиенко

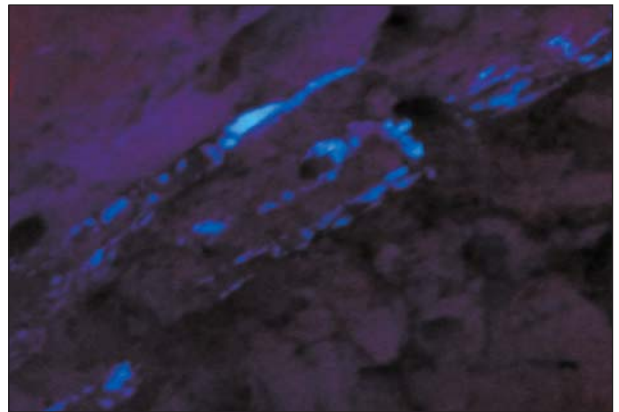


Рис.3. Голубовато-серые прослои обыкновенного опала в розовато-коричневом «песчанике» (слева) и свечение опала в ультрафиолетовом свете. Это может служить одним из его поисковых признаков.

Фото М.Ю.Поваренных



Рис.4. Псевдоморфозы опала по раковинам двусторчатого моллюска *Bivalvia*. Слева — раковина, нацело опализированная благородным (в верхней части) и обыкновенным (в нижней) опалом. Справа — раковина, частично опализированная благородным (внизу) и обыкновенным (вверху) опалом. Месторождение Кубер-Педи. Сбор М.Ю.Поваренных.

Фото А.А.Евсеева



Рис.5. Фрагмент нацело опализированной раковины двусторчатого моллюска *Bivalvia* из месторождения Кубер-Педи. Хорошо видны две генерации опала: ранняя — обыкновенный, серовато-голубого цвета, и поздняя — благородный, с иризацией в голубовато-синей гамме. Длина образца 2.4 см. Сбор М.Ю.Поваренных.

Фото А.А.Евсеева

окрашенных существенно силифицированных алевритах и алевролитах (силкретах) или внутри валунов и гальки кварцитов ледникового происхождения (так называемые боулдер-опалы, от англ. boulder — валун, галька). С последними тремя типами отложений связано около 10–15% добываемых благородных опалов. По нашим наблюдениям, взаимоотношения обыкновенного и благородного опалов интерпретируются как фазовые (не фациальные), причем обыкновенный опал — ранняя генерация, а благородный — более поздняя (рис.5).

На территории 40×40 км вокруг Кубер-Педи с помощью анализа данных аэрокосмического дистанционного зондирования мы выделили наиболее перспективные на поиски благородных опалов участки (рис.6). Здесь по простиранию некоторых разломных структур были обнаружены достаточно давние (более 20–30 лет) неглубокие выработки. Часть из них, по-видимому, незадолго заброшена. Скорее всего, старатели просто не дошли до основного продуктивного слоя.

Опалоносные горизонты нередко располагаются на одном гипсометрическом уровне, маркируя слабо наклоненную к юго-востоку плоскость кайнозойского несогласия. Эта закономерность сохраняется на протяжении многих десятков километров. Субгоризонтальные жилы с опалами в «песчанике» часто встречаются на абсолютных высотах 195 м (южнее Кубер-Педи) и 225–230 м (севернее старательского поселка), что хорошо согласуется с созданной компьютерной прогнозно-поисковой моделью [8, 9].

Возможно, что нисходящие перемещения фронта окисленных близповерхностных вод внутрь восстановленных осадочных пород (с обильным пиритом  $FeS_2$ ) влияя на формирование благоприятных условий для образования опалов гораздо больше, чем перенос вязкого геля водного кремнезема по каналам стока и последующее его созревание. Гелеобразный водный кремнезем заполняет поровое пространство во вмещающих породах, скапливается в трещинах, кавернах и полостях (нередко связанных с кислотным выщелачиванием карбонатного и фосфатного вещества, из которого слагались остатки ископаемых животных и растений).

Собранные нами образцы изучались в стационарных лабо-

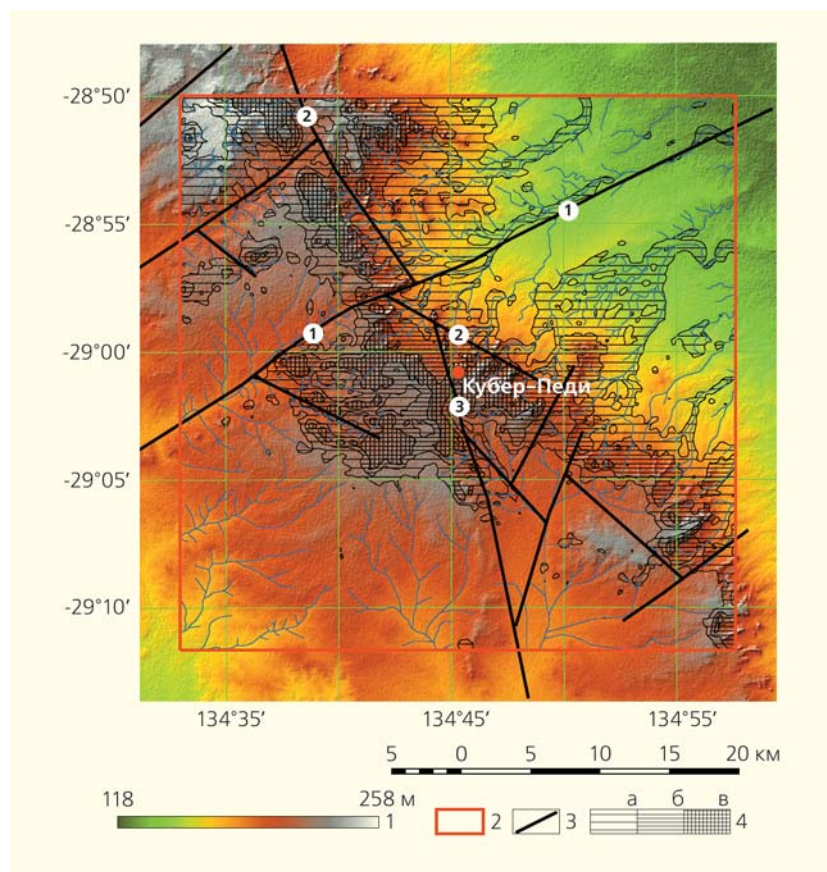


Рис.6. Прогнозно-поисковая модель месторождений благородного опала Кубер-Педи [8]. 1 — шкала высот, 2 — границы участка, 3 — линейменты, в том числе разломы, 4 — прогнозные площади: а — малоперспективные, б — перспективные, в — высокоперспективные. Цифры в кружках — ранг (значимость) разломов.

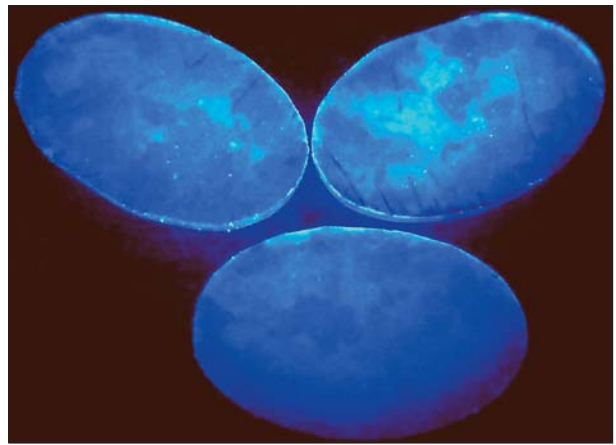


Рис.7. Фрустумация (кусковатость) в образце искусственного благородного опала. Слева — иризация (игра цвета) при естественном освещении; справа — фрустумы, выявленные в опалах при УФ-излучении. Длина кабошонов 3 мм.

Фото В.В.Морошкина

раторных условиях. Мы глубоко признательны за помощь в препарировании опалов и их исследовании на начальных этапах Б.Белошевичу, Д.Флеману и Э.Гершвицу из Кубер-Педи, а также коллекционерам из Москвы В.Тарасову и Э.Ахметшину.

Минеральный состав выветрелых нижнемеловых пород включает помимо первичных (размером 8–50 нм) и вторичных (диаметром 150–450 нм) глобул кремнезема диагенетические гипс, барит, каолинит, смектит, ярозит, алунит, гётит, голландит и др. [10].

С помощью методов люминесценции и растровой электронной микроскопии мы впервые показали, что мозаичный узор цветовой игры в природных австралийских и искусственных благородных опалах напрямую связан с их фрустумационным (агрегативным, кусковатым) внутренним строением, обусловленным не только неоднородностью пространственного распределения глобул кремнезема, но и вариациями их квазиплотнейшей кубической упаковки. Именно опалы (включая благородные) в качестве супертонкозернистых мономинеральных и простых по генезису горных пород — наиболее удобные модели для изучения явления фрустумации [11–13]. Благородные опалы из осадочных и вулканогенных пород состоят из однородных по размеру (диаметром от 150 до 450 нм) сфероподобных частиц (глобул) кремнезема [14], которые образуют участки (фрустумы) с квазиплотнейшей кубической гранецентрированной упаковкой (или гексагональной и квадратной), дифрагирующие свет (в соответствии с преобладающим размером глобул и характерным расстоянием между соседними интерстициями).

Они играют роль своеобразной дифракционной решетки (при длине волны ~380–550 нм наблюдаются холодные тона цвета, а при ~555–770 нм — теплые). Такие участки-фрустумы и дают иризацию однородного цвета. Они могут изменяться по размерам (от 0.05 до 5.5 мм) и по форме (от сферической до амебовидной и перистой). Так образуются различные структуры и текстуры (узоры) благородных опалов: мелкие разноцветные точки, похожие на булавочные уколы, более крупные (как лоскутное одеяло) пятна, цветковые сплохи. Размер и форма фрустумов зависят, по-видимому, от условий консервации и созревания геля кремнезема (в периоды относительно спокойные в тектоническом отношении и без локальных перепадов давления) [11–13].

В искусственных опалах размер фрустумов (визуализированных с помощью длинноволнового УФ-излучения и подтвержденного на сканирующем электронном микроскопе) варьировал в пределах 0.3–1.3 мм, а их форма была причудливой в плане и конусовидно-столбчатой в сечении (рис.7, 8).

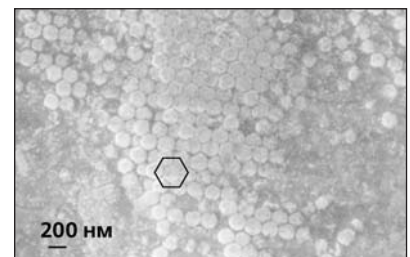
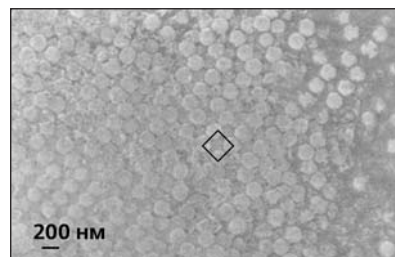


Рис.8. Монодисперсные вторичные глобулы кремнезема в образце искусственного благородного опала. Слева — расстояние между соседними интерстициями 221 нм соответствует в оптическом диапазоне синему цвету ( $\lambda = 440\text{--}485$  нм). Справа — расстояние между соседними интерстициями 248 нм соответствует в оптическом диапазоне зеленому цвету ( $\lambda = 495\text{--}565$  нм).

Фото А.В.Кнотько

## Австралийские опалы в музеях мира

Со времен Римской империи заслуженной славой пользовались европейские драгоценные опалы, добывавшиеся в Карпатах, на территории современных Венгрии, Словакии и Чехии. Лучшие представители этих (так называемых венгерских) опалов можно увидеть в Вене, в сокровищницах Хофбурга и в Музее естественной истории. Просвещенные правители обладали высокохудожественными драгоценностями с самоцветами со всего мира (рис. 9).



Рис.9. Украшения из словацкого драгоценного опала. Венский Музей естественной истории.

Фото Е.Н.Матвиенко

Однако на рубеже XIX—XX вв. европейские опалы вытесняются австралийскими [6]. В конце XIX в. прекрасные австралийские опалы появляются в лучших собраниях знаменитых музеев и в изделиях прославленных ювелиров.

Первые благородные опалы в Австралии были найдены в 1872 г. в Листауэл-Даунсе [5], а чуть позже — близ городка Спрингшур, что в северо-восточной части континента, в штате Квинсленд (рис.10).

В 1884 г. недалеко от поселка Уайт Клифф (штат Новый Южный Уэльс) также были обнаружены драгоценные опалы, а уже через девять лет население там резко возросло за счет прибывших на поиски драгоценных камней старателей и покупателей. В поселке начала издаваться газета «Добытчик опалов» (The Opal Miner). За более чем 20 лет Уайт Клифф стал жемчужиной этой английской колонии, произведя опалов более чем на 1.5 млн фунтов стерлингов. Здесь встречались и образцы опализированного дерева, раковин, остатков растений и животных, а также знаменитые опаловые псевдоморфозы по икаиту  $\text{CaCO}_3 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$ , известные как «ананасы» (рис.11).

Самое крупное месторождение не только в Австралии, но и в мире — Кубер-Педи. В нем добывается около 85% всех опалов Австралии, в том числе одни из наиболее красивых опалов сорта «crystal» — водяно-прозрачные или слабо окрашенные молочно-белые просвечивающие разновидности с сильной игрой цвета (рис.12). А было открыто месторождение в феврале 1915 г. 14-летним мальчиком Вилли Хатчинсоном, посланным отцом на поиски воды. Уже к 1920 г. стоимость добытых там опалов превысила стоимость всех других полезных ископаемых, извлекаемых (за исключением меди) в штате Южная Австралия.

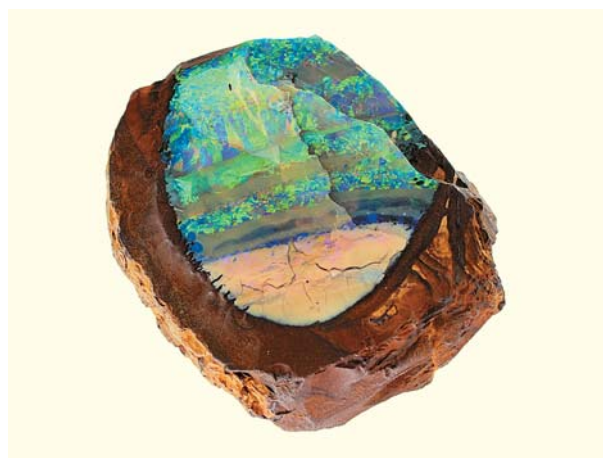
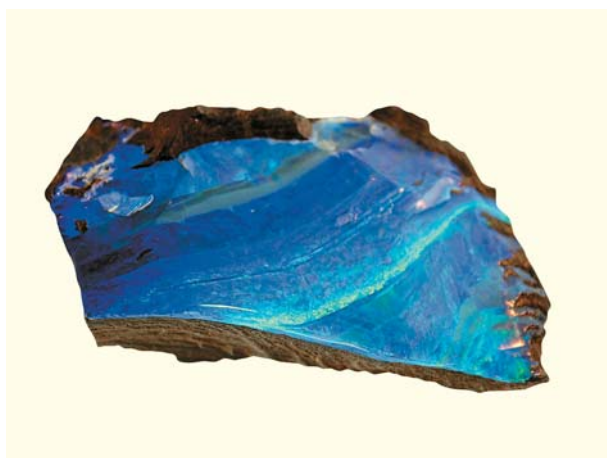


Рис.10. Драгоценные опалы из штата Квинсленд. Слева — боулдер-опал (матричный) размером 7.5 × 4.2 см с зелено-сине-фиолетовой иризацией на ожеженном «песчанике». В 1896 г. приобретен у американского дилера минералов Дж.Л.Инглиша. Справа — полихромный прослой опала размером 5 × 6 см на «пустынном песчанике». Преподнесен в дар в 1900 г. Ф.Стайндахнером, интендантом королевского музея. Венский музей естественной истории.

Фото из архива Музея естественной истории



Рис.11. Драгоценный опал размером  $9 \times 8 \times 7$  см, напоминающий ананас, из Уайт Клифф и его каталожная карточка. Приобретен в 1902 г. у австрийского путешественника А.Варгеса. Венский музей естественной истории.

Фото из архива Музея естественной истории

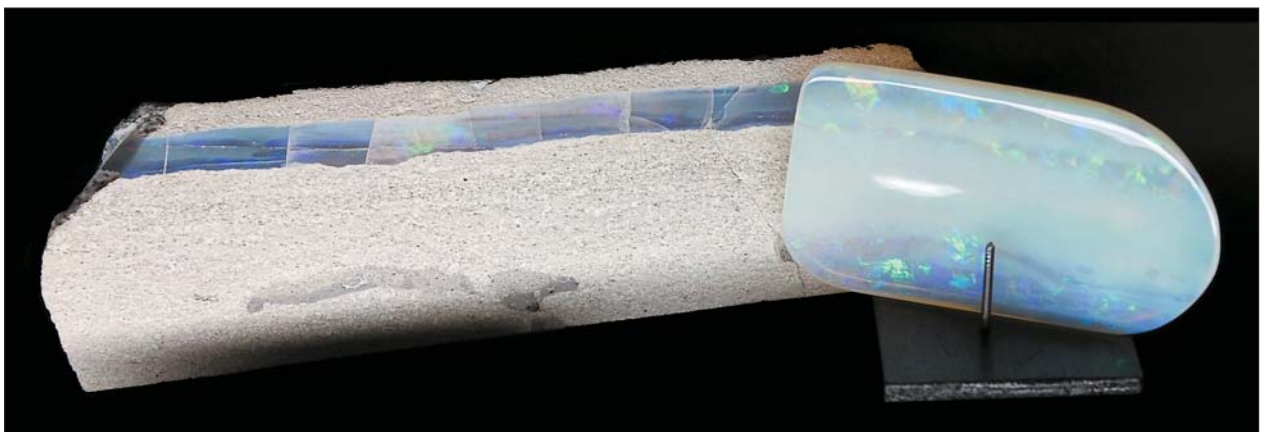
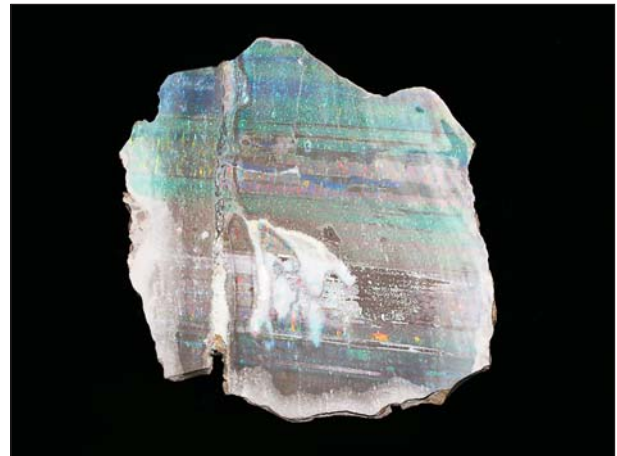


Рис.12. Драгоценные опалы. Вверху — благородный опал размером  $6 \times 4 \times 3.5$  см из Уайт Клифф, Минералогический музей СПбГУ (слева) и полированная пластина слоистой осадочной горной породы, поры которой заполнены опалом из Андамуки. Размер образца  $27 \times 25 \times 1$  см. Приобретен в 1999 г. Внизу — прозрачный опал сорта «crystal» из Кубер-Педи с молочно-белой основной массой на фоне опалового прожилка в «песчанике». Размеры образцов  $7 \times 4 \times 0.5$  см и  $16.5 \times 4.5 \times 1.5$  см. Приобретены в 2008 г. Венский музей естественной истории.

Фото Е.Н.Матвиенко (вверху слева) и из архива Музея естественной истории



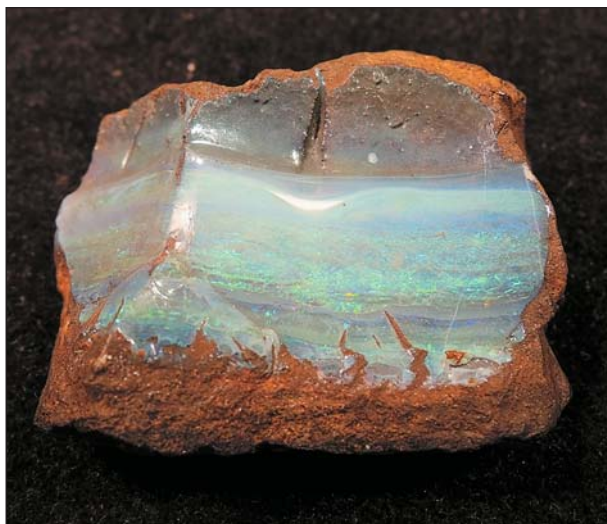


Рис.13. Образец боулдер-опала «Морской пейзаж» размером 5.5 × 5 × 3.5 см из месторождения Билла Крик. Поступил в 1918 г. в составе коллекции В.А.Иоссы. Минералогический музей им.А.Е.Ферсмана РАН.

Фото Е.Н.Матвиенко



Рис.14. Вставки из черного драгоценного опала размером до 1 см. Заготовки для изделий фирмы Фаберже (вверху) и опаловые кабошоны К.Фаберже сорта «crystal» размером 2.2—4 см. Переданы А.К.Фаберже академику Ферсману. Минералогический музей им.А.Е.Ферсмана РАН.

Фото Е.Н.Матвиенко

Сенсационная находка аборигенкой Тодди Брант в 1945 г. в районе, позднее названном Восьмая Миля, практически на поверхности крупных замечательных образцов опала, привела к окончательному установлению за Кубер-Педи славы мировой столицы опалов. Сейчас этот городок, расположенный на шоссе Стюарта, которое связывает юг континента (г.Аделаиду) и его север (г.Дарвин), представляет собой поселение примерно с 2500 старателями с семьями, налаженной инфраструктурой, туристическим бизнесом, церквями, отелями, музеями, кафе.

Одно из самых знаменитых месторождений опала в Австралии — Андамука (в переводе с местного наречия — «Большая скважина на воду») — тоже находится в штате Южная Австралия. Оно было открыто в 1935 г., а достигло своего расцвета к 1960 г., когда население в поселке составляло около 3 тыс. человек. В удачные годы объем добычи драгоценных опалов здесь был сопоставим с тем, что в среднем ежегодно достигается в Кубер-Педи. К сожалению, Андамука исчерпала себя и с 1970 г. вырабатывает очень мало опалов (рис.12).

Богатейший отечественный Минералогический музей им.А.Е.Ферсмана РАН также экспонирует замечательную подборку этих драгоценных камней. Лучшие необработанные боулдер-опалы из Квинсленда (рис.13) поступили в музей в 1918 г. в составе коллекции известного знатока камня, горного инженера и коллекционера минералов В.А.Иоссы [5].

Интересна история появления в собрании музея опалов Карла Фаберже. Этот легендарный ювелир императорского двора имел четверых сыновей. После революции, напуганный политикой военного коммунизма, он фактически бежал с женой, в то время как его сыновья пытались продолжать дела фирмы. Один из них — Агафон Фаберже — ювелир, геммолог, эксперт Бриллиантовой комнаты Зимнего дворца, а впоследствии Гохрана, был хорошо знаком с директором Минералогического музея академиком А.Е.Ферсманом. Они вместе работали в Комиссии по изучению естественных производительных сил России (КЕПС). Деятельность в Стране Советов для потомка придворного ювелира оказалась бесперспективной, но перед бегством в Финляндию в 1927 г. Агафон Карлович передал «остатки» фирмы Ферсману\*. Так в собрании музея появились изделия фирмы Фаберже, а также фотографии, зарисовки, заготовки для украшений. Среди них были как высокого качества обработанные вставки редких дорогих самоцветов, так и рядовой материал, дающий представление о разнообразии камней, использовавшихся фирмой (рис.14). Наиболее ценны образцы из личной коллекции Карла Фа-

\* См. Белоусова Т.А. Король экспертов, эксперт королей // Совершенно секретно. 2004. №1.

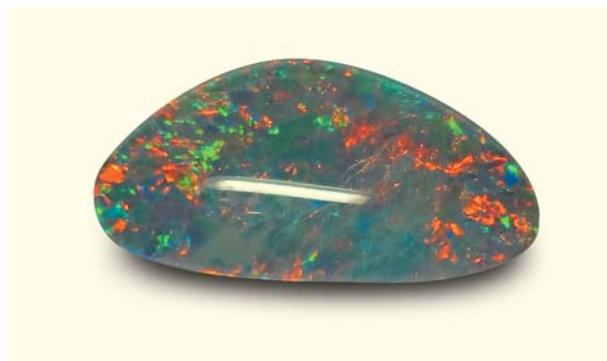


Рис.15. Опалы современной добычи. Триплет размером 3 × 2 см из Кубер-Педи (слева) и брошь с драгоценным опалом сорта «grey» из Уайт Клиффс. Выставка «Симфония самоцветов». Москва, 2014 г.

берже. Сведения о них записаны в музее со слов В.И.Крыжановского — старшего хранителя и правой руки Ферсмана в те годы, ставшего впоследствии также директором музея [15, 16]. Среди этого собрания прославленного ювелира, получавшего лучшие камни со всего света, видное место за-

нимают светлые благородные кабошоны сорта «crystal» (рис.14).

Каждый посетитель нашего музея на экспозиции поделочных и драгоценных камней (рис.15) может любоваться чудесными творениями природы, найденными сейчас и более 100 лет назад. ■

## Литература

1. Гюрх Г. Минеральное царство / Пер. с нем. С.И.Сазонова. СПб., 1904.
2. Аббат Гаюи. Техническое распределение драгоценных камней с отличительными признаками их. Извлечения графа Г.К.Разумовского, с прибавлениями и замечаниями, по собственным его наблюдениям / Пер. А.Танкова. СПб., 1833. С.36—42, 103—105.
3. Плиний Секунд Старший. Естественная история ископаемых тел. СПб., 1812.
4. Нерудные полезные ископаемые. Драгоценные камни. М., 1979. С. 646—657.
5. Gregor M. Opal mineralization of western Carpathians: mineralogy and petrogenesis. Bratislava, 2011.
6. Здорик Т.Б. Опал // Природа. 1990. №10. С.44—48.
7. Ray P. Opalisation of the Great Artesian Basin (central Australia): an Australian story with a Martian twist // Australian Journal of Earth Science: An International Geoscience Journal of the Geological Society of Australia. 2013. V.60. №3. P.291—314.
8. Денискина Н.Д., Калинин Д.В., Казанцева Л.К. Благородные опалы (природные и синтетические). Новосибирск, 1987.
9. Поваренных М.Ю., Загубный Д.Г., Корчуганова Н.И. Поиски благородного опала в Южной Австралии с использованием дистанционных методов прогноза // Разведка и охрана недр. 2014. №7. С.12—17.
10. Ахметова Г.Л., Ахметов С.Ф. От авантюрина до яшмы. М., 1990. С. 138—143.
11. Поваренных М.Ю. Об установлении нового свойства горных пород — скрытой текстуры // Доклады Академии наук. 2008. Т.419. №2. С.233—236.
12. Поваренных М.Ю., Матвиенко Е.Н., Кнотько А.В. О фрустумационном (кусковатом) внутреннем строении благородного и обыкновенного опала как супертонкозернистых горных пород (месторождение благородного опала Кубер-Педи, штат Южная Австралия) // Материалы 14-й Международной конференции «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле». Москва; Ярославль, 2013. С.218—221.
13. Поваренных М.Ю., Матвиенко Е.Н. Развитие теории минералогии и петрографии. Теоретико-системное обоснование естественной классификации горных пород и Периодической системы минералов. Саарбрюккен, 2014.
14. Поваренных М.Ю., Бурмистров А.А., Матвиенко Е.Н. и др. Особенности иризации в благородных опалах в свете их фрустумационного внутреннего строения // Докл. Академии наук. 2015. В печати.
15. Чистякова М.Б. Камнерезные изделия фирмы Фаберже в коллекции Минералогического музея имени А.Е.Ферсмана РАН // Новые данные о минералах. 2004. №39. С.124—140.
16. Матвиенко Е.Н. Коллекция В.И.Крыжановского в собрании Минералогического музея Академии наук // Материалы V Международного симпозиума по сохранению минерального разнообразия. София, 2011. С.65—68.

# Гены против пьянства

А.А.Ким, С.А.Боринская

Известно, что в Европе каждый год средняя продолжительность жизни увеличивается примерно на два месяца, а в России последние 20 лет небольшие периоды роста сменяются резкими падениями. Происходит это в основном за счет смертности мужчин трудоспособного возраста: в России только половина выпускников школы могут дожить до пенсии, а, например, в Англии — 90%. Менее известно, что главная причина демографических потерь — пьянство. То, что русские пьют (и иногда этим гордятся), сомнений не вызывает. Но принять водку как главного убийцу российских мужчин (и в меньшей степени женщин) многим оказывается сложно.

Повышение цен на спиртные напитки и ограничение их продажи порой воспринимается как покушение на дружеское застолье, на личную свободу. Тут же начинают звучать доводы, что ограниченная продажа алкоголя бессмысленна — мол все станут заранее запасать столько, сколько при свободной продаже и не купили бы, или перейдут на суррогаты и самогон, от чего здоровье только ухудшится. Но эти доводы несостоятельны. По оценке А.В.Немцова, одного из ведущих специалистов в эпидемиологии алкоголизма, горбачевская антиалкогольная кампания спасла более миллиона жизней\*. После-

\* Подробнее см. *Немцов А.В.* Убойная сила российского пьянства // Природа. 2003. №12. С.10—16.



**Анна Александровна Ким**, научный сотрудник лаборатории анализа генома Института общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН. Занимается популяционной генетикой человека и биомаркерами алкоголизма.



**Светлана Александровна Боринская**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник той же лаборатории. Основные научные интересы — генетическое разнообразие человечества, антропогенез, биологическая и социальная эволюция, генетика в междисциплинарных исследованиях.

довавшее за распадом Советского Союза «освобождение» алкогольного рынка с лихвой перекрыло этот эффект. Но ограниченная в последние годы продажа алкоголя уже приносит положительные плоды, стабильность и величину которых еще предстоит выяснить.

Эксперты половину смертей российских мужчин трудоспособного возраста связывают с алкоголем [1—6]. В «алкогольную смертность» входят цирроз печени, дорожно-транспортные происшествия, бытовой и производственный травматизм, а также убийства и самоубийства, значительная часть которых совершается в состоянии опьянения. Отдельную проблему составляют сердечно-сосудистые заболевания и смертность от них, которая шаг в шаг повторяет изгибы кривой смертности от острых алкогольных отравлений. Это свидетельствует о тесной связи «сердечных болезней» россиян со злоупотреблением алкоголем.

Небольшую долю составляют отравления алкоголем, причем вызваны они в первую очередь не низким качеством принятых спиртных напитков, а их количеством. Всемирная организация здравоохранения оценивает потребление человеком алкоголя более 8 л в год как опасное для здоровья населения и экономики страны.

По данным Роскомстата и экспертным оценкам, в России оно составляло в последние годы в среднем 11–16 л/год, что значительно выше опасной границы. Эпидемиологи, наркологи, социологи, психологи, экономисты, общественные, политические и религиозные деятели пытаются понять, что поможет сберечь здоровье нации. Вносит свой вклад в это понимание и генетика.



### Кто, сколько и как пьет

Прежде чем рассмотреть влияние генов на злоупотребление алкоголем и связанные с ним риски для здоровья, разберемся кто, сколько и как пьет.

Средние величины потребления спиртного на душу населения определяют по количеству произведенного и проданного алкоголя. А чтобы узнать, как распределяются количество и виды спиртных напитков между конкретными группами людей, необходимы специальные исследования. Оценка делается на основе опросов. Но определить таким способом точный объем выпитого невозможно, поскольку люди обычно занижают потребление (некоторые специально, а некоторые просто не помнят). Показано, что если в течение месяца каждый день фиксировать, сколько алкоголя выпил человек, а потом сравнить суммарный объем с тем, который он сам назвал, то различия будут немалые — примерно в два раза. Но при достаточно большом количестве опрошенных усредненные величины все же удастся установить. Кроме того, надежность ответов можно контролировать по анализам крови, поскольку при высоком потреблении спиртного меняется соотношение некоторых биохимических показателей [7, 8].

С целью выяснить количество и виды спиртных напитков, потребляемых конкретными группами людей, российскими медиками, демографами и генетиками в сотрудничестве с английскими специалистами, возглавляемыми известным эпидемиологом Д.Леоном, было проведено тщательно спланированное исследование [1, 2]. Опрашивали мужчин типичного российского города, поскольку именно мужчины оказались наиболее пострадавшей в демографических катастрофах час-

Продолжительность жизни в России (красная линия) и странах Евросоюза (синяя). Графики построены Е.Андреевым (Российская экономическая школа) по данным [www.mortality.org](http://www.mortality.org), [www.euro.who.int/en/what-we-do/data-and-evidence/databases](http://www.euro.who.int/en/what-we-do/data-and-evidence/databases).

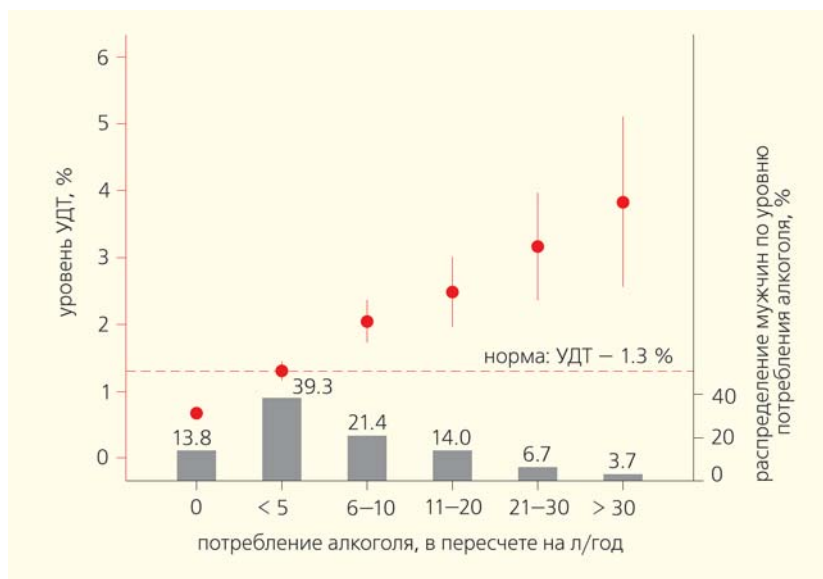


Динамика смертности от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) и от отравлений алкоголем [4].

тью населения. По сравнению с женщинами мужчины больше выпивают спиртного и потому смертность выше. В исследовании участвовало более 1500 мужчин из разных слоев населения, с разным уровнем доходов и образования.

Специально обученные интервьюеры задавали вопросы участникам эксперимента: сколько и как часто выпивают они пива, вина, крепкого алкоголя или суррогатов (содержащих спирт жидкостей технического, косметического или медицинского назначения); бывали ли запои за последний год, возникало ли похмелье и если да, то как часто. Спрашивали о возрасте, семейном положении, курении и многом другом и приглашали на медицинское обследование.

Среди опрошенных мужчин 85% потребляли алкоголь в год, предшествующий опросу; из 15% трезвенников лишь 0.4% (восемь человек из 1500) в течение жизни никогда не брали в рот спиртного. Характеристики потребления алкоголя оказались сле-



Зависимость биохимического маркера — углевод-дефицитного трансферрина (УДТ) от уровня потребления алкоголя и распределение мужчин по уровню потребления алкоголя (по данным опроса).

дующие: 11% выпивали более пяти раз в неделю; 79% потребляли водку и другие крепкие напитки; 23% похмелялись один или более раз в месяц; у 10% был один запой; более 6% потребляли суррогаты; 4% состояли на учете в наркодиспансере.

Согласно результатам эпидемиологических обследований, наличие запоев, частого похмелья, однократного потребления больших доз спиртного повышает риск смерти в шесть раз, а потребление суррогатов — в 20 раз [2].

В среднем алкогольные напитки, выпиваемые за год одним мужчиной, содержали около 10 л этилового спирта. Однако татары, входившие в обследованную группу, потребляли немногим более 6 л/год, что может объясняться соблюдением религиозных запретов частью населения. Оказалось, что в этом городе алкоголя потребляют столько же, как в целом по России, если учесть поправку на заниженные оценки при опросе.

Распределение спиртного (в пересчете на чистый этанол) оказалось весьма неравномерным: 12.5% мужчин выпили половину алкоголя, потребленного всей группой. У 3% наиболее сильно пьющих его количество в пересчете на водку составляло от 150 до 450 бутылок в год. Согласно данным опроса, треть мужчин превысила опасный рубеж — более 8 л/год. Если же учесть поправку на заниженные оценки при опросе, то за гранью «приемлемого потребления» находится почти половина обследованных мужчин. На долю «менее пьющей половины» приходится в среднем 2 л этилового спирта, или 10% всего выпитого обследованной группой алкоголя [9].

Эту оценку, сделанную по результатам опросов, подтверждает и биохимическое исследова-

ние. Как мы уже упоминали, некоторые биохимические показатели меняются при чрезмерном потреблении алкоголя. Наиболее точно установить его уровень за прошедшие 2–4 недели можно по степени химической модификации трансферрина. Этот белок крови занят транспортом железа, и в норме «обвешан» углеводными цепями. При злоупотреблении алкоголем (в пересчете на водку — более 2.5 бутылок в неделю) на протяжении 1–2 недель белок теряет свои углеводные «навески», и в крови растет доля так называемого углевод-дефицитного трансферрина (УДТ). В норме его уровень составляет 1.3%, т.е. лишь чуть более одной из сотни молекул белка теряет свои углеводные «украшения». Анализ крови на содержание УДТ в обследованной группе,

как и опросы, показывает, что почти у половины мужчин порог нормы превышен [7].

Уровень и стиль потребления алкоголя зависят от множества экономических и социальных факторов. Например, известно, что более образованные люди в среднем потребляют меньше спиртного, реже страдают запоями и внимательнее относятся к своему здоровью. Демографический кризис начала 90-х гораздо меньше затронул мужчин с высшим образованием: у них, в отличие от мужчин с полным и неполным средним образованием, продолжительность жизни не снизилась [5]. Но как влияют на потребление алкоголя гены?

## Гены управляют превращениями алкоголя

Поступивший в организм алкоголь обезвреживается печенью. На первом этапе этиловый спирт превращается в ацетальдегид. Это вещество гораздо токсичнее спирта, и именно его накопление вызывает неприятные ощущения при больших дозах спиртного. На втором этапе ацетальдегид обезвреживается с образованием веществ, которые легко выводятся из организма. Обе реакции контролируются ферментами: первая — алкоголь-дегидрогеназой (АДГ), а вторая — ацетальдегид-дегидрогеназой (АльДГ). Скорость работы этой пары задается генетически [10].

В 1970-х годах у населения Восточной Азии (китайцев, корейцев, японцев) были обнаружены необычные формы ферментов\*. Первый этап (на-

\* См. также: Козлов А.И. Сухой закон для поселка и джин для председателя // Природа. 2007. №8. С.45–49.

копление токсичного альдегида) проходил очень быстро, а второй (обезвреживание токсина) — медленно. При таком варианте метаболизма у носителей генов, определяющих эти изменения, одни и те же дозы этанола увеличивают концентрацию альдегида в крови в 10–30 раз больше, чем у европейцев.

Носители таких вариантов генов в несколько раз реже превращаются в алкоголиков, а те, которые все же ими становятся, подрывают свое здоровье более низкими дозами спиртного, чем люди без мутации. Около 70–80% населения Китая и Японии имеют такие «быстрые гены», а около трети китайцев могут употреблять алкоголь в европейских дозах.

В Европе «быстрые» варианты генов довольно редки. Измененная ацетальдегиддегидрогеназа, замедляющая распад токсичного альдегида, почти не встречается в европейских популяциях, а «быструю» алкогольдегидрогеназу, способствующую быстрому накоплению токсина, имеет от 1–2 до 10–15 человек на сотню (частота немного варьирует в зависимости от географического региона). Без своей напарницы «быстрая» АДГ обладает более слабым «антиалкогольным» эффектом: своим носителям она снижает потребление алкоголя в среднем примерно на 15–20%.

Частота «быстрого» варианта АДГ у русских такая же, как и у других народов Европы — около 10% [11]. Следовательно, по особенностям упомянутых ферментов, определяющих метаболизм этанола, русские от других европейцев ничем не отличаются. Никаких «специальных» генов, заставляющих русского человека пьянствовать, не обнаружено. Наоборот, 10% русских имеют мутантную форму алкогольдегидрогеназы, которая (по результатам исследований у других народов) ведет к снижению количества потребляемого алкоголя. Однако ранее никто не оценивал влияние этого варианта гена на потребление алкоголя у русских.

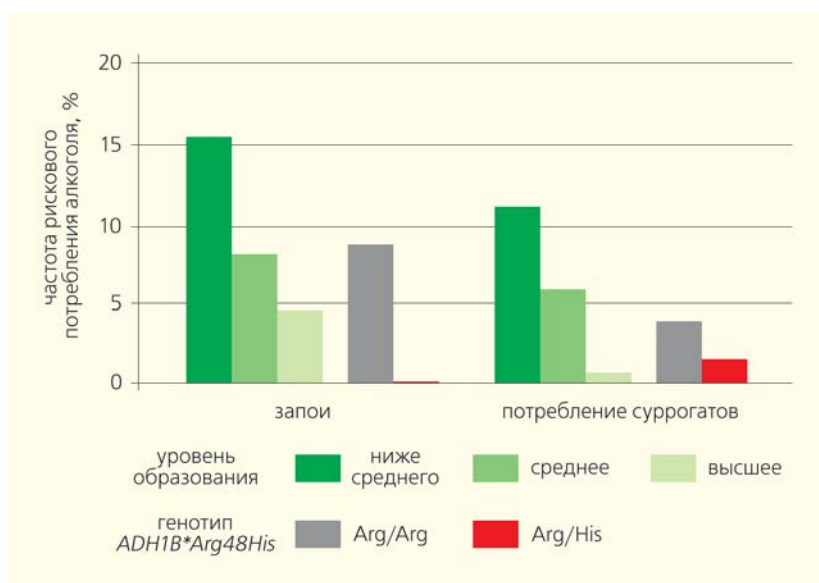
## Гены и грамотеи

В группу обследованных 1500 мужчин входило более 600 русских, согласившихся сдать кровь для генетического анализа. Мы установили, какой именно вариант гена АДГ у них имеется, и определили, что его носители действительно потребляют в среднем на 20% меньше алкоголя.

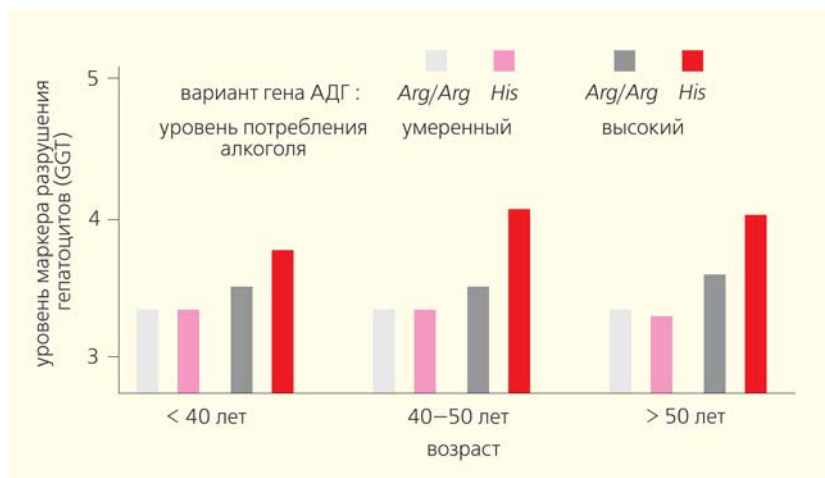
Интересно сравнить «более пьющую» группу с «менее пьющей» по разным характеристикам. Мужчин, не употреблявших алкоголь в год, предшествую-

щий опросу, выделили в отдельную группу. Все три группы различались по уровню образования. Среди «менее пьющих» оказалось больше лиц с высшим образованием (33.6%) по сравнению с «более пьющими» (22.9%). Наличие высшего образования делает менее вероятным попадание индивида в «более пьющую» группу. Среди мужчин с высшим образованием было меньше потребляющих суррогаты или имеющих запои; у них, как показало обследование, потребление алкоголя снижено примерно на 10%. И это не хитрость высокообразованных людей, которые «успешнее скрывают» свои пагубные пристрастия. Биохимические анализы крови подтвердили у них заниженный уровень углеводов-дефицитного трансферрина [8]. А вот среди мужчин, год или более воздерживавшихся от приема алкоголя, высшее образование имеют лишь 10.0%. Да и частота «быстрого» варианта гена АДГ у них ниже, чем даже в сильно пьющей группе. Эти и некоторые другие данные позволяют считать, что группа «непьющих» — это в основном сильно пившие в прошлом, которые по состоянию здоровья уже более не могут предаваться страсти к спиртному [9].

В отношении запоев обнаружился сильный эффект гена АДГ. У русских носителей «быстрого» варианта АДГ риск запоев примерно в 10 раз ниже, чем у мужчин, не имеющих такой «генетической защиты». Носители такого варианта реже потребляют и суррогаты. Защитный эффект быстрого гена выглядит более сильным на уровне индивида, чем защитный эффект высшего образования. Но для всей группы и тот и другой фактор в целом снижают потребление алкоголя примерно на 2–3%. Такая оценка для российских мужчин дана впервые в нашем исследовании [9].



Влияние социальных и генетических факторов на рискованное потребление алкоголя (по данным [1–4] и нашего исследования).



Возрастная динамика нарушений функций печени у мужчин в зависимости от варианта гена и уровня потребления алкоголя.

## Вред и польза одновременно

Казалось бы, лицам, получившим от родителей вариант гена «быстрой» АДГ, повезло — они меньше выпивают спиртного и, следовательно, у них меньше риск развития заболеваний, связанных с алкоголем. Но если мужчине удастся преодолеть неприятные ощущения, возникающие у него после застолий из-за ускоренного накопления альдегида, и все же злоупотреблять спиртным, его здоровье будет

ухудшаться быстрее. У носителей «быстрой» алкогольдегидрогеназы при потреблении алкоголя более 5–8 л/год обнаруживается более высокий уровень биохимических маркеров нарушения функций печени и сердца. И возникают эти нарушения в более раннем возрасте. Сочетание такого варианта гена со злоупотреблением алкоголем выявлено у 5% всей изученной группы русских мужчин, в два раза чаще — у удмуртов. А среди народов Южной Сибири, где особенно высока алкогольная смертность, «быстрый» вариант АДГ встречается у половины населения. Но эффекты, связанные с этим геном, у них еще не изучены. Неясно также, почему же некоторые обладатели генов, снижающих переносимость спиртного, все же придерживаются опасных стилей его потребления. Действительно ли тяжелая жизнь заставляет их делать это, или другие гены, связанные с риском развития депрессии, или что-то еще? Ответы на эти вопросы еще предстоит получить, и мы надеемся, что они помогут разработать более эффективные стратегии выявления групп риска и профилактические меры для лечения тех, кто этому риску подвержен. ■

Часть исследования выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 14-06-31173 мол-а).

## Литература

1. Андреев Е.М., Кирьянов Н.А., Леон Д. и др. Злоупотребление алкоголем и преждевременная смертность в России на примере Ижевска // Наркология. 2007. №8. С.38–52.
2. Leon D.A., Saburova L., Tomkins S. et al. Hazardous alcohol drinking and premature mortality in Russia: a population based case-control study // Lancet. 2007. V.369. P.2001–2009.
3. Leon D.A., Sbkolnikov V.M., McKee M. Alcohol and Russian mortality: a continuing crisis // Addiction. 2009. V.104. №10. P.1630–1636.
4. Leon D.A., Sbkolnikov V.M., McKee M. et al. Alcohol increases circulatory disease mortality in Russia: acute and chronic effects or misattribution of cause? // Int. J. Epidemiol. 2010. V.39. №5. P.1279–1290.
5. Sbkolnikov V.M., Andreev E.M., Jasilionis D. et al. The changing relation between education and life expectancy in central and eastern Europe in the 1990s // J. Epidemiol Community Health. 2006. V.60. P.875–881.
6. Borinskaya S., Kal'ina N., Marusin A. et al. Distribution of alcohol dehydrogenase ADH1B\*47His allele in Eurasia // Am. J. Hum. Genet. 2009. V.84. №1. P.89–92.
7. Leon D.A., Sbkolnikov V.M., Borinskaya S. et al. Hazardous alcohol consumption is associated with increased levels of B-type natriuretic peptide: evidence from two population-based studies // Eur. J. Epidemiol. 2013. V.28. №5. P.393–404.
8. McDonald H., Borinskaya S., Kiryanov N. et al. Comparative performance of biomarkers of alcohol consumption in a population sample of working-aged men in Russia: the Izhevsk Family Study // Addiction. 2013. V.108. №9. P.1579–1589.
9. Боринская С.А., Ким А.А., Рубанович А.В., Янковский Н.К. Влияние аллелей гена ADH1B и уровня образования на характер потребления алкоголя у российских мужчин // Acta Naturae. 2013. T.5. №3. С.103–110.
10. Gelernter J., Kranzler H.R. Genetics of alcohol dependence // Hum. Genet. 2009. V.126. P.91–99.
11. Zaridze D., Brennan P., Boreham J. et al. Alcohol and cause-specific mortality in Russia: a retrospective case-control study of 48,557 adult deaths // Lancet. 2009. V.373. P.2201–2214.

# Кочевой мир Евразии: феномен скифского мира в эпоху железа

Е.Н.Черных

В первой половине 1-го тысячелетия до н.э. в Евразии произошла технологическая революция, связанная с началом освоения железа. На смену эпохе раннего металла, о заключительном этапе которой рассказывалось в предыдущей статье\*, пришла эпоха раннего железа. И тогда одними из самых ярких обитателей степного пояса стали скифы, обладавшие неисчислимым арсеналом великолепного железного оружия [1–6]. Об этом странном и столь непохожем на эллинов степном народе еще в V в. до н.э. миру поведал древнегреческий «отец истории» Геродот в «Мельпомене» — четвертой книге своего великого труда. Сведения о характере, облике и истории культуры скифов греческий историк получил во время путешествия по берегам Понта Эвксинского. Именно там, на южной причерноморской окраине скифских владений, воинственные кочевники пребывали в контактах с обитателями прибрежных и отдаленных от метрополии греческих колоний. Современные ученые нередко пытаются воссоздать детальный маршрут Геродота по этим краям [7], и вполне возможно, что некоторые карты близки

\* Кочевой мир Евразии: кочевники Запада в конце бронзового века // Природа. 2015. №2. С.43–55.

© Черных Е.Н., 2015



**Евгений Николаевич Черных**, доктор исторических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заведующий лабораторией естественно-научных методов Института археологии РАН. Область научных интересов — история технологий и структура древних культур и общностей Евразии.

к истинным. Однако при попытках очертить ареал скифского мира исключительно на базе Геродотовых повествований (так называемая Геродотова Скифия) ошибочность подобного рода реконструкций становится весьма очевидной.

## Скифский мир: что это?

Не только для историков, но и для археологов зарождение и стремительное формирование в 1-м тысячелетии до н.э. на евразийской арене *скифского мира* стало событием «номер один». Исходным ареалом этого феномена послужила западная половина Великого Степного пояса с ее пастушескими кочевыми и полукочевыми культурами. Но очень скоро кочевники степного Запада резко расширяют границы своих влияний — а может быть, даже владений, о чем свидетельствуют их выразительные курганные некрополи в бассейне среднего Дуная, в Паннонии. Более того, их отдельные проникновения мы видим и далее к западу — уже на Одере. На противоположном фланге весьма впечатляющие курганные комплексы находят в поразительном (примерно в 2.5 тыс. км) удалении от Джунгарских ворот — знаковой границы между Западом и Востоком — на полупустынном плато Ордос, оконтуренном гигантским меандром Хуанхэ [8]. Скифские памятники обнаруживают и далее



к востоку, на севере провинции Хэбэй, по существу, на границе с Маньчжурией. Арелал скифского металла едва ли не вплотную подходит к тихоокеанскому заливу Бохай.

Расстояние между западным и восточным флангами скифского мира поражает: не менее 8.5 тыс. км. Учитывая, что по прямой линии никто никогда не передвигался, реальные дистанции надо увеличивать по крайней мере в полтора раза. Общая площадь, занимаемая скифами, составила не менее 8—8.5 млн км<sup>2</sup>. Для сравнения: Геродотовы Скифия покрывала до 0.5 млн км<sup>2</sup> причерноморских степей. А это не более 6%, т.е. ничтожная часть от пространств всего скифского мира.

Каковы же важнейшие черты культуры скифов? Чем врезаются они в нашу память и как формируются представления о давно исчезнувшем удивительном мире? Ответ не будет сложным; речь идет лишь о нескольких чертах, зато очень ярких и легко запоминающихся.

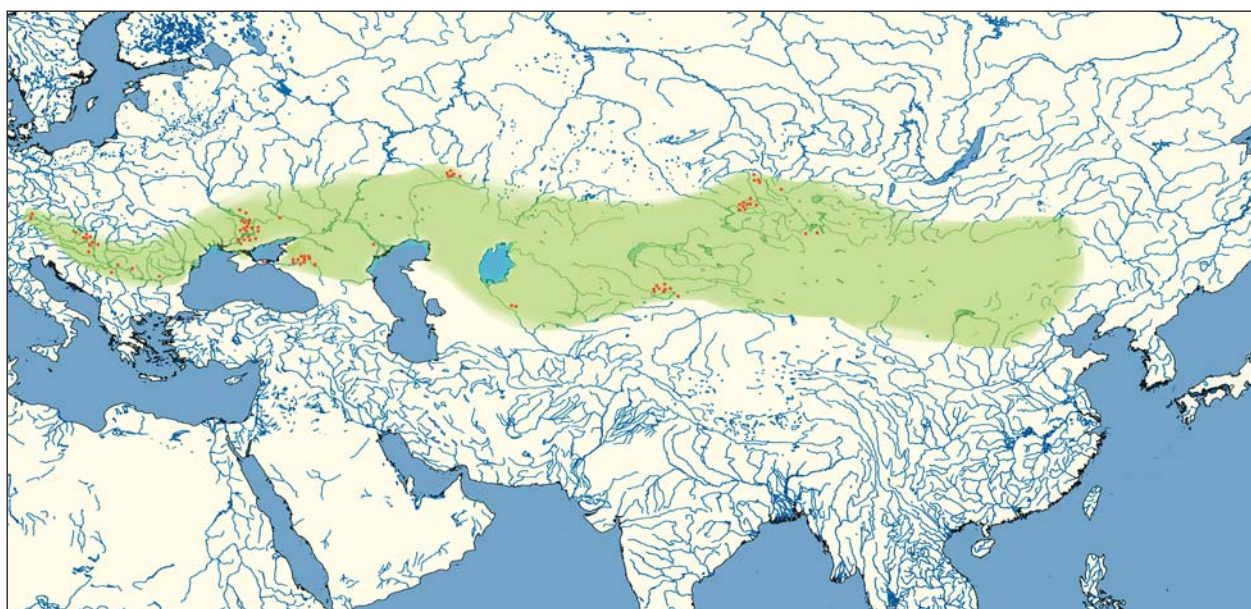
Первое — это, разумеется, гигантские курганы вождей. Второе — скрытые под насыпями погребения с захоронениями коней, которые почти непременно сопровождали покойника в потустороннее путешествие. Третье — комплекс конской узда и лошадиной сбруи. Четвертое — металлические изделия: железное, медно-бронзовое или биметаллическое оружие, а также крупные бронзовые котлы. И наконец, пятое: неисчислимая масса неповторимых по форме и содержанию высокохудожественных золотых и серебряных изделий. Эти истинные сокровища скифского мира по праву занимали лучшие витрины центральных музеев мира; им же были посвящены многие оформленные самым совершенным образом богатые альбомы...

## Наследники «майкопа» — две тысячи лет спустя

Если перечисленный перечень базовых деталей скифского мира близок к истинному, то по своей сути блок этих культур — едва ли не полное повторение (или же более позднее воссоздание) того, что мы наблюдали в «майкопе»\*: те же гигантские надмогильные курганные насыпи, те же погребения вождей с высокохудожественным золотом и серебром, богатые наборы металлического оружия с бронзовыми котлами. Вот только разделял эти культуры весьма протяженный временной провал в два тысячелетия. Но таким ли уж огромным он был? Может быть, все или по крайней мере многое в нашем мире должно повторяться и повторяется в реальности?

При всем поразительном сходстве скифского и майкопского миров различия, конечно, имеются. Выглядят они также впечатляюще: все показатели давно ушедшей культуры раннего бронзового века скифы усиливают сразу как будто на два порядка. Так, площадь «майкопа» в северокавказских предгорьях весьма невелика — всего около 75 тыс. км<sup>2</sup>. Скифский мир увеличивает ее **более чем стократно** — до 8 млн км<sup>2</sup>! Теперь о драгоценностях: всего в майкопских могилах нашли около 7.5 тыс. золотых украшений и до 1100 серебряных предметов. Но примерно такую же массу золота и серебра археологи могли обнаружить всего лишь в одном-единственном (!) захоронении скифского князя. Учтем при этом, что едва ли не все скифские могилы были разграблены

\* Кочевой мир Евразии: номады Запада на заре эпохи металлов // Природа. 2015. №1. С.28—41.



Ареал скифского мира в Евразии. Красными точками обозначено местоположение групп курганов «царских» некрополей.

еще в древности, отчего крайне трудно определить, сколько же изделий из драгоценных металлов сопровождало вождя при похоронных церемониях в действительности. Стало быть, и в этом плане различия вряд ли могут быть меньше стократных. Добавлю также, что в «майкопе» могилы усопших вождей не сопровождалась трупами забитых коней...

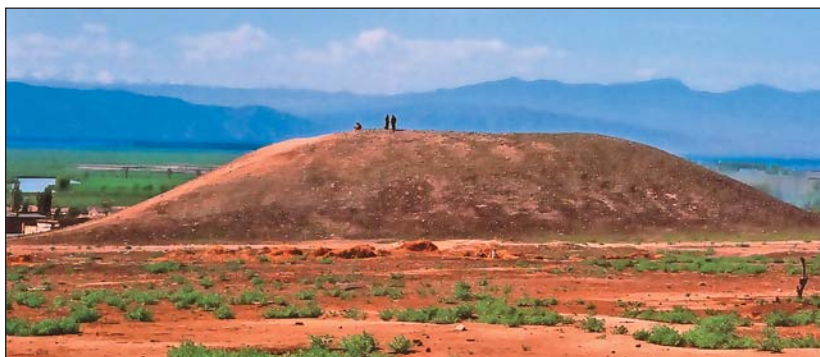
Удивляет еще одно обстоятельство: во времена отдаленного «майкопа» могилы соплеменников не грабили, поэтому они предстали перед археологами нетронутыми. Возможно ли объяснить это более высокой нравственностью ранних майкопских пастухов на фоне номадов скифских культур? Если да, то эта добродетель «украшала» лишь их сородичей, ведь мы знаем, что южных соседей-инородцев майкопские всадники вряд ли «освобождали» от лишних богатств только лишь ласковыми уговорами.

### Курганы скифского мира

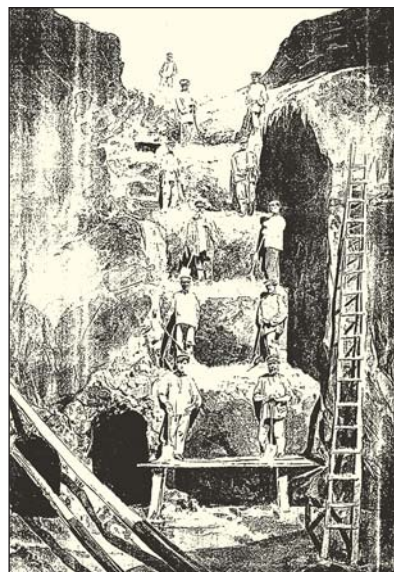
Истинное, знаковое величие скифских надмогильных насыпей поражало уже с момента возведения, по-видимому, всех, кто видел их не только вблизи, но даже издали. Не перестают, впрочем, удивлять эти громады и сегодня — ведь еще остались за створом Джунгарских ворот — на далеком Востоке — нетронутые археологами надгробья. Насыпь самого, как полагают, крупного скифского кургана Огуз в Северном Причерноморье возвышалась над степью более чем на 21 м и занимала круг диаметром до 380 м. Курган Чертомлык из этой же группы надмогильных холмов имел насыпь высотой в 20 м при диаметре 350 м. Немногим меньшей насыпью отличался курган Солоха, высота которого приближалась к 18 м. Все эти искусственно созданные возвышенности располагались в бассейне нижнего Днепра. И заметьте: почти каждый из таких выдающихся курганов местные обитатели награждали особым именем: Пять Братьев, Литая (или Червонная) Могила, Гайманова Могила, Толстая Могила и т.п. Скифы, соорудившие более

2 тыс. лет назад в безбрежной степи эти надмогильные холмы, имели свои расчеты: кочевавшие по равнинам или оседавшие здесь группы людей должны были ощущать невыразимое величие персон, чей прах покоился под курганами.

Действительно, могучие курганы почти всегда привлекали к себе внимание людей самых разнообразных. Когда слабели и исчезали из этих краев родичи и соплеменники усопших — реальных или мнимых — героев, незамедлительно появлялись грабители-профессионалы, способные уве-



Еще не изученные археологами огромные скифские курганы с каменными и земляными надмогильными насыпями (Синьцзян).



Курган Огуз, один из крупнейших в скифском мире, и раскопки на нем в 1979—1981 гг. (слева) и в 1891—1894 гг.

ренно судить о возможных богатствах покрытой насыпью могилы и точках, где те сокровища проще отыскать.

Громады курганов поражают: какой же объем земли, камней и иных материалов нужно было доставить на место захоронения скифских вождей! И откуда все это привозили? В 1971 г. украинский археолог Б.Н.Мозолевский [4] проводил раскопки Толстой Могилы — далеко не самого крупного из княжеских надгробий. Ее высота 8,5 м, а диаметр лишь 70 м. Объем насыпи был равен примерно 12 тыс. м<sup>3</sup>, а грунт для нее, как полагает автор раскопок, доставляли на возах на расстояние в 5 км. В сооружении насыпи, а также в погребальной

тризне участвовали 2,5—3 тыс. человек. Мозолевский считает, что вся операция заняла примерно 8 дней. Но во время археологических раскопок для транспортировки всей этой массы земли потребовались могучие грузовики и более месяца работы. Так верны ли расчеты для скифской древности Толстой Могилы? Вряд ли. Согласно Геродоту, погребальные процедуры скифских царей совсем не столь скоропалительны, они никогда не укладывались в рамки одного года. Сооружение всего надмогильного комплекса требовало от сородичей и соплеменников колоссальной энергии. Для сравнения: насыпь кургана Огуз, по данным разных авторов, имела объем от 117 до 140 тыс. м<sup>3</sup>, т.е. десятикратно больший по сравнению с Толстой Могилой.

Порой раскопки скифских курганов продолжают не один год, проводятся совершенно разными исследователями, при этом далеко не всегда удается восстановить истинную картину всего погребального комплекса. Как уже говорилось, курган Огуз был своеобразным рекордсменом по размерам надмогильного холма. Но он стал бы дважды рекордсменом, если бы мы вели отсчет по продолжительности раскопок: к комплексу последовательно обращались четыре (!) поколения археологов.

Похоронные ритуалы и церемонии у кочевников в различных регионах гигантского скифского мира, конечно же, различа-



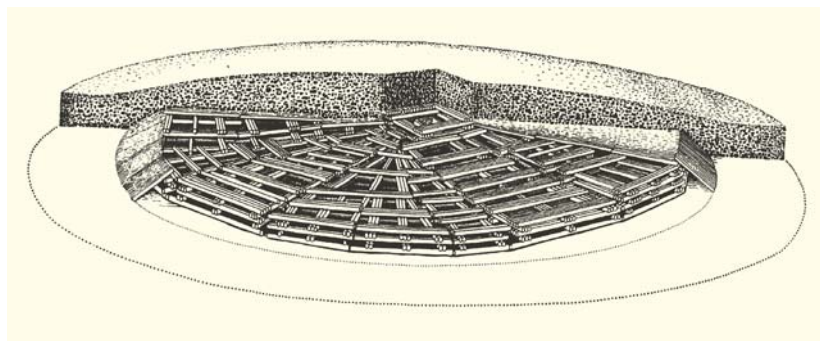
Курган Иссык в Семиречье на юго-востоке Казахстана. Справа: реконструкция похороненного под курганом вождя в золотом одеянии и с оружием.

лись, причем в существенных деталях. Безусловно, центральное место под курганом непременно принадлежало покойному лидеру. Но оформление пространства, окружавшего центральную усыпальницу, происходило по-разному. К примеру, под огромной насыпью кургана Чертомлык от центральной могилы царя отходили четыре обширные ямы. Иначе выглядит расположение похоронных комплексов, например, в станице Костромская на Северном Кавказе. И уж совершенно по-иному обустроивали пространство под курганной насыпью в далекой Туве, уже неподалеку от Джунгарских ворот. Там под курганом Аржан-1 вся площадь вокруг центральной могилы оказалась покрытой сложными конструкциями из бревен.

Сопровождение покойника специально забитыми к похоронам конями было почти неизменной деталью едва ли не всех более или менее крупных скифских погребений. Вождь воинственных кочевников должен был явиться в потусторонний мир не только с табуном лихих коней, но также с женами, наложницами, слугами. Об этом довольно подробно повествовал и Геродот. Однако тексты его «Мельпомены» сообщают нам лишь о погребальных ритуалах у скифов Северного Причерноморья.

### Группы царских курганов и их география

Изучение карты распространения величественных курганов скифского мира наталкивает на ряд любопытных заключений. Правда, мы имеем возможность судить лишь о западной половине Евразии [5]; для востока континента достаточно внятные и представительные материалы пока отсутствуют. Начну с утверждения, что сколько-нибудь равномерного рассеивания «царских» некрополей по всему пространству запада скифского домена не наблюдалось. Все некрополи этого ранга, как правило, достаточно четко группируются на определенных территориях, и таких групп можно насчитать до семи. Курганы первой из них мы только что обсуждали в предыдущем разделе: это погребения Геродотовых «царских скифов» Северного Причерноморья и нижнего Поднепровья. Вторая (самая западная) группа выходит за пределы Степного пояса; она локализована по преимуществу в Паннонии и в бассейне среднего Дуная. Третья группа представлена на



Курган Аржан в Туве: реконструкция деревянных сооружений под насыпью и массовое захоронение лошадей.

Северном Кавказе, а точнее — в бассейне Кубани (Келермес, Уляп и др.). Следующее скопление огромных курганов встречается уже на северо-востоке, в районе господства *савроматов*, в бассейне р.Урал (Филипповка, Прохоровка). В очень далекой от Урала области располагаются золотоносные некрополи саков, или же сако-массагетов (курганы Семиречья, Золотой курган и др.). *Сакская группа* буквально «прижата» к северным предгорьям Тянь-Шаня, не столь далеко от оз.Иссык-Куль. В предгорьях Алтая, а также в горных областях этой системы (высокогорное плато Укок) сосредоточены знаменитые своими ледовыми мумиями [9] курганные некрополи *пазырыкской* культуры. Наконец, самая восточная группа примыкает к верхнему бассейну Енисея в Туве и Хакасии и широко известна своими курганами Аржан-1 и Аржан-2, а также некрополями *тагарской* культуры.

Следующее наблюдение за картой распространения могильников знати показывает, что пять из семи перечисленных групп некрополей с богатейшими наборами погребального инвентаря располагались у самых краев ойкумены скифского западного мира, в большей или меньшей степени тесно соприкасаясь с инородными оседло-земледельческими цивилизациями и сообществами. Признать это чистой случайностью вряд ли возможно. Среднедунайская группа в Паннонии вплотную «придвинулась» к периферии эллинского мира — к Фракии и Иллирии. Нижнеднепровская группа Геродотовых «царских скифов» всегда находилась в тесном контакте с греческими коло-



Мумия и китайская колесница в захоронениях скифской знати на плато Укок (Алтай), а также наскальное изображение китайской коляски и сопровождающих ее всадников в горах Монгольского Алтая.

ниями Северного Причерноморья. Кубанская группа «прижата» к предгорьям Большого Кавказа, за хребтом которого располагались чужеродные для кочевников вассальные образования государств Урарту, Ассирии и западной Мидии. Сакские некрополи воздвигались близ относительно проходимых перевалов через могучий Тянь-Шань в бассейне Тарима, к восточным провинциям царства Мидии. Пазырыкские курганы нависали с севера над Джунгарскими воротами, откуда открывался свободный проход в Синьцзян, вплоть до Ордоса и, стало быть, до пограничных областей китайских царств Западного и Восточного Чжоу.

Скорее всего, пограничное положение большинства групп приоткрывает нам тайну тех путей, по которым к скифам могли попадать, и почти наверняка попадали, драгоценные металлы и, вероятно, некоторые готовые изделия из них. К примеру, курганы Причерноморья, бассейнов Днепра и Дона будут указывать на балкано-эгейские каналы. Среднеазиатские драгоценности ведут нас в Иран. Саяно-алтайские погребальные комплексы могут даже связать тамошних обитателей с весьма отдаленным Китаем времени династий Чжоу. При этом весьма сомнительно, чтобы такие удивительные дары соседствующие со скифами народы передавали тем совершенно добровольно, «в порыве любви и дружбы».

## Металлы у скифов

Наряду с громадами курганных сооружений и характером погребений под ними металл скифского мира также можно отнести к разряду неповторимых. Основных металлов у кочевников было четыре: железо, медь/бронза, золото и серебро. Железо шло на изготовление оружия. Медь и различные типы сплавов на ее основе были универсальным сырьем: из них отливали и ковали оружие, предметы сакрального назначения, украшения. Из золота и серебра выделывали только украшения.

Железо — это, прежде всего, кинжалы, мечи, наконечники копий и дротиков. Порой к железному клинку княжеского меча или кинжала приливали фигурную бронзовую рукоять и покрывали ее золотой фольгой с вытесненными на поверхности различными изображениями. Удивительные по реалистичности изображения железного оружия в битве всадника с двумя пешими воинами изображены, например, на золотом гребне из кургана Солоха.

Самым знаменитым и эффективным видом скифского оружия из меди или бронзы были, безусловно, шипастые наконечники стрел. Эти присутствующие лишь скифам мелкие изделия обнаруживают в едва ли не бесконечном множестве от Китая до Центральной Европы. Быстрые и маневренные скифские всадники-лучники внушали постоянный ужас своим пешим противникам. Подобный



Образцы железного оружия скифов.

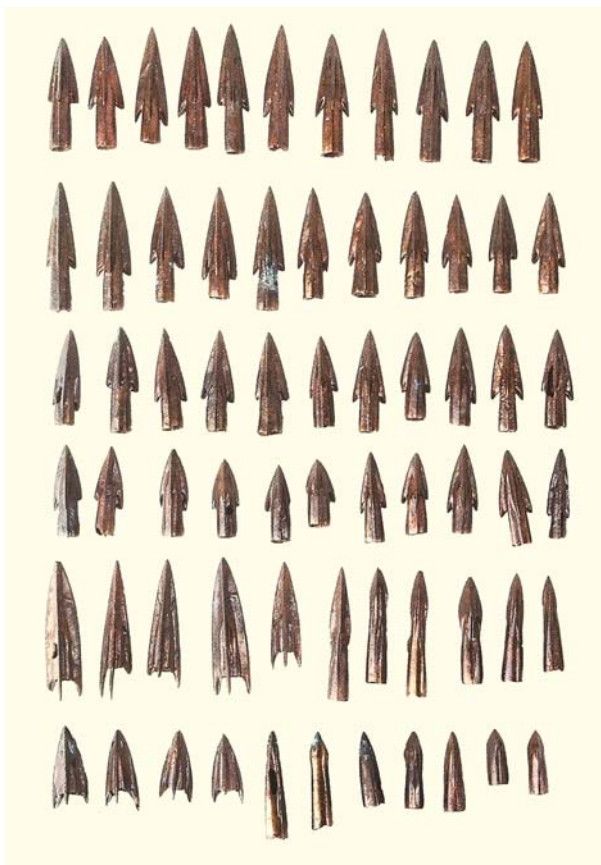
страх позднее испытывали от туч жалящих стрел стремительно перемещавшихся гуннских или монгольских всадников — об этом сообщают нам письменные источники. Уже в 5-м столетии до н.э. предупреждением прозвучали слова Эсхила из «Прометея прикованного» об особой опасности скифов — тех, что «в плетеных коробах, высоких, на колесах, с дальнотрельными не расставаясь луками, привыкли жить». Шипы на вонзающихся в тело врага наконечниках стрел не позволяли простым усилием вырвать их из раны. Коварный кусочек металла нужно было обязательно вырезать, иначе пораженного стрелой ожидали неприятные осложнения.

Столь же знаменитой, но уже совершенно иной категорией медной или бронзовой продукции были котлы — малые, большие и даже огромные. Их отливали в специально приготовленных многотворчатых литейных формах-матрицах. Подобные котлы, и в первую очередь крупные, никак не могли относиться к обычной кухонной посуде. По всей видимости, в них готовили лишь сакральную пищу для важных событий — похоронных церемоний или праздников. И наконец, медь и бронза шли на изготовление конской сбруи и узды. Для всадников-номадов весь этот набор вещей имел ценность особую, поскольку вся их жизнь была неразрывно связана с коневодством.

### Источники металла

Коснувшись болезненной темы о нравственности северокавказских номадов в 4-м тысячелетии до н.э., вспомним, что весь металл «майкопа» был связан с южными источниками. И вряд ли северокавказские пастухи получали его по принципу «товар за товар»: в реальности никаких свидетельств собственного горно-металлургического производства в «майкопе» нам не известно. Судя по всему, едва ли не то же самое нам придется предположить и в отношении скифов. Ведь именно разнообразнейшие металлы и великолепные формы их производства смогли выдвинуть скифские культуры на первый план среди множества евразийских сообществ. Но откуда скотоводы этой гигантской системы могли получать такую неохватную массу металла?

Некоторое исключение составляет, пожалуй, знаменитое Каменское городище, располагавшееся на левом берегу нижнего Днепра, напротив современного г.Никополя. Именно сюда было нацелено внимание скифологов при обсуждении жгучей проблемы металлургического и металлообрабатывающего производств у этих культур. То был огромный поселок или даже, как полагают некоторые, город площадью 12 км<sup>2</sup>. Интерес к городищу проявляли еще в самом конце XIX в., после чего вот уже более сотни лет самые разнообразные специалисты занимались его раскопками и изуче-



Скифские медные и бронзовые наконечники стрел. Луки и стрелы — один из самых эффективных видов оружия у скифских всадников.



Медные и бронзовые котлы в культурах скифского мира.

нием. Исследователи стремятся доказать, что в этом поселении существовали многочисленные мастерские по обработке металлов. Вместе с тем, масштаб производства в них, судя по публикациям, представляется не очень значительным. Не слишком впечатляет и разнообразие производимых там изделий. Продукция мастерских могла распространиться лишь в относительно узком регионе степной Скифии в нижнем Поднепровье — и не более того. И еще одна любопытная деталь: скифы завершили свою историю в данном «царском» регионе в III в. до н.э. Одновременно прекратило свое существование и огромное Каменское городище с его мастерскими. Другие свидетельства металлообработки в скифском мире выглядят намного скромнее.

В отношении этого городища странным кажется другое. Очень многие скифологи затрагивали тему обработки здесь металлов, но никогда всерьез не пытались даже поставить вопрос об их источниках. Откуда же доставляли сюда и железо, и медь? Возможно ли полагать, что в I-м тысячелетии до н.э. началась эксплуатация выходов железистых минералов огромного Криворожского железорудного бассейна, протянувшегося более чем на 100 км от рек Ингульца и Саксагани к бассейну Днепра? И есть ли у нас какие-либо четкие свидетельства этих разработок в столь раннее, еще скифское, время? Ну, а медь? Искать ли ее источники в горно-металлургических центрах Балкано-Карпатья или Кавказа? Сравнительно недалеко от зоны царских скифов с Каменским городищем, к примеру, донецкие медистые песчаники. Однако никаких безусловных доказательств эксплуатации здесь руд в скифское время мы не имеем.

Пожалуй, еще более показательными стали данные о полном отвержении скифо-сарматскими номадами рудного промысла в Каргалинском горно-металлургическом центре. После ухода отсюда горняков и металлургов срубной общности наступил трехтысячелетний период полного забвения этого центра. Погребальные памятники савромато-сарматской культуры здесь изобильны. В самом центре Каргалинского меднорудного поля раскопаны могильники с захоронениями сарматов IV в. до н.э. Однако ни свидетельств причастности номадов к эксплуатации рудных богатств, ни вообще следов разработок I-го тысячелетия до н.э. на этом гигантском рудном поле мы не знаем, хотя проводились их специальные поиски.

Каргалы входят в бесчисленную череду медных и полиметаллических месторождений (от Южного Урала вплоть до Западного Алтая), оставленных древними горняками еще в начале третьей фазы развития Западноазиатской металлургической провинции (ЗАМП). Едва ли не все они — малые, большие и гигантские — простояли невостребованными 3 тыс. лет, вплоть до

XVIII—XIX вв., когда в этих регионах появились российские промышленники. Они разыскали все рудники с поразительной скоростью, ориентируясь лишь на сохранившиеся следы древних выработок, к которым их за смехотворную плату вели местные пастухи, даже не подозревавшие, какие богатства скрывают зеленые камни этих провалов и отвалов.

## Скифское золото

«Кумир священный» для человечества — золото — и связанные с ним серебро и высокохудожественные произведения оказываются в конце перечня особо приметных для скифского мира признаков. Предложенный порядок, скорее всего, не точен: изделия эти столь выразительны, что ими можно открыть перечень особенностей скифского комплекса. Ведь находка даже отдельного предмета, выполненного в так называемом скифском зверином стиле, как правило, не вызывает сомнений в принадлежности его скифскому миру.

Скифский звериный стиль стал одной из самых ярких и впечатляющих страниц в многотысячелетнем искусстве Евразии. Перед зрителем проходят бесконечные вереницы диких копытных — оленей, козлов. Над ними нависают, их беспощадно терзают львы, тигры или же некие чудища-грифоны. При этом строгий реализм фигур может быть совмещен с причудливо-фантастичными образами и композициями.

Лошадь на такого рода картинах крайне редко бывает «оторвана» от человека, она почти всегда рядом с хозяином. Если люди восседают в конском седле — тогда это сцены битвы либо охоты. Кони, как и их хозяева, почти никогда не приобретают фантазмагорических образов, а их изображения на удивление реалистичны. Но в ряду «конь—человек» наиболее впечатляют даже не героические, а бытовые сцены. Скифы сидят, ведут между собой беседу или управляются с тетивой лука; скиф выдирает большой зуб у своего сородича; два побратима осушают рог с хмелем на «брудершафт»; скифская семья со своими лошадьми отдыхает под деревом... Череда подобных образов людей и животных весьма и весьма протяженна.

Обратим внимание на одну чрезвычайно любопытную особенность сюжетов с участием человека на золотых горельефах. На них практически всегда представлены рядовые, «обычные» скифы. В этом ряду нет властной элиты — вождей, князей, царей. В данном отношении скифские картины резко отличаются от хрестоматийно известных в искусстве южных цивилизаций. В Древнем Египте, например, обычны были образы монархов — гигантские высеченные из камня изображения либо огромная фигура фараона на колеснице, попирающего всякую вражескую мел-



Сцены охоты и терзаний животных, представленные в золотых и серебряных фигурных пластинках и бронзовых отливках.

кую нечисть. Известны горельефы с ассирийскими монархами, перед которыми повержены ниц их некогда владетельные недруги... Правда, иногда полагают, что, скажем, на чаше из Гаймановой Могилы изображены скифские властители. Но как невелика эта уместяющаяся в мужской ладони чаша! И сколь мало похожи на могущественных вождей две сравнительно будничные фигуры отдыхающих и беседующих между собой бородатых мужчин [4, 10].

Но интереснее, пожалуй, другое. Скифское общество строго иерархично, иначе как можно истолковать громады их курганов и насыщенные сокровищами погребения под насыпями? Все драгоценности, все золотые горельефы обнаружены исключительно в могилах царей и знати, но никогда в рядовых. Однако именно среди захоронений знати мы не находим ни одного

изображения великого в своей прижизненной славе покойника, несмотря на то, что искусно выполненный в золоте образ владыки мог бы послужить усопшему надежной визитной карточкой для трудного путешествия в загробный мир. Возможно ли



Знаменитая золотая шейная гривна из кургана Толстая Могила в Поднепровье (слева) и золотая корона скифского вождя из Ордоса (средний бассейн Хуанхэ).





Сосуды из Частых курганов с Дона и кургана Куль-Оба из Восточного Крыма с изображением выразительных сцен из повседневного быта скифов.



Золотые пластинчатые аппликации — скифы-побратимы и отдых скифского семейства под деревом (вверху); серебряная чаша с позолотой из кургана Гайманова Могила в нижнем Поднепровье (некоторые исследователи полагают, что на ней изображены фигуры царственных скифов).

представить себе сходную ситуацию, скажем, для египетского фараона?

И еще об одном. Геродот передает нам сведения о жестком неприятии скифами чужеродных, в частности, греческих воздействий. Дело обернулось даже казнями видных, властных персон — Анахарсиса и Скила, позволивших себе погрузиться в дурман ненавистной для скифов эллинской религии. Но чем и как тогда можно объяснить изрядное количество изображений и горельефов с сюжетами из эллинских канонов в царских курганах Северного Причерноморья, т.е. именно в Геродотовой Скифии? Ведь на золотых пластинах и подвесках различных обкладок представлены античные боги и герои, даже целые ряды этих вроде бы ненавистных для скифов фигур. Что это? Отвержение деталей чужеродной идеологии в реальной жизни и благосклонное отношение к ней в жизни потусторонней? Или же возможно иное, более удовлетворительное объяснение? Но не только к этому труднообъяснимому парадоксу причастны драгоценные металлы. Вот, скажем, китайская колесница из Пазырыкского кургана — она ведь тоже либо трофей, либо дар врагов. Почему же она должна сопровождать князя в его внеземные дали?

Во всяком случае, блистательные золото и серебро скифов — этот *самобытный художественный феномен* — кроме восхищения и гордости за подобные вершины искусства преподносит нам вопросы, на которые ответить нелегко. Нам остается неизвестным, *как, кто и где* творил все эти неповторимые шедевры? У скифов нижнего Поднепровья в активе имеется хотя бы Каменское городище с мастерскими по обработке железа и меди. Для золотых же шедевров во всем необъятном скифском мире, как и в «майкопе», нет даже таких зыбких следов.



Золотые пластинчатые обкладки с изображениями, характерными для греческой традиции. Внизу — горит или же обкладка кожаного футляра для боевых стрел из кургана Чертомлык в нижнем Поднепровье.

## Отречение от старого мира

Калейдоскоп гигантского скифского мира складывался на пространствах Евразии из заново сформировавшихся родственных культур раннего железного века. Базисом этого мира стала среда полукочевых, а также кочевых скотоводческих общностей, оккупировавших западную половину Степного пояса и втянутых в обширную систему ЗАМП. Так каковыми же были формы и характер соотношения скифских культур-наследников с культурами-предками навсегда ушедшего в прошлое позднего бронзового века?

При обсуждении проблемы происхождения той или иной культуры обычная, рутинная манера исследований предполагает анализ материально выраженных корней, связывающих новую культуру с культурой-предком. Довольно часто какие-то черты «перетекали» в культуру-наследника без особых перемен, путем слабо выраженных эволюционных изменений. Полнее всего это проявлялось в блоках тех культур, что были подвержены *синдрому культурной непрерывности*, и о подобных общностях уже шла речь в предыдущих статьях.

Резонно обратить внимание на иной, противоположный случай, когда на фоне культур-предков проявляются — и весьма явно — кардинальные сдвиги в формах, характере и облике куль-

тур-наследников. Такого рода черты и служат знаковыми признаками, позволяющими очертить комплекс заново сформировавшейся археологической общности. Примеров тому немало, и многие из них обнаруживают себя в сфере горно-металлургического производства. Таковым признаком, скажем, стало стремительное зарождение металлургии в культурах медного века в рамках Балкано-Карпатской металлургической провинции. Или же весьма похожей выглядит ситуация с культурами Восточной Анатолии и Северной Месопотамии, где в 4-м тысячелетии вспыхнула металлургия с выразительными чертами Прото-Циркумпонтийской провинции.

Как же тогда понять и чем объяснить почти полное отвержение важнейших канонических стандартов культур-предков, бытовавших в финальных столетиях бронзового века? Скифский мир предал полному забвению практически все, чем был для него предшествующий мир

номадов западной половины Степного пояса — их реальной прародины.

Возможно, главным здесь стало фактически абсолютное отрешение от бывшего и ярко выраженного «демократизма» в облике буквально всех недавно исчезнувших из степного мира культур-предков. Их заменил жестко демонстрируемый «героический», строго иерархичный курганный мир. В нем погребальные памятники скифской элиты должны были быть заметны издалека и сразу и никогда ни у кого не вызывать сомнений в величии тех, кто под ними покоится. Абсолютно непохожим на прежние предстал как облик кладбищ, так и погребальный инвентарь могил. Даже погребения рядовых номадов железного века невозможно было спутать с их предшественниками позднебронзового века.

Сравнительно крупные поселения — селища и городища — представлены по преимуществу в лесостепных регионах среднего бассейна Днепра и отчасти Северского Донца. В более восточных районах — к примеру, на Дону — поселков существенно меньше, да и сами они, как правило, очень невелики и маловыразительны. Их площадь всего 0,3—0,5 га, чаще всего это городища, за оборонительными валами которых обитатели — вряд ли кочевые — могли на какое-то время укрыться от нападений. Эти общности исследователи часто причисляют к «скифоидным», т.е. каким-то обра-

зом связанным с коренной и более южной скифской культурой, но имеющим к ней, скорее всего, лишь косвенное отношение.

Во взаимном и абсолютном контрасте предстают скифский и доскифский комплексы металлических орудий и оружия. Здесь нет никаких явных следов наследия традиций и подражаний даже в формах производимых предметов. И относится это не только к орудиям и оружию, но и ко всем видам искусства, причем связанным не только с металлами, но также и с иными материалами и технологиями (гравировкой по кости, деревянными фигурками оленей и других животных). Об истинных шедеврах искусства из золота и серебра не стоит даже говорить: здесь пропасть между разновременными блоками культур предстает воистину неодолимой.

Анализ феномена скифского мира вновь обращает нас к древней истории «майкопа». И в этой глубокой древности было также почти нереально уловить связь культуры больших северокавказских курганов с предшествующими общностями: контраст проявлял себя буквально во всех деталях. Зато не составляло никакого труда проследить четкую линию развития от «майкопа» к более поздним курганной культурам, локализованным в Закавказье, — Марткопи-Бедени, а затем Триалети. На фоне «майкопа» скифский мир стократно увеличил не только подчиненное ему пространство, но и общую массу драгоценных металлов в могилах вождей. Однако в продолжительность своего существования он уступил «майкопу» и его наследникам не менее чем трехкратно. Курганная «золотая» культура Кавказа, включая закавказские, существуют около двух тысячелетий. Скифский же мир сгорает, распадается и полностью утрачивает свое единство примерно за шесть, максимум семь столетий. Так в чем же дело?

Может быть, в основе всего лежат новые технологии получения железа из руд и обработки металла? Вряд ли. Хотя, конечно, новая технология не могла не отложить свой отпечаток на облик культуры. В связи с этим предложу лишь краткую отсылку к двум соседним и синхронным металлургическим провинциям — Кавказской и Европейской. В их производственных центрах при зарождении прогрессивной технологии обработки железа и при переходе к железному веку, невзирая на инновации, продолжалось весьма широкое производство бронзовых орудий и украшений по формам и стандартам более ранней эпохи.

Нередко, чтобы объяснить столь решительные перемены в облике культур, прибегают к гипотезе о появлении нового населения, инородных мигрантов, носителей новой идеологии, иных канон бытия. Однако в нашем случае эти объяснения не могут быть приняты. Невозможно предположить, что на таком громадном пространстве почти внезапно сменилось все население. Антропологи не подтверждают таких догадок: скифы

принадлежат к прежнему массиву степного европеоидного населения. С этим согласны и палеолингвисты: они считают, что на западе Степного пояса в скифское время по-прежнему доминируют языки арийской семьи или же индо-иранской группы, и никаких существенных перемен в этих регионах не наблюдалось.

Теперь, кажется, настал момент вернуться к сформулированным ранее вопросам: как понять и чем объяснить едва ли не тотальное отвержение скифским миром важнейших канон и стандартов прошлой и все-таки «материнской» для него среды? Новая технология? Разумеется, она сыграла свою роль, но никак не могла стать всеохватной, поглотить и переиначить абсолютно все сферы бытия. Речь может идти не только о технологической, но и о великой *идеологической революции*, отбросившей старые каноны и в 1-м тысячелетии до н.э. (в начале железного века) преобразившей культуру номадов.

Культура — это, прежде всего, система запретов и предписаний. Нормативный фактор в ней может быть толерантным, очень мягким — и это его первое полярное значение. Но на другом полюсе он может быть предельно жестким и даже жестоким. Этот фактор определяет, что и как делать можно, а что нельзя; когда можно что-то совершать, а когда запрещено; с кем из соплеменников можно что-то производить, а с кем — уже полное табу..

Возможны ли столь стремительные и быстрые переходы от одних идеологических систем к иным, порой совершенно несходным с прежними? К тем, которые воздвигают запретительные барьеры на деяния, которые раньше были вполне допустимыми и даже желательными? Безусловно! И опять только один, но очень яркий и хорошо известный многим пример: начало Средневековья в Европе и полная победа христианства. Тогда ведь также имела место великая идеологическая революция. И вот ее следствие: быстрый и решительный запрет на основные и привычные каноны античного мира, связанные в первую очередь со сферой мировоззрения и ее повседневными проявлениями. Вскоре даже внешний облик европейского мира претерпел существенные перемены.

Похоже, нечто сходное постигло скифский мир в его зарождении, и тогда иррациональное в его культурах устремилось к своим вершинам.

## Иррациональное в культуре

Обсуждение проблемы культур-наследников и культур-предков подводит нас к двум диаметрально противоположным моделям бытия. Предки, т.е. общности позднебронзового века в рамках ЗАМП, олицетворяют модель сугубо *рациональную*. Наследники скифского мира — уже приверженцы модели отчетливо *иррациональной*. Рациональная модель мало интересна или даже неинтересна во-

все, если подразумевать не специалистов-археологов, но просто образованную публику. Противостоящая ей иррациональная модель чарует буквально всех. Особых доказательств для последнего не требуется: все уже издавна определено бессчетным количеством посвященных иррациональным культурам публикаций, множеством помпезных выставок, разнообразных альбомов...

Рациональная модель невыразительна, но устойчива и малоуязвима при испытаниях временем. Иррациональная же фонтанирует яркими картинками, неожиданными поворотами, устремлениями и нестандартными решениями. При этом она весьма коварна и опасна для ее носителей и создателей, ее конечные результаты труднопредсказуемы. В своих концепциях иррациональная модель опирается на базу часто недостижимых идей, которые выдвигает и которым следует вся культура или, скажем, только ее лидеры. Почти всегда в иррациональной модели заложено стремление возвыситься и увековечить себя в двух мирах — земном и загробном. Окружающий человека реальный мир практически всегда материален, и здесь не возникает вопросов, как реализовать жажду предполагаемого величия. Оно доказуемо лишь с помощью силы и определенных материальных предметов-символов. А среди таких предметов чрезвычайно быстро, уже с 5-го тысячелетия до н.э., важнейшую позицию оккупировало, безусловно, золото.

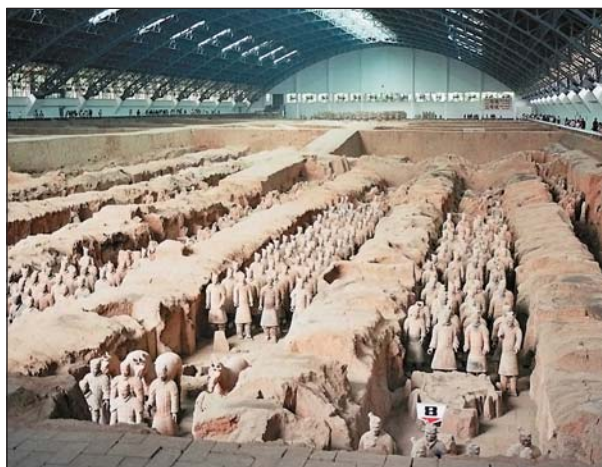
Особое место в потустороннем мире люди обычно пытаются обеспечить двумя способами. Если господствует вера, что загробное бытие столь же загружено материальными творениями, как и земное, то человек при жизни должен обеспокоиться накоплением и переправкой в тот таинственный мир максимально представительной коллекции символов собственной значимости. Так случилось, например, с проклинаемым грядущими поколениями и соорудившим себе невиданную по громаде надгробную пирамиду фараоном Хеопсом — властителем Древнего Египта в середине 3-го тысячелетия до н.э. Было так и с не менее ненавистным для наследников императором, основателем династии Цинь в Древнем Китае — Шихуан-ди (скончался в 210 г. до н.э.), соорудившим для себя гигантский погребальный комплекс со знаменитым ныне терракотовым воинством [1]. И касается все это не только владык, но также людей гораздо более скромного социального ранга.

Если же загробный мир соткан из ценностей духовного порядка, если он отвергает все материальное, то при попадании в него нужды в подобного рода знаках нет. Тогда на том свете для вышших сил значимо лишь духовное величие персоны, и это не требует осязаемых материальных доказательств.

Но вернемся к представлениям о материальном потустороннем мире. В большинстве случаев люди давно и отчетливо осознали, что земная жизнь коротка и ограничена некими неведомыми для чело-

века сроками. Конечно, порой некоторые, подобно легендарному Чингисхану, мечтают о земной бесконечности, пытаются каким-то образом овладеть ею, но результаты таких мечтаний мы даже не обсуждаем. Поскольку никто никогда не возвращался из иного мира для рассказа, «как у них там», то каждый человек мог надеяться, что бесконечность постижима. Если же надежда перетекает у людей в уверенность, то земная жизнь в их представлении становится лишь краткой прелюдией к жизни вечной. В таком случае все земное бытие следует подчинять тщательной подготовке к этой желанной вечности. Так может быть озвучена гипотеза о господствующем в скифском мире мировоззрении. Если гипотеза справедлива, то все курганное многообразие кочевых сообществ возможно рассматривать сквозь призму основных особенностей подобной идеологии.

Итак, погребальная камера насыщена сокровищами — это абсолютно необходимые предметы в грядущей вечности. При покойном лидере — царе или князе — выложены тела намеренно умерщвленных жен, наложниц, слуг, лихих коней. Без них в ином мире царю также обойтись невозможно. Над погребальной камерой воздвигают громаду курганной насыпи, стараясь сделать ее как можно более величественной. И нужно это не только для потустороннего, но и для посюстороннего мира. Многочисленные толпы бывших подчиненных, вассалов или хотя бы косвенно зависимых от скончавшегося владыки людей стараются принять деятельное участие в подобных церемониях. Для них такие акции крайне важны, ведь им тоже предстоит когда-нибудь переселение в загадочное пространство. А там они, разумеется, снова окажутся под властной рукой их скончавшегося вождя, а в ином мире жизнь бесконечна. Геродот свидетельствует, что многие даже стремятся поскорее отправиться вместе с князем в потусто-



Знаменитая терракотовая армия императора Шихуан-ди, которая должна была сопровождать его во вневременной мир.

wikipedia.org

ронний мир, где они будут вновь рядом с его божественной персоной... Это, разумеется, гипотеза. Ее трудно обеспечить безусловными доказательствами материального свойства — археология таковыми, к сожалению, не располагает. Но высказанные предположения представляются достаточно реальными.

Теперь об опасности и коварстве иррациональной модели. Если общество своей главной целью ставит подготовку к вечной потусторонней жизни, если оно вкладывает едва ли не всю энергию и силы для оформления необходимого антуража, если обязательной становится также организация достойного бытия и на том свете — то само общество становится послушным рабом крайне сомнительной, опасной и лживой идеи. Пока племена кочевников сильны и удачливы, а южные оседлые соседи слабы и растеряны, все выигрышные карты в руках воинственных конников. Невиданные по великолепию подкурганые сокровища — зримый результат их баснословных успехов. Даже потери соплеменников и сородичей в битвах не должны смущать кочевников: погибшие, без сомнения, найдут свою счастливую долю под крылом своих, уже ранее переселившихся в другой мир, владык.

Но вот меняется ситуация, потери нарастают, отряды всадников-кочевников слабеют, а южные соседи становятся сильнее, и их уже так трудно побеждать. Отныне церемонии переселения в таинственные выси становятся скудными, а то и вовсе убогими. Что же в таком случае ждет некогда победоносного князя на том свете? Нищета и сиротство? Что в таком случае предпринять? Приходят на память слова древнегреческого географа Страбона о том, как кавказские племена албанов загружали все имеющееся у них имущество в могилы родителей и старших родственников, сами погружаясь при этом в глубокую нищету.

Стоит обратить внимание на еще одно любопытное сопоставление. Нет человека, который бы не ведал о грядущей кончине, хотя разные люди к своему неизбежному будущему относятся с неодинаковым психологическим настроением. Иное дело культура, под которой мы понимаем традиционный способ существования этноса или же группы этносов. Культура никогда предполагать по-

добного не может. Она обязана излучать непрерывную уверенность в своей несокрушимой вечности, в справедливости избранного ею пути. Для носителей культуры абсолютно невозможно признать, что ими же канонизированный способ бытия в чем-то ложен или даже порочен. Однако столь же неотвратимо такое признание становится неизбежным — ведь нет культур вечных. Проявившиеся еще совсем недавно ярчайшие, но иррациональные черты губительно воздействуют на культуру, и той уже невозможно показывать себя в прежнем облике. И тогда верных поклонников и приверженцев прежних устоев окутывает атмосфера истинной трагедии...

По всей вероятности, именно это и происходило со скифским миром в IV—III вв. до н.э. Внезапный коллапс системы воинственных скотоводческих культур приводит к тому, что буквально стремглаз в III в. ареал фантастического по мощи скифского евразийского гиганта сокращается до потешных размеров. Теперь скифские владения уже не выходят за границы степных равнин Крыма — а это вряд ли более 20 тыс. км<sup>2</sup>. Руины их столицы, Неаполя Скифского, залегающие под улицами современного Симферополя, сообщают нам, что претерпела кардинальные перемены и культура. Теперь кочевники превращаются в основном в обитателей города и поселков, а скотоводство сдвигается на роль второстепенную...

Скифы уступают свою первенствующую роль сарматам — новым властителям народов западного фланга Степного пояса. Но эти народы уже оставили в археологии не очень много похожего на блистательный «золотой» мир, который показывали нам в своих «визитных погребальных карточках» скифы или же их ранние предки — савроматы. Культура сарматов выглядит несравненно более рациональной, в каких-то деталях приближаясь к тем образам, которые оставил нам конец бронзового века в рамках ЗАМП.

И наконец, скифский мир обозначил не только апогей, но и «лебединую песню» западноевразийских кочевых культур. Пройдет несколько столетий, и первые места на евразийской арене будут полностью захвачены конными ордами кочевников Востока. ■

## Литература

1. Черных Е.Н. Культуры кочевников в мегаструктуре Евразийского мира. М., 2013. Т.1.
2. Граков Б.Н. Скифы: Научно-популярный очерк. М., 1971.
3. Гуляев В.И. Скифы: расцвет и падение великого царства. М., 2005.
4. Мозолевський Б.М. Скіфський степ. Київ, 1983.
5. Im Zeichen des Goldenen Greifen. Königsgreifer der Skythen. München; Berlin; L.; N.Y., 2008.
6. Unbekanntes Kasachstan. Archäologie im Herzen Asiens. Bd.II. Bochum, 2013.
7. Рыбаков Б.А. Геродотова Скифия. М., 1979.
8. Ordos Bronze Wares. 2006. (In Chinese).
9. Молодин В.И., Парцигер Г., Цэвдорж Д. Замерзшие погребальные комплексы пазырыкской культуры на южных склонах Сайлюгема (Монгольский Алтай). М., 2012.
10. Бидзилья В.И., Полин С.В. Скифский царский курган Гайманова могила. Киев, 2012.

# Фигурки из камня: загадки древних ительменов

В.С.Шевцов,

*Елизовский государственный музей политической географии  
г.Елизово (Камчатский край)*

**М**ы многое знаем о зооморфных фигурках, выполненных в виде скифских золотых коней, или, например, о глазастых чудо-звездах из захоронений южноамериканских индейских вождей. Подробно описаны в литературе медные фигурки лосей и птиц, изготовленные первобытными финно-угорскими художниками. Даже белые медведи, нерпы и киты, вырезанные древними эскимосами и чукчами, получили широкую известность.

Но фигуркам людей или животных (зооантропоморфным), созданным первобытными мастерами Камчатки, ни научного, ни общественного внимания уделено не было, хотя они не менее самобытны, а по многим параметрам и оригинальны. Очевидная причина такого положения кроется в недостаточном количестве собранного фактического материала.

Принято считать, что практически все фигурки, изготовленные древними мастерами, объединены одним общим предназначением — ритуальным. Такой культ возник в палеолите, пережил разные этапы эволюции и сохраняется у многих народов до наших дней.

Россия — страна, большая часть территории которой лежит в суровых северных широтах. Поэтому совершенно неслучайно современный исследователь древних культур Севера стремится понять смысл обобщенных образов, созданных древними художниками, и основные критерии их творческого мышления. С этой точки зрения интересны, к примеру, найденные на известных палеолитических сибирских стоянках Мальта и Буреть костяные фигурки, изображающие одетых в меховую одежду женщин. Многочисленны также статуэтки первобытных женщин, изображенных древними художниками в обнаженном виде, часто без носа, глаз, рта или ушей, зато с особенно четко прорисованными половыми признаками. Недалеко от оз.Байкал часто встречаются фигурки одного стиля — полная женщина с огромной грудью, большим животом и широкими бедрами.

Одна из коренных народностей Камчатки — ительмены, среди которых известно несколько территориально-языковых групп или подразделе-

ний: ханчалай, чупагжу, суаачю-ай, кыхчерен и др. В древности же на полуострове жили племена, которые можно назвать протоительменскими. Именно о них и о созданных их руками уникальных каменных фигурках и пойдет речь.

Стоит сразу заметить, что все зооантропоморфные изделия времени развитого неолита (3000—2200 лет назад) найдены при археологических раскопках на тихоокеанском побережье юго-восточной части Камчатки (в других районах полуострова такие находки не известны). Фигурки получены подъемным методом или же извлечены непосредственно из культурных слоев на неолитических стоянках Авача, Лопатка I, Большой Камень, Жупановская, Копыто II и Старая Тарья.

Исследовались 18 фигурок, из которых 11 антропоморфных и семь зооморфных. В археологической литературе описаны 15, а информация об оставшихся трех значимых натуральных экспонатах позаимствована из разных, еще не изученных коллекций. Речь идет о фигурках из обсидиана, названных «Царь-рыба», «Хозяйка Тарьи» и «Вилючинская безголовка». Далее расскажу о них подробнее, так как обсуждаются они впервые.

Впервые находки человекоподобных фигурок, созданных руками протоительменов Камчатки, сделал в 1930-х годах капитан траулера «Красногвардеец» Н.А.Гурьев в северной части бухты Богатыревка (берег Авачинской губы, ныне территория ЗАТО г.Вилючинск).

В 1971 г. археолог Н.Н.Диков открыл на окраине г.Петропавловска-Камчатского, на высокой задернованной скале, неолитическое поселение ительменов Авача [1]. Племя протосуаачю-айев, веками проживавшее здесь, было надежно защищено от врагов широким устьем р.Авача и труднопроходимыми дельтовыми болотами. Абсолютный возраст культурного слоя, содержащего зооантропоморфные находки, определен радиоуглеродным методом и составил 2990 лет. Через шесть лет после открытия Дикова археолог Т.М.Дикова извлекла из данного слоя первую кремневую фигурку женщины высотой 4,5 см [2]. Из-за ее грациозной стати находку условно назвали «Тарьяна». У фигурки нет моделированного лица, а лишь слегка обозначенные руки и короткие ноги, с ре-

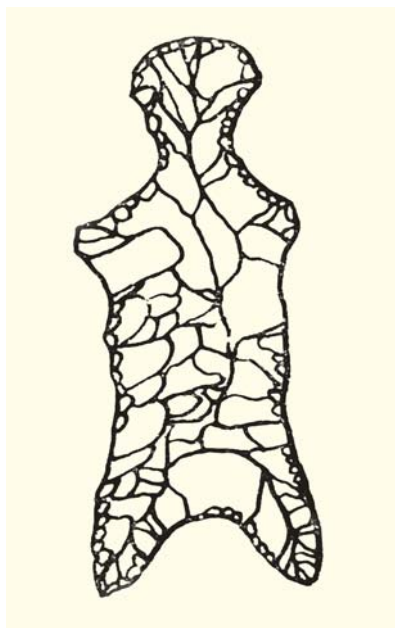
тушью по обеим сторонам. Интересно, что каменная женщина имеет ярко выраженную, нехарактерную для всех ранее известных антропоморфных фигурок широкую постановку ног — так называемую расширенную промежность.

Впоследствии на этом археологическом памятнике были найдены еще три фигурки кремневых женщин с аналогичными художественными признаками, а также две зооморфные фигурки в виде рыбок с задранными вверх спинными плавниками («акульего типа»).

Древнее поселение Лопатка I расположено в 270 км к югу от Авачи и представляет собой крайнюю южную точку полуострова, насквозь продуваемую штормовыми ветрами. Ительмены из племени протокихчеренов (возможно, частично и протосуаачю-айев) приютились на самом краю мысообразного скалистого берега, отвесно спускающегося в океан, где в изобилии обитали морские животные.

В 1972 г. в эти края добралась первая археологическая экспедиция под руководством Диковой. Среди переотложенных ветрами донных песков из культурного слоя возрастом 2200 лет она извлекла крохотную кремневую фигурку рыбки длиной 2,5 см. Каменное животное снизу имело ровное брюшко, а сверху — скошенное рыбье рыло, сделанное древним художником несколькими точными ударами сверху. Мастер изготовил незначительный жировой горб, типичный для самцов горбуш — «горбылей», а также слегка задранный кверху хвостовой плавник, обработанный ретушью. Художественные аналоги этого экспоната (рыбки, похожие по форме плавников) встречались также в древних поселениях Большой Камень и Авача.

Стоянка Большой Камень расположена в 7 км юго-западнее областного центра, среди непролазных болотных топей и многочисленных озер, у дельты р.Паратунка. Это была земля племени протосуаачю-ай. Археолог А.К.Пономаренко открыл данный археологический памятник в 1972 г., но только спустя три года обнаружил здесь небольшую обсидиановую женскую фигурку [3]. Ее руки своеобразной формы обработаны по краям нежной ретушью. Голова отсутствует, но имеется длинная шея конической формы с легким наклоном влево. Талия удлинена, отсутствуют грудь и ноги, но при этом проработана короткая, широкая промежность. Данная фигурка — некое подобие современного безголового женского манекена.



Кремневая антропоморфная фигурка «Тарьина» из неолитического поселения Авача (прорисовка Т.М.Диковой).

Аналогичная обсидиановая женская фигурка высотой 3 см была поднята здесь с дневной поверхности. Ее руки и ноги укорочены, промежность расширена, шея короткая, а голову мастер отсек одним точным ударом, нанесенным перпендикулярно телу. Изделие имеет тщательно выполненную двухстороннюю ретушь.

И здесь же в культурном слое найдена зооморфная фигурка, выполненная в виде примитивной каменной рыбки, напоминающей гольца. Носовая часть головы рыбы заострена, брюшные и спинные плавники отсутствуют, хвост без выемки, ретушь — с двух сторон.

Вторая зооморфная фигурка — нерпа, изготовленная из туфа, — найдена при зачистке культурного слоя по естественному обнажению. Художник довольно реалистично изобразил горбатое туловище морского

животного (его поперечное сечение линзовидное, односторонне-выпуклое). Воспроизведена нерпа с маленькой, правдоподобной медвежьей головой, без передних лап, но с единым задним, выполненным в виде раскрытого веера. Обработана фигурка с двух сторон ретушью. Ее сравнительные аналоги отсутствуют.

Стоянка Жупановская расположена в 150 км к северу от Петропавловска-Камчатского, на мысе Памятник [4]. Она упирается в берег Тихого океана и опоясана множеством подводных рифов. К западу от стоянки имеются небольшие бухты, по которым плотными косяками идет на нерест лосось.

В 1979 г. на этой стоянке из второго культурного слоя, абсолютный возраст которого 1450 лет, Пономаренко извлек тщательно отретушированную халцедоновую фигурку рыбы длиной 4,8 см. Рот животного изображен в виде небольшой беззубой ямки, прорисовка головы и жаберной крышки отсутствует, а туловище не имеет плавников, за исключением одного — хвостового, выполненного в виде большого раскрытого веера, без выреза. Художественных аналогов рыбка не имеет.

В 1981 г. этот же археолог вел раскопки у Жупановского лимана, на мысе Копыто (в 100 км севернее Петропавловска-Камчатского). Обнаруженное здесь древнее ительменское поселение Копыто II окружено, так же как и стоянка Жупановская, подводными и осыхающими камнями. Мыс соединен с материковым берегом песчаной косой-пересыпью. В период развитого неолита здесь, очевидно, проживали ительмены племени

проточупагжу. Древний художник оставил потомкам кремневую фигурку женщины высотой 2.3 см. Ее голова отсечена единым ударом-сколом, нанесенным перпендикулярно туловищу. Половые признаки, кроме расширенной промежности, отсутствуют. Внешним видом фигурка напоминает современную детскую рубашку-распашонку.

Древнее поселение Старая Тарья было обнаружено мной в летний полевой сезон 2003 г. [5]. Оно расположено на западном берегу бухты Крашенинникова (бывшая бухта Тарья), на северной окраине г.Вилючинска. Культурный слой стоянки не сохранился по причине интенсивного антропогенного использования территории. Здесь на морском песчаном берегу найдена «Хозяйка Тарьи» — обсидиановая фигурка медведя высотой 4.5 см. Голова зверя имеет уплощенное темечко, произведенное художником одним ударом-сколом, нанесенным с правой стороны. Промежность расширена. Крупная ретушь произведена по всему периметру художественного предмета. Аналоги такой фигурки не известны. Примечательно, что по всей грудной клетке медведя проходит глубокая (до 5 мм) щербина длиной 25 мм, что позволяет предположить безразличие художника к внешней поверхности камня. Возможно, мастер преследовал не эстетическую, а некую другую цель, создавая своего медведя.

В 2010 г. сотрудник природного парка «Вулканы Камчатки» Е.М.Ненашева подняла с поверхности стоянки Авача обсидиановую фигурку рыбы. Предмет выполнен из сочно-черного обсидиана, в соразмерной художественной пропорциональности животного. Примечательна рыбка своими

размерами: это самая крупная среди всех известных каменных зооантропоморфных фигурок, созданных протоителменами Камчатки. По этой причине фигурка названа «Царь-рыбой». Длина ее составляет 6 см, а размах плавников достигает 2.5 см. Нижняя челюсть рыбы отсечена двумя левосторонними ударами-сколами, в результате чего голова имеет уплощенную форму. Изделие тщательно отретушировано с обеих сторон и по всему периметру.

И наконец, расскажу еще об одной антропоморфной фигурке — пожалуй, самой показательной и яркой из всех перечисленных и описанных зооантропоморфных фигурок Камчатки. Эта обсидиановая фигурка условно названа «Вилючинская безголовка». Она хранится и экспонируется в краеведческом музее г.Вилючинска, к сожалению, без какого-либо описания. Автор находки неизвестен, не зафиксировано и время поступления экспоната в фонды музея.

Внешне фигурка напоминает описанные находки тарьинской культуры периода развитого неолита. Высота ее составляет 4.8 см, размах рук — 2.4 см. Промежность расширена, талия стройная, удлинённая. Особенность «безголовки» состоит в прямой и чересчур вытянутой шее. Миниатюрная ретушь выполнена, по-видимому, с максимальной скрупулезностью, по всему периметру фигуры.

Таким образом, рассматривая творчество древнеителменских художников развитого неолита на тихоокеанском побережье Камчатки, можно отметить, что концентрация производства зооантропоморфных фигурок тяготеет к берегам Авача



Обсидиановая неолитическая фигурка медведя «Хозяйка Тарьи».



Обсидиановая фигурка «Царь-рыба» из поселения Авача.



Антропоморфная обсидиановая фигурка «Вилючинская безголовка».





Деревянный идол-амулет (вид спереди и сзади) первой половины XX в. из семейного корякского гычгыя (север Камчатки).

чинской губы. Именно здесь находились наиболее продуктивные древние поселения, содержащие в своих культурных слоях каменные изделия. Поселения рассредоточены по всему побережью Авачинской бухты. Все остальные памятники, где найдены в среднем один-два художественных предмета, носят соподчинительный характер и имеют значительный линейный разброс вдоль океана: они рассеяны на 430 км и, как правило, удалены от берега не более чем на 0,5 км. Количественно-качественный центр находок зооантропоморфных фигурок Камчатки приходится на тарья-авачинскую группу историко-археологических памятников.

Художественный анализ фигурок показывает, что искусство протоительменов имело ярко выраженную самобытную направленность. Она фиксируется в нехарактерных для нас методах отражения жизненных реалий Севера. Так, фигурки рыб, найденные на тихоокеанском побережье

Восточной Камчатки, отличаются стоячими «акульими» плавниками или вообще отсутствием таковых, что может говорить о возможном примитивизме художников.

Фигурки людей нередко входят безголовыми, при этом смысл и назначение таких изделий пока объяснить затруднительно. Кроме того, отмечается большое количество женских каменных фигурок с расширенной промежностью. Среди всех антропоморфных фигур развитого неолита, найденных на территории России, такие женские телесные формы не имеют аналогов.

Тем не менее, рассматривая влияние культуры протоительменов развитого неолита Восточной Камчатки на сопредельные территории, можно отметить, что некоторое подобие расширенной промежности наблюдается у антропоморфных изделий современных народов Корякского национального округа. Такое стилизованное воплощение в первую очередь несут деревянные гычгыи — связки корякских семейных амулетов в виде деревянных дощечек — человекоподобных фигурок с ямочками для добывания огня. Это ритуальные охраняемые атрибуты корякских семей и оленей.

Путешествуя музейными маршрутами по современным селениям Северной Камчатки в 1990-х и в начале 2000-х годов, я осматривал и по возможности собирал коллекцию таких идолов-гычгыев с расширенной постановкой коротких деревянных ног. Опрос местных художников Корьякии из поселков Каменское, Манилы, Таловка и Нижние Пахачи об истоках такого явления конкретного ответа не дал. Возможно, протоительменские художники начали изготовление зооантропоморфных фигурок из камня, а их потомки перешли на дерево, как более легкий в обработке материал. Вот только деревянных гычгыев с отсеченной головой я нигде не встречал... ■

## Литература

1. Диков Н.Н. Археологические памятники Камчатки, Чукотки и Верхней Колымы (Азия на стыке с Америкой в древности). М., 1977.
2. Дикова Т.М. Археология южной Камчатки в связи с проблемой расселения айнов. М., 1983.
3. Пономаренко А.К. Древняя культура ительменов Восточной Камчатки. М., 1985.
4. Пономаренко А.К. Стоянка Большой Камень — памятник развитого неолита Южной Камчатки // Краеведческие записки. Вып.6. Петропавловск-Камчатский, 1989. С.110—154.
5. Шевцов В.С. К истории заселения древним человеком территорий городов Елизово и Вилючинск // О камчатской земле написано. Материалы XXIII Крашенинниковских чтений. Петропавловск-Камчатский, 2006. С.274—279.

# Мария Шишацкая в Париже

## К биографии М.В.Павловой

Времена и люди

Г.И.Любина,

кандидат исторических наук

Институт истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН  
Москва

Удивительна судьба Марии Васильевны Павловой. Первая русская женщина-палеонтолог, добившаяся выдающихся результатов в своей профессии, она стала почетным доктором Московского университета и в течение десятилетия преподавала в нем любимый предмет, вошла в состав Украинской АН, стала почетным членом АН СССР. Ее успехи были замечены современниками и остались в памяти благодарного потомства. Имя Павловой постоянно присутствует во всех отечественных энциклопедических и биографических словарях, ее юбилеи непременно отмечаются научной общественностью. Академик Д.В.Наливкин писал в 1987 г., что ее творчество «по своему значению и размерам до сих пор не превзойдено никем — не только женщинами, но и мужчинами-палеонтологами» [1, с.33]. Как известно, палеонтология развивается в двух направлениях: с одной стороны, палеозоология и палеоботаника, а с другой — биостратиграфия. Первое направление по содержанию наука биологическая. Сравнительно немного ученых изучает, например, различных представителей крупных ископаемых млекопитающих. Выводы их исследований способствуют выяснению общих закономерностей биологии, воссоздают картину эволюции животного мира на протяжении геологической истории. Биостратиграфия, которой до недавних пор занималось подавляющее большинство палеонтологов, ближе к геологии, с ее помощью определяется геологический возраст напластований земной коры. Выбрав однажды палеозоологию, Павлова никогда не отклонялась от этого пути. Такой исключительной сосредоточенностью на объекте исследований объясняет Наливкин ее замечательные успехи. К этому можно добавить незаурядные исследовательские способности, блестящее образование и счастливое стечение обстоятельств.

Менее известна Мария Шишацкая (официально Иллич-Шишацкая), а ведь это все та же Мария Васильевна, сначала жена, а затем и вдова земского врача Николая Иллич-Шишацкого. А в девиче-

стве она была Гортынская. Для связности рассказа обратимся к первым страницам биографии нашей героини, тем более что в литературе начальная история ее жизни описана слабо, а она интересна для понимания того, как формировался крупный исследователь\*.

### В кругу семьи

Мария родилась в небольшом уездном городке Козельце Черниговской губернии 15 (27) июня 1854 г. Отец, Гортынский Василий Степанович (1819—1889), из местных дворян, в 1842 г. окончил Московский университет. В 1842—1845 гг. служил судебным врачом и одновременно ординатором морского госпиталя в Кронштадте и успел за это короткое время поучаствовать в кругосветном плавании. В феврале 1845 г. по просьбе отца его перевели поближе к дому, в Козелец, где он исполнял должность губернского врача Черниговской палаты государственных имуществ.

Василий Степанович был человеком широких взглядов и незаурядной энергии. Студентом он испытал влияние гуманистических идей А.И.Герцена и Т.Н.Грановского. Ему близки были идеалы общественного служения, просветительства, самообразования, совершенствования личности. В его бумагах в фонде М.В.Павловой сохранились манускрипт: «Медико-топографическое описание Черниговской губернии» (1856), толковый очерк физико-географических характеристик края, народонаселения и его болезней, болезней домашнего скота [2, д.77]. Жанр медико-топографических очерков был широко распространен в отечественной медицинской литературе 1860—1890-х годов. Медики описывали естественные ресурсы, состав и благосостояние населения какого-либо административного образования, чтобы выявить факторы процветания или неблагополучия тер-

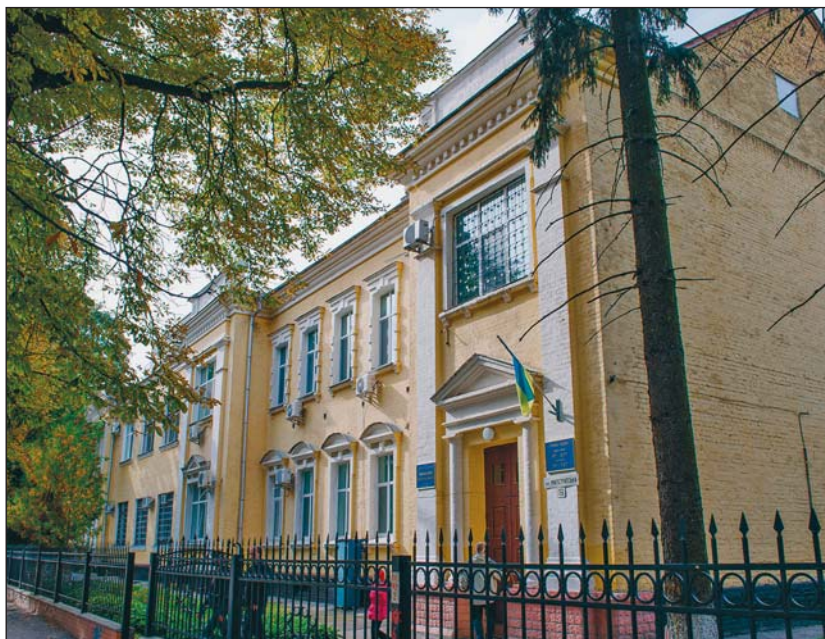
\* Большую помощь в работе оказали петербургская исследовательница Н.Ю.Терехова и О.А.Валькова, моя коллега по ИИЕТ РАН, за что я им искренне благодарна.



Семья Гортыньских. Фотография примерно середины 1860-х гг. [2, д.121, л.160]. Публикуется впервые.

ритории, разработать необходимые санитарные меры. Гортыньский оказался одним из пионеров этого жанра. Вместе со своим коллегой, калужским губернским врачом Н.Ф.Шайтановым, позднее доктором медицины, он составил в 1862 г. руководство для волостных фельдшеров по оказанию первой помощи в экстренных случаях:

годно во время паводка подтопляла низменную местность, добился устройства новой площади, способствовал ликвидации свалки мусора и проч. [3, с.43]. Поблизости проходил городской вал, излюбленное место прогулок горожан, откуда открывался великолепный вид на Десну. Позднее в письмах Мария Павлова не раз вспоминала это место.



Дом Гортыньских в Чернигове. Современная фотография.

при судорогах, припадках эпилепсии, кровотечениях, апоплексическом ударе и др.

В начале 1860-х Гортыньский получил должность инспектора врачебного отделения Черниговского губернского правления. Он возглавил отделение и совместно с земской управой занимался организацией врачебного дела в губернии, включая и его ветеринарную часть. После земской реформы 1864 г. эта деятельность была связана с обслуживанием нужд в первую очередь малоимущего населения.

С переходом на новую службу доктор Гортыньский обзавелся собственным домом. Он купил усадьбу на спуске к Троицкому монастырю, в живописном и наиболее древнем районе Чернигова Лесовице. С помощью городского плана благоустройства ему удалось преобразить весь прилегающий квартал. Василий Степанович настоял на укреплении спуска к Десне, которая еже-

На территории усадьбы располагались дом с флигелями, хозяйственные постройки. Со временем семья обзавелась коляской, тарантасом, небольшим штатом прислуги. В новом доме доктор поселил все свое семейство: жену Марию Александровну, урожденную Лагода (1833—1883), местную дворянку, и четверых детей: Марию (1854—1938), Ольгу (1855—1903), Петра (1857—1898) и Василия (1859—1885).

В Чернигове Марию окружала многочисленная отцовская родня. В 1866 г. в домике напротив усадьбы Гортыньских поселилась младшая сестра отца Юлия Степановна Дейша (1831—1893). Похоронив мужа, почтового служащего Иустина Дейша, она вернулась из Брянска на родину с тремя детьми: Марией, Верой, Василием. Старшие дети от пер-

вого брака ее покойного мужа, Константин и Софья, жили уже самостоятельно [4, с.27]. Поблизости в селе Жоведи жил младший брат Василия Степановича отставной майор Александр с женой Александрой Петровной (урожденной Владимировой) и с тремя детьми: Юлией, Александром и Зинаидой.

Представители клана Гортыньских были дружны, все они были люди занятые, работающие, но находили время для общения. В доме Василия Степановича по семейным и церковным праздникам, часто по выходным дням собиралось много народа: родственники, друзья, сослуживцы. Угощали пирогами, соленьями, мясными и рыбными деликатесами домашнего приготовления. Вокруг доктора сложился небольшой кружок любителей виста, во время болезни они скрашивали часы его вынужденного затворничества, часто навещали к нему племянницы и племянники. Доктор Гортыньский был душой этого большого семейного союза. Да и в городской жизни он был заметной, влиятельной фигурой: начав с титулярного советника, Василий Степанович ко времени переселения в Чернигов стал действительным статским советником.

Молодежь в этой среде чувствовала себя вполне комфортно. Ее связывали со старшим поколением общие интересы. В семейном кругу Гортыньских процветали вечерние домашние чтения, где чтицами обыкновенно выступали молодые девушки, поощрялись любознательность, любовь к чтению, стремление к умственным занятиям. Девушки их круга в те времена обучались музыке, иностранному языку, основным навыкам домоводства. Выросши, они часто обшивали своих малолетних детей, умели готовить, в случае нужды подрабатывали уроками, переводами, редакторской, корректорской работой.

С малых лет у детей поддерживали интерес к театральному искусству и музыке. Старые и молодые Гортыньские были неприменными посетителями всех театральных гастролей и музыкальных концертов в городе. Недостаток художественных впечатлений восполнялся любительскими спектаклями и концертами. Молодежь, особенно Вера Дейша и Ольга Гортыньская, принимали в их организации самое живое участие, вырученные деньги шли в пользу женских врачебных и педагогических курсов, сиротского дома, богаделен. Девушки охотно посещали местные библиотеки и бескорыстно им помогали.

Для девушек из клана Гортыньских характерен интерес к естественным наукам, к чтению научно-популярной и серьезной научной литературы. Тяга к естественнонаучному эксперименту вызывала желание создать хотя бы маленькую исследовательскую лабораторию. Такие намерения, например, имели Ольга Гортыньская, родная сестра Марии, и ее двоюродная сестра Мария Дейша (по мужу Садовская). В этой среде с сочувствием отно-

сились к женскому образованию. Старшая незамужняя сестра доктора Гортыньского, Мария Степановна (1814—1889), была врачом. Она жила в доме брата, помогая в воспитании детей, и пользовалась в городе всеобщим уважением. Не меньше любили и уважали Юлию Степановну Дейшу. Выпускница Смольного института (1848), она до последних дней жизни работала начальницей Епархиального женского училища в Чернигове, пережив со своими воспитанницами много радостных и горьких минут во время праздников, эпидемий, сдачи экзаменов. В семейном кругу Гортыньских поощрялось стремление к образованию. Кузины Марии Васильевны окончили Высшие женские курсы в Москве и Петербурге, некоторым удалось продолжить обучение за границей, юноши учились в инженерных технических училищах обеих столиц. Но мы забегаем несколько вперед, касаясь последнего этапа обучения. В дошкольном домашнем воспитании не делалось различия между мальчиками и девочками. Из них хотели воспитать независимых, самостоятельных, полезных обществу людей, для этого им старались дать хорошее образование.

## Учеба и первый брак

Марию рано отлучили от дома. Ее вместе с Ольгой отправили учиться (1865—1870) в Киевский институт благородных девиц. Этот институт пользовался широкой известностью на юге России, ему покровительствовала императорская чета. Специально для него в центре города было построено в 1838—1842 гг. роскошное, дворцового вида здание, которое со временем окружил обширный сад. Институт поддерживал связи с Киевским университетом, некоторые его профессора, известные специалисты, преподавали институткам. Во времена обучения Маши это были А.И.Селин (русская словесность), К.М.Феофилакт (естественные науки), В.С.Иконников (история).

Преподавание велось по гимназической программе и предполагало обязательные и необязательные предметы. К числу обязательных относились, помимо неперменного для всех учебных заведений страны закона Божия, русский язык и словесность, арифметика и правила счета, история, география, сведения по естественной истории, изучение иностранных языков (французского и немецкого), немалое место занимали рукоделие, пение, рисование. Предметы, развивающие у учениц артистические способности (музыка, пение), преподавались факультативно, за обучение игре на музыкальных инструментах, например, приходилось приплачивать, и не так уж мало, около пятой части всего взноса.

Обучение в институте было направлено на усвоение общих, энциклопедических знаний о предметах, учениц не утруждали запоминанием мелких

деталей и подробностей, избавляли от зазубривания хронологии и номенклатуры. Педагоги заботились прежде всего о формировании высоко-нравственной личности. В гуманитарных дисциплинах, особенно в истории, выбирались те факты, которые более всего отвечали этой задаче. Тот же принцип соблюдался и в подаче точных и естественных наук. Учителя «должны были сообщать ученицам только самые любопытные факты из преподаваемых ими наук и полезные в общежитии и домашнем быту» [5, с.12].

Основной задачей института со времени его основания было дать бесплатное образование дочерям обедневших помещиков, сохраняя умеренную плату за обучение для состоятельных родителей. В этом институте было сравнительно мало стипендий, оплачиваемых за счет благотворителей, с годами число своекоштных учениц возрастало. В соответствии с экономической конъюнктурой постепенно увеличивались расходы на обучение, но они оставались доступными. Скорее всего, Мария была «своекоштной» пансионеркой. Выпускницы института допускались к преподаванию предметов гимназического курса. Диплом «домашней наставницы» при поступлении на работу в частные дома давал их обладательницам право числиться на государственной службе. Правда, для подтверждения этой привилегии приходилось ежегодно предъявлять отчет в соответствующий отдел Министерства народного просвещения вместе с одобрительными отзывами от уездных предводителей дворянства и работодателей [2, д.83, л.6 об.].

Распорядок дня в институте был довольно жестким. Подъем в шесть часов утра и затем разнообразные занятия, перемежавшиеся чтением молитв, приемом пищи и непродолжительным отдыхом. В половину десятого вечера все воспитанницы должны были находиться в своих постелях. Аскетические условия жизни, отлучение в течение долгого времени от дома и изоляция от внешней меркантильной стороны действительности закаляли и воспитывали сильный характер, развивали самостоятельность, чувство собственного достоинства, интерес к высоким идеалам. Вместе с тем институтское образование при некоторой своей поверхностности создавало предпосылки для дальнейшего занятия науками, прививало представление, что «знание есть вещь почтенная» [6, с.192]. Пример Марии Гортынской в полной мере подтверждает эти наблюдения.

Аттестат, выданный ей в 1870 г., свидетельствует о «весьма хороших» успехах в русском и немецком языках и словесности, в географии и истории, физике и естественной истории. Во французском языке и словесности, в арифметике и педагогике ее знания характеризовались как «отличные». Ольга окончила институт с золотой медалью. После его окончания пути девушек разошлись. Ольга оставалась некоторое время в Киеве,

чтобы пополнить свое образование, затем с этой же целью отправилась в 1874 г. в Женеву.

Маша вернулась в Чернигов. Во всевозможных анкетах, писанных по разным поводам, Мария Васильевна утверждала, что занималась преподаванием с 1871 по 1879 г. По непроверенным источникам, Маша обучала детей малообеспеченных родителей.

В 1873 г. она вышла замуж за земского врача Николая Иллич-Шишацкого, уроженца все той же Черниговской губернии. О первом муже Марии Васильевны почти ничего неизвестно. Похоронив его, она перевернула эту страницу своей биографии, в ее обширном архиве нет упоминаний о нем. Впрочем, один документ все же нашелся. В 1880 г. Мария Васильевна, проживая в Черноморском уезде Казанской губернии, подала прошение на имя попечителя Казанского учебного округа о разрешении вступить в должность домашней наставницы. Ее желание было удовлетворено, она получила соответствующий документ, датированный 5 июня 1880 г. Копия этого документа, удостоверенная черниговским нотариусом 9 сентября того же года, гласит, что выдано оно вдове титулярного советника М.В.Иллич-Шишацкой [2, д.83, л.4]. Муж Марии Васильевны погиб на эпидемии. Наливкин предполагал, что он был много старше жены и что на его сбережения Мария Васильевна позднее отправилась в Париж. Возможно, в этих накоплениях была и ее доля, судя по всему, Шишацкий не препятствовал ее стремлению зарабатывать учительским трудом. Оставшись одна, она пользовалась также причитающейся ей вдовьей пенсией, на что намекает одно из писем ее отца.

## Жизнь в Париже

В 1880 г. молодая вдова отправилась в Париж и оставалась там до 1884 г. Несомненно, Мария получила одобрение отца, но едва ли могла рассчитывать на его материальную поддержку, так как на его попечении оставались другие члены семьи. Русские студентки, обитательницы Парижа и многих университетских городов Западной Европы, приучили себя довольствоваться самым малым. Об этом свидетельствуют письма младшей сестры и зарубежных корреспонденток Марии Васильевны. Питались по большей части «легюмами» (овощами. — Г.Л.). При относительной дешевизне парижской жизни (по сравнению с Москвой она была дешевле по крайней мере раза в три) и при жесткой экономии можно было несколько лет продержаться, тем более что посещение лекций и лабораторных занятий в Музее естественной истории было бесплатным. В архиве Павловой сохранилась карточка на имя студентки Музея естественной истории «мадам Шишацкой» с правом беспрепятственного посещения всех коллекций му-

зая в урочное время с характерной припиской «все бесплатно в заведении» [2, д.84, л.11].

В пору появления Марии Шишацкой в Париже Третья республика во Франции (1870—1940) вступила во второе десятилетие своего существования. В минувшее и следующее за ним десятилетие не прекращались ярые попытки клерикалов и роялистов реставрировать монархию в стране. В этой наэлектризованной атмосфере нашлось прибежище и для кружка русских политэмигрантов. Его глава, народник и социалист П.Л.Лавров, оказался на заметке у французской полиции, а затем не без ее участия стал объектом слежки русской зарубежной агентуры. Его присутствие терпели, поскольку его критика самодержавия не затрагивала непосредственно интересы Французской республики, да и русской охранке было удобнее иметь его в Париже. Был неудачный опыт высылки, по настоянию русского правительства, Лаврова в 1881 г. в Лондон, где русская шпионская сеть была налажена много хуже, чем в столице Франции. Вскоре, пользуясь молчаливым согласием обеих агентур, он вернулся в свою квартиру на улице Сен-Жак. Одним из заметных членов кружка был журналист Николай Сергеевич Русанов (1859—1939).

Квартирная хозяйка Марии Васильевны волею случая оказалась в центре русской политической эмиграции в Париже. Ее сестра, Софья Фоминична Блоновская, приехала в Париж в 1878 г. вместе со своей воспитанницей — писательницей Варварой Николаевной Жандр (по мужу Никитиной, 1842—1884). Никитина-Жандр (под такой фамилией она по большей части известна русскому читателю) увлеклась социалистическими идеями и в парижских изданиях левого толка публиковала под девичьей фамилией статьи о социализме, о революционном движении на родине, помещала там литературные обозрения. Жандр быстро сошлась с народническим кружком Лаврова. Возможно, через Лаврова она вышла на французского социолога и этнографа Ш.Летурно (оба были членами Французского антропологического общества), в числе ее хороших знакомых оказался видный государственный деятель Ж.Клемансо. После смерти Жандр в 1884 г. он поддержал Софью Блоновскую, доверив ей заведование своей личной библиотекой и пристроив ее в том же качестве к своим знакомым литераторам Ж.Кларети и Ф.Сарсе. Софья много помогала жителям бедных кварталов, раздавая пожертвования. На одном из благотворительных концертов начался по-



М.В.Павлова. Конец 1880-х годов [10, табл. XI].

жар, и ей, «маленькой шестидесятилетней старушке», не удалось спастись. Похоронами на кладбище Монпарнасс распоряжались Летурно и Клемансо, который произнес несколько взволнованных слов над свежей могилой [2, д.44, л.267].

Лиза Блоновская, хозяйка Марии, была вхожа в кружок революционеров. Она жила тем, что сдавала комнаты в своей квартире, переписывала какие-то тексты для библиотеки, давала уроки русского языка. В числе ее учениц оказалась жена брата Клемансо, бездетная молодая женщина, полунемка, полуавстрийка. Клемансо помог Лизе тем, что ускорил ее натурализацию, чем она безуспешно занималась до того многие годы. Дела Лизы шли плохо: из-за эпидемий, из-за избытка пустующих квартир

и гостиничных номеров постояльцев становилось все меньше. Уже после возвращения из Франции Мария Васильевна посылала к ней соотечественников, через Шишацкую Лиза передавала приветствия общим знакомым: Наташе Клечковской из Курска, Софье Михайловне Переславцевой. Лиза бывала благодарна Марии Васильевне, когда та в пору особого безденежья помогала ей небольшими денежными переводами, но особенно ценила в их переписке возможность обмениваться «при нужде серьезным, искренним словом». Обмениваться было чем, Лиза была неравнодушна к политическим баталиям, сотрясавшим Париж в первые десятилетия Третьей республики, она зорко наблюдала за борьбой республиканцев и монархистов, радуясь, что «монархическая антреприза» во Франции уже не проходит, она разоблачала в глазах Марии Васильевны уловки сторонников диктатуры генерала Буланже (1888—1889), радовалась падению кабинета Ж.Ферри (1889). Это была деятельная натура, в 1886 г. она занималась посмертным изданием сочинений Никитиной-Жандр. Последним ее увлечением было устройство бездомных подростков в надежде «вывести их в люди». Ради этого она целыми днями кружила по Парижу [7, д.291, л.115].

Мария Шишацкая довольно индифферентно отнеслась к социалистическим деятелям кружка сестер Блоновских, хотя, судя по письмам Лизы Блоновской, со всеми была знакома. Шишацкой удалось даже избежать влияния Лаврова, обаятельнейшей личности, по отзывам знавших его людей. Обстоятельство довольно странное на первый взгляд, ведь молодежь клана Гортынских была поголовно увлечена народническими, а иногда и анархистскими идеями. Правда, бомбистов, террористов, убежденных царевубийц среди них

не было, серьезных политических грехов за ними не водилось. Но были читатели и распространители запрещенной литературы, участники студенческих и народовольческих кружков, просто сочувствующие освободительным идеям, настоящие граждански активные личности. Родная сестра Ольга Гортынская, кузины Вера Иустиновна Дейша (Коцюбинская), Зинаида Александровна Гортынская (Хмелевская), Юлия Александровна Гортынская (Дебогорий-Мокриевич) находились под негласным надзором полиции, все они значатся в картотеке Департамента полиции. Туда же за грехи детей попали и их родители: Василий Степанович, его брат Александр и жена брата Александра Петровна Гортынская (Владимирова). Родной брат Марии Петр за участие в народовольческом кружке поплатился заключением и пятью годами высылки в Сибирь. На время пребывания Марии Шишацкой в Париже пришлось драматические события в жизни ее семьи.

В январе 1882 г. был арестован по делу о киевских революционных кружках и посажен в тюрьму Петр Гортынский. В архиве Павловой сохранилось неподписанное письмо с обращением «Дорогой папа». Письмо было послано из Киева 17 апреля 1882 г. и достигло адресата только 29 октября с зачеркиваниями, сделанными в жандармерии. В этом письме молодой человек жаловался отцу на тяготы тюремного заключения, связанного с ожиданием суда по какому-то, по его понятиям, пустячному делу. Его положение политического заключенного оказалось много тяжелее, чем просто уголовного. Суровое содержание в одиночке длилось уже несколько месяцев, и только благодаря поддержке родственников узнику удавалось сохранить себя [7, д.291, с.173].

Семья Гортынских дружно пришла на помощь заключенному. Штаб-квартирой на время следствия стало жилище жены арестованного Екатерины Александровны Гортынской (Дмитриевой-Мамоновой) в Киеве. Здесь в конце 1882 — начале 1883 г. побывала мать семейства Александра Михайловна. С 20 августа по 10 сентября 1882 г. жила, по донесению начальника Киевского губернского жандармского управления, «вдова врача» М.В.Иллич-Шишацкая, прибывшая сюда из Чернигова [8, л.6]. На этой же квартире в декабре 1882 г. мать встретила Ольгу, возвращавшуюся из Женевы с дипломом доктора медицины, а в феврале следующего года они вдвоем побывали в Киеве, чтобы посетить заключенного.

При пересечении государственной границы у Ольги при обыске были изъяты сочинения Герцена на русском языке, какие-то книги на немецком и русском и ее докторская диссертация. После экспертизы вещи были возвращены их владельцу, а над ней самой в 1883—1891 гг. установили негласный надзор полиции [8, л.4, 5]. Это обстоятельство серьезно повредило медицинской карьере Ольги и, возможно, помешало реализовать ис-

следовательские и преподавательские планы, к чему она страстно стремилась и для чего у нее были все необходимые данные. Во время следствия над Петром в феврале 1883 г. умерла от сердечного приступа мать, Александра Михайловна. Будучи уже зрелым человеком, имея семилетний опыт сельской жизни с мужем земским врачом, Мария Шишацкая не дала увлечь себя социалистическими идеями, хотя сочувствовала и помогала всем своим близким, пострадавшим от этих увлечений. От опасных соблазнов ее удержал серьезный интерес к науке, который всецело занял ее помыслы.

Исследовательский метод Летурно ее, однако, заинтересовал. В ответ на вопрос Марии Васильевны, «как Летурно лепит свои книги» (а их у него было немало, и многие были переведены на русский язык), Лиза Блоновская отвечала, что Летурно изучает первобытные погребальные обряды для своей последней книги «Эволюция религий» («Evolution des religions»). У него нет никаких сведений об обычаях древних славян, и он был бы очень признателен Марии Васильевне, если бы она указала на книги и статьи по этому вопросу [8, л.10 об.].

Но и Летурно не увлек Марию Васильевну в Париже. Свои досуги, вечерние чаепития и музицирование она предпочитала проводить в обществе студента из Монреаля Артура Жуайе. Но эти минуты отдохновения были редки. Все свои помыслы и силы она обратила на научные занятия. Париж в этом смысле предоставлял широкие возможности.

## Занятия и знакомства

Научная жизнь французской столицы после реформ конца 1860-х годов, проведенных министром просвещения В.Дюрюи (1863—1869), заметно оживилась. Увеличилось число исследовательских лабораторий, у крупных ученых появились возможность сочетать преподавание с экспериментальными исследованиями. Появление женщины в Сорбонне 1880-х годов не было сенсацией. Здесь, в отличие, например, от так называемых Больших школ (Политехническая — наиболее известная из них), ревниво охраняемых военным ведомством от внешнего вторжения, все было открыто, женщины допускались повсюду, давно практиковались общедоступные лекции для любого желающего, будь то девушка или глубокий старик. Среди публичных лекций было много поверхностных, но из их множества можно было выбрать такие, которые помогли бы самообразованию, формированию научного мировоззрения. В Париж привлекали богатство естественнонаучных коллекций, хранимых в научных кабинетах университета, Горной школы и особенно в Музее естественной истории; изобретений технической

мысли в Консерватории искусств и ремесел; книжные собрания публичных библиотек, не говоря уже о культурной жизни, способной удовлетворить самый взыскательный вкус.

Мария выбрала для занятий в Сорбонне и в Ботаническом саду музея широкий круг дисциплин, включавших практически всю естественную историю: ботанику, зоологию, сравнительную анатомию, антропологию, геологию и минералогию, физику и химию. Она слушала лекции знаменитых французских ученых, многие из которых пользовались мировой известностью: физика А.Беккереля, зоологов А.Мильн-Эдвардса, Ф.Ж.А.Лаказ-Дютье, Э.Бланшара, Э.Перрье, М.Дюваля, И.Делажа, ботаника Ф.Ван Тигема, минералога и химика Ш.Фриделя, антропологов и историков первобытного общества П.Топинара и Г.Мортилле. Попутно она занималась в лабораториях некоторых из этих ученых. Из простого перечня имен видно, что с самого начала она отдавала предпочтение изучению зоологии. На первом году обучения она занималась пре-

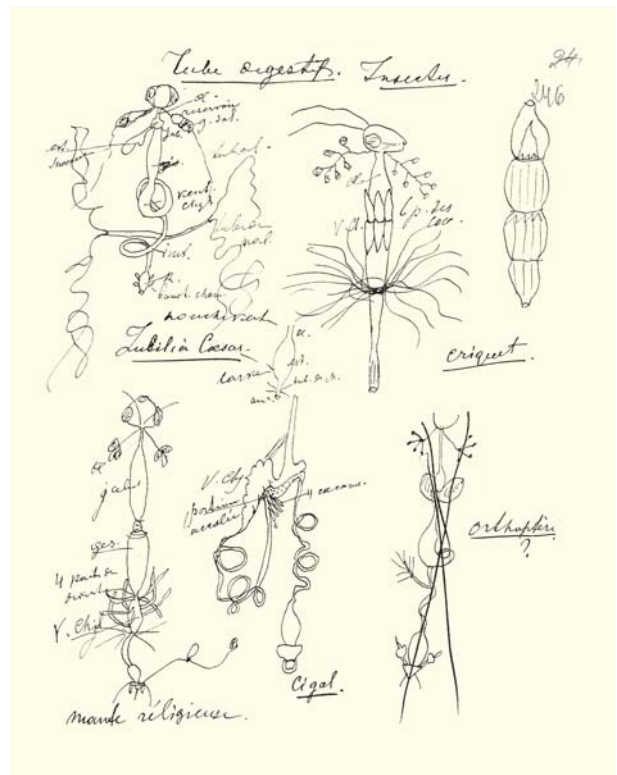
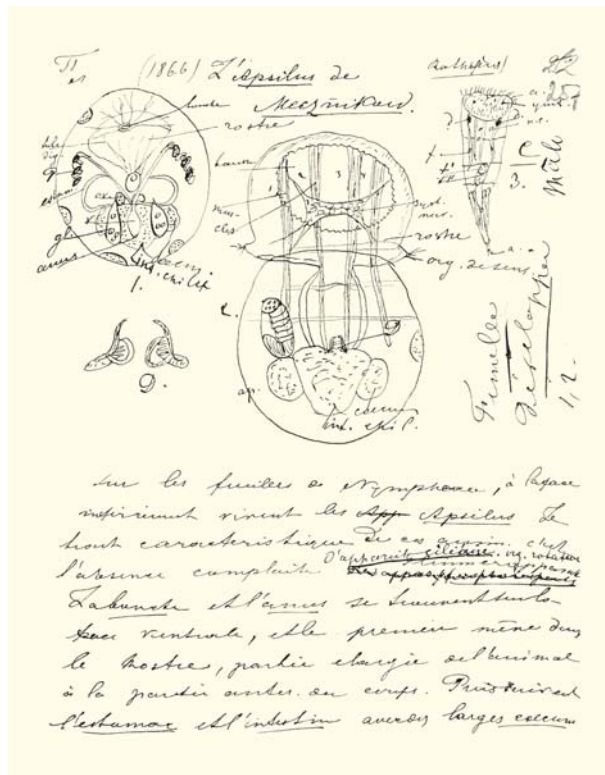


Э.Перрье. Иконотека членов МОИП.

имущественно у Мильн-Эдвардса. Ее присутствие можно обнаружить в Консерватории искусств и ремесел, где проводились занятия по физике и метрологии.

Целые тома конспектов лекций и научных сочинений того времени свидетельствуют о громадном ее трудолюбии. Шишацкая тщательно проштудировала все семь томов сочинений Мильн-Эдвардса по физиологии млекопитающих, законспектировала его лекции по анатомии и морфологии животных. Она оставила записки лекций и работ по зоологии Ф.Ж.А.Лаказ-Дютье (морские животные), Э.Перрье (иглокожие), Ш.М.Шатена (птицы), Л.Л.Вайана (электрические угри). В записях Мари

ири Васильевны есть конспекты работ по сравнительной морфологии, физиологии, эмбриологии, гистологии животных. Несколько общих тетрадей были посвящены ею отдельным научным дисциплинам: геологии, зоологии и палеонтологии млекопитающих и их распространению в отдельные геологические эпохи, ботанике (лекции Ф.Ван Ти-



Рисунки М.Шишацкой к лекциям и конспектам книг парижского периода: слева — рисунок к работе о нимфях [2, д.107, л.257]; справа — рисунок, изображающий органы пищеварения у насекомых [2, д.107, л.256]. Публикуется впервые.





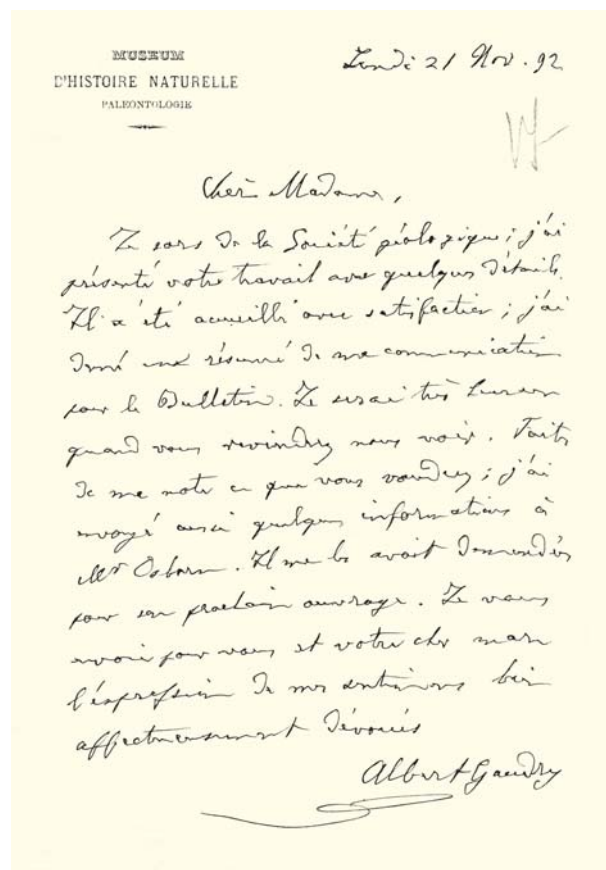
Диплом члена Зоологического общества Франции, выданный М.Шишацкой в 1884 г. [11]. Публикуется впервые.

гема и П.П.Дегерена), химии. Собранные вместе конспекты Марии Шишацкой поражают своим объемом, хотя и немногословны, — так много ею было прослушано лекций и проштудировано книг и статей по естествознанию. Все записки, за редким исключением, сделаны по-французски и сопровождаются бесконечным множеством рисунков карандашом и пером, выполненных более или

менее тщательно, но всегда виртуозно. Напряжение от занятий было так велико, что у Марии вскоре возникли проблемы с глазами.

Среди бумаг парижского периода можно встретить почтительное приглашение студентке Марии Шишацкой от профессора Мильн-Эдвардса, председателя комиссии по глубоководным исследованиям, посетить выставку коллекций, собранных им во время путешествия на Канарские и Азорские о-ва на судах «Travailleur» и «Talisman» в начале 1880-х годов. В ворохе конспектов попала квитанция об уплате членского взноса Зоологического общества Франции, в состав которого Шишацкая вошла в 1884 г. и диплом которого сохранился в Архиве РАН. Приложение к какой-то книге по общей биологии беспозвоночных содержит глоссарий терминов, «малоизвестных начинающим и требующих пояснения», свидетельство заботы администрации Сорбонны о своих студентах [2, д.107, л.324; д.106, 107].

В конечном счете Мария Васильевна выбрала предметом исследований палеозоологию и занималась ею под руководством знаменитого уже тогда А.Годри, это был ее окончательный выбор. Много позднее она вспоминала о доброжелательности и мягкости Годри. Его лекции произвели на Марию Шишацкую неизгладимое впечатление. «Лекции



А.Годри [12] и автограф его письма М.В.Павловой [7, д.56, л.17]. Публикуется впервые.

А.Годри были так же ясны, просты, содержательны, как и его работы, и, уходя с них, чувствовалось обогащение новыми и новыми познаниями и не чувствовалось усталости, воспринималось все зачительно легко», — писала она [9, с.62].

Годри был известен не только своими научными работами по палеонтологии, он много сделал для институализации этой дисциплины во Франции. В 1849 г. он одним из первых стал членом Палеонтологического общества в Париже. В 1872 г. после смерти своего предшественника А.д'Орбigny занял кафедру палеонтологии в Музее естественной истории, которая существовала с 1853 г. Деятельность Годри, приверженца эволюционного взгляда на развитие природы, превратилась в постоянное противоборство со сторонниками неизменности видов. Лишь поборов сопротивление своих противников, Годри сумел создать в 1879 г. в здании Музея естественной истории специальную галерею, где выставил палеонтологические находки. В 1898 г. он превратил ее в Музей палеонтологии.

Мария Васильевна подробно изучила эту коллекцию, сделала кое-какие слепки с ее экспонатов для себя, много работала в лаборатории, постигая исследовательские методы сравнительной анатомии и палеонтологии. Она познакомилась со всеми сотрудниками и учениками Годри, проходившими одновременно с ней обучение в Париже. Именно тогда состоялась ее встреча с английским геологом А.С.Вудвортом. Позднее, когда в 1900 г. по его инициативе Геологическое общество в Лондоне выбрало Павлову своим иностранным членом, Вудворт писал: «Вы единственная дама, которая удостоилась чести быть избранной в иностранные корреспонденты Общества. Мне было очень интересно читать Вашу краткую биографию, и я с удовольствием вспомнил о вашем сотрудничестве с нашим старым другом профессором Годри. Вы великолепно следуете по его пути и много добавляете к нашим познаниям об ископаемых млекопитающих» [7, д.46, л.4]. О совместном ученичестве у Годри наминал Марии Васильевне знаменитый американский палеонтолог Г.Осборн. С тех пор кафедра и лаборатория Годри в Музее естественной истории стали для Шишацкой вторым домом, она много здесь работала и всегда была желанной гостьей в их стенах. Своими способностями, живым характером, увлечением наукой она обратила на себя внимание наставников. Позднее долгая дружба связывала ее с Годри, Ван-Тигемом, Перрье. С тех времен у Марии Васильевны сохра-

нился отпечаток статьи Перрье о двигателе морского ежа, адресованный «мадам Шишацкой с почтительным уважением». Уже тогда Мария много общалась с Перрье, председателем Зоологического общества Франции. К тому же времени относится ее знакомство с известным французским палеонтологом Ш.Депере. Мария навсегда полюбила Париж. «Чудный Париж, как люблю я тебя. В нем все мне нравится, все кажется хорошим, это пристрастие, может быть, но в этом косолюбии\* все нам должно нравиться, даже и недостатки!», — исповедовалась она [7, д.107, л.273].

### Встреча с А.П.Павловым

Во Франции Мария сошлась с некоторыми студентками из России, изучавшими естественные науки. Среди русских обитательниц Парижа было известно имя некоей мадемуазель Крафт из Одессы, поддерживавшей здоровье своих соотечественниц. Кружок русской научной диаспоры в Париже был не так велик, в него сразу же попадали приезжие русские исследователи. Ничто в биографиях Марии Васильевны Павловой и Софьи Михайловны Переяславцевой (1849—1903), известного альголога и зоолога, заведующей Севастопольской биологической станцией в 1880—1891 гг., не обнаруживает их раннего знакомства. Обе жили в разных городах и бывали за границей в разное время. Между тем они были знакомы еще до переселения Марии Васильевны в Москву в 1886 г. и до встреч этих исследовательниц на съездах русских естествоиспытателей и врачей в 1900-х годах.

В пачке родственных писем, адресованных Павловой, сохранились два письма без даты и без подписи. По тону писем, по обращению «Дорогая Мария Васильевна» видно, что корреспондентки хорошо знакомы. По некоторым характерным деталям (автор письма живет в Севастополе, занимается изучением водорослей) создавалось впечатление, что оно написано Переяславце-



С.М.Переяславцева [10, табл.V].

\* Косолюбие — неологизм, придуманный Павловой. Как мне кажется, это слово обозначает то иррациональное чувство, сродни обожанию, которое она испытывала по отношению к Парижу и Альберу Годри, наставившему ее на путь палеонтологии и олицетворявшему в ее глазах этот город. Годри, кажется, единственный, кто избежал наименьшей критики со стороны Павловой, обычно довольно строгой в оценке работ своих коллег. «Обожаемый учитель» — так она его всегда называла.

вой. Сличение почерка письма с ее подлинным документом подтвердило авторство. Вскоре после замужества Марии Васильевны Переяславцева вспоминала: «От души радуюсь Вашей настоящей жизни и рада, что отчасти причиной этой была я: ведь, если бы я не поехала в тот год в Париж, Вы бы не были знакомы с Мензбир[ом], а следовательно, и с Ал[ексеем] Петр[овичем]. Конечно, могло бы случиться это знакомство и помимо меня, но случилось при моем участии, и я этому очень рада, что поездка в Париж не одной мне была полезна, а и другим» [7, д.291, с.191]. Переяславцева познакомилась Шишацкую с молодым московским зоологом М.А.Мензбиром. Тот, в свою очередь, представил ей своего коллегу геолога А.П.Павлова, магист-

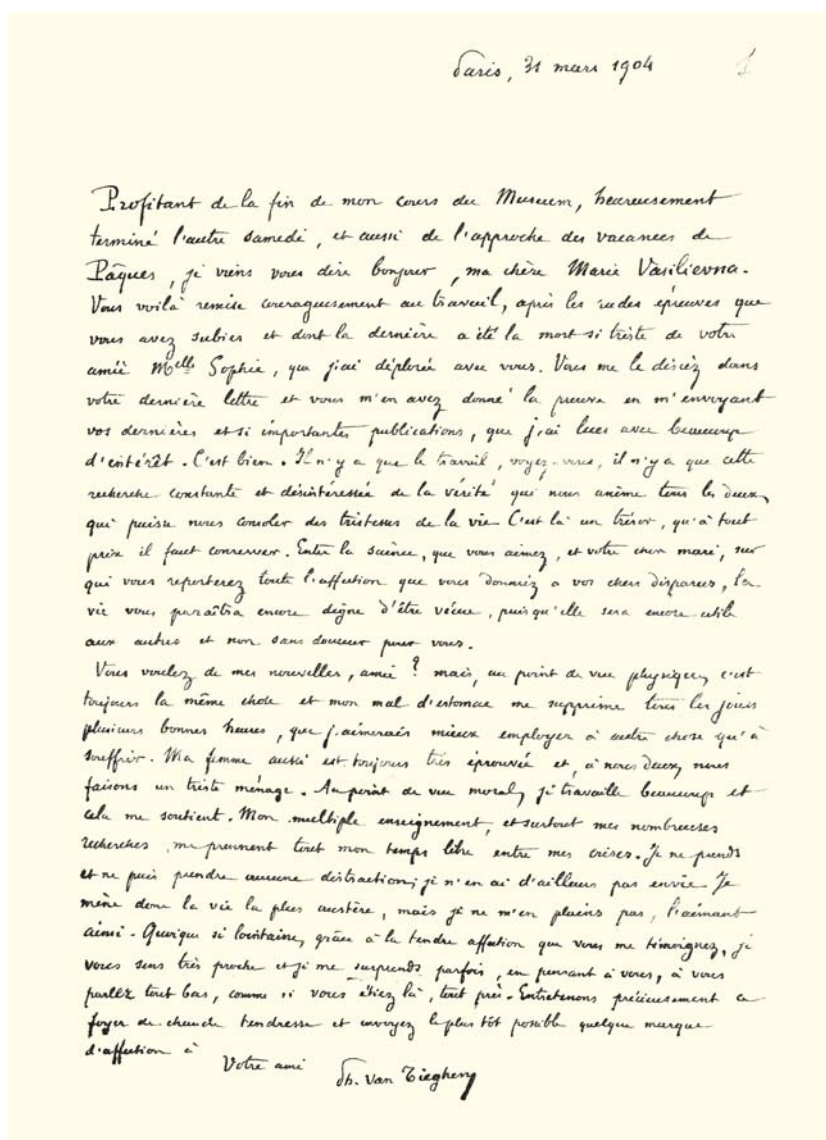
ра Московского университета. Молодые люди прониклись интересом и симпатией друг к другу.

В августе Павлов продолжил свою научную командировку в Австрии, в частности, работал в лаборатории знаменитого палеонтолога М.Неймайра, и посылал оттуда пожелание «всякого просветления», и над всякими таблицами победы и одоления», напоминая о предстоящих Иллич-Шишацкой экзаменах.

Фантастичным на первый взгляд кажется сообщение племянницы Марии Васильевны художницы М.П.Гортынской о том, что ее тетюшка жила в Париже в одной комнате с Софьей Ковалевской. Сама Павлова об этом никогда не вспоминала. Но Переяславцева была кузиной С.В.Ковалевской и, вполне возможно, могла их познакомить. Действительно, в начале 1880-х Ковалевская в поисках работы приезжала в Париж. Но эта семейная легенда требует тщательной проверки.

Осенью 1884 г. Павлов уже в Москве и занят подготовкой первых лекций в университете (астрономические условия бытия земного шара), которые «находятся пока в состоянии тревожных мыслей». У него нет времени писать длинные письма, лучше обо всем поговорить при встрече. «Я думаю, — предполагал он, — что первая встреча наша не будет последней». Действительно, Алексей Петрович старался ускорить возвращение Марии на родину.

Он отговаривал свою корреспондентку от продолжения учебы в Париже, полагая, что в настоящее время воздух родины ей куда более полезен. Он звал ее в Москву, пророча педагогическую карьеру в одной из столичных школ, предлагая вместе поразмыслить о том, «как устроить, чтобы труд и время, потраченные на приобретение знаний и прав, были наилучше утилизированы», обещая поддержку двух начинающих магистрантов [7, д.183, л.4, 26 об., 27 об., 32 об.]. Идея семейного союза возникла у Алексея Петровича, видимо, довольно рано. Но, сочувствуя стремлению Марии к самостоятельности, он долго искал возможность практического приложения ее знаниям. А она тоже не торопилась

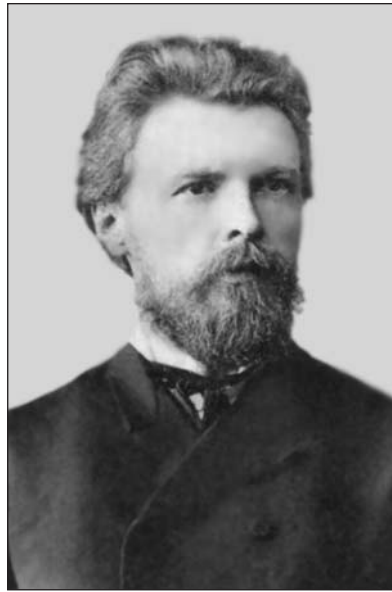


Автограф письма Ф.Ван Тигема М.В.Павловой, в котором он соболезнует по случаю смерти «мадемуазель Софи». С.М.Переяславцева проводила опыты над фринами (жгутоногими пауками) в ботанической лаборатории Ф.Ван Тигема в Музее естественной истории в 1894 г. [РАН. Ф.311. Оп.2. Л.3]. Публикуется впервые.

события, боясь помешать научной карьере своего избранника.

Павлов послал для ознакомления программу семинарии П.П.Максимовича, в которой ее могло бы заинтересовать преподавание естественных наук и географии, признаваясь, что ему самому хотелось бы составить программу «о началах неорганических». Школа Максимовича (так называли Тверскую женскую учительскую семинарию) готовила преподавательниц для сельских школ. Павлов преподавал в ней в 1873—1880 гг. естественную историю и географию. Он отправил Марии Васильевне кое-какие педагогические материалы. Алексей Петрович рассуждал о программе преподавания естествознания в средней школе и предупреждал Марию о необходимости соотносить его с уровнем

знания учениц. Самое главное, напоминал он, памятуя о скудной подготовке «юниц», многие из которых только что из деревни, следует добиться достижения самой главной цели — «приучить к связному рассказу, под которым понимается, конечно, и связанное мышление, и вообще тут впервые расшевеливается способность наблюдать, припоминать прежде виденное и делать элементарные отвлеченные логические выводы. Естественная история позвоночных представляет для этого очень удобный материал. Преподаватель естественной истории должен снизойти здесь с высоты своей специальности и сделаться просто педагогом» [7, д.183, л.11]. В ту пору помышления моло-



А.П.Павлов. Конец 1880-х годов [10, табл. XI].

дых людей дальше амплуа преподавательницы не шли, а вот «история позвоночных» уже маячила в их воображении. Мария Васильевна поддалась на уговоры Павлова: отказалась от плана продлить свое обучение в Париже еще на год и в конце 1884 г. вернулась в Чернигов. Она признавалась позднее, что покинула Париж «без сожаления, идя навстречу новой жизни» [2, д.86, л.55 об.].

26 мая 1886 г. Мария Васильевна вышла замуж за Алексея Петровича. Это событие круто изменило всю ее жизнь. Началось восхождение к высотам научной карьеры, о которой она прежде и не помышляла. Жена ее покойного брата Василия на предложение Марии Васильевны последовать ее примеру и для начала чему-нибудь научиться, а затем уже искать свое место в жизни,

возразила, что для самой Марии путь в науку был «укатан», ей помогли начать новую жизнь. Ею двигала любовь, которая способна все превозмочь. «Вы любили и верили, а этого вполне достаточно, чтобы решиться изменить положительно все», — писала она, не находя в своем случае ни поддержки родни, ни призвания к науке [7, д.291, л.83 об.]. Действительно, доброжелательное отношение семьи облегчило Марии Васильевне движение к цели, Павлов ввел ее в научное сообщество. Но еще до встречи с ним Мария Шишацкая полностью подготовила себя к научному поприщу, ей не пришлось начинать с белого листа, она максимально смогла воспользоваться выпавшей на ее долю удачей. ■

## Литература

1. *Наливкин Д.В.* Наши первые женщины-геологи. М., 1979.
2. Архив РАН. Ф.311. Оп.1а.
3. *Морозова А.В.* Чернігів і відомий і невідомий //Сіверянський літопис. 2012. №1—2 (103—104). С.43—46.
4. *Коцюбинская И.М.* Михаил Коцюбинский. М., 1969.
5. *Захарченко М.М.* История Киевского института благородных девиц. 1838—1888. Киев, 1889.
6. Институтки: Воспоминания воспитанниц институтов благородных девиц. М., 2008.
7. АРАН. Ф.311. Оп.3.
8. Государственный архив РФ. 3-е делопроизводство. 1883. Оп.79. Д.5.
9. *Павлова М.* Памяти Альбера Годри. 1827—1908 // Bull. de la Sociéty des Naturalistes de Moscou. 1908. №3—4. С.54—62.
10. Материалы по истории научной и прикладной деятельности в России и соприкасающимися с нею отраслям знания, преимущественно за последнее тридцатипятилетие (1850—1887), собранные Анатолием Богдановым. Т.1. М., 1888.
11. АРАН. Ф.Р-IV. Оп.4. Д.19.
12. АРАН. Ф.311. Оп.1. Д.38а.

# Рецензии Замечательная книга о ярких творениях природы

И.И.Куприянова,

доктор геолого-минералогических наук

С.В.Соколов,

кандидат геолого-минералогических наук

Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья

им.Н.М.Федоровского

Москва

Книга, казалось бы, посвящена весьма узкому вопросу — коллекционированию красивых минералов, чем занимается сравнительно небольшое число любителей. Но Борис Зиновьевич Кантор рассматривает эту тему в широком плане и затрагивает разносторонние аспекты научных (в том числе экологических) и просветительских проблем, сочетая свободный стиль изложения с точностью и достоверностью приводимых фактов и глубиной их анализа.

Многосторонность подхода демонстрируется уже в первой главе, цель которой объяснить предполагаемому коллекционеру и любителю камня, что такое минерал — предмет его увлечения. Во многих учебниках легко найти следующее определение: «Минерал — природное химическое соединение, обычно имеющее кристаллическое строение». Но автор гораздо глубже раскрывает приведенное понятие, показывая ограниченность одностороннего подхода к представлениям о сущности минеральных «кирпичиков» природного вещества.

Книга сразу же увлекает читателя доказательством широкой распространенности минералов, убедительно демонстрируя, что их можно найти повсюду — от выкопанной в поле канавы до облицовки станции ме-

тро. И автор настоятельно советует четко характеризовать находку каждого интересного экспоната и рассказывает, как это нужно делать. Далее дается развернутое описание, что собой представляет «минерал», приводится историческая справка, когда и кем сформировано точное понятие о минерале — этом творении природы, заслуживающем пристального внимания и охраны, как с эстетических, так и с научных позиций.

Затем кратко, но очень ярко, доступно и вместе с тем достаточно точно с научной точки зрения описывается сущность «кристаллической структуры» — неотъемлемого фундаментального свойства большинства минералов, которое определяет их внешние формы, физические и химические свойства.

Выразительная глава о кристаллах-гигантах — небольшая, но важная для подтверждения идеи сохранения минерального разнообразия. В ней указаны месторождения, где найдены наиболее крупные кристаллы берилла, турмалина, горного хрусталя. Вместе с тем с горечью повествуется о разрушении таких уникалов из-за меркантильных интересов отдельных хозяев или недопустимой небрежности.

Раздел книги о минеральных видах и разновидностях полезен точным описанием практических приемов их распознавания и демонстрацией фотографий



**Б.З.Кантор.** МИР МИНЕРАЛОВ (детям и взрослым).

М.: Минералогический альманах, 2013. 160 с.

разнообразных индивидов одного и того же минерального вида. Очень впечатляет авторская оценка исключительно удачного опыта при создании шкалы твердости минералов Ф.Моосом.

Строки о том, как давались названия новым или псевдонимным минералам заставляют не забывать о необходимости терминологической строгости в этой сфере минералогии. Следующий затем экскурс в историю появления отдельных терминов служит занимательной разрядкой в череде рассматриваемых методических проблем.

В главе, посвященной морфологии минералов (после краткого перечисления факторов, вызывающих многообразие облика одиночных кристаллов), основное внимание уделено расшифровке механизма образования кристаллических сростков. Здесь можно заметить, что при сравнении сферолитов и радиально-лучистых сростков автор указывает на возникновение первых в результате расщепления одиночного центрального кристаллика, но не поясняет, что такое «расщепление» и какие причины обуславливают его проявление.

Очень содержателен раздел об истории собирательства минералов, которое известно еще с доисторического времени, о чем говорит находка кристалла галенита на стоянке первобытного человека. Но уже в древнем Риме коллекционирование камней стало престижным делом правителей и знатного сословия, а в Средневековье, в соответствии с духом той эпохи, интерпретация свойств минералов приобрела не столько научный, сколько мистический смысл. К сожалению, как не без иронии замечает автор, в наш просвещенный XXI в. рассуждения о магических свойствах камней снова вошли в моду.

Однако вот уже сотни лет (начиная с эпохи Возрождения и с развитием металлургической и горной промышленности и вплоть до нынешнего време-

ни) собирательство минералов основывается на достаточно серьезной научной основе. Борис Зиновьевич дает яркие характеристики плеяде коллекционеров, которые своими частными собраниями заложили основы многих крупных государственных минералогических музеев — базы развития науки и обучения новых поколений специалистов и любителей камня.

В книге красной нитью прослеживается убедительное доказательство того, что минералы не только важнейшая часть окружающей нас природы, но также и первичный материал, обеспечивающий развитие современной техники. Горнодобывающие предприятия извлекают из недр огромные объемы руд и пород, которые затем складируются в отвалах, дробятся, превращаются в многочисленные технические продукты и изделия. А эти руды и породы включают разнообразнейшие минералы, которые имеют неопценное значение для понимания процессов, протекающих в земных недрах, не говоря об их эстетической и культурологической ценности. Систематический отбор и коллекционирование представительных минеральных образцов эффективно стимулирует развитие наук о месторождениях полезных ископаемых, а также служат делу охраны природы нашей планеты. И здесь важнейшую роль играют как специалисты — минералоги и петрографы, так и коллекционеры-любители.

Автор рассматривает собирательство минералов в неразрывной связи с их генезисом. Поэтому отдельную главу книги он посвятил описанию строения Земли и характеристике главных процессов минералообразования: магматизма, метасоматоза, осадкообразования и метаморфизма. Текст компактно и вместе с тем выразительно дает представление об этих сложных явлениях, понятное и читателю, не имеющему геологического образования.

Однако здесь хотелось бы сделать отдельное замечание. При рассмотрении роли воды в минералообразовании одна небольшая шероховатость связана с нарочитым подчеркиванием «нерастворимости» кварца, полевого шпата, рудных минералов со ссылкой на домашние опыты по выращиванию кристаллов квасцов или поваренной соли. Нам думается, что и без этого можно сразу перейти к объяснению существенного отличия роли воды в недрах от комнатных условий.

Большая часть книги посвящена характеристике конкретных минералов, которые, в отличие от принятых в учебниках классификаций, сгруппированы в несколько разделов по самым разным признакам.

В первую очередь рассматриваются драгоценные камни, а среди них, конечно, алмазы. Автор кратко описывает условия их нахождения и более подробно останавливается на находках знаменитых алмазов, особенно на истории выдающихся именных бриллиантов. Мы до сих пор помним печальную историю появления в России выдающегося камня «Шах», которым в свое время персидский правитель попытался оплатить убийство А.С.Грибоедова.

В книге подробно описаны все драгоценные разновидности берилла (в том числе изумруд), их месторождения, история добычи. А в начале главы берилл характеризуется как минеральный вид, приводятся сведения о его генезисе и практическом значении извлекаемого из него элемента бериллия. Но хотелось бы в число генетических типов месторождений берилла, помимо гранитов и пегматитов, добавить грейзены и связанные с ними кварцевые жилы. Именно в них нередко встречается ювелирный голубой берилл — аквамарин.

В разделе о рубине и сапфире — драгоценных разновидностях корунда — изложены условия их образования в природе

и древние легенды об экзотических способах добычи. На наш взгляд, имеет смысл добавить сведения о синтезе кристаллов рубина, которые употребляются в лазерной технике.

Занимательно рассказано, как курящие голландские матросы впервые познакомились с термоэлектрическими особенностями турмалина, о дальнейшем изучении и применении термо- и пьезоэлектрических свойств этого минерала. Уместна историческая справка о приключениях бесцветного турмалина — ювелирного эльбаита, который в конце концов попал в Россию и хранится в Алмазном фонде. Но автор рассказывает о генезисе турмалина лишь из пегматитов, хотя в грейзенах и гидротермальных породах он распространен не менее широко.

При описании топаза особое внимание уделяется диагностическим признакам, которые позволяют отличить его от более дешевых, но внешне похожих минералов (особенно от кварца). Здесь также указаны месторождения с разноцветными разновидностями этого красивого камня.

Ярко охарактеризованы многочисленные минеральные виды гранатов (красные, коричневые, зеленые, черные), образующиеся при метаморфических, метасоматических и магматических процессах.

Большой раздел книги посвящен самым распространенным породообразующим минералам, которые, помимо обычно невыразительных ксеноморф-

ных зерен и их агрегатов, иногда встречаются в виде красивых коллекционных кристаллов, двойников и друз.

В том же точном стиле рассматриваются рудные минералы Fe, Mn, Ti, Cu, Sn, Pb, Zn, W, As, Sb, Hg. Не меньшее внимание уделено видам, которые сопровождают руды и служат их поисковыми признаками: пириту, марказиту, арсенопириту, бариту, целестину, флюориту, эпидоту. Для коллекционеров и геологов-поисковиков также важны цветные вторичные минералы, возникающие в процессе преобразования руд в зоне окисления (в поверхностных условиях), — зеленый малахит, синий азурит, оранжево-красный ванадинит, огненно-оранжевый крокоит.

Оригинален взгляд автора на некоторые минералы, выделенные в разделы «Минералы жизни» и «Необыкновенные минералы». К первому отнесены апатит и вивианит, содержащие фосфор, справедливо названный элементом жизни, без которого организмы существовать не могут.

Во второй включены минералы с весьма разнородными признаками. Главное место среди них занимают галит, гипс и цеолиты — вещества, с которыми мы постоянно имеем дело в повседневной жизни. Они широко распространены в природе, обладают разнообразными кристаллографическими формами и привлекательны для коллекционеров. В этой главе рассматриваются два минерала с необычными свойствами. Один из них — ставролит с характерны-

ми крестообразными кристаллами, эмоционально близкими верующим христианам. А другой — голубовато-синий кианит с анизотропией твердости, которая может сбить с толку начинающего минералога при попытке определения этой характеристики.

В заключении книги в двух кратких разделах приведены весьма полезные, содержательные и точные рекомендации по поиску и собиранию минералов в горных выработках и природных обнажениях; по обработке собранных образцов для придания им наиболее привлекательного облика; а также по методам оптимизации цветовых оттенков, яркости и четкости их фотографий.

Отметим, что книга оформлена на весьма высоком полиграфическом уровне. Автор не напрасно поместил главу с советами по компьютерной обработке фотографий. Текст насыщен многочисленными иллюстрациями, очень выразительными благодаря тщательной и высококвалифицированной подготовке их к печати, что позволяет наиболее зримо оценить безграничное цветовое богатство минерального мира.

Отмеченные в рецензии небольшие замечания можно будет учесть при переиздании этого полезного и увлекательного труда.

Желаем дальнейших успехов автору и коллекционерам, которым эта книга, безусловно, поможет в успешной и грамотной реализации их полезного увлечения! ■

# А.Ф.Котс и идеологический музей

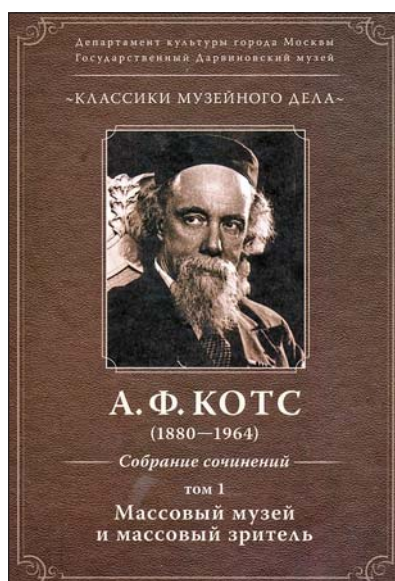
К.Г.Михайлов,  
кандидат биологических наук  
Зоологический музей МГУ им.М.В.Ломоносова  
Москва

Судя по всему, люди, фанатично преданные одной идее и положившие жизнь для достижения одной цели, — пережиток революционного времени начала XX в. Александр Федорович Котс (1880—1964) посвятил свою жизнь созданию и развитию знаменитого Дарвиновского музея в Москве. Идеям «профессора-общественника» Котса несказанно повезло — они, слегка трансформировавшись, пришлось ко времени и во многом удовлетворили идеологические потребности советской власти в области биологической науки, ведь дарвинизм всегда пользовался поддержкой марксизма-ленинизма. Хотя исходно при организации музея речь шла не только о Дарвине... Но об этом ниже.

Первые два тома собрания сочинений, заботливо изданные Государственным Дарвиновским музеем, посвящены специфике музейного дела и истории создания музея. Эти работы публикуются впервые. Научное и музейное наследие Александра Федоровича велико, ожидается издание еще нескольких томов собрания его сочинений.

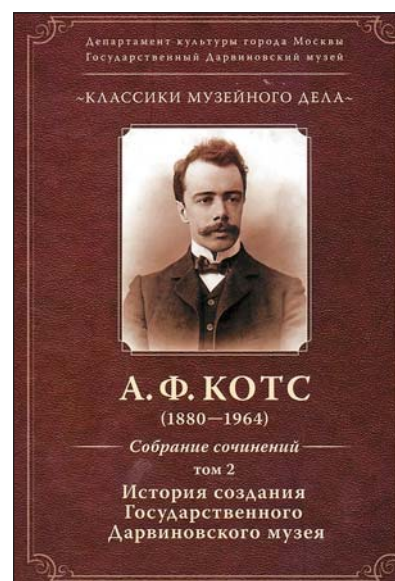
Во втором томе, с которого рекомендую начинать чтение, представлена биография Котса на фоне ранней истории музея. Издание дополнено его работами о задачах и проблемах, вставших перед музеем в годы после Великой Отечественной войны.

Подобно множеству представителей тогдашней революци-



**Котс А.Ф.** Собрание сочинений. Т.1: Массовый музей и массовый зритель. Сер. «Классики музейного дела».

М.: Государственный Дарвиновский музей, 2013. 217 с.



**Котс А.Ф.** Собрание сочинений. Т.2: История создания Государственного Дарвиновского музея. Сер. «Классики музейного дела».

М.: Государственный Дарвиновский музей, 2014. 304 с.

онной интеллигенции, молодой Александр Котс ценил красоту идей выше красоты природы. Все его помыслы были обращены к музею нового типа, музею идеологическому, который позднее получил название Дарвиновского. Две большие зарубежные поездки 1905 и 1913 гг. показали полное отсутствие аналогичных музеев в Европе. Там процветали в первую очередь музеи систематической и региональной направленности. Идея и структура будущего музея бы-

ли тщательно продуманы Котсом, об этом подробно написано в текстах, размещенных в изданных томах. Все немалые заработки в дореволюционные годы от преподавательской и коммерческой деятельности Александра Федоровича (выделка чучел в фирме безвременно скончавшегося Ф.К.Лоренца) были направлены на сбор и покупку зоологических экспонатов. Едва ли создание музея было возможно без помощи друзей-единомышленников: увлеченной на-



укой и только наукой жены Н.Н.Ладыгиной-Котс, таксидермиста В.Е.Федулова, чуть позже присоединившегося к ним знаменитого художника-анималиста В.А.Ватагина.

В 1913 г. Московские высшие женские курсы (позднее Московский государственный педагогический институт им.В.И.Ленина, ныне Московский педагогический государственный университет) предоставили для музея, посвященного эволюционной идее, небольшое помещение на Девичьем Поле (неподалеку от Новодевичьего монастыря). И если первые десятилетия его существования еще можно было говорить, что он там размещался, то в последние годы перед переездом музей буквально ютился из-за постоянного роста числа экспонатов. Отсчет музейной истории официально принято вести чуть ранее, с 1907 г., когда Котс передал собранные им коллекции животных, в основном чучела птиц. Эти материалы первоначально хранились в зоологическом кабинете курсов.

Между тем музей был ориентирован именно на массового посетителя и, конечно, нуждался в большем помещении. Александр Федорович красочно и подробно описывает свои «хождения по инстанциям» как в дореволюционное время, так и при советской власти — в поисках средств для расширения музея. К сожалению, все эти старания закончились ничем: богачи-промышленники отказали в помощи в 1910-х годах, а советская бюрократия, несмотря на поддержку высшего партийного руководства, загубила проекты нового здания музея гораздо позднее, уже в 1950—1960-х годах.

Но музей работал и развивался. Через него проходил огромный поток экскурсантов, особенно в советские годы. Множество экскурсий и выездных лекций провел лично Котс. А рассказывал он блестяще, о чем свидетельствуют многочисленные письма и отзывы-

благодарности. И это несмотря на то, что идея дарвинизма не столь интересна и доступна для широких масс, как, например, история революции и Великой Отечественной войны, собрание картин Третьяковской галереи или мемориальные дома-усадеб Л.Н.Толстого и других великих писателей. По количеству посетителей и экскурсантов в советское время относительно компактный музей был вполне сравним с «большими» московскими музеями.

Вот характерные заглавия разделов первого тома: «О музеях как лабораториях по изучению культмассовой работы», «Кто такой массовый зритель?», «Что такое массовый музейный экспонат?», «Вещь — этикетка. Слово — образ». Котс выделял несколько типов музеев, в первую очередь учебные и научно-исследовательские, ориентированные соответственно на студентов/школьников и на знатоков/любителей. Одна из главных задач новых музеев массового типа — «приобщение к научным знаниям... обязательно в живой, манящей, увлекательной общепонятной форме, без снижения научности даваемых сведений» (т.1, с.22). Это касается и экскурсионной деятельности, и улучшения (направленного на работу с одиночными посетителями) экспонатов, а также внешнего вида и содержания этикеток. Массовый посетитель не хочет скушать и уставать в музее, он желает осмотреть его в один прием, мало или ничего не знает по тематике музея, воспринимает экспонаты в меру их эмоционального воздействия. Поэтому для идеологического музея важны лаконичность и стройная логика экспозиции, эстетика (т.е. внешняя художественность формы), неизбежна борьба на два фронта — с академизмом и с вульгаризацией науки (элементаризмом, в терминах Котса). Экспозиция — это синтез науки и искусств. Необходимы предельная ее доступность, ши-

рота тематики и творческая новизна показа. А «...высшей формой экспозиции является лишь та, которая по отношению к каждому объекту, по осмотру каждой залы и всего музея в целом, ясно, четко, властно отвечает на вопрос: “Какой же будет [из этого. — К.М.] вывод?”» (т.1, с.133). Трудно вообразить себе всю сложность поставленной задачи. Поэтому «...создание подлинных музеев — дело личного призвания и творческого пафоса их основателей» (т.1, с.162). Эти слова полностью приложимы и к самому Александру Федоровичу!

Тексты первого тома, написанные в 1950-х годах, несомненно, опередили свое время. Жаль, что они не увидели свет при жизни автора. Хотя, надо признать, прежний массовый посетитель музеев ныне почти исчез. Нет характерных для раннего советского периода экскурсий — слушателей ли курсов ОГПУ или школы служебного собаководства, либо красноармейцев или рабочих пушно-мехового холодильника с семьями, и т.д. и т.п. Судя по всему, «массовыми» остались только школьники и выездные выставки...

То ли по соображениям самоцензуры, то ли искренне переменив точку зрения, Александр Федорович не указал, что в дореволюционное время его музей был посвящен не только Ч.Дарвину, но и И.-В.Гёте. При входе в музей стояли бюсты именно этих двух великих ученых. А эволюционное учение Гёте неотделимо от фигуры Рудольфа Штейнера и антропософии (фактически запрещенной в сталинские времена). Во время зарубежной поездки 1913 г. Котс слушал лекции Штейнера, познакомился с ним лично и получил фотографию с дарственной надписью. Ватагин изготовил, среди прочих, бюст Штейнера (фотография представлена на одном из антропософских интернет-сайтов), который, похоже, был уничтожен позднее (уже в 1930-х годах) при окончательном переходе

музея «в дарвинизм». По другой версии, бюст был переприписан (например, как «Энгельс в молодости», или приписан кому-то из биологов) и таким образом спасен. Ватагин также создал два больших панно — «Лемурия» и «Атлантида», которые соответствуют этапам истории жизни на Земле по Штейнеру, но полностью отрицаются современной наукой. Эти панно до сих пор хранятся где-то в запасниках музея. Более того, Котс назвал своего сына Рудольфом в честь Штейнера и сделал это уже в 1920-х годах, а в эти времена увлечение антропософией уже не приветствовалось. Когда именно музей стал окончательно Дарвиновским — из текстов изданных томов понять невозможно, но, скорее всего, в самом конце 1920-х годов, в эпоху «великого перелома», когда больше-

вики добрались до реформы российской системы науки и образования.

Язык всех текстов Александра Федоровича превосходен и приятно старомоден. Редакторы-составители позаботились о богатом иллюстративном материале — в основном это фотографии из архива музея. Тексты тщательно вычитаны, количество ошибок и опечаток минимально. Остается только сожалеть о полном отсутствии справочного аппарата, столь необходимого для мемориально-исторических книг, а также о крайне малом числе сносок и именной указатель, особенно во втором томе. Тираж в 500 экземпляров также совершенно недостаточен для широкого распространения этого во многих отношениях замечательно-

го издания, тем более что оно не поступило в розничную продажу в книжные магазины.

Новое здание музея, построенное на ул. Вавилова уже в 1990-х годах в духе идей Котса, мало напоминает старые тесные залы на Пироговке. Многочисленных посетителей — москвичей и гостей столицы — сегодня привлекает скорее не собственно дарвинизм, а богатые коллекции, постоянно обновляемые интересные и разнообразные выставки, современные приемы работы и, безусловно, легендарность и замечательная, более чем вековая, история самого музея. И это совсем неплохая замена былой дарвинистской идейности. А недавно рядом появился еще и отдельный корпус музейного хранилища — предмет зависти многих московских музеев. ■

## Физика. Океанография

**В.А.Щевьев.** ФИЗИКА ТЕЧЕНИЙ В ОКЕАНАХ, МОРЯХ И ОЗЕРАХ. ИСТОРИЯ ПОИСКОВ, РАЗМЫШЛЕНИЙ, ЗАБЛУЖДЕНИЙ, ОТКРЫТИЙ. Lambert Academic Publishing, 2012. 275 с.



Виктор Алексеевич Шевьев  
**Физика течений в океанах, морях и в озерах**  
 История поисков, размышлений, заблуждений, открытий.



Океаны и моря играют определяющую роль в формировании климата нашей планеты и отдельных ее регионов. Влияние определяется течениями, крупномасштабными циркуляциями и взаимодействием гидросферы и атмосферы. Течения переносят тепло из экваториальной области океанов в высокие широты. Выпущенная на CD книга посвящена истории познания закономерностей происхождения и существования течений в океанах, морях и озерах, а также выявлению наиболее вероятной причины возникновения крупномасштабных водных циркуляций. В отдельных главах книги рассмотрен широкий круг вопросов: история исследования течений Северного и Среднего Каспия и в других внутренних и окраинных морях и крупных озерах, ветровых течений во внутренних морях и озерах, природы термохалинных течений и роли термохалинных факторов в образовании течений, основных закономерностей образования крупномасштабных циркуляций в океанах и морях, закономерностей изменчивости приливообразующих сил Луны и Солнца, инерционных течений Каспийского моря, явления Эль-Ниньо — Ла-Нинья, роли различных видов течений в экологии океанов, морей и озер. Кроме того представлены методические и методологические результаты исследований течений в океанах, морях и озерах, теория (основные закономерности) образования и существования течений в океанах, морях и в озерах, а также социологические аспекты научных исследований. Автор обстоятельно показывает, что по любому вопросу существуют разные мнения, и не всегда самые распространенные ближе к действительности.

**Физика**

**В.Е.Фортов.** ФИЗИКА ВЫСОКИХ ПЛОТНОСТЕЙ ЭНЕРГИИ. М.: Физматлит, 2013. 712 с.

Состояние вещества с предельно высокими температурами и давлениями, а следовательно, с необычайно высокими концентрациями энергии, всегда привлекало исследователей. Оно интересно возможностью получения рекордных параметров, перспективами продвижения в новые области фазовой диаграммы и получения в лабораторных условиях экзотических состояний, из которых возникла наша Вселенная в результате Большого взрыва. В таких условиях находится сейчас подавляющая (90—95%) масса барионного (видимого) вещества — в звездных и межзвездных объектах, в планетах и экзопланетах. Монография посвящена многообразным физическим явлениям и свойствам сжатого и разогретого вещества при высоких плотностях энергии. Рассмотрены способы генерации, диагностики, а также теоретические методы описания поведения вещества при экстремально высоких давлениях и температурах, получаемых в лабораторных и квазилабораторных условиях. Обсуждаются состояния вещества с высокими плотностями энергии, возникающие на разных стадиях эволюции астрофизических объектов под действием гравитации и термоядерного энерговыделения. Автор попытался систематизировать, обобщить и изложить с единой точки зрения обширный теоретический и экспериментальный материал, относящийся к новой области науки — физике высоких плотностей энергии. Монография основана на материалах лекций, прочитанных автором в Московском физико-техническом институте и в Высшей школе физики Минатома России, а также на обзорных и пленарных докладах.

**Ботаника**

**М.Г.Вахрамеева, Т.И.Варлыгина, И.В.Татаренко.** ОРХИДНЫЕ РОССИИ (БИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 437 с.



Многие виды семейства орхидных относят к редким и исчезающим растениям, требующим срочной охраны, они внесены в Красные книги — государственные и региональные. В монографии представлено современное состояние знаний по биологии, по распространению и охране видов семейства на территории России. В основу труда легли результаты собственных более чем 30-летних исследований и обобщение большого объема отечественной и иностранной литературы — включающей как старые классические работы, так и самые последние публикации. В девяти главах книги авторы уделили внимание широкому кругу проблем: морфологии и онтогенезу, экологии и фитоценологии, микоризообразованию, сезонным ритмам, способам и интенсивности размножения, возрастной структуре, устойчивости и динамике популяций, реакциям на различные формы антропогенного воздействия и т.д. Приведены описания свыше 125 видов семейства Orchidaceae, отмеченных на территории нашей страны к январю 2014 г. Завершают книгу карты распространения и альбом цветных фотографий каждого из описанных видов.

# Еще раз о ГМО

Научка и общество

С тех пор как было создано первое трансгенное растение, миновало уже более трех десятилетий, и все эти годы биологи терпеливо объясняют в широкой печати (в том числе и в нашем журнале) суть метода генетической модификации организмов. Тем не менее множество людей (среди которых, к сожалению, есть и законодотворцы, и даже ученые), не веря специалистам, продолжают панически бояться генетически модифицированных организмов, вред которых еще никому не удалось достоверно доказать. На заблуждении людей наживаются производители, намеренно завышающие цены на продукты с маркировкой «без ГМО». Что скрывается за этой аббревиатурой и стоит ли содрогаться при виде этих трех букв? На эти вопросы, которые, случается, задают и наши читатели, лаконично отвечает участница конкурса научно-популярных статей «Био/мол/текст-2014»\* Н.Н.Скорлупкина. Поводом для этой публикации стало не столько наше желание еще раз напомнить о беспочвенности настороженного отношения к ГМО, сколько недоумение по поводу недавних событий, которые могут привести к отставанию России от мировых конкурентов в развитии биотехнологии. В последние годы казалось, что Правительство России стало прислушиваться к мнению научного сообщества, но 3 февраля был подписан законопроект, запрещающий выращивать ГМО на территории России. Мы попросили прокомментировать этот документ биолога А.Ю.Панчина.

## Трансгенные растения — бомбы замедленного действия или спасители планеты?

Никто не отрицает главное и очевидное преимущество генетически модифицированных растений перед их нетрансформированными сородичами: использование ГМ-растений позволяет увеличить и сохранить урожай без использования ядохимикатов — гербицидов, инсектицидов и фунгицидов. Беспокойство обычно вызывают отдаленные последствия, которые гипотетически могут вызвать пищевые продукты, содержащие ГМО. И это — основной аргумент противников генетической трансформации растений, призывающих ограничивать потребление ГМО. Но почему-то мало кто задумывается, что на самом деле люди начали менять генетический аппарат растений еще на заре цивилизации, только делали они это интуитивно, скрещивая растения с наилучшими свойствами. В результате длительной селекции создавались новые культуры, которые генетически, естественно, отличались от диких видов.

Работа селекционеров значительно упростилась с открытием принципов передачи наследственных признаков от родительских организмов

к их потомкам (законов Менделя) и созданием генетических методов селекции. С помощью рентгеновских лучей и химических мутагенов ученые научились увеличивать частоту мутаций и получать новые сорта сельскохозяйственных растений. Такие эксперименты продолжают и сегодня, но у этого метода есть существенный недостаток — результаты искусственного мутагенеза, как и естественного, непредсказуемы. Добиться целенаправленных изменений позволяет генетическая модификация организма [1, 2]. Первое ГМ-растение — новый сорт табака — получили бельгийские генетики под руководством Дж.Шелл в 1983 г. [3]. Разработанный ими метод стал классическим; состоит он из пяти основных этапов.

Сначала необходимо изолировать нужный ген. Получают его либо путем химического синтеза из составляющих ДНК нуклеотидов (что очень долго и дорого, а потому обычно нецелесообразно), либо путем его выделения из клеток других организмов с помощью специальных методик.

Затем чужеродный ген надо перенести в организм, для чего в качестве носителя (вектора) ис-

\* По договоренности с организаторами конкурса некоторые статьи будут опубликованы в научно-популярных журналах. Здесь мы публикуем слегка сокращенный и переработанный вариант статьи; с полной ее версией, а также с другими статьями, участвовавшими в конкурсе, можно ознакомиться на сайте организаторов конкурса: [biomolecular.ru/content/1496](http://biomolecular.ru/content/1496)

пользуются плазмиды (кольцевые молекулы ДНК в клетке бактерий, существующие отдельно от геномных хромосом и способные реплицироваться автономно), оболочки инактивированных вирусов, а также липосомы — сферические оболочки, состоящие из фосфатидилсерина и холестерина.

На следующем этапе вектор с «полезным» геном вводят в генетический аппарат растительной клетки разными способами — от простого нанесения вектора на клетки до обстрела из генной пушки. На заключительных этапах из модифицированных клеток выращивают целые растения, из которых затем отбирают только те, в которых проявились ожидаемые свойства.

По сути, метод генетической модификации организма — та же селекция, только быстрее и с предсказуемым результатом. Однако перспектива использования трансгенных растений в сельском хозяйстве вызывает ожесточенные дискуссии в обществе. Например, дебаты разгорелись после публикации результатов лабораторных исследований, в которых пыльца трансгенной кукурузы убивала гусениц бабочки-монарха. Правда, вскоре Агентство по охране окружающей среды США (United States Environmental Protection Agency) опровергло эту информацию: выяснилось, что в естественных условиях вероятность влияния ГМ-кукурузы на личиночную стадию бабочки весьма незначительна или даже вовсе отсутствует, поскольку в природе они рядом не живут [4].

Другой пример — нашумевший эксперимент с крысами. Животных кормили трансгенной куку-

рузой, и у них стали появляться опухоли [5]. Журнал, опубликовавший в 2012 г. результаты этих исследований, вскоре отозвал статью, поскольку редакция получила множество критических писем с указанием на ошибки в методологии работы и результатах. Во-первых, исследователи использовали крыс линии Sprague-Dawley, в популяции которых даже в норме возникают опухоли у 45% животных [6]; во-вторых, не была установлена зависимость появления новообразований от количества потребления кукурузы; в-третьих, не было контрольной линии крыс.

Столь же бурную полемику вызвали и другие эксперименты с крысами, которых исследователи кормили ГМ-соей, устойчивой к гербициду глифосату [7]. По их мнению, трансгенная соя негативно воздействует на репродуктивную функцию крыс, а также на выживаемость и развитие их потомства. Эти результаты даже не были опубликованы в научной периодике, поскольку были забракованы еще на стадии рецензирования, но привлекли к себе широкое внимание СМИ и настроили людей против ГМО в целом, и трансгенных растений в частности. Между тем как раз их использование может решить проблемы загрязнения окружающей среды, что положительно скажется и на здоровье самого человека. Действительно, отказаться от применения ядохимикатов, традиционно используемых для защиты посевов от болезней или насекомых-вредителей, можно, создав устойчивые к ним ГМ-сорта. Для этого достаточно внедрить в генотип растения ген, кодирующий синтез

веществ, пагубно действующих, например, на насекомых. Были проведены исследования, которые доказали, что такие соединения безопасны для птиц, млекопитающих, в том числе и человека [2]. Есть еще один безопасный, но менее эффективный метод контроля численности насекомых-вредителей — внедрение в их популяцию «био-диверсантов» — насекомых с летальными генами [4].

Кроме того, с помощью целенаправленной генетической модификации растений можно добиться улучшения их пищевой ценности. Например, в 2000 г. ученые из Швейцарской высшей технической школы (Swiss Federal Institute of Technology, Цюрих) и Фрайбургского университета (Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Германия) создали ГМ-сорт риса, в зернах которого содержится большое количество β-каротина — предшественника витамина А [8]. «Золотой рис»,



«Золотой рис» легко отличить от обычного по цвету зерен.

goldenrice.org

названный так за золотисто-желтый цвет его зерен, помог бы снизить заболеваемость и смертность, связанные с дефицитом витамина А, в развивающихся странах, где рис — основной источник питания. Исследования, проведенные в 2012 г., показали, что β-каротин «золотого риса» усваивается у детей лучше, чем β-каротин шпината или масла и к тому же намного доступнее и дешевле [9]. Планировалось, что вскоре «золотой рис» начнут культивировать в двух азиатских государствах — Филиппинах и Бангладеш [10], однако до сих пор он нигде не допущен к выращиванию. И дело тут не только в технических или законодательных проблемах. Против внедрения «золотого риса» выступают различные общественные организации (в том числе Greenpeace), сомневающиеся в его безопасности, а также радикальные активисты, порой просто разоряющие экспериментальные посадки. Что же волнует противников ГМО?

Плохо образованные из них любят рассказывать ужасающую историю о том, что части ДНК трансгенных растений могут встраиваться в геном человека и вызывать опасные для жизни мутации. Вряд ли сейчас кто-либо сможет вспомнить автора этой безумной идеи, но ее абсурдность очевидна: если бы чужеродные гены, попадающие в организм с пищей, могли встраиваться в наш геном, то человек давно потерял бы свой облик и приобрел бы черты, например, морковки или коровки (в зависимости от личных предпочтений).

Другой волнующий оппонентов вопрос: не навредят ли трансгенные растения экосистемам? В большинстве статей обсуждаются два возможных варианта негативных последствий, связанных с масштабным применением ГМ-растений, —

влияние на биоразнообразие и «утечка» трансгенов в окружающий мир\*.

Первая проблема до сих пор вызывает множество споров. С одной стороны, трансгенные растения, казалось бы, устойчивее диких сороричей к превратностям среды и могут вытеснить их из экологических ниш. С другой стороны, за тридцатилетнюю историю культивирования ГМ-растений ни одно из них до сих пор не поймано «с полчиным» — вероятно, им просто не выжить в дикой природе, так как, повторю, они мало отличаются от выведенных в результате длительной селекции культур, которые нуждаются в дополнительном уходе. Вторая проблема столь же бурно обсуждается экологами, бьющимися над тем, как избежать миграции генов между ГМ-сортом и дикими растениями [4]. И хотя единого мнения пока нет, замечу, что эта угроза вряд ли соизмерима с вредом, который наносят природе пестициды, используемые при традиционном культивировании растений.

Во все времена людей пугало неведомое. Но в наш цивилизованный век видеть в новом непременно угрозу по крайней мере неразумно, а идти на поводу у производителей, завышающих цены на «органическую» продукцию и наживающихся на заблуждениях потребителей, — унижительно. Избежать этого просто — достаточно получать информацию только из достоверных источников и на их основе формировать собственное мнение.

© Скорлупкина Н.Н.,

Первый Московский государственный  
медицинский университет им.И.М.Сеченова,  
НИИ вакцин и сывороток им.И.И.Мечникова

\* Подробнее об экологических рисках, связанных с культивированием ГМ-растений, см.: <http://gmo.ru/sections/26>

## Литература

1. Genetically engineered food: methods and detection / Ed. K.J.Heller. Weinheim, 2006.
2. Taschenatlas der biotechnologie und gentechnik / Ed. R.D.Schmid. Weinheim, 2006.
3. Joos H., Timmerman B., Montagu M.V., Schell J. Genetic analysis of transfer and stabilization of Agrobacterium DNA in plant cells // The EMBO Journal. 1983. V.2. №12. P.2151—2160.
4. Walker Sh. Biotechnology demystified. 2006.
5. Séralini G.-E., Clair E., Mesnage R. et al. Long-term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize // Food Chem. Toxicol. 2012. V.50. P.4221—4231. [Retracted]
6. Marshall A. GM soybeans and health safety — a controversy reexamined // Nat. Biotechnol. 2007. V.25. №9. P.981—987. doi:10.1038/nbt0907-981
7. Prejean J.D., Peckham J.C., Casey A.E. et al. Spontaneous tumors in Sprague-Dawley rats and Swiss mice // Cancer research. 1973. V.33. №11. P.2768—2773.
8. Ye X., Al-Babili S., Klüti A. et al. Engineering the provitamin A (β-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm // Science. 2000. V.287. №5451. P.303—305. doi:10.1126/science.287.5451.303
9. Tang G., Hu Y., Yin S.A. et al. β-Carotene in Golden Rice is as good as β-carotene in oil at providing vitamin A to children // Am. J. Clin. Nutr. 2012. V.96. P.658—664. doi:10.3945/ajcn.111.03775
10. Nayar A. Grants aim to fight malnutrition // Nature News. 2011. doi:10.1038/news.2011.233

## Научка и общество

# Вопреки мнению научного сообщества

Недавно Правительство РФ внесло на рассмотрение в Государственную думу законопроект о запрете «выращивания и разведения на территории России растений и животных, генетическая программа которых изменена с использованием методов генной инженерии». Законопроект предусматривает создание системы мониторинга использования ГМО и административную ответственность в случае незаконного их использования. Документ, подписанный 3 февраля, опубликован на сайте Нижней палаты Парламента России. Казалось бы, появление этого законопроекта ничто не предвещало...

В июле 2013 г. Правительство РФ утвердило план «Развития биотехнологий и генной инженерии», в котором среди прочего была намечена цель — «развитие внутреннего спроса и экспорта биотехнологической продукции». Однако спустя всего два месяца председатель Правительства подписал постановление «О государственной регистрации генно-инженерно-модифицированных организмов», что впоследствии вызвало заметную активность некоторых общественных организаций и отдельных депутатов Государственной думы, пытающихся воспрепятствовать внедрению инновационных биотехнологий в российское сельское хозяйство.

В апреле прошлого года Общество научных работников (ОНР) опубликовало «Открытое письмо в поддержку развития генной инженерии в Российской Федерации», которое подписали 325 человек, включая 98 кандидатов наук и 49 докторов наук\*. Приведу две выдержки из этого письма.

«Генетически модифицированные организмы получают в результате направленных методов изменения генов. Этим генная инженерия выгодно отличается от традиционной селекции, в основе которой лежит непредсказуемая генная модификация за счет случайных мутаций, полученных с помощью химического воздействия мутагенами или с использованием радиации».

«С момента своего появления продукты генной инженерии находятся в фокусе научных исследований. Только за последние 10 лет проведено более 1700 научных исследований по изучению влияния ГМО на здоровье животных, человека, окружающую среду и не только [1]. Проводились такие исследования и в нашей стране (например, в НИИ питания РАМН [2]). Исследователи, работающие в рамках общепринятой научной методологии, приходят к единодушному выводу, что ни само производство ГМО, ни их употребление в пищу

даже в течение пяти поколений [3] не несет никаких дополнительных рисков по сравнению с обычными продуктами. Такое огромное количество подтвержденных научных данных о безопасности не может продемонстрировать ни одна технология за всю историю человечества».

Кроме того, в письме было отмечено, что к аналогичным выводам пришли эксперты Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO), академий наук США, Италии, Индии, Китая, Австралии, Бразилии, Мексики, Франции, а также Еврокомиссии, Британского королевского общества и т.д. Того же мнения придерживаются и российские академики. На последнем заседании Президиума РАН (27 января 2015 г.) В.А.Тутельян, обсуждая доклад Г.Г.Онищенко «Генно-инженерно-модифицированные организмы: оценка безопасности, обеспечение контроля и глобальные риски», заметил, что одобренные к коммерческому использованию ГМ-сорта не опасней, чем их аналоги; и это утверждение основано на исследованиях, проведенных в России.

Письмо в защиту генной инженерии было направлено в Министерство образования и науки РФ (МОН), и на него был получен в целом одобрительный ответ\*\*. В частности, заместитель директора Департамента науки и технологии Ю.С.Медведев, подписавший этот документ, отметил что «развитие биотехнологий, увеличение производства биотехнологической продукции в РФ, а также внутреннего спроса и экспорта биотехнологической продукции является одной из ключевых задач научно-технологического комплекса России». Кроме того, в письме содержится еще одно важное (правда, коряво сформулированное) замечание: «В отношении позиции относительно законопроектов, направленных на запрет ГМО, депутатами Государственной думы неоднократно вносились указанные законопроекты, но ни один из них не был поддержан Правительством РФ».

В 2014 г. МОН учредило премию для популяризаторов науки «За верность науке»\*\*\*, при этом на «Антипремию — за распространение лженаучной информации» номинировало активных противников ГМО — Общенациональную ассоциацию генетической безопасности (ОАГБ) вместе с телеканалами РЕН-ТВ и ТВ-3 («первым мистическим»).

И вот на фоне этих положительных событий наше правительство внезапно и по непонятным

\* С письмом и списком подписантов можно ознакомиться по ссылке: [tinyurl.com/l817bx2](http://tinyurl.com/l817bx2)

\*\* Ответ Минобрнауки опубликован на сайте Общества научных работников: [tinyurl.com/nqa88pz](http://tinyurl.com/nqa88pz)

\*\*\* Подробнее о премии и ее номинациях см.: [truescience.ru](http://truescience.ru)

причинам изменило отношение к генной инженерии и подписало странный антинаучный законопроект. Особенно удивляет, что этот документ препятствует не столько импорту генетически модифицированных организмов, сколько коммерческому развитию биотехнологий в России. Это обстоятельство особенно тревожно в условиях кризисного роста цен на продовольствие и увеличения актуальности замещения импорта. Такой запрет неизбежно приведет к усилению утечки кадров и идей на Запад. Если в ходе научных исследований получится новый исключительный сорт растений, вместо внедрения инновационной технологии в отечественный агропромышленный комплекс идею придется продать иностранной компании, которая потом начнет экспортировать в Россию разработку отечественных ученых.

Абсурдно и то, что все генетически модифицированные организмы в рамках этого законопроекта смешаны в одну кучу. Очевидно, что между трансгенным и обычными сортами кукурузы больше общего, чем между ГМ-кукурузой и ГМ-томатом, какой бы ни была модификация. В то же время растение, устойчивое к гербицидам, отличается и от растения, которое не едят вредители, и от растения, богатого витамином А. Безопасность каких именно генетических вставок Министерства считает недоказанным?

Так совпало, что законопроект, запрещающий коммерческое выращивание ГМО на территории РФ, появился вскоре после круглого стола в декабре 2014 г., который провел Комитет по аграрным вопросам Государственной думы. Среди приглашенных «экспертов» оказалась И.В.Ермакова, один из самых активных противников ГМО, бывший президент той самой ОАГБ, номинированной на антипремию за распространение лженаучной информации. Чтобы всем стало ясно, о каком уровне «экспертизы» идет речь, проци-

тируем сайт Ермаковой, где она делает следующее фантастичное утверждение, не нуждающееся в комментарии: «Возможность смены пола, а также тот факт, что значительно больше мужчин, чем женщин, хотят поменять пол на противоположный, вероятно, также связано с происхождением мужчин от женщин-гермафродитов».

Если использовать принцип бритвы Хэнлона, утверждающего о вероятной роли человеческих ошибок в причинах неприятных событий, возникает подозрение, что некоторые депутаты и государственные служащие, в силу того, что они не являются специалистами в области биотехнологий, стали жертвами очередного обмана со стороны недобросовестных «экспертов». Похожая ситуация наблюдалась в Советском Союзе, когда Лысенко, действуя против подавляющего большинства научного сообщества, сумел настроить государство против науки генетики. Сегодня то же самое происходит по отношению к генной инженерии, и это может привести лишь к технологическому отставанию нашей страны и утечке квалифицированных кадров за границу. Печальный опыт генетики и кибернетики, по-видимому, ничему нас не научил, и мы готовы вновь и вновь наступать на одни и те же грабли. Пока не поздно, нужно остановиться, признать совершенные ошибки и не допустить введения вредного закона, основанного на заблуждениях. Генетически модифицированные организмы не опаснее обычных, и контроль над ними должен быть не более и не менее строгим, чем за обычными организмами. В интересах нашей страны всячески поддерживать, а не тормозить развитие отечественных биотехнологий, в том числе в промышленных целях.

© Панчин А.Ю.,  
кандидат биологических наук  
Институт проблем передачи информации  
им. А.А.Харкевича РАН

## Литература

1. *Nicolia A., Manzo A., Veronesi F., Rosellini D.* An overview of the last 10 years of genetically engineered crop safety research // *Crit Rev Biotechnol.* 2014. V.34. №1. P.77—88. doi:10.3109/07388551.2013.823595
2. *Тышко Н.В., Жминченко В.М., Пашорина В.А. и др.* Сравнительная характеристика влияния экспериментальных рационов на рост и развитие крыс // *Вопросы питания.* 2011. №5. С.30—38.
3. *Snell Cb., Bernheim A., Bergüç J.-B. et al.* Assessment of the health impact of GM plant diets in long-term and multigenerational animal feeding trials: A literature review // *Food Chem. Toxicol.* 2012. V.50. №3—4. P.1134—1148. doi:10.1016/j.fct.2011.11.048



## Правила для авторов

Журнал «Природа» публикует работы по всем разделам естествознания: результаты оригинальных экспериментальных исследований; проблемные и обзорные статьи; научные сообщения и краткие рефераты наиболее примечательных статей из научных журналов мира; рецензии; персоналии; материалы и документы по истории естественных наук. Поскольку статьи адресуются неспециалистам, желающим знать, что происходит в смежных областях науки, суть проблемы необходимо излагать ясно и просто, избегая узкопрофессиональных терминов и математически сложных выражений. Авторами могут быть специалисты, работающие в том направлении, тема которого раскрывается в статье. Без предварительной апробации научным сообществом статьи не принимаются, а принятые к публикации в «Природе» рецензируют

ся и проходят редакционную подготовку.

Допустимый объем статьи — до 30 тыс. знаков (с пробелами). В редакцию статьи можно прислать по электронной почте прикрепленными файлами или на любом из следующих носителей: компакт-дисках CD-R или CD-RW; дисках DVD+R или DVD+RW; дисках Zip 100 Mb; на устройствах, поддерживающих USB. Для сжатых файлов необходимо представить свой архиватор. Самораспаковывающиеся архивированные файлы не принимаются.

Текст статьи, внутри которого библиографические ссылки нумеруются по мере цитирования, аннотация (на русском и английском языках), таблицы, список литературы и подписи к иллюстрациям оформляются одним файлом в формате MS с расширением doc, txt или rtf. Иллюстрации присылаются отдельными файлами. Если пере-

сылаемый материал велик по объему, следует архивировать его в формат ZIP или RAR.

Принимаются растровые изображения в форматах: EPS или TIFF — без LZW-компрессии. Цветные и полутоновые изображения должны иметь разрешение не ниже 300 dpi, черно-белые (B/W, Bitmap) — не менее 800 dpi. Принимаются векторные изображения в формате COREL DRAW CDR (версии 9.0–11.0) и Adobe Illustrator EPS (версий 5.0–8.0).

Редакция высылает автору статью для согласования только в виде корректуры. Все авторские исправления необходимо выделять цветом, курсивом, полужирным шрифтом и т.д. и не трогать формулы и специальные символы (греческие буквы, математические знаки и т.п.), в которых ошибки не допущены.

Поступление статьи в редакцию подтверждает полное согласие автора с правилами журнала.

Над номером работали

Ответственный секретарь

**Е.А.КУДРЯШОВА**

Научные редакторы

**О.О.АСТАХОВА**

**М.Б.БУРЗИН**

**Т.С.КЛЮВИТКИНА**

**К.Л.СОРОКИНА**

**Н.В.УЛЬЯНОВА**

**О.И.ШУТОВА**

**А.О.ЯКИМЕНКО**

Выпускающий редактор

**Л.П.БЕЛЯНОВА**

Литературный редактор

**Е.Е.ЖУКОВА**

Художественный редактор

**Т.К.ТАКТАШОВА**

Заведующая редакцией

**И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА**

Перевод:

**С.В.ЧУДОВ**

Корректоры:

**М.В.КУТКИНА**

**Л.М.ФЕДОРОВА**

Графика, верстка:

**А.В.АЛЕКСАНДРОВА**

Свидетельство о регистрации  
№1202 от 13.12.90

Учредитель:  
Российская академия наук,  
президиум  
Адрес издателя: 117997,  
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119049,  
Москва, Мароновский пер., 26  
Тел.: (499) 238-24-56, 238-25-77  
Факс: (499) 238-24-56

E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 17.02.2015  
Формат 60×88 1/8  
Офсетная печать  
Заказ  
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»  
Академиздатцентра «Наука» РАН,  
121099, Москва, Шубинский пер., 6